

## Gefahrstoffe

# Chlor



**M 020**

**Stand: August 2018 (Überarbeitung der Ausgabe 4/1997)**

## Inhaltsverzeichnis dieses Ausdrucks

Titel .....	4
VISION ZERO .....	4
1 Hintergrund .....	5
2 Physikalische und chemische Eigenschaften .....	7
3 Physikalische und sonstige Daten .....	10
3.1 Physikalische Daten (78), (126 ff.) .....	10
3.2 Kenndaten aus Regelwerken .....	13
3.3 Kennzeichnung .....	15
3.3.1 Kennzeichnung nach CLP .....	15
3.3.2 Transport .....	15
3.3.3 Farbkennzeichnung von Gasflaschen .....	17
3.3.4 Vereinfachte Kennzeichnung von Rohrleitungen und Apparaten .....	17
3.3.4.1 Rohrleitungen zwischen Anlagen .....	18
3.3.4.2 Rohrleitungen und Apparate im Produktionsgang .....	19
3.3.5 Kennzeichnung von Lagern .....	19
3.3.6 Definitionen zu ortsbeweglichen Druckgeräten .....	21
4 Gesundheitsgefahren .....	23
4.1 Aufnahme und Wirkungsweise .....	23
4.2 Akute Gesundheitsgefahren .....	24
4.3 Chronische Gesundheitsgefahren .....	24
4.4 Beurteilungswerte zur Bewertung von Chlorfreisetzungen und ihre Definitionen .....	25
5 Nachweise .....	27
6 Gefährdungsbeurteilung .....	28
6.1 Allgemeine Anforderungen .....	28
6.1.1 Gefährdungsermittlung (22) .....	29
6.1.2 Erfassung der verwendeten Stoffe und Gemische – Gefahrstoffverzeichnis .....	31
6.2 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen .....	31
6.3 Dokumentation und Wirksamkeitskontrolle .....	32
7 Expositionsermittlung .....	32
8 Technische Schutzmaßnahmen .....	33
8.1 Anlagen .....	33
8.2 Werkstoffe allgemein .....	34
8.2.1 Werkstoffe für flüssiges Chlor und trockenes Chlorgas .....	34
8.2.2 Werkstoffe für feuchtes Chlorgas .....	35
8.2.3 Werkstoffe für Dichtungen .....	35
8.2.4 Rohrleitungen für flüssiges Chlor und trockenes Chlorgas .....	35
8.2.4.1 Rohrleitungen für feuchtes Chlor .....	37
8.3 Chlorverdampfer .....	37
8.4 Brand- und Explosionsschutz .....	38
8.4.1 Chlor und Wasserstoff .....	38
8.4.2 Stickstofftrichlorid .....	39
8.5 Abluftreinigung, Abwasser, Abfälle .....	39
8.5.1 Behandlung chlorhaltiger Gase, Abluft .....	39
8.5.2 Entsorgung von Abfällen und Restmengen .....	40
8.5.3 Abwasser .....	40
8.6 Abfüllen, Umfüllen und Entnahme von Chlor .....	40
8.6.1 Abfüllen von Chlor in Flaschen und Druckfässer .....	41
8.6.2 Abfüllen von Chlor in einen ortsfesten Druckgasbehälter .....	42
8.6.3 Abfüllen von Chlor in Tanks .....	42
8.6.4 Entnahme von Chlor aus ortsbeweglichen Druckgeräten .....	42
8.6.5 Entnahme von Chlor aus Kesselwagen .....	42
8.7 Laboratorien .....	43
8.8 Lagerräume .....	43
8.8.1 Aufstellräume für ortsfeste Druckgeräte .....	44
8.8.2 Räume für ortsbewegliche Druckgeräte .....	44

8.9 Druckgasbehälter und Druckgeräte . . . . .	45
8.9.1 Ortsfeste Druckgasbehälter . . . . .	45
8.9.2 Ortsbewegliche Druckgeräte . . . . .	46
8.9.2.1 Flaschen und Druckfässer . . . . .	46
8.9.2.2 Eisenbahn-Kesselwagen . . . . .	49
8.9.2.3 Auf-/Zu-Ventile . . . . .	50
8.10 Besondere Maßnahmen bei der Chlorung von Wasser . . . . .	52
9 Organisatorische Maßnahmen . . . . .	52
9.1 Organisatorische Elemente zur Arbeits- und Anlagensicherheit . . . . .	52
9.2 Betriebsanweisung . . . . .	53
9.3 Unterweisung der Beschäftigten . . . . .	53
9.4 Arbeitsmedizinische Vorsorge . . . . .	53
9.5 Zugangsbeschränkung . . . . .	54
9.6 Reparatur und Instandhaltung . . . . .	54
9.6.1 Allgemeines . . . . .	54
9.6.2 Arbeiten in Behältern und engen Räumen . . . . .	55
9.7 Umgang mit Flaschen und Druckfässern . . . . .	56
9.7.1 Anschluss von ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer) . . . . .	57
9.7.1.1 Musteranleitung zum Anschließen von ortsbeweglichen Druckgefäßen . . . . .	57
9.7.1.2 Musteranweisung zum Wechsel von ortsbeweglichen Druckgefäßen . . . . .	58
9.7.2 Weitere Hinweise zur sicheren Verwendung von Chlor in Schwimmbädern und bei der Trinkwasserchlorung . . . . .	59
9.8 Alarmplan und Alarmierungen . . . . .	60
9.9 Organisatorisches zu Kesselwagen . . . . .	61
9.9.1 Sicherung von Chlorkesselwagen und Gleisabschnitten . . . . .	61
9.9.2 Sicherung der Beschäftigten . . . . .	62
9.9.3 Überwachung der Be- und Entladung . . . . .	63
9.9.4 Kontrolle der Kesselwagen . . . . .	63
10 Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) . . . . .	63
10.1 Atemschutz . . . . .	63
10.2 Körperschutz . . . . .	64
11 Maßnahmen bei Chlorunfällen und Gefahrenabwehr bei Chloraustritt . . . . .	65
11.1 Persönliches Verhalten in Gefahrensituationen . . . . .	65
11.2 Planung von Notfallmaßnahmen . . . . .	65
11.3 Begrenzung der Emission bei Austritt von Chlorgas . . . . .	66
11.4 Begrenzung der Emission bei Austritt von Flüssigchlor . . . . .	66
11.5 Leckbekämpfung . . . . .	67
11.5.1 Leck in einer zylindrischen oder konvexen Wand . . . . .	67
11.5.2 Leck aus einem Loch . . . . .	68
11.5.3 Leck aus einem Ventil . . . . .	68
11.5.4 Transport eingedichteter ortsbeweglicher Druckgefäße . . . . .	70
11.5.5 Umfüllen von Chlorkesselwagen . . . . .	72
11.6 Maßnahmen bei einem Brand . . . . .	72
12 Erste Hilfe . . . . .	72
12.1 Allgemeines . . . . .	72
12.2 Generell . . . . .	73
12.3 Augen . . . . .	73
12.4 Atmungsorgane . . . . .	73
12.5 Haut . . . . .	73
13 Hinweise für die ärztliche Behandlung . . . . .	73
Anhang 1: - Literaturverzeichnis und weiterführende Informationen . . . . .	74
Anhang 2: - TUIS-Chlorunfall-Notfallrufnummern . . . . .	84
Bildnachweis . . . . .	84
Sonstiges . . . . .	85

Die vorliegende Schrift konzentriert sich auf wesentliche Punkte einzelner Vorschriften und Regeln. Sie nennt deswegen nicht alle im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen. Seit Erscheinen der Schrift können sich darüber hinaus der Stand der Technik und die Rechtsgrundlagen geändert haben.

Die Schrift wurde sorgfältig erstellt. Dies befreit nicht von der Pflicht und Verantwortung, die Angaben auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit selbst zu überprüfen.

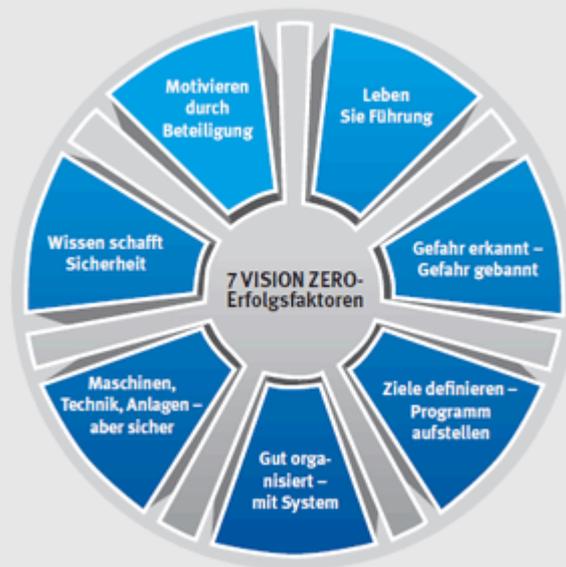
Das Arbeitsschutzgesetz spricht vom Arbeitgeber, das Sozialgesetzbuch VII und die Unfallverhütungsvorschriften der Unfallversicherungsträger vom Unternehmer. Beide Begriffe sind nicht völlig identisch, weil Unternehmer/innen nicht notwendigerweise Beschäftigte haben. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Thematik ergeben sich daraus keine relevanten Unterschiede, sodass „die Unternehmerin/der Unternehmer“ verwendet wird.

## VISION ZERO



**VISION ZERO.**  
NULL UNFÄLLE – GESUND ARBEITEN!

Die **VISION ZERO** ist die Vision einer Welt ohne Arbeitsunfälle und arbeitsbedingte Erkrankungen. Höchste Priorität hat dabei die Vermeidung tödlicher und schwerer Arbeitsunfälle sowie Berufskrankheiten. Eine umfassende Präventionskultur hat die VISION ZERO zum Ziel.



Nähere Informationen zur VISION ZERO-Präventionsstrategie finden Sie unter [www.bgrci.de/praevention/vision-zero](http://www.bgrci.de/praevention/vision-zero).

In diesem Merkblatt besonders angesprochene Erfolgsfaktoren:

„Gefahr erkannt – Gefahr gebannt“

## 1 Hintergrund

Chlor ist eine der Grundchemikalien in der chemischen Industrie. 2015 wurden in Europa (100) ca. 9,5 Mio. t Chlor produziert. Als vielseitige Chemikalie ist es unter anderem Ausgangsprodukt für Arzneimittel, Wasseraufbereitung und Kunststoffe wie PVC und auch für die Herstellung von Polyurethanschäumen, CDs etc. notwendig (siehe Abbildungen und Diagramme auf dieser Doppelseite).

Abbildung 1: Chlorbaum – Verwendungen von Chlor

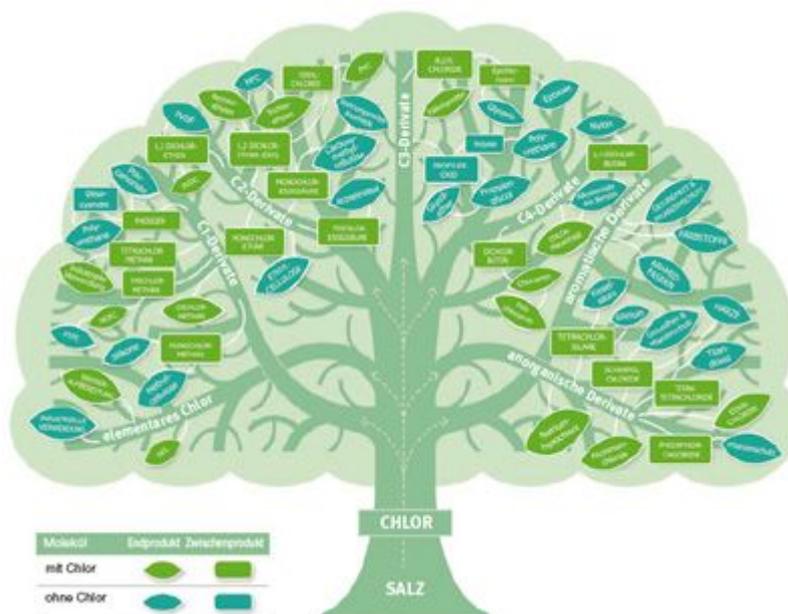


Tabelle 1: Produktion von Chlor

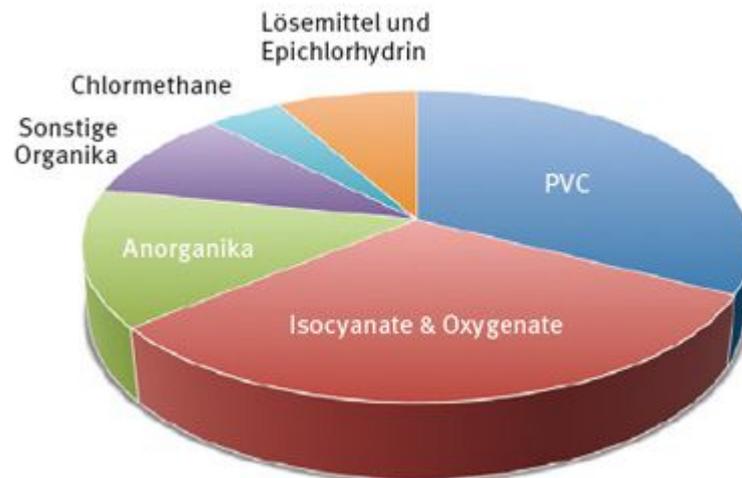
Europäische Chlorproduktion 2015	Kilo- tonnen	%
Frankreich, Italien, Griechenland, Portugal, Spanien	1881	19,6 %
Benelux, Deutschland, Großbritannien, Irland, Schweden, Finnland, Norwegen	6774	70,7 %
Schweiz, Polen, Tschechien, Slowakei, Ungarn, Rumänien, Kroatien	922	9,6 %
<b>Summe</b>	<b>9577</b>	<b>100 %</b>

Tabelle 2: Verwendete Chlormengen in der Produktion

Europäische Chloranwendungen (Durchschnitt 2012–2016)	Kilo- tonnen	%
PVC	3116	32,6 %
Isocyanate & Oxygenate	2991	31,3 %
Anorganika	1357	14,2 %
Sonstige Organika	908	9,5 %

Chlormethane	411	4,3 %
Lösemittel und Epichlorhydrin	765	8,0 %

Abbildung 2: Verwendung von Chlor in Europa



Chlor ist ein Gefahrstoff. Die Erzeugung, das Inverkehrbringen und die Handhabung sind deshalb in Europa (2) und Deutschland (4), (5) durch Gesetze, Verordnungen (11), (17), (29), Technische Regeln sowie andere Vorschriften und Richtlinien geregelt.

Dieses Merkblatt richtet sich an Unternehmerinnen, Unternehmer, Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Betriebsärzte und -ärztinnen, Vorgesetzte und andere Personen, die mit Gefährdungsbeurteilungen oder anderen Aspekten der Arbeits- und Anlagensicherheit in Betrieben, in denen Chlor erzeugt oder verwendet wird, befasst sind.

Für die Anwendung in Schwimmbädern sei auf die DGUV Regel 107-001 (58) „Betrieb von Bädern“, die DGUV Informationen 207-023 (61) „Prüfliste für Chlorungseinrichtungen unter Verwendung von Chlorgas und deren Aufstellungsräume in Bädern“ und 213-040 (62) „Gefahrstoffe bei der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“ und für den Einsatz von Chlor in der Trinkwasserversorgung auf die DGUV Information 203-086 (60) „Chlorung von Trinkwasser“ verwiesen.

Obwohl Chlor ein akut toxischer und reaktiver Stoff ist, kann die Herstellung, der Vertrieb und Tätigkeiten bei Beachtung der in diesem Merkblatt beschriebenen Vorsichtsmaßnahmen und Messungen sicher gestaltet werden.

Im Sinne des Responsible-Care-Gedankens können alle, die Chlor anwenden, Unterstützung durch ihre Lieferanten erhalten. Der Dachverband der europäischen Chlorproduzenten (Euro Chlor) (100ff) hat in technischen Dokumenten Empfehlungen für den Umgang mit Chlor veröffentlicht. In diesem Merkblatt wird auf mehrere dieser Dokumente verwiesen. Sie können auf der Homepage [www.eurochlor.org](http://www.eurochlor.org) recherchiert und über ein Kontaktformular angefragt werden. Einen umfassenden Einstieg bietet die Euro-Chlor-Schrift GEST 06/317 „Chlorine Reference Manual“ (143).

Informationen geben auch der Industriegaseverband (IGV, [www.industriegaseverband.de](http://www.industriegaseverband.de)) (92) und TUIS (91) (Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem unter dem Dach des VCI, [www.tuis.org](http://www.tuis.org)).

Die Nummern in den einzelnen Absätzen verweisen auf die fortlaufende Nummer der Quelle im Literaturverzeichnis im Anhang.

## 2 Physikalische und chemische Eigenschaften

Unter Normalbedingungen ist Chlor ein gelbgrünes, stechend riechendes Gas. Flüssiges Chlor ist eine orange-gelbe Flüssigkeit mit niedriger Viskosität.

Abbildung 3: Gasförmiges Chlor



Abbildung 4: Flüssiges Chlor



Chlor ist nicht brennbar, wirkt aber stark oxidierend.

Chlor ist eines der reaktionsfähigsten Elemente, weshalb es vielfältige Anwendung findet. Es reagiert bereits bei Normaltemperatur mit zahlreichen Elementen, vielen organischen und anorganischen Verbindungen zum Teil sehr heftig unter starker Wärmeentwicklung.

Bei der Handhabung spielt die Feuchtigkeit eine entscheidende Rolle. Chlor disproportioniert mit Wasser zu Salzsäure (HCl) und hypochloriger Säure (HOCl). Dies ist der Auslöser für die stark korrodierende Wirkung von feuchtem Chlor. Chlor gilt nach TRGS 407 (22) für das Füllen in Flaschen als trocken, wenn ein Taupunkt von  $< -10$  °C erreicht wird; nach Euro Chlor und DIN EN 937 (63) gilt es als trocken, wenn der Feuchtigkeitsgehalt  $< 20$  w.-ppm ist bzw. der Taupunkt  $< -40$  °C ist. Zur Bestimmung der Feuchte in Chlor kann auch die Euro-Chlor-Schrift ANALYTICAL 13 „Determination of Moisture in Dry Gaseous Chlorine“ (104) herangezogen werden.

Trockenes Chlor reagiert bei Normaltemperatur nur in sehr geringem Maße mit Stahl bzw. Eisen und Legierungsbestandteilen von z. B. Messing (wie Kupfer, Zink und Nickel) zu Metallchloriden unter Bildung von stabilen Schichten, die aber stark hygroskopisch sind (76), (147) Schon geringe Feuchtigkeitsspuren führen zur Auflösung dieser Schichten und der Bildung von Reaktionsprodukten (u. a. Metallhydraten).

Eisen bzw. Stahl verliert je nach Zusammensetzung bei erhöhten Temperaturen seine schützende Schicht durch Sublimation und kann dann mit trockenem Chlor weiter exotherm zu Eisenchlorid abreagieren. Durch die dabei auftretende Reaktionswärme beschleunigt sich der Prozess der Schutzschichtauflösung und unter Feuererscheinung entsteht ein „Chlor-Eisen-Brand“. Gemäß Euro Chlor sollte die Verwendung von (143) Stahl und Eisenwerkstoffen daher auf Einsatztemperaturen unter 120 °C begrenzt werden.

Titan reagiert dagegen heftig mit trockenem Chlor ( $\text{TiCl}_4$  ist flüchtig). Titan ist aber gegen genügend feuchtes Chlor beständig (bei Verwendung von Titan ist ausreichend Wasser zur Ausbildung einer stabilen Schutzschicht aus  $\text{TiO}_2$  erforderlich).

Mischungen von Chlor mit anderen Gasen können explosionsfähige Gemische (z. B. „Chlorknallgas“ mit Wasserstoff) oder Reaktionsprodukte (z. B. Stickstofftrichlorid mit Ammoniak) bilden. In der Technischen Regel

für Gefahrstoffe (TRGS) 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“ (22) ist im Anhang 3 in einem Gasgemische-Diagramm zusammengestellt, welche Gase mit Chlor gemischt bzw. wegen gefährlicher Reaktionen nicht gemischt werden dürfen. Gefährliche Reaktionen sind neben Wasserstoff und Ammoniak, u. a. mit Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Butadien, Ethylenoxid und Cyanwasserstoff möglich.

Auch Gemische von gasförmigem und flüssigem Chlor mit bestimmten Kohlenwasserstoffen (z. B. Erdgas), Alkoholen, Estern, Ölen, Lösemitteln, Silikonölen und Silikonkautschukmassen können explosionsfähig sein. Das gilt insbesondere auch für Schmieröle und Fette, ausgenommen bestimmte chlorbeständige Öle und Fette, z. B. perfluorierte Polyether.

Ebenfalls heftig und unter starker Erwärmung reagiert Chlor mit alkalischen Lösungen (z. B. Natronlauge, Sodalösung und Kalkmilch) unter Bildung von Hypochloriten und Chloraten. Diese Reaktion kann zur Absorption von Chlor genutzt werden (siehe Abschnitt 8.5.1 „Behandlung chlorhaltiger Gase, Abluft“).

Mit Wasser bildet Chlor unterhalb +10 °C feste grüngelbe Chlorhydratkristalle (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Chlorhydrat



### 3 Physikalische und sonstige Daten

#### 3.1 Physikalische Daten (78), (126 ff.)

Chemische Formel	Cl <sub>2</sub>
Molekulargewicht	70,91 g/mol
Siedepunkt (1013 hPa)	- 34,05 °C

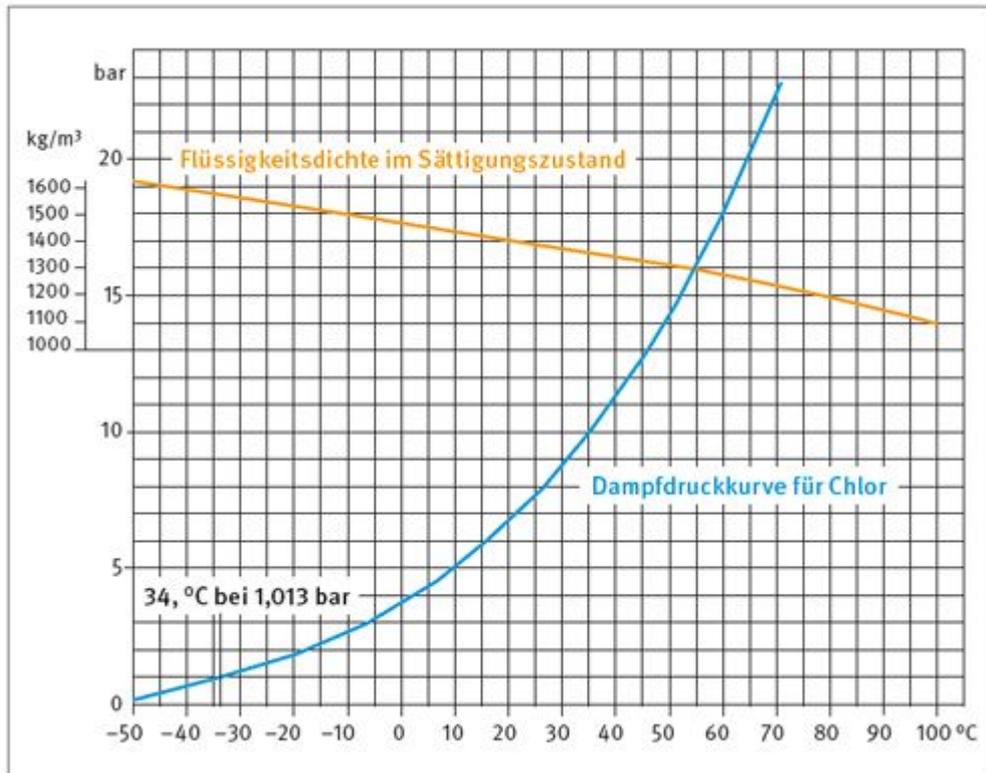
Schmelzpunkt	- 100,98 °C
Dampfdruck bei 20 °C	6,78 bar

Weitere Eigenschaften können Abbildung 6 entnommen werden.

Kritische Temperatur	144,0 °C
Kritischer Druck	77,0 bar
Dichte (0 °C, 1013 hPa)	3,215 kg/m <sup>3</sup>
Relative Gasdichte (Dichteverhältnis zu trockener Luft bei gleicher Temperatur und gleichem Druck)	2,48
Löslichkeit in Wasser bei 1 bar Chloratmosphäre	ca. 6 g/l
Thermischer Ausdehnungskoeffizient von flüssigem Chlor	$V_{t2} = V_{t1} \{1 + \alpha (t_2 - t_1)\}$ $\alpha = 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot K^{-1}$

1 Liter flüssiges Chlor entspricht bei 0 °C	457 l Chlorgas bei 1013 hPa
1 kg flüssiges Chlor entspricht bei 0 °C	311 l Chlorgas bei 1013 hPa
1 ppm Chlor (= 1 ml Chlor/m <sup>3</sup> ) entspricht bei 0 °C und 1013,25 hPa (Normzustand)	3,16 mg Chlor/Nm <sup>3</sup>
1 ppm Chlor (= 1 ml Chlor/m <sup>3</sup> ) entspricht bei 20 °C und 1013,25 hPa	2,95 mg Chlor/m <sup>3</sup>
1 ppm Chlor (= 1 ml Chlor/m <sup>3</sup> ) entspricht bei 25 °C und 1013,25 hPa	2,9 mg Chlor/m <sup>3</sup>

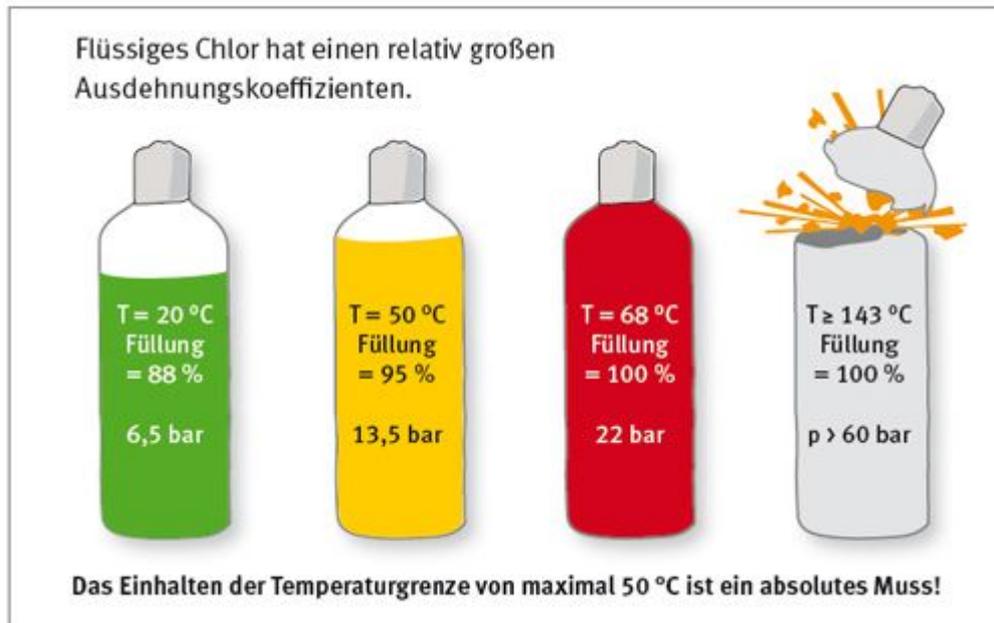
Abbildung 6: Dampfdruck und Dichte von flüssigem Chlor in Abhängigkeit von der Temperatur



Informationen enthalten die Produktdatenblätter und Sicherheitsdatenblätter der Chlorlieferanten. Umfangreiche Stoffdaten enthalten die Euro-Chlor-Schriften GEST 91/168-01 bis -10 „Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine“ (127)–(136).

Das spezifische Volumen des Chlors nimmt aufgrund des hohen Ausdehnungskoeffizienten mit der Temperatur stark zu. Wenn ein Behälter mit dem Füllfaktor 1,25 kg/l bei Raumtemperatur gefüllt wurde, dann ist er etwa zu 88 % mit flüssigem Chlor gefüllt und in dem Behälter herrscht ein Druck gemäß dem Dampfdruck von ca. 6,5 bar abs. Erwärmt man den Behälter, dann dehnt sich das flüssige Chlor aus und schon bei z. B. 50 °C herrscht ein Druck von 13,5 bar abs. Bei etwa 68 °C hat sich das flüssige Chlor auf ein spezifisches Gewicht von 1,25 kg/l ausgedehnt. Die Gasphase ist verschwunden und der korrespondierende Dampfdruck liegt jetzt bei 22 bar abs. Jede weitere Ausdehnung des Chlors führt nun zu einem rapiden Druckanstieg aufgrund der eingesperrten Flüssigphase und folgt nicht mehr dem Dampfdruck. Der Behälter droht zu bersten. Aus diesem Grund liegt die Temperaturgrenze zur Lagerung von flüssigem Chlor bei 50 °C, die niemals überschritten werden darf (siehe Abbildung 7).

Abbildung 7: Füllungsgrad eines Druckgerätes mit Chlor bei unterschiedlichen Temperaturen



### 3.2 Kenndaten aus Regelwerken

		Quelle
Index-Nr.	017-001-00-7	(78)
CAS-Nr.	7782-50-5	(78)
EINECS/EWG-Nr.	231-959-5	(78)
REACH Registriernummer (allgemeiner Teil)	01-2119486560-35	(87)
Arbeitsplatzgrenzwerte		(27)
in ml/m <sup>3</sup> (ppm)	0,5	
in mg/m <sup>3</sup>	1,5	
	Spitzenbegrenzung: Überschreitungsfaktor 1; Dauer 15 min, Mittelwert; 4 mal pro Schicht; Abstand 1 h	
	Kategorie I – Stoffe, bei denen die lokale Wirkung grenzwertbestimmend ist oder atemwegssensibilisierende Stoffe	
	Bemerkung Y – Ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des AGW und des BGW nicht befürchtet zu werden.	

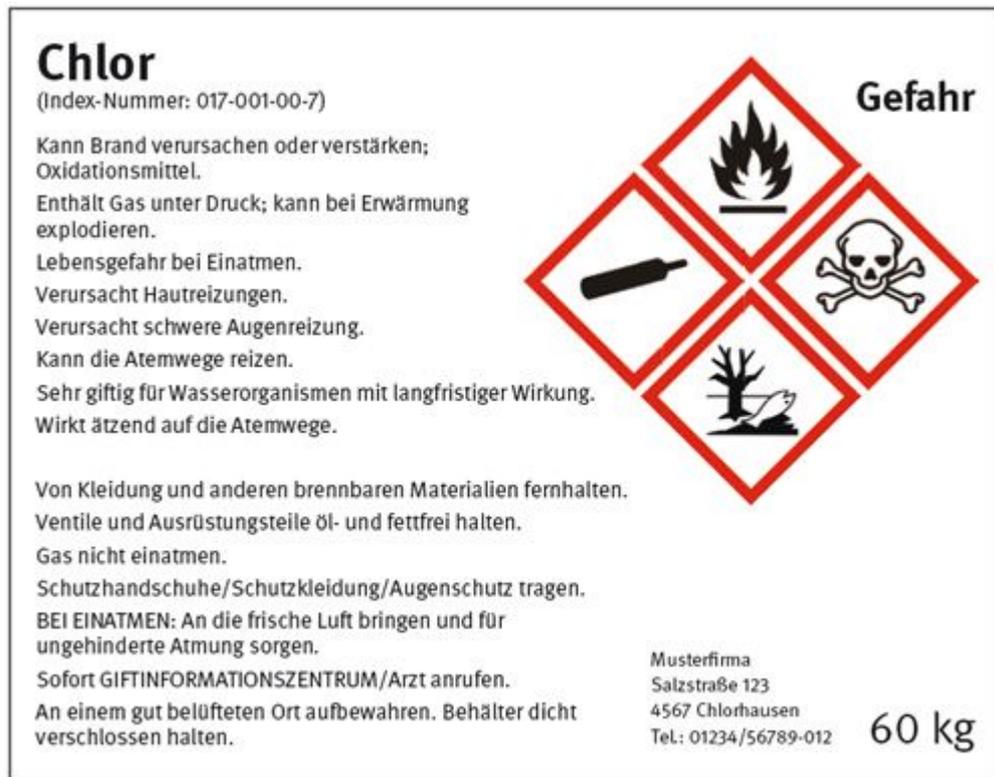
Atemschutz	Isoliergeräte oder Atemschutz Gasfiltertyp B, Kennfarbe grau als Fluchtfilter (siehe auch Kapitel 10)	(59)
Geruchsschwelle (bei gesunden Personen)	0,02–0,2 ml/m <sup>3</sup> 0,06–0,6 mg/m <sup>3</sup>	(78)
Einstufung nach EU 1272/ 2008 (CLP-Verordnung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidierende Gase Kategorie 1, H270</li> <li>- Gase unter Druck, H280 (verflüssigtes Gas)</li> <li>- Akute inhalative Toxizität, Kategorie 2, H330</li> <li>- Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2, H315</li> <li>- Schwere Augenreizung, Kategorie 2, H319</li> <li>- Spezifische Zielorgantoxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 3, H335</li> <li>- Kurzfristig (akut) gewässergefährdend, Kategorie 1, H400</li> <li>- Langfristig (chronisch) gewässergefährdend, Kategorie 1, H410</li> </ul>	(4)
Gasgruppe zur Gefährdungsermittlung	Gruppe 3.1 unter geringen Druck zu verflüssigende Gase, nicht entzündbar, chemisch stabil	(22) 3.1.2 und Anhang 1
Klassifizierungscode (KC)	2TOC (verflüssigtes Gas, giftig, oxidierend, ätzend)	
Mengenschwellen zur Ermittlung von Betriebsbereichen	10 t (untere Klasse) 25 t (obere Klasse)	(31) Anhang I
Richtwert für sicherheitsrelevante Anlagenteile	50 kg	(86)
TA Luft	Kapitel 5.2.4 Gasförmige anorganische Stoffe Klasse II Folgende Werte dürfen im Abgas nicht überschritten werden: Massenstrom: 15 g/h oder Massenkonzentration: 3 mg/Nm <sup>3</sup> <sup>1</sup>	(32)
CAK-VwV (nur für Anlagen zur Herstellung von Chlor oder Alkalilauge)	1 mg/Nm <sup>3</sup>	(33)
Wassergefährdungsklasse	WGK 2	(35) (94) Kenn-Nr. 223
Lagerklasse (LGK)	2A (Gase)	(25)
ERI-Card	2-31	(97)
Fluidgruppe	Gruppe 1 (gefährliche Fluide)	(1) Artikel 13

<sup>1</sup> Mit Nm<sup>3</sup> sind Normkubikmeter gemeint, d. h. bei 1013 mbar und 0°C.

## 3.3 Kennzeichnung

### 3.3.1 Kennzeichnung nach CLP

Abbildung 8: Musteretikett für Chlor



Das in Abbildung 8 gezeigte Etikett nach CLP-Verordnung wird in der Praxis meist durch ein kombiniertes Etikett nach Gefahrstoff- und Gefahrgutrecht ersetzt. Dabei können dann die GHS-Piktogramme durch die Gefahrzettel bzw. das Zusatzkennzeichen ersetzt werden, sodass kein GHS-Piktogramm auf der Gasflasche zu sehen ist (siehe z. B. Abbildung 10). (4) (49)

Die weiteren Kennzeichnungselemente müssen bei einem solchen kombinierten Etikett jedoch vollständig vorhanden sein.

H- und P-Satz-Nummern müssen – wie in diesem Beispietikett – nicht genannt werden. Bei den P-Sätzen können auch andere P-Sätze aus den nach CLP-Verordnung möglichen Sätzen ausgewählt werden.

Aufgrund des EUH071 darf in der EU zusätzlich das Piktogramm GHS05 „Ätzwirkung“ zur Kennzeichnung verwendet werden. Da diese Möglichkeit nur in den EU-Leitlinien genannt wird und Chlor ohnehin schon mit vier Piktogrammen zu kennzeichnen ist, wird in diesem Merkblatt auf das zusätzliche Piktogramm „Ätzwirkung“ verzichtet.

### 3.3.2 Transport

Tabelle 3: Kennzeichnung als Gefahrgut

(70) (71) (73) (72)	Landtransport (ADR/RID)	Seeschifftransport (IMDG)	Lufttransport (ICAO/IATA)
UN-Nummer	1017	1017	1017
Transportgefahren- klasse	2	2.3	2.3
Verpackungsgruppe	–	–	–
Bezeichnung des Gutes	Chlor		
Ordnungsgemäße UN- Versandbezeichnung		Chlorine	Chlorine
Gefahrzettel	2.3, 5.1, 8, – 	2.3, 5.1, 8, – 	2.3, 5.1, 8, – 
Zusatzkennzeichen	Kennzeichen für umweltgefährdende Stoffe  	Kennzeichen für Meeresschadstoffe  	Markierung für umweltgefährdende Stoffe  
Gefahrenzahl	265		
Tunnelbeschränkung- code	Beförderung in Tanks: C, D und E Sonstige Beförderungen: D und E		
EmS-Nr.		F-C, S-U	
Bemerkung			Transport als Luftfracht von IATA verboten.

Wird Chlor für biozide Anwendungen in Verkehr gebracht, muss den ortsbeweglichen Druckgeräten ein Biozidmerkblatt nach Biozidverordnung (EU) 528/2012 beigelegt werden. (2)

Abbildung 9: Kennzeichnung eines Kesselwagens



### 3.3.3 Farbkennzeichnung von Gasflaschen

Nach DIN EN 1089-3 sind Gasflaschen für Chlor an der gelben Schulterfarbe (RAL 1018, giftige und/oder ätzende Gase) erkennbar. (64)

Abbildung 10: Gasflasche für Chlor mit Gefahrzetteln und vollständigem Etikett nach CLP-Verordnung



### 3.3.4 Vereinfachte Kennzeichnung von Rohrleitungen und Apparaten

Gemäß der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 201 Kapitel 4.3 (18) gilt: Ergibt die Gefährdungsbeurteilung, dass eine vollständige Kennzeichnung bei Tätigkeiten nicht notwendig ist, kann bei ortsbeweglichen Behältern eine vereinfachte Kennzeichnung angewendet werden. Vereinfachungen, d. h. Abweichungen von der vollständigen Kennzeichnung, setzen eine entsprechende Betriebsanweisung voraus, in der alle Gefährdungen genannt sind. Auch bei der Unterweisung der Beschäftigten muss auf alle an den Arbeitsplätzen auftretenden Gefährdungen und die notwendigen Schutzmaßnahmen eingegangen werden.

Bei ortsfesten Behältern oder Rohrleitungen wird in der Regel die vereinfachte Kennzeichnung gewählt. Hier können statt der Gefahrenpiktogramme GHS01 bis GHS06 wahlweise auch die entsprechenden Warnzeichen nach ASR A1.3 (10) verwendet werden. Bei Rohrleitungen sollte auf das Piktogramm GHS04 („Gasflasche“) verzichtet werden. Auch bei ortsfesten Behältern und Rohrleitungen sind in Betriebsanweisung und Unterweisung alle Gefahren und die zu treffenden Schutzmaßnahmen zu nennen.

Bei der vereinfachten Kennzeichnung sind mindestens die Bezeichnung des Stoffes bzw. Gemischs sowie die Gefahrenpiktogramme der jeweiligen Hauptgefahren durch die physikalisch-chemischen, die gesundheitsgefährdenden und die umweltgefährlichen Wirkungen des Stoffes oder Gemisches anzugeben.

Für Chlor sind dies folgende Piktogramme:



GHS04 kann bei der vereinfachten Kennzeichnung, also auch bei ortsfesten Behältern, entfallen.

Bei Tanklagern kann die Kennzeichnung anstatt am Einzeltank alternativ auf einer Übersichtstafel im Zugangsbereich des Tanklagers angebracht werden, sofern die Einzelbehälter eindeutig identifizierbar sind. Entnahme- und Probenahmestellen sind zusätzlich zu kennzeichnen.

Abbildung 11: Kennzeichnung Lagertank



### 3.3.4.1 Rohrleitungen zwischen Anlagen

Rohrleitungen, in denen gefährliche Stoffe bzw. Gemische von einer Anlage zu einer anderen, oder auf einem Werksgelände von einem Betriebsgebäude zu einem anderen transferiert werden, sind wie in Abbildung 12 dargestellt zu kennzeichnen.

Eine Kennzeichnung ist bevorzugt an den gefahrenträchtigen Stellen anzubringen, insbesondere dort wo Beschäftigte Tätigkeiten durchführen oder wo eine erhöhte Verwechslungsgefahr herrscht. Dies sind beispielsweise Armaturen, Schieber, Anschluss- und Abfüllstellen sowie Wanddurchbrüche.

Die Kennzeichnung der Durchflusstoffe einer Rohrleitung kann zusätzlich farblich differenziert werden, z. B. durch Verwendung unterschiedlicher Farben der Schilder, Etiketten oder der Leitung selbst. Zur Bezeichnung des Inhalts verwende man das Wort „Chlor“. Zusätzlich sollte die Gruppenfarbe (gelb) und die Zusatzfarbe (schwarz) angebracht sein, die Schriftfarbe soll schwarz sein (siehe Anlage 3 der TRGS 201). Bei Rohrleitungen ist die Flussrichtung anzugeben. (18)

Abbildung 12: Kennzeichnung einer chlorführenden Rohrleitung



### 3.3.4.2 Rohrleitungen und Apparate im Produktionsgang

Innerhalb des Produktionsgangs kann auf eine Kennzeichnung verzichtet werden, wenn sie aus technischen oder anderen Gründen nicht möglich ist (z. B. kurzzeitiger Gebrauch, häufig wechselnder Inhalt, fehlende Zugangsmöglichkeit). In diesem Fall müssen die enthaltenen Stoffe bzw. Gemische eindeutig identifizierbar sein. Die von ihnen ausgehenden Gefahren (H-Sätze) und die erforderlichen Schutzmaßnahmen (P-Sätze) müssen den Beschäftigten durch Betriebsanweisungen und Unterweisungen bekannt sein. Ist eine Kennzeichnung in sinnvoller Weise technisch möglich, hat diese, wie vorstehend aufgeführt, bevorzugt an den gefahrenträchtigen Stellen zu erfolgen.

### 3.3.5 Kennzeichnung von Lagern

Orte, Räume oder umschlossene Bereiche, die für die Lagerung erheblicher Mengen gefährlicher Stoffe oder Gemische verwendet werden, sind nach ASR A1.3 (10) mit einem geeigneten Warnzeichen zu versehen oder gemäß TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (18) zu kennzeichnen.

Tabelle 4: Kennzeichnung von Lagern

 <p><b>Warnzeichen W016:</b> <b>Warnung vor giftigen Stoffen</b></p>	 <p>Gefahrenpiktogramm GHS06</p>
 <p><b>Warnzeichen W028:</b> <b>Warnung vor brandfördernden Stoffen</b></p>	 <p>Gefahrenpiktogramm GHS03</p>

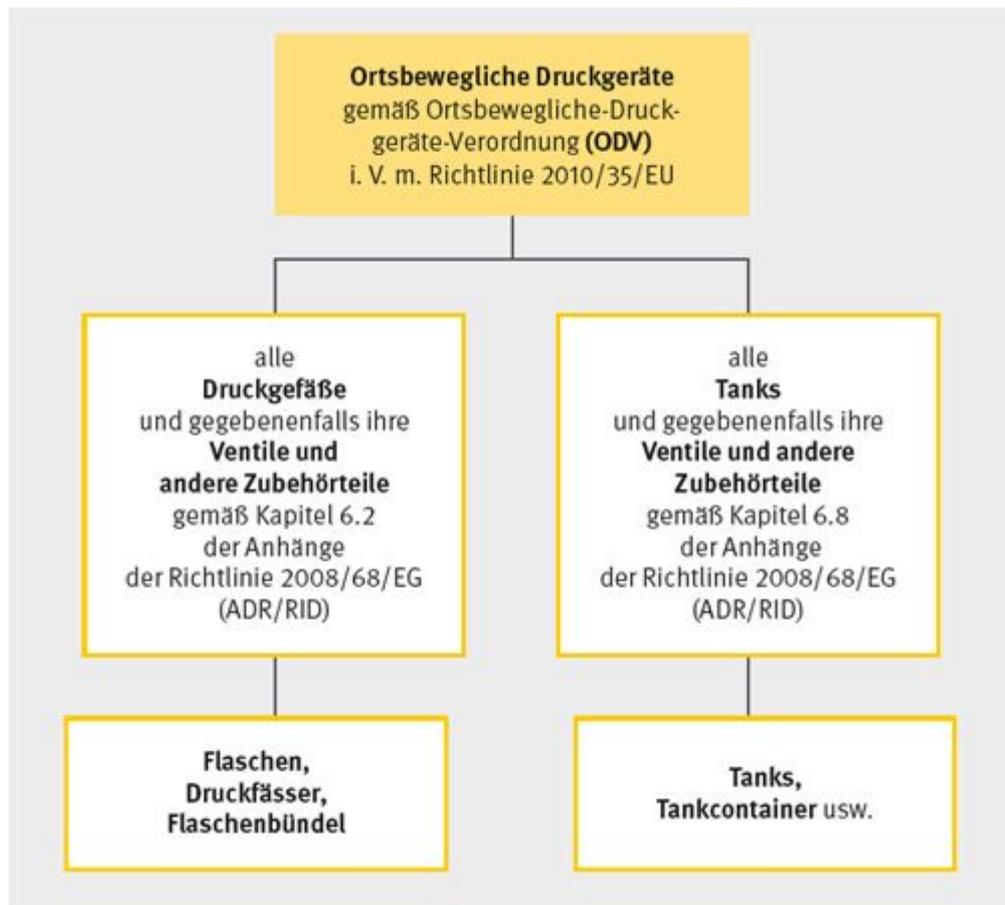
 <p><b>Warnzeichen W029: Warnung vor Gasflaschen</b></p>	 <p><b>Gefahrenpiktogramm GHS04</b></p>
<p><b>Kein Warnzeichen für umweltgefährliche Stoffe</b></p>	 <p><b>Gefahrenpiktogramm GHS09</b></p>

### 3.3.6 Definitionen zu ortsbeweglichen Druckgeräten

In der Gaseindustrie werden verschiedene Typen von Verpackungen zum Transport von Gasen eingesetzt. Diese Verpackungen werden als ortsbewegliche Druckgeräte bezeichnet. Ortsbewegliche Druckgeräte werden in unterschiedlichen nationalen Rechtsvorschriften unterschiedlich bezeichnet. Ferner gibt es im Volksmund die unterschiedlichsten Begrifflichkeiten für Verpackungen für Gase.

Hierbei unterscheiden sich die Bezeichnungen für ortsbewegliche Druckgeräte im Anwender- und Transportrecht. In diesem Kapitel wird definiert, was ortsbewegliche Druckgeräte sind und wie sie bezeichnet werden.

Abbildung 13: Ortsbewegliche Druckgeräte gemäß ODV (34), (3), (5), (70), (71)



Gemäß der Ortsbewegliche-Druckgeräte-Verordnung (ODV) (34) werden die ortsbeweglichen Druckgeräte aufgeteilt in **Druckgefäße** und **Tanks**.

Zu den **Druckgefäßen** gehören die Transportbehälter

- **Flaschen (Gasflaschen):** Ortsbewegliches Druckgefäß mit einem Fassungsraum von höchstens 150 Litern.
- **Druckfass:** Geschweißtes ortsbewegliches Druckgefäß mit einem Fassungsraum von mehr als 150 Litern und höchstens 1000 Litern (z. B. zylindrisches Gefäß mit Rollreifen, kugelförmige Gefäße auf Gleiteinrichtungen).
- **Flaschenbündel:** Eine Einheit aus Flaschen, die aneinander befestigt und untereinander mit einem Sammelrohr verbunden sind und die als untrennbare Einheit befördert werden. Der gesamte Fassungsraum darf 3000 Liter nicht überschreiten; bei Flaschenbündeln, die für die Beförderung von giftigen Gasen der Klasse 2 vorgesehen sind, ist dieser Fassungsraum auf 1000 Litern begrenzt.

Zu den Tanks gehören u. a. die Transportbehälter

- **Aufsetztank** (z. B. ISO-Tankcontainer): Ein Tank – ausgenommen ein festverbundener Tank, ortsbeweglicher Tank, Tankcontainer und Element eines Batterie-Fahrzeugs oder eines MEGC (Gascontainer mit mehreren Elementen) – mit einem Fassungsraum von mehr als 450 Litern, der durch seine Bauart nicht dazu bestimmt ist, Güter ohne Umschlag zu befördern, und der gewöhnlich nur in leerem Zustand abgenommen werden kann.
- **Tankcontainer** (z. B. Tankfahrzeuge): Ein Beförderungsgerät, das der Begriffsbestimmung für Container entspricht, das aus einem Tankkörper und den Ausrüstungsteilen besteht, einschließlich der Einrichtungen, die das Umsetzen des Tankcontainers ohne wesentliche Veränderung der Gleichgewichtslage erlauben, das für die Beförderung von gasförmigen, flüssigen, pulverförmigen oder körnigen Stoffen verwendet wird und das einen Fassungsraum von mehr als 0,45 m<sup>3</sup> (450 l) hat, wenn es für die Beförderung von [] Gasen verwendet wird.

- **ortsbeweglicher Tank** (Tank mit einem Volumen von max. 3000 l): Ein multimodaler Tank, der, wenn er für die Beförderung von: □ Gasen verwendet wird, einen Fassungsraum von mehr als 450 Litern hat, der der Begriffsbestimmung im Kapitel 6.7 oder im IMDG-Code entspricht und in Kapitel 3.2 Tabelle A Spalte 10 mit einer Anweisung für ortsbewegliche Tanks (Code T) aufgeführt ist.
- Tanks von Eisenbahnkesselwagen.

Nur die vorgenannten ortsbeweglichen Druckgeräte – einschließlich ihrer Ventile und der sonstigen für die Beförderung benutzten Ausrüstungsteile – dürfen für die Beförderung von Gefahrgütern der Klasse 2 (Gase und gasförmige Stoffe) eingesetzt werden.

Die Definitionen<sup>2</sup>, der für den Transport von Gefahrgütern eingesetzten ortsbeweglichen Druckgeräte sind in den internationalen Gefahrgutvorschriften zu finden (70) (71) (72) (73).

In den Rechtsvorschriften<sup>3</sup>, welche die Anwendung und die Nutzung von ortsbeweglichen Druckgeräten regeln, werden die v. g. ortsbeweglichen Druckgeräte (Flaschen, Druckfässer, Flaschenbündel, Tanks usw.) als ortsbewegliche Druckgasbehälter bezeichnet.

Um nicht zwischen verschiedenen Begrifflichkeiten zu wechseln, werden in diesem Merkblatt durchgängig die Bezeichnungen des Gefahrgutrechtes für ortsbewegliche Druckgeräte gewählt. Hierzu gehören u. a. die Begrifflichkeiten:

- Flasche bzw. Gasflasche
- Druckfass
- Flaschenbündel
- Ortsbeweglicher Tank
- Tank

## 4 Gesundheitsgefahren

Die hier beschriebenen Gesundheitsgefahren beziehen sich sowohl auf Chlor als Gas als auch in flüssiger Form.

Chlorgas ist akut toxisch beim Einatmen (Akute inhalative Toxizität, Kategorie 2, H330 – Lebensgefahr bei Einatmen) und reizt Augen (Schwere Augenreizung, Kategorie 2, H319) sowie Haut (Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2, H315). Es wirkt darüber hinaus ätzend auf die Atemwege (Spezifische Zielorgantoxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 3, H335 sowie zusätzliche Kennzeichnung mit EUH071).

Flüssiges Chlor entzieht der Umgebung zur Verdampfung eine hohe Energiemenge. Bei Hautkontakt mit Flüssigchlor kommt es neben den Verätzungen auch zu Erfrierungen der Haut.

Die Euro-Chlor-Schrift HEALTH 11 „Chemical Health Hazards of chlor-alkali production“ (149) enthält umfangreichere und mit vielen Hintergrundinformationen und Quellen versehene Daten zu den Gefahren der speziell in der Chlor-Alkali-Industrie relevanten Stoffe (neben Chlor auch Natronlauge und Quecksilber). Eine kurze Beschreibung enthält das Gefahrstoffinformationssystem „GESTIS-Stoffdatenbank“ (78) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.

---

2 Die Definitionen, der für den Transport von Gasen verwendeten ortsbeweglichen Druckgeräten (Flaschen, Druckfässer usw.) sind in dem Kapitel 1.2 der jeweiligen Gefahrgutvorschriften (ADR/ RID/IMDG) zu finden (70) (71) (73).

3 Rechtsvorschriften, die die Verwendung von ortsbeweglichen Druckgeräten unter der Begrifflichkeit Druckgasbehälter beschreiben sind u. a. die Technischen Regeln zum Gefahrstoffrecht (TRGS) (17) und die Technischen Regeln zur Betriebssicherheitsverordnung (TRBS) (11).

---

## 4.1 Aufnahme und Wirkungsweise

In der Regel fällt Chlorgas noch in großer Verdünnung durch seinen charakteristischen stechenden Geruch (ähnlich „Schwimmbad“ oder „Bleiche“) auf: Die Geruchsschwelle liegt bei 0,02–0,2 ppm (ml/m<sup>3</sup>) (78).

Chlor wird vor allem über den Atemtrakt in den Körper aufgenommen, in geringem Maße in Dosen, die systemisch jedoch nicht relevant sind, auch über die Haut. Die Ausscheidung erfolgt hauptsächlich als Chlorid über die Niere.

Chlor bildet bei Kontakt mit den feuchten Schleimhäuten, aber auch in der Lunge durch Reaktion mit Wasser Salzsäure (HCl), hypochlorige Säure (HClO) und aktiven Sauerstoff. Vor allem die hypochlorige (unterchlorige) Säure ist als Hauptursache der Gewebsschädigungen anzusehen. Die Schäden bleiben jedoch nach dem Einatmen toxischer Konzentrationen auf die Atemwege und die Lunge beschränkt, es treten keine systemischen Vergiftungen auf.

## 4.2 Akute Gesundheitsgefahren

Chlorgas ist akut toxisch beim Einatmen. Es wirkt stark reizend auf die Nasen-, Mund- und Rachenschleimhäute sowie auf die Augen. Bei höheren Konzentrationen werden auch die tieferen Luftwege unter Auftreten von starkem Schleim mit Blutbeimischung und gleichzeitiger Atemnot betroffen, was zur Ausbildung eines Lungenödems führen kann.

Nach akuter Exposition gegen Chlor stehen die starke Reizung der Augen sowie der oberen und mittleren Atemwege und der Haut im Vordergrund. Bronchitis, Bronchospasmus, Hustenreiz, Atemnot und Zyanose sind die typischen Symptome. Nach dem Einatmen hoher Konzentrationen, z. B. bei Bewusstlosigkeit, kann es zum toxischen Lungenödem kommen.

Die trockene Haut ist weniger empfindlich gegen Chlorgas, flüssiges Chlor hingegen ätzt die Haut stark und erzeugt starke Rötungen bis Blasenbildung und Erfrierungen.

Die Auswirkungen von Chlorgas auf den Menschen sind im Folgenden aufgeführt, wobei die von verschiedenen Autoren angegebenen Werte voneinander abweichen. Außerdem ist die Wirkung von der individuellen Konstitution der betroffenen Person abhängig.

Unterhalb von 1 ppm sind Gesundheitsschädigungen beim Menschen nicht bekannt. Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nach TRGS 900 liegt bei 0,5 ppm, entsprechend 1,5 mg/m<sup>3</sup>.

Bereits bei Konzentrationen von 2–6 ppm wirkt Chlorgas reizend auf die Schleimhäute von Nase, Mund und Rachen sowie auf die Augen durch entstehende Salzsäure und zusätzlich wegen des oxidativen Effektes der ebenfalls entstehenden hypochlorigen Säure. Es verursacht neben Tränenfluss und Husten bei längerer Einwirkung Bluthusten, Erstickungserscheinungen und Atemnot.

Bei Konzentrationen von 5–15 ppm treten diese Symptome bereits nach kurzer Zeit auf; in schweren Fällen kann es zu einem gefährlichen Stimmritzenkrampf kommen. Nach einer Latenzzeit von 3–7 Stunden ist die Entwicklung eines toxischen Lungenödems möglich. Darüber liegende Konzentrationen sind schon gefährlich, wenn man sie über einen Zeitraum von einer halben Stunde einatmet. Sie können – abhängig von der individuellen Disposition – ab etwa 30 ppm zu tödlich verlaufenden Komplikationen führen.

### 4.3 Chronische Gesundheitsgefahren

Bei chronischer Exposition sind unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes keine Gesundheitsschäden zu erwarten. Ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes nicht befürchtet zu werden.

### 4.4 Beurteilungswerte zur Bewertung von Chlorfreisetzungen und ihre Definitionen

Für die Auswirkung der Toxizität von Chlor auf Personen spielt neben der Konzentration auch die Expositionszeit eine Rolle. Die folgende Tabelle führt die wesentlichen Beurteilungswerte bei Freisetzungen von Chlor auf.

Tabelle 5: Beurteilungswerte

Berücksichtigte Expositionszeit	10 min	30 min	60 min	ohne
<b>AEGL-1-Wert</b>	0,5 vppm 1,6 mg/Nm <sup>3</sup>	0,5 vppm 1,6 mg/Nm <sup>3</sup>	0,5 vppm 1,6 mg/Nm <sup>3</sup>	
<b>AEGL-2-Wert</b>	2,8 vppm 8,9 mg/Nm <sup>3</sup>	2,8 vppm 8,9 mg/Nm <sup>3</sup>	2 vppm 6,3 mg/Nm <sup>3</sup>	
<b>AEGL-3-Wert</b>	50 vppm 158,2 mg/Nm <sup>3</sup>	28 vppm 88,6 mg/Nm <sup>3</sup>	20 vppm 63,3 mg/Nm <sup>3</sup>	
<b>ERPG-1-Wert</b>			1 vppm 3,2 mg/Nm <sup>3</sup>	
<b>ERPG-2-Wert</b>			3 vppm 9,5 mg/Nm <sup>3</sup>	
<b>ERPG-3-Wert</b>			20 vppm 63,3 mg/Nm <sup>3</sup>	
<b>DLH-Wert</b>		10 vppm 31,6 mg/Nm <sup>3</sup>		
<b>AGW</b>				0,5 ppm 1,5 mg/m <sup>3</sup> (20 °C) Überschreitungsfaktor 1(l) (siehe auch 3.2)
<b>Geruchsschwelle</b>				0,02 ppm 0,06 mg/m <sup>3</sup>

Die Definitionen der einzelnen Werte werden hier untenstehend aufgeführt.

#### AEGL-1-Wert (88)

AEGL-1 ist die luftgetragene Stoff-Konzentration (ausgedrückt in vppm oder mg/Nm<sup>3</sup>), bei deren Überschreiten die allgemeine Bevölkerung ein spürbares Unwohlsein erleiden kann. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-1-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die leichte Geruchs-, Geschmacks- oder andere sensorische Reizungen hervorrufen können. AEGL = Acute Exposure Guideline Levels (Störfall – Konzentrationsleitwerte).

### **AEGL-2-Wert**

AEGL-2 ist die luftgetragene Stoff-Konzentration (ausgedrückt in vppm oder mg/Nm<sup>3</sup>), bei deren Überschreiten die allgemeine Bevölkerung irreversible oder andere schwerwiegende, lang andauernde Gesundheitseffekte erleiden kann oder bei denen die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt sein kann. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-2- aber oberhalb des AEGL-1-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die spürbares Unwohlsein hervorrufen können.

#### *Anmerkung:*

Im Anhang 4 des Leitfadens KAS 18 (85) „Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung“ wird aus der Analyse der Begriffsidentitäten hergeleitet, dass die Beeinträchtigungen einer großen Anzahl von Menschen (im Sinne des § 2 Nr. 4b der Störfallverordnung (31)) sich weitgehend mit dem Schweregrad 2 der AEGL-Werte (96) deckt. Diese Herleitung wird auch an anderen Stellen bestätigt. In TRBS 3146/TRGS 746 „Ortsfeste Druckanlagen für Gase“ wird in Abschnitt 4.5.3.2 Absatz 4 Nr. 2 (16) folgerichtig für die Grenzkonzentration zur Bestimmung des Sicherheitsabstandes auch der AEGL-2-Wert herangezogen. Dieser sollte daher in Zukunft konsequent für alle sinngemäßen Betrachtungen verwendet werden.

### **AEGL-3-Wert**

AEGL-3 ist die luftgetragene Stoff-Konzentration (ausgedrückt in vppm oder mg/Nm<sup>3</sup>), bei deren Überschreiten die allgemeine Bevölkerung lebensbedrohliche oder tödliche Gesundheitseffekte erleiden kann. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-3- aber oberhalb des AEGL-2-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die irreversible oder andere schwerwiegende, lang andauernde Gesundheitseffekte hervorrufen oder die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigen können.

### **ERPG-1-Wert**

Die maximale luftgetragene Konzentration (99) (85), bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter mehr als leichten, vorübergehenden nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen leiden bzw. ohne dass sie einen eindeutig definierten unangenehmen Geruch wahrnehmen. ERPG = Emergency Response Planning Guidelines.

### **ERPG-2-Wert**

Die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

#### *Anmerkung:*

Als Beurteilungswert für die Herleitung von Achtungsabständen im Sinne der Bauleitplanung verwendet der Leitfaden KAS 18 (85) „Empfehlung für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung“ den ERPG-2-Wert, da zum Entstehungszeitpunkt seiner ersten Fassung (SFK/TAA-GS-1) im Jahr 2001 mehr ERPG als AEGL-Werte verfügbar waren. Für zukünftige Betrachtungen sollte jedoch der AEGL-2-Wert herangezogen werden.

### **ERPG-3-Wert**

Die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter lebensbedrohenden gesundheitlichen Auswirkungen leiden bzw. solche entwickeln.

### **IDLH-Wert**

Der IDLH-Wert (Immediately Dangerous to Life or Health) (98) bezeichnet eine Konzentration, bei dem sich Menschen beim Ausfallen von Atemschutzgeräten innerhalb von 30 Minuten ohne irreversible Gesundheitsschäden vom Unfallort entfernen können.

#### **AGW (27)**

Arbeitsplatzgrenzwert: höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt.

#### **Normkubikmeter (Nm<sup>3</sup>)**

Normvolumen (hier Normkubikmeter) werden benutzt, um Gasmengen, die bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen vorliegen, zu vergleichen. Dazu werden die Gasmengen jeweils auf den gleichen Normzustand umgerechnet, hier bei 1013 mbar und 0 °C (273,15 K). In obiger Tabelle entspricht 1 ppm Chlor (= 1 ml Chlor/m<sup>3</sup>) bei 0 °C und 1013 hPa 3,16 mg Chlor/Nm<sup>3</sup>.

## **5 Nachweise**

Chlor hat einen äußerst charakteristischen, stechenden Geruch.

Handelsübliche Prüfröhrchen (mit Gasspürpumpe) sind für Momentanwert-Ermittlungen geeignet. Mit den Röhrchen können Messbereiche von 0,2 bis 30 ppm abgedeckt werden. Zum quantitativen Nachweis von Chlor in der Luft sind kontinuierlich arbeitende Analysengeräte erhältlich. Zur Auswahl kann die Euro-Chlor-Schrift GEST 94/213 „Guidelines for the Selection and the Use of Fixed Chlorine Detection Systems in Chlorine Plants“ (140) herangezogen werden.

Anforderungen an Messstellen zur Durchführung der Messung gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz enthält die TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ (21).

Hinweise zur Messmethodik können auch der Euro-Chlor-Schrift ANALYTICAL 8 „Determination of Chlorine in Workplace Air“ (102) entnommen werden.

Um Kleinstleckagen an chlorführenden Leitungen, Flanschen und Behältern, aus denen Chlorgas entweicht, aufzuspüren, nutzt man die Bildung von weißem Nebel, der bei der Reaktion zwischen bereits kleinsten Mengen von Chlorgas mit ammoniakhaltigen Dämpfen in der Nähe dieser Leckage entsteht. Dafür geeignete ammoniakhaltige Dämpfe entstehen im Gasraum über einer mindestens 5-prozentigen Lösung von Ammoniak in Wasser (z. B. aus dem Gasraum einer Kunststoffflasche oder an einem an einem Stiel befestigten Lappen mit Lösung). Das Versprühen von Ammoniaklösung soll aufgrund möglicher Korrosions- und Explosionsgefahr unterbleiben. Insbesondere Messing und Buntmetalle verspröden im Kontakt mit der Ammoniaklösung. Hohe Chlorkonzentrationen können im direkten Kontakt mit Ammoniaklösung Stickstofftrichlorid (siehe Abschnitt 8.4.2) bilden, welches explosionsartig zerfällt.

Abbildung 14: Lecksuche mit Ammoniak (Entnahme aus der Gasphase der Spritzflasche)



Abbildung 15: Lecksuche mit einem mit Ammoniak getränkten Lappen



## 6 Gefährdungsbeurteilung

### 6.1 Allgemeine Anforderungen

Arbeitsschutzgesetz (8), Verordnungen zum Arbeitsschutz (z. B. Gefahrstoffverordnung (17), Betriebssicherheitsverordnung (11), Arbeitsstättenverordnung (9)) und die Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (DGUV Vorschrift 1) (40) verpflichten die Unternehmerin bzw. den Unternehmer, Gefährdungen und Belastungen der Beschäftigten am Arbeitsplatz zu ermitteln und zu beurteilen, Schutzmaßnahmen zu ergreifen und deren Wirksamkeit zu überprüfen.

Die BG Rohstoffe und chemische Industrie bietet ihren Mitgliedsbetrieben für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzgesetz vielfältige Hilfsmittel an:

- die Merkblätter A 016 (45) „Gefährdungsbeurteilung – Sieben Schritte zum Ziel“ und A 017 „Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog“ sowie der Ordner „Gefährdungsbeurteilung – Arbeitshilfen“, die Excel-Dokumentvorlage „GefDok light“ und die Software „GefDok KMU“ (57),
- das Kompendium Arbeitsschutz mit dem Programm GefDok32 zur Gefährdungsbeurteilung am PC,
- die Portale zu Gefahrstoffen unter fachwissen.bgrci.de → Gefahrstoffe und www.gischem.de (77),
- die Schriftenreihe „Sicheres Arbeiten“, z. B. „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ (DGUV Information 213-850) (42).

Darüber hinaus bieten unter anderem die folgenden Technischen Regeln für Gefahrstoffe weitere Hilfestellungen:

- TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (19)
- TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“ (20)
- TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ (21)
- TRGS 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsermittlung“ (22)
- TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“ (23)

Dabei müssen über den normalen Betrieb hinaus auch das An- und Abfahren von Anlagen, Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten sowie Störungen des Normalbetriebes betrachtet werden. Bei der Zusammenarbeit verschiedener Firmen kann die Möglichkeit einer gegenseitigen Gefährdung bestehen. Deshalb muss die Fremdfirmenkoordination ebenfalls Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung sein.

Die Gefährdungsbeurteilung ist vor Aufnahme der Tätigkeiten durchzuführen. Sie darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Die Unternehmerin bzw. der Unternehmer hat sich fachkundig beraten zu lassen, z. B. von der Fachkraft für Arbeitssicherheit oder vom Betriebsarzt bzw. von der Betriebsärztin. Der Betriebsrat ist entsprechend hinzuzuziehen. Die Gefährdungsbeurteilung ist zu dokumentieren und ist auf aktuellem Stand zu halten. Tätigkeiten mit Gefahrstoffen dürfen erst aufgenommen werden, nachdem die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt und entsprechende Schutzmaßnahmen festgelegt wurden.

Liegt vom Hersteller oder Inverkehrbringer bereits eine Gefährdungsbeurteilung vor, darf der Unternehmer bzw. die Unternehmerin diese bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen zugrunde legen. Voraussetzung ist allerdings, dass die Tätigkeiten im Betrieb nach den vom Hersteller gemachten Angaben und Festlegungen durchgeführt werden.

Erkenntnisse über Schadensursachen aus eigener Betriebserfahrung, aber auch aus anderen Quellen, z. B. die Sicherheitsberichte, die gemäß der Störfall-Verordnung (31) durchgeführt wurden, können herangezogen werden. Anwender von Chlor in kleinen Mengen, die nicht der Störfall-Verordnung unterliegen, können bei der Ermittlung und Beurteilung der Gefahren Unterstützung durch ihre Lieferanten erhalten.

### **6.1.1 Gefährdungsermittlung (22)**

Die besonderen Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gasen und die entsprechenden Schwerpunkte bei der Gefährdungsbeurteilung sind in der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“ beschrieben.

Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gasen können sich insbesondere ergeben durch

1. den Druck von Gasen in ortsbeweglichen Druckgeräten oder Druckanlagen (siehe dazu auch TRBS 2141) (13),
2. betriebsbedingte Freisetzung von Gasen,

3. Freisetzung von Gasen, z. B. durch unbeabsichtigtes Öffnen von unter Druck stehenden Anlagenteilen,
4. Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb (Abweichungen von den zulässigen Betriebsparametern, Undichtigkeiten) und störungsbedingte Freisetzung von Gasen,
5. Einwirkungen von außerhalb auf die ortsbeweglichen Druckgeräte oder die Druckanlage,
6. das Mischen von Gasen,
7. erstickende Wirkung durch Verdrängung von Luftsauerstoff,
8. unsachgemäße Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten.

Die gefährlichen Eigenschaften von Gasen sind insbesondere vor dem Hintergrund ihrer hohen Volatilität (Flüchtigkeit) und der Handhabung unter Druck zu beurteilen.

Mögliche Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gasen unter Druck sind beispielsweise:

1. Gefährdungen durch Druck:
  - a. unkontrolliert bewegte Teile (z. B. wegfliegende Teile, schlagende Leitungen),
  - b. Zerknall, Bersten (z. B. Druckwelle),
2. Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen: Lärm (z. B. lautes Zischen durch plötzliches Austreten großer Gasmengen aus Druckentlastungsöffnungen),
3. Kontakt mit heißen oder kalten Medien, z. B.: Verbrennungen oder Erfrierung der Haut durch Kontakt mit Oberflächen von Leitungen oder ortsbeweglichen Druckgeräten, die sich durch adiabatische Verdichtung oder Entspannung stark erwärmt oder stark abgekühlt haben,
4. hohe Strömungsgeschwindigkeit (z. B. Einwirken eines Gasstrahls auf das Auge).

Auf die Gefahren des Berstens aufgrund von Druckaufbau in mit Chlor gefüllten Behältern wird an verschiedenen Stellen dieses Merkblatts detaillierter eingegangen. Des Weiteren wird auch auf die speziell für Chlor zutreffenden Eigenschaften der Toxizität (akut toxisch Kat. 2), der hohen Korrosivität in Verbindung mit Feuchtigkeit und der hohen Reaktivität in Verbindung mit diversen Mischungen und Reinstoffen eingegangen.

Chlor wird in die Gruppe 3.1 (unter geringen Druck zu verflüssigende Gase, nicht entzündbar, chemisch stabil) gemäß Anhang 1 der TRGS 407 eingestuft. Durch die oxidierenden Eigenschaften von Chlor können Gasgemische unter Umständen stark reagieren. Hierbei sind neben den bekannten Zündquellen, wie z. B. offene Flammen, Funken oder heiße Oberflächen, auch weniger bekannte Zündquellen zu berücksichtigen. Bei Gemischen von Chlor und Wasserstoff reicht Licht als Zündquelle aus. Zur Ermittlung und Berücksichtigung der Bildung reaktionsfähiger Gemische siehe auch Abschnitt 8.4 sowie Anhang 3 der TRGS 407 (enthält eine Tabelle mit Gasen und deren Verhalten im Gemisch zueinander). Chlor ist neben den Edelgasen und Luftbestandteilen N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> nur mit wenigen Gasen gefahrlos mischbar.

Das Ausbreitungsverhalten von Gasen in Abhängigkeit von ihrer Dichte (Chlor ist schwerer als Luft) und in Abhängigkeit von dem Gemisch, in dem sie vorliegen, ist zu berücksichtigen. Eventuell zu ergreifende Maßnahmen sind daran zu orientieren, wie z. B. die Belüftung und die Positionierung von Gaswarngeräten (53).

Für Tätigkeiten mit Gasen sind bei der Gefährdungsbeurteilung alle Gefährdungen durch Druck sowohl beim bestimmungsgemäßen Betrieb als auch bei Abweichungen davon zu ermitteln (siehe auch TRBS 1111 (12) und TRBS 2141 (13)). Als vernünftigerweise nicht auszuschließende Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb sind insbesondere

1. Leckagen (z. B. an Ventilen, Flanschverbindungen oder anderen Dichtflächen oder durch Korrosion),
  2. Freisetzung von Gasen beim Öffnen von Anlagenteilen (z. B. durch nicht erkannten Überdruck oder Fehlbedienung),
  3. Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen, wie z. B. Sicherheitsventile oder Berstscheiben,
  4. Abriss von Schlauchverbindungen,
  5. Überschreiten zulässiger Füllungsgrade
-

auf Relevanz zu überprüfen und erforderlichenfalls zu berücksichtigen.

Gemäß TRGS 407 Abschnitt 3.2.4 Absatz 4 (22) sind Gefahrenbereiche und für ortsfeste Druckanlagen bei der Aufstellung im Freien auch Sicherheitsabstände zu Schutzobjekten festzulegen.

Auch von außen können durch Einwirkungen aus dem Bereich um die Druckanlage Gefährdungen auftreten. Vernünftigerweise nicht auszuschließende Einwirkungen können insbesondere sein:

1. Brand im Umfeld der Druckanlage,
2. umgebungsbedingt wahrscheinliche Naturereignisse wie Blitzeinschlag, Hochwasser oder Erdbeben,
3. Einwirkung durch Unbefugte,
4. Energieeinwirkungen aus anderen Anlagen oder Tätigkeiten,
5. Zwischenfälle mit kraftbetätigten Fahrzeugen.

Die durch diese Ereignisse entstehenden Einwirkungen sind mit der Auslegung der Druckanlage abzugleichen und in der Gefährdungsbeurteilung und bei den Notfallmaßnahmen zu berücksichtigen. Dabei unterstützt auch der Praxishilfe-Ordner „Gerüstet für den Notfall“ (55).

Gemäß TRGS 407 Abschnitt 3.2.5 Absatz 4 ist ausgehend von der Gefährdungsbeurteilung ein Schutzabstand festzulegen, in dem keine die Druckanlage beeinflussenden Ereignisse erfolgen dürfen oder geeignete Notfallmaßnahmen festgelegt werden müssen.

Flüssiges Chlor dehnt sich bei Erwärmung aus, daher darf flüssiges Chlor niemals ohne ausreichendes Gaspolster zwischen zwei geschlossenen Armaturen eingesperrt werden.

## 6.1.2 Erfassung der verwendeten Stoffe und Gemische – Gefahrstoffverzeichnis

Chlor ist, wie alle Gefahrstoffe (17) (77), im Gefahrstoffverzeichnis unter Angabe der Einstufung oder der gefährlichen Eigenschaften, der Arbeitsbereiche und entsprechenden Mengenbereiche mit Verweis auf das jeweilige Sicherheitsdatenblatt aufzuführen. Das Verzeichnis ist auf aktuellem Stand zu halten und allen betroffenen Beschäftigten und ihrer Vertretung (z. B. Betriebsrat) zugänglich zu machen.

## 6.2 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen

Um eine Gefährdung der Beschäftigten zu vermeiden, sind zunächst alle dem Stand der Technik (17) entsprechenden technischen und organisatorischen Maßnahmen zu treffen. Es gilt folgende Rangfolge für die technischen Maßnahmen:

- Substitution/Vermeidung/Minimierung,
- auf Dauer technisch dichte Apparaturen,
- emissionsfreie/emissionsarme Verfahren, z. B. Arbeiten bei Unterdruck,
- Absaugung an Entstehungs- oder Austrittsstellen,
- Belüftung.

Entscheidend bei der Anwendung dieser Schutzmaßnahmen ist die Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW, siehe Abschnitt 4.4) (27).

Soweit eine Gefährdung der Beschäftigten beim Umgang mit Chlor durch technische Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden kann, müssen persönliche Schutzausrüstungen bereitgestellt und benutzt werden.

Die betriebstechnischen Maßnahmen sind aber stets so auszuwählen, dass die Beschäftigten nur ausnahmsweise und als Ergänzung zu den technischen Maßnahmen persönliche Schutzausrüstungen tragen müssen.

Die Schutzmaßnahmen und der Stand der Technik bei Tätigkeiten mit Chlor sind in den Kapiteln 8 bis 11 dargelegt.

## 6.3 Dokumentation und Wirksamkeitskontrolle

Die Gefährdungsbeurteilung ist vor Aufnahme der Tätigkeiten zu dokumentieren und bei maßgeblichen Veränderungen oder neuen Erkenntnissen zu aktualisieren.

Die Wirksamkeit der zu treffenden oder bereits getroffenen Schutzmaßnahmen muss regelmäßig überprüft werden.

## 7 Expositionsermittlung

Der Unternehmer bzw. die Unternehmerin hat zu ermitteln, welche Mengen von Gasen bei bestimmungsgemäßem Betrieb betriebsbedingt austreten. Dabei sind insbesondere zu berücksichtigen:

1. Füll- und Entleervorgänge,
2. temperaturbedingte Ausdehnungen,
3. Dichtheit des ortsbeweglichen Druckgerätes oder der Druckanlage (z. B. technisch dicht oder auf Dauer technisch dicht, siehe dazu auch TRGS 722 Nummer 2.4.3) (14),
4. Spül- und Reinigungsvorgänge,
5. Entspannung von Rohrleitungen,
6. regelmäßig vorhergesehene Instandhaltungsarbeiten.

Darüber hinaus ist zu ermitteln, inwieweit durch vernünftigerweise nicht auszuschließende Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb größere Mengen von Gasen austreten können. Als vernünftigerweise nicht auszuschließende Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb sind insbesondere

1. Leckagen (z. B. an Ventilen, Flanschverbindungen oder anderen Dichtflächen oder durch Korrosion),
2. Freisetzung von Gasen beim Öffnen von Anlagenteilen (z. B. durch nicht erkannten Überdruck oder Fehlbedienung),
3. Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen, wie z. B. Sicherheitsventile oder Berstscheiben,
4. Abriss von Schlauchverbindungen,
5. Überschreiten zulässiger Füllungsgrade

auf Relevanz zu überprüfen und erforderlichenfalls zu berücksichtigen. Das Ausmaß der Exposition am Arbeitsplatz kann z. B. festgestellt werden anhand von

- Konzentrationsmessungen gemäß TRGS 402 (21),
- Erfahrungen mit vergleichbaren Anlagen und Tätigkeiten,
- Zuverlässigen Berechnungen von hinreichender Plausibilität.

Wenn eine für Messungen von Gefahrstoffen an Arbeitsplätzen akkreditierte Messstelle beauftragt wird, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass die von dieser Messstelle gewonnenen Erkenntnisse zutreffend sind. Akkreditierte Messstellen können über die Homepage der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) (93) gesucht

werden. Eine Liste steht auf den Internetseiten des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) (79) zum Download bereit: [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d4706.

Messtechnische und nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden (21) können sich wechselseitig ergänzend eingesetzt werden. So können z. B. die Ergebnisse von Berechnungen dazu dienen, Arbeitsplatzmessungen gezielt einzusetzen. Auch nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden (qualifizierte Expositionsabschätzung) können auf Messungen beruhen, z. B. die Übertragung von Ergebnissen vergleichbarer Arbeitsplätze.

Weitere Informationen (Messmethoden, Messgeräte, Berechnungen) enthalten die Euro-Chlor-Schriften HEALTH 7 „Code of Practice, Control of Worker Exposure to Chlorine in the Chlor-Alkali-Industry“ (148) und ANALYTICAL 8 „Determination of Chlorine in Workplace Air“ (102).

## 8 Technische Schutzmaßnahmen

### 8.1 Anlagen

Anlagen und Arbeitsverfahren sind so zu gestalten, dass sie auf Dauer technisch dicht sind<sup>4</sup>. Das kann z. B. durch Arbeiten in geschlossenen Anlagen geschehen. Ist das Freiwerden chlorhaltiger Dämpfe technisch nicht zu verhindern, so sind diese an der Austritts- oder Entstehungsstelle vollständig zu erfassen und anschließend ohne Gefahr für Mensch und Umwelt abzuleiten. Hierfür sind z. B. ausreichend dimensionierte Absaugvorrichtungen geeignet, die an eine Chlorabsorptionsanlage angeschlossen sind. Siehe dazu auch Abschnitt 8.5.1.

Für die Probenahme zur Qualitätssicherung müssen geeignete technische Einrichtungen vorhanden sein, z. B. Schleusen, geschlossene Probenahmegefäße, Probenahmeventile ohne Toträume und ohne Nachlauf. Falls möglich, sollten kontinuierlich Messungen durchgeführt werden und manuelle Probenahme weitestgehend vermieden werden.

Druckanlagen sind vor Eingriffen Unbefugter zu schützen. Dies kann je nach Einzelfall durch Umfriedung der Anlagen oder Einschluss der Armaturen erreicht werden. Ist die Druckanlage Teil eines größeren umfriedeten Bereichs (Werksgelände), sind organisatorische Maßnahmen (z. B. entsprechende Unterweisung) ausreichend. Hinweise auf technische Maßnahmen enthält auch die Euro-Chlor-Schrift GEST 05/316 „Guideline for Site Security of Chlorine Production Facilities“ (142).

Die Rückströmung von Chlor in Zuleitungen oder das Eindringen anderer Stoffe in Chlorleitungen oder Chlorbehälter muss unbedingt vermieden werden. Die dafür eingebauten Sicherheitseinrichtungen sind regelmäßig auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Spindeln von Armaturen müssen gegen Herausdrehen gesichert sein.

Im Rahmen der Anlagenplanung ist eine Gefahrenanalyse, wie z. B. HAZOP oder PAAG (81), durchzuführen. Dabei sind unter anderem die maximale und die minimale Betriebstemperatur sowie der maximale und der minimale Betriebsdruck unter Berücksichtigung der im ortsbeweglichen Druckgerät bzw. in der Druckanlage zu erwartenden Drücke und Temperaturen festzulegen. Dabei sind Eigenschaften von Chlor bzw. Gasmischungen mit Chlor und gegebenenfalls zu erwartende chemische Reaktionen zu berücksichtigen, wie z. B.

1. Druckerhöhung aufgrund von Wärmeausdehnung der Gasphase,
2. Druckerniedrigung aufgrund von Entspannung bzw. Kondensation,

---

4      Anlagenteile gelten als auf Dauer technisch dicht, wenn

- a. sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben oder
- b. ihre technische Dichtheit durch Wartung und Überwachung ständig gewährleistet wird. Beispiele dazu gibt die TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722 (14) „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“

3. Druck- und Temperaturerhöhung aufgrund von adiabatischer Verdichtung,
4. Drücke (gegebenenfalls auch Explosionsdrücke) und Temperaturen, die aufgrund von chemischen Reaktionen entstehen können.

Betreibererfahrungen zur Druckabsicherung enthält die GEST 87/133 „Overpressure Relief of Liquid Chlorine Installations“ (123).

## 8.2 Werkstoffe allgemein

Die Werkstoffwahl hängt vom Zustand des Chlors ab (feucht, trocken, verflüssigt, Druck, Temperatur) und muss dem Verwendungszweck angepasst werden. Es empfiehlt sich, den Angaben gemäß GEST 79/82 „Materials of Construction for Use in Contact with Chlorine“ (117) zu folgen. In besonderen Fällen wird sich eine Beständigkeitsprüfung nicht umgehen lassen, insbesondere beim Einsatz neuer Werkstoffe. Dabei sind auch die äußeren Einflüsse mitbestimmend: Z. B. ist bei der Verwendung von Kunststoffen auch deren Beständigkeit gegen Alterung unter Lichteinfluss zu berücksichtigen. Auch bei Instrumenten (z. B. Transmitter) muss darauf geachtet werden, dass keine falschen Materialien benutzt werden. Systeme sind gegen Eintritt von Feuchtigkeit zu schützen. Falls Fette oder Öle benutzt werden, sind ausschließlich chlorbeständige Sorten, z. B. auf Teflonbasis, zu benutzen. Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass keine organischen Materialien wie Lappen, Papier, Fette in das Chlorsystem gelangen können.

In Kapitel 6.2 des ADR (70) wird für den Bau von ortsbeweglichen Druckgeräten auf die DIN EN ISO 11114-1 und -2 (66) verwiesen.

### 8.2.1 Werkstoffe für flüssiges Chlor und trockenes Chlorgas

Für die Lager- und Transportbehälter, Rohrleitungen und Armaturen wird in der Regel Stahl (bei verflüssigtem Chlor Tieftemperatur-Stahl) verwendet, da flüssiges Chlor und trockenes Chlorgas nach DIN EN 937 (63) diesen Werkstoff nicht angreifen. Im Kontakt mit trockenem Chlor wird Stahl mit einer schützenden Schicht aus Eisen(III)-Chlorid belegt, die den Stahl vor weiterem Angriff schützt. Nichtsdestotrotz kann auch Stahl durch verschiedene Mechanismen (z. B. Feuchte, Temperatur, Erosion) zerstört werden, wenn diese Schutzschicht beeinträchtigt ist (detailliertere Informationen enthält die GEST 10/362 „Corrosion Behaviour of Carbon Steel in Wet and Dry Chlorine“ (148)).

Aufgrund der Reaktionsfähigkeit von Chlorgas mit Kohlenstoffstahl bei höheren Temperaturen (Chlor-Eisen-Brand) empfiehlt es sich aus Sicherheitsgründen, eine Chlorgastemperatur von 120 °C nicht zu überschreiten. Sind aus betrieblichen Gründen höhere Temperaturen nicht zu vermeiden, müssen immer Sonderwerkstoffe (z. B. Nickel, Nickellegierungen oder hochlegierte Stähle) eingesetzt werden.

Edelstähle sind grundsätzlich für die Verwendung im trockenen Chlor (Feuchtigkeitsgehalt < 20 w.-ppm) geeignet (beständig gegen Chlor-Eisen-Brand bis 150 °C oder bei erhöhten Festigkeitsanforderungen bei sehr tiefen Temperaturen). Allerdings ist höchste Vorsicht geboten, wenn im Chlor Feuchte vorhanden ist oder durch betriebliche Vorgänge nicht auszuschließen ist. Das sich bildende HCl führt zu Lochfraß im Edelstahl. Außerdem muss bei Temperaturen über ca. 40 °C auch mit Spannungsrisskorrosion gerechnet werden. Spannungsrisskorrosion kann zu schlagartigem Versagen von Bauteilen führen. Hier ist insbesondere auch die Einwirkung von Chloriden (aus der Umgebungsluft) an feuchten Außenwänden (z. B. aus Kondensation oder defekter Isolierung), z. B. durch eine geeignete Beschichtung, zu verhindern.

Für trockenes Chlorgas und Flüssigchlor darf auf keinen Fall Titan eingesetzt werden, da dieses Metall spontan und heftig mit trockenem Chlor reagiert (Chlor-Titan-Brand). Ähnlich heftige Reaktionen gibt es mit Zink, Zinn und Aluminium. Es gibt einige zugelassene Sonderwerkstoffe mit Messinglegierungen (diese enthalten Zink).

Einige Polymerwerkstoffe (z. B. PVC, CPVC und eingeschränkt auch PE/PP) sind beim Einsatz mit trockenem gasförmigen Chlor unproblematisch. Von flüssigem Chlor können diese Werkstoffe dagegen stark angegriffen

werden. Hier ist nicht nur die Versprödungsneigung bei tiefen Temperaturen zu betrachten. Auch Effekte wie Rückkondensation von Chlor in ursprünglich gasförmigen Strömen ist unbedingt zu vermeiden. Deshalb sollte der Einsatz von Polymerwerkstoffen immer einer besonderen Sicherheitsbetrachtung unterliegen.

## 8.2.2 Werkstoffe für feuchtes Chlorgas

Feuchtes Chlor reagiert nahezu mit allen Metallen. Ausnahmen sind Titan und Tantal. Beim Einsatz von Titan muss sichergestellt werden, dass eine ausreichende Feuchte (> 0,4 Gew.-% Wasser, entspricht einem Taupunkt von ca. 15 °C) auch bei wechselnden Betriebsbedingungen immer gegeben ist. Gegebenenfalls ist auch Wasser einzusprühen. Kältebrücken müssen vermieden werden. Eine Verwechslung von Bauteilen aus Titan mit Bauteilen aus anderen Werkstoffen ist bei der Instandhaltung unbedingt zu vermeiden.

Für feuchtes Chlorgas führende Anlagenteile eignen sich gummierte oder mit chlorbeständigen Polymeren innen beschichtete Stahlbehälter oder auch Apparate aus Kunststoff (meist glasfaserverstärkte Polyester) mit und ohne Inlinern, wie z. B. GF-UP oder GFK-PVC. Auch Glas ist gegen feuchtes Chlor beständig.

## 8.2.3 Werkstoffe für Dichtungen

Dichtungen sind immer nur so gut wie das Gesamtsystem einer lösbaren Verbindung. Grundsätzlich sollte vor Einbau von Dichtungen auch der Zustand der Flanschflächen, die Flanschparallelität und die Kraft aus Verspannungen betrachtet werden. Es müssen die korrekten Schrauben/Unterlegscheiben verwendet und mit dem richtigen Drehmoment angezogen werden. Beim Einbau sind gegebenenfalls weitere Hinweise des Herstellers zu beachten. Hilfestellung hierfür gibt der „Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen“ des VCI (90).

Schrauben und Bolzen werden normalerweise zur besseren Kontrolle des Drehmoments mit Schmiermittel versehen. Dabei dürfen nur chlorbeständige Schmierstoffe (z. B. perfluorierte Öle oder Fette) zum Einsatz kommen. Gleiches gilt für die Verwendung von Fetten zur Fixierung der Dichtung beim Einbau, wobei dieses Verfahren nicht empfohlen wird, da die verminderte Reibung die Gefahr des Ausblasens erhöht. Das Verwenden von anderen Fetten ist gefährlich (siehe auch Kapitel 2 und Abschnitt 8.4). Die Verwendung von Silikonfetten ist unbedingt zu vermeiden, da in Kontakt mit Chlorgas und Flüssigchlor harte Ablagerungen aus Chlorsilanen gebildet werden, die die Dichtigkeit von Flanschverbindungen und Ventilen unwirksam machen.

Der Schulung von Montagepersonal in der richtigen Flanschmontage kommt große Bedeutung für die sachgerechte Installation und dauerhafte Dichtheit der Verbindung zu.

Die Wiederverwendung von gebrauchten Dichtungen ist gefährlich, da diese niemals wieder die Kennwerte einer neuen Dichtung erreichen und die Wahrscheinlichkeit einer nachfolgenden Leckage deshalb erheblich ist.

Es gibt für Chlor geeignete Dichtungen aus PTFE, Graphit, Aramidfaser und Carbonfaser, wobei nicht automatisch jede Dichtung aus diesem Stoff geeignet ist (abhängig z. B. vom Bindemittel der Carbonfasern).

Bewährtes Dichtungsmaterial enthält die GEST 94/216 „Experience of Gaskets in Liquid Chlorine and Dry or Wet Chlorine Gas Service“ (141) oder kann vom Lieferanten und von allen anderen Chlorherstellern erfragt werden.

## 8.2.4 Rohrleitungen für flüssiges Chlor und trockenes Chlorgas

Sowohl trockenes Chlorgas als auch flüssiges Chlor wird in der Produktionsanlage und von dieser zu den Verbrauchern innerhalb eines Werkes in Rohrleitungen gefördert. Diese Rohrleitungen sind entsprechend den Betriebsbedingungen meist aus Stahl oder Tieftemperatur-Stahl. Bei der Konstruktion von Rohrleitungssystemen für flüssiges oder trockenes Chlorgas unterstützen die Empfehlungen die GEST 73/25 (106) „Transport of Chlorine by Pipeline outside Site Boundaries“. Entsprechende Schriften des Verbandes „Euro Chlor“ existieren auch zu

---

Maschinen zur Förderung von flüssigem Chlor mit Pumpen (GEST 83/119 (121) „Seal-less Pumps for Use with Liquid Chlorine“), Gasdruck (GEST 79/79 (116) „Transfer of Liquid Chlorine by Padding with a Chlorine Compressor“) sowie von trockenem Chlorgas mit Verdichtern (GEST 10/361 (146) „Dry Chlorine Gas Compressors“).

Die Leitungen müssen so verlegt werden, dass sie durch Schwingungen, Erschütterungen, Verlagerungen, Verspannungen und Erwärmungen nicht in gefährlichem Maße beansprucht werden. Die Leitungen müssen gegen äußere Korrosion geschützt sein.

Rohrleitungen können geschweißt oder geflanscht sein. Es sollten möglichst wenige Flanschverbindungen vorhanden sein.

Geeignete Werkstoffe außer Stahl sind höher legierte Stähle, Weichkupfer oder Nickel.

Es sollten Flanschverbindungen gewählt werden, die aufgrund ihrer Konstruktion auf Dauer technisch dicht sind. Dazu gehört die Verwendung von Flanschen mit Nut und Feder oder Vor- und Rücksprung, wie sie auch in der TA-Luft (32) als auf Dauer technisch dichte Flanschverbindungen beschrieben sind. Flansche mit glatter Dichtleiste für Chlorgas sind einsetzbar, wenn besondere, ausblässichere Dichtungen wie z. B. metallinnenrandgefasste, metallummantelte, kammprofilierte oder Schweißlippendichtungen benutzt werden.

Die GEST 06/318 (144) „Valves Requirements and Design for Use on Liquid Chlorine“ beschreibt den Stand der Technik der Armaturen für Rohrleitungen mit flüssigem Chlor.

Kann in Anlagenteilen Chlor in flüssiger Form eingeschlossen werden, so sind Maßnahmen zu ergreifen, die unzulässig hohe Betriebsdrücke infolge Wärmeausdehnung verhindern. Rohrleitungen, die nicht mit der Gasphase eines Chlorbehälters in Verbindung stehen und über keine Kompensationseinrichtung verfügen, dürfen niemals beidseitig abgesperrt werden, wenn sie vollständig mit flüssigem Chlor gefüllt sind. In Anlagenteilen zur Speicherung von flüssigem Chlor gibt es vorgeschriebene maximale Füllgrade. Zum Fördern von flüssigem Chlor verwendete Gase dürfen zu keiner unzulässigen Drucksteigerung in der Anlage führen und dürfen nicht mit Chlor reagieren.

Werden in einer Anlage Rohrleitungen sowohl für trockenes als auch feuchtes Chlor betrieben, dann ist sicherzustellen, dass es nicht zu gefährlichen Materialverwechslungen kommt. Beispiele: Ein Thermoschutzrohr aus Titan führt bei versehentlichem Einbau in eine Flüssigchlorleitung zum Brand, eine Stahl-Thermohülse im Feuchtchlor zum schnellen Versagen durch Korrosion.

Abbildung 16: Nach Materialverwechslung: Titanventil nach Verwendung im trockenen Chlor (nach kurzer Zeit)



Leitungen für Flüssigchlor (147) (143) sind mit Fließgeschwindigkeiten unter 2 m/s zu betreiben, da ansonsten die schützende  $\text{FeCl}_3$ -Schicht des Stahls abgetragen werden kann, was Korrosion zur Folge hat.

Bei Leitungen für gasförmiges Chlor wurden diese Effekte bei Geschwindigkeiten bis zu 20 m/s nicht beobachtet. Allerdings muss ein Mitreißen von Flüssigkeitströpfchen oder Partikeln sicher ausgeschlossen sein.

Bei Chlor ist eine Zweiphasenströmung zu vermeiden, da sowohl die Anwesenheit von Gasblasen in der Flüssigkeit als auch von Tröpfchen im Gas die schützende Wirkung der  $\text{FeCl}_3$ -Schicht beeinträchtigt. Das Druckniveau muss deshalb so gewählt werden, dass bei der Entspannung von flüssigem Chlor mit oder ohne Wärmezufuhr bzw. bei der Verdichtung von gasförmigem Chlor mit oder ohne Wärmeabfuhr der Nassdampfbereich nicht erreicht wird. Bei einer eventuell vorhandenen Begleitheizung ist darauf zu achten, dass es zu keiner lokalen Überhitzung kommt. Es dürfen keine lokalen Tiefpunkte existieren, an denen die Heizung nicht wirkt. Zudem muss eine generelle Überhitzung ausgeschlossen werden (Sicherheitstemperaturbegrenzer).

Vor Inbetriebnahme sind Rohrleitungen zu reinigen und durch Spülen mit Trockenluft sorgfältig zu trocknen. Sie sind auf Dichtheit zu prüfen, z. B. durch Abdrücken mit Stickstoff bei abgeseiften Flanschverbindungen. Rohrleitungen mit  $\text{DN} > 25$  und  $\text{PS} > 0,5$  sind vor der Inbetriebnahme einer Prüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) zu unterziehen. Danach sind die Anlagenteile mit Chlor unter zunächst geringem Druck zu beaufschlagen und es ist ein erneuter Dichtheitstest mit Ammoniakdämpfen (siehe Kapitel 5) durchzuführen.

Hinweise für die korrekte Inbetriebnahme von chlorführenden Apparaten und Rohrleitungen enthält die GEST 80/84 (118) „Code of Good Practice for the Commissioning of Installations for Dry Chlorine Gas and Liquid“. Für die De- und Montage sowie Instandhaltung von Chlorventilen kann die GEST 80/85 (119) „Code of Good Practice for Installation Removal and Maintenance of Manually Operated Chlorine Valves“ herangezogen werden.

#### 8.2.4.1 Rohrleitungen für feuchtes Chlor

Für feuchtes Chlorgas führende Rohrleitungen eignen sich gummierte oder mit chlorbeständigen Polymeren innen beschichtete Stahlrohre (Wasserdampfdiffusion beachten) oder auch Rohre aus Kunststoff mit und ohne Inlinern, wie z. B. GF-UP oder GFK-PVC. Auch Glas ist gegen feuchtes Chlor beständig.

Es ist zu beachten, dass Chlor und Wasser unter  $+ 10\text{ °C}$  festes Chlorhydrat bilden und dadurch Leitungen, in denen feuchtes Chlorgas strömt, verstopfen können (siehe auch Abbildung 5).

Titan ist ein gut geeigneter Werkstoff in Systemen mit feuchtem Chlor. Insbesondere auch bei abgestellten Anlagen kann die erforderliche schützende Feuchtigkeit durch Kondensation oder Chlorhydratbildung gefährlich verringert werden!

### 8.3 Chlorverdampfer

Eine Entnahme von gasförmigem Chlor aus Transportgebinden führt zur Abkühlung dieser, sodass die zu entnehmende Menge von der Wärmezufuhr zum Gebinde begrenzt wird. In erster Näherung sind ca. 1 % des Inhalts pro Stunde und  $\text{m}^2$  Gebindeoberfläche die maximal durch natürliche Konvektion verdampfbare Menge. Dabei steht bei Behältern nur die von innen flüssigkeitsberührte Oberfläche für eine nennenswerte Wärmeübertragung zur Verfügung. Bei einer höheren Entnahme kühlt sich das Transportgebinde soweit ab, bis die Chlorverdampfung nahezu zum Stillstand kommt. Die Entnahme kann durch eine Raumheizung unterstützt werden (Absicherung gegen eine Erwärmung über  $50\text{ °C}$  erforderlich – siehe auch Abschnitt 8.9). Ein Berieseln von Gebinden mit warmem Wasser ist nicht zu empfehlen (Korrosionsgefahr). Ein Erwärmen der Flasche mit offener Flamme ist nicht sachgemäß und lebensgefährlich.

Sollen größere Mengenströme Chlorgas dem Verbraucher zur Verfügung gestellt werden, dann empfiehlt sich die flüssige Entnahme des Chlors und die Umwandlung in Gas (143, 9.6) in einem dafür bereitgestellten Verdampfer, der die erforderliche Wärme liefert. Der Druck im Entnahmebehälter bleibt dabei konstant, solange noch Flüssigkeit vorhanden ist. Hinweise für Design, Konstruktion, Betrieb und Instandhaltung von Chlorverdampfern liefert die GEST 75/47 (110) „Design and Operation of Chlorine Vaporisers“.

In allen Teilen eines Prozesses, in dem Chlor verdampft, kann potentiell eine Anreicherung von Stickstofftrichlorid stattfinden (siehe auch Abschnitt 8.4.2). Dies ist gegeben bei der gasförmigen Entnahme von Chlor beim Betrieb von Chlorverdampfern mit großem Flüssigkeits-Hold-up (z. B. Kettle-Typ) und die entsprechenden Hinweise der GEST 75/47 sind zu beachten.

Für die, im Allgemeinen, bei den Herstellern platzierten Chlorverflüssigungen sei auf die GEST 08/360 (145) „Design and Operation of Chlorine Liquefaction Units“ hingewiesen.

## 8.4 Brand- und Explosionsschutz

Chlor selbst ist nicht brennbar. Durch seine Reaktionsfähigkeit können jedoch oberhalb von 170 °C mit Eisen „Chlor-Eisen-Brände“ entstehen. Die Zündtemperatur ist stark von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig. In normalen Stahlleitungen gelten Temperaturen bis 120 °C als sicher.

Mischungen von Chlor mit anderen Gasen oder brennbaren Stäuben können explosionsfähige Gemische (z. B. „Chlorknallgas“ mit Wasserstoff) oder Reaktionsprodukte (z. B. Stickstofftrichlorid mit Ammoniak) bilden. In der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“ (22) ist im Anhang 3 in einem Gasgemische-Diagramm zusammengestellt, welche Gase mit Chlor gemischt bzw. wegen gefährlicher Reaktionen nicht gemischt werden dürfen. Gefährliche Reaktionen sind neben Wasserstoff und Ammoniak, u. a. mit Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Butadien, Ethylenoxid, Cyanwasserstoff möglich.

Auch Gemische von gasförmigem und flüssigem Chlor mit bestimmten Kohlenwasserstoffen (z. B. Erdgas), Alkoholen, Estern, Ölen, Lösemitteln, Silikonölen und Silikonkautschukmassen können explosionsfähig sein. Das gilt insbesondere auch für Schmieröle und Fette, ausgenommen bestimmte chlorbeständige Öle und Fette, z. B. perfluorierte Polyether.

Analog verhält es sich mit der Mischung von Chlor mit brennbaren Stäuben bzw. Feststoffen mit großer Oberfläche (Späne, Abriebsrückstände etc.). Die Zündtemperatur eines Chlor-Eisen-Brandes ist beispielsweise bei Stahlwolle gegenüber massiven Bauteilen aus Stahl (120 °C gelten dort als sicher) auf Raumtemperatur reduziert.

Im Falle von Bränden muss unbedingt verhindert werden, dass Behälter mit flüssigem Chlor über 50 °C erhitzt werden (siehe auch Abschnitt 3.1). Im Brandfall sind diese Behälter unbedingt zu kühlen oder aus der Wärmeinflusszone zu entfernen.

GEST 91/168 (135) „Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine“ enthält in Kapitel 9 Informationen zu Explosions- und Detonationsgrenzwerten. Für die Zellensäle der Chlorfabriken beschreibt das Positionspapier PPX „ATEX: Explosion Protection Considerations Regarding the Cell Room of a Chlor-Alkali Electrolysis Unit“ (150) des Verbandes Euro Chlor mögliche Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der aktuellen Explosionsschutzvorschriften.

### 8.4.1 Chlor und Wasserstoff

Je nach Verfahren sind im produzierten Chlorgas kleine Mengen (< 1 %) Wasserstoff enthalten. Ein Explosionsrisiko einer „Chlor-Knallgas“-Reaktion ist im Bereich von 3 bis 93 Vol.-% Wasserstoff im Gemisch gegeben (abhängig von Druck, Temperatur und Anwesenheit von anderen Komponenten, genauere Werte siehe z. B. GEST 06/317) (143). Licht ist als Zündquelle ausreichend. Produzenten haben Gegenmaßnahmen gegen die Wasserstoffbildung im Prozess vorzusehen (z. B. Überwachung der Solequalität, Schutz gegen Membranrisse etc.). Zu beachten ist, dass die Wasserstoffkonzentration während der Verarbeitungsprozesse ansteigen kann (Verflüssigung, Absorption oder Abreaktion des Chlors). Auch Korrosionsprozesse können Wasserstoff bilden.

Empfohlen wird, die Wasserstoffkonzentration auch dahingehend zu kontrollieren, dass keine Aufkonzentrierung auftritt, insbesondere an Hochpunkten (Totpunkte) und schlecht durchströmten Bereichen der Anlage. Zur

Bestimmung von Wasserstoff in Chlorgas gibt die Euro-Chlor-Schrift ANALYTICAL 12 „Determination of Hydrogen in Chlorine“ (103) Hinweise.

## 8.4.2 Stickstofftrichlorid

Stickstofftrichlorid ist eine flüssige explosive chemische Verbindung mit höherem Siedepunkt als Chlor, die selbstzersetzlich ist. Es entsteht in den Elektrolysezellen aus Spuren von Stickstoff-Verbindungen in der verwendeten Sole oder bei direktem Kontakt von Chlor mit Ammoniak. Hersteller haben Maßnahmen gegen die übermäßige Bildung und zur Begrenzung der Konzentration insbesondere im flüssigen Chlor zu ergreifen.

In allen Teilen eines Prozesses, in dem Chlor verdampft, kann potentiell eine Anreicherung von Stickstofftrichlorid in der Flüssigphase stattfinden. Insbesondere ist dies gegeben bei der gasförmigen Entnahme von Chlor aus Tanks, Kesselwagen und anderen großen Transportgebinden beim Betrieb von Lagerbehältern bei geringem Druck – und damit permanentem Chlorgasverlust durch Verdampfung – sowie beim Betrieb von Chlorverdampfern mit großem Flüssigkeits-Hold-up (z. B. Kettle-Typ).

Stickstofftrichlorid kann z. B. durch gezielte Erhöhung der Prozesstemperatur kontrolliert zur Zersetzung gebracht werden (Zersetzungstemperatur: 60–90 °C).

Der Verband Euro Chlor und das amerikanische Chlorine-Institute fordern, den Stickstofftrichloridgehalt von Chlor in kleineren Transportgebinden (Flaschen und Fässer  $\leq 1$  t) auf 20 w-ppm zu begrenzen. Dies entspricht auch den Anforderungen der DIN EN 937:2016 „Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Chlor“ (63) und wird von der üblichen Handelsware normalerweise sogar deutlich unterschritten. In diesem Fall zeigt die Erfahrung, dass es auch bei gasförmiger Entleerung der kleineren Gebinde nicht zu einer gefährlichen Anreicherung von Stickstofftrichlorid kommt.

Umfangreiche Informationen enthalten die Euro-Chlor-Schriften GEST 76/55 (113) „Maximum Levels of Nitrogen Trichloride in Liquid Chlorine“ und ANALYTICAL 2 (101) „Determination of Nitrogen Trichloride in Liquid Chlorine“.

## 8.5 Abluftreinigung, Abwasser, Abfälle

Es ist darauf zu achten, dass sowohl das Oberflächenwasser, das Grundwasser, das Abwasser also auch die Umgebungsluft nicht mit Chlor kontaminiert werden. Hierfür gelten Grenzwerte aus gesetzlichen Regelungen und Auflagen wie, z. B. Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) (35), die lokale Abwassersatzung und die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) (32).

### 8.5.1 Behandlung chlorhaltiger Gase, Abluft

Falls bei der großtechnischen Chlorproduktion und -verwendung die Rückführung in einen Produktionsprozess nicht möglich ist, werden Chlor und chlorhaltige Restgase üblicherweise in Absorptionseinheiten (meist bestehend aus Strahlwäschern und/oder Waschkolonnen) mit 18 bis 22 %iger Natronlauge behandelt. Dabei können z. B. 6 m<sup>3</sup> Natronlauge (18 Gew.-%) bis zu 1000 kg Chlor aufnehmen.

Dabei kann unter adiabatischen Bedingungen durch die Reaktionswärme (1465 kJ pro kg Chlor) die Temperatur um über 50 K steigen. Weil die entstehende Bleichlauge ab 55 °C zu Zersetzungsreaktionen neigt und die Lösung bei dem durch den Verbrauch der Natronlauge abnehmenden pH-Wert nicht mehr zur vollständigen Absorption des Chlors fähig ist (ab ca. pH < 11), ist auf Temperatur- und Konzentrationskontrolle zu achten. Andere alkalische Waschflüssigkeiten (z. B. Kalkmilch) sind möglich. Außerdem sind trockene Chemisorptionsmassen auf Thiosulfat- oder Bisulfitbasis verfügbar.

Für Chlor produzierende Betriebe ist das Vorhandensein einer geeigneten Absorptionsanlage zur Behandlung aller chlorhaltigen Restgase (z. B. bei An- und Abfahrt, Entleerung von Systemen vor Instandhaltungsmaßnahmen, Restgase aus Verflüssigungsanlagen, Abgas aus Analysenmessungen, Bindung des Chlorinventars bei sicherheitsgerichteten Abschaltvorgängen etc.) zwingende Voraussetzung. Gleichermaßen müssen Verbraucher in ihren Anlagen Einrichtungen schaffen, die geeignet sind, in allen möglichen Betriebszuständen und -prozessen (z. B. Abgase aus Reaktionen in allen Betriebszuständen, Entspannung des Chlor führenden Systems aus Sicherheitsgründen, Restgase bei Gebindewechseln etc.) chlorhaltige Gase sicher zu absorbieren. Grundlagen beschreibt die allgemeine Euro-Chlor-Schrift GEST 06/317 (143) „The Chlorine Reference Manual“ in Abschnitt 9.7 „Absorption Systems“, für detaillierte Hinweise zu Auslegung, Konstruktion und Betrieb kann GEST 76/52 (111) „Equipment for the Treatment of Gaseous Effluents Containing Chlorine“ verwendet werden.

Für die Beseitigung von kleineren Chlormengen sind Chlorgasbeseitigungseinrichtungen auf Basis von alkalischen Wäschern oder Festbettabsorbieren kommerziell erhältlich.

Im Bereich der Schwimmbäder sei auf die DGUV Regel 107-001 (58) „Betrieb von Bädern“, die DGUV Informationen 207-023 (61) „Prüfliste für Chlorungseinrichtungen unter Verwendung von Chlorgas und deren Aufstellungsräume in Bädern“ und 213-040 (62) „Gefahrstoffe bei der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“, und für den Bereich des Einsatzes von Chlor in der Trinkwasserversorgung wird auf die DGUV Information 203-086 (60) „Chlorung von Trinkwasser“ verwiesen.

## 8.5.2 Entsorgung von Abfällen und Restmengen

Ortsbewegliche Druckgeräte mit Chlor sollen von Verbrauchern nicht bis zum völligen Druckausgleich entleert werden, um Feuchteintritt (Korrosion) bis zur endgültigen Entsorgung zu vermeiden. Solange die ortsbeweglichen Druckgeräte nicht sicher gereinigt sind, sind diese wie gefüllte zu behandeln. Produktbehaftete ortsbewegliche Druckgeräte müssen beim Transport entsprechend gekennzeichnet werden, um Verwechslungen zu vermeiden (siehe auch Abschnitt 3.3). Zum Zwecke der Entsorgung dürfen, gemäß ADR, auch Behälter mit abgelaufener Prüffrist transportiert werden.

Behälter mit Chlor müssen gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz zu einer Entsorgungsanlage verbracht werden (nach Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV (28), Abfallschlüsselnummer 160504 „gefährliche Stoffe enthaltende Gase in Druckbehältern (einschließlich Halonen)“). Auskunft über Abfallverwertungs- bzw. Beseitigungsanlagen geben die für die Abfallentsorgung zuständigen Landesbehörden und die Industrie- und Handelskammern.

Flaschen und Druckfässer im Eigentum des Lieferanten können (nach Abstimmung mit diesem) direkt an den Lieferanten zurückgegeben werden.

## 8.5.3 Abwasser

Vor Einleitung chlorhaltiger Wässer in die Kanalisation oder in ein Gewässer ist die Flüssigkeit zwingend zu behandeln, um den Gehalt von „freiem Chlor“ bzw. Hypochlorit (starke biozide Wirkung) zu minimieren.

Mittels alkalischer Wäsche (siehe Abschnitt 8.5.1.) gebundenes Chlor kann mit Lösungen von Reduktionsmitteln wie Natrium(bi)sulfit, Natriumpyrosulfit oder Natriumthiosulfat behandelt werden. Auch die Anwendung von Wasserstoffperoxidlösung ist möglich. Bei kontinuierlich anfallenden chlorhaltigen Abwasserströmen ist eine Behandlung durch automatisierte Zudosierung der obigen Chemikalien oder aber auch katalytische bzw. auf Aktiv-Kohle basierende Verfahren möglich. Der Erfolg der Reduzierung kann mit RedOx-Analysatoren überwacht werden.

## 8.6 Abfüllen, Umfüllen und Entnahme von Chlor

Anschlussleitungen sind so zu verlegen, dass auch die beim Transfer auftretenden Bewegungen ausgeglichen werden. Die beweglichen Leitungen müssen in ihrer gesamten Länge einsehbar und bei Dunkelheit während laufenden Betriebes ausreichend beleuchtet sein.

Außer spannungsfrei geflanschten Rohrverbindungen können dabei Gelenkarme (z. B. gemäß GEST 75/44 (108) „Articulated Arms for the Transfer of Dry Gaseous or Liquid Chlorine“) und Metallschläuche, z. B. Monel 400, verwendet werden. Die Metallschläuche besitzen idealerweise einen Doppelmantel und Anschluss für eine Leckageüberwachung des Zwischenraumes (Euro-Chlor-Empfehlung GEST 75/43 (107) „Flexible Steel Pipes and Flexible High Nickel Alloys Hoses for the Transfer of Dry Gaseous or Liquid Chlorine“).

Nach dem Anschließen muss immer eine Dichtheitsprüfung erfolgen. Dabei können z. B. folgende Verfahren verwendet werden (siehe auch Kapitel 5):

- Aufgeben einer kleinen Menge Chlorgas in die Leitung und Prüfung der Anschlussstellen mit Ammoniakdämpfen,
- Drucküberwachung der Anschlussstelle mit Überdruck (bei kleinen Volumen auch Unterdruck möglich – Feuchtigkeitseintrag vermeiden),
- Überwachung der Anschlussstelle mit Gaswarneinrichtungen und -geräten.

Bei Undichtigkeiten ist das Umfüllen sofort einzustellen!

In den Zufuhrleitungen müssen Vorrichtungen vorhanden sein, die im Gefahrenfall auch aus sicherer Entfernung ein schnelles Unterbrechen einer weiteren Chlor-Zufuhr ermöglichen.

Ventile und Rohrleitungsteile, die wechselnd mit Chlor und Außenluft in Berührung kommen, müssen regelmäßig auf Korrosion kontrolliert und gegebenenfalls ausgetauscht werden.

Bei Abfüllung aus Anlagen in ortsbewegliche Druckgeräte ist der aufnehmende Behälter gegen Überfüllung zu sichern (Füllfaktor siehe folgende Abschnitte und Abschnitt 3.1). Zu diesem Zweck sind zwei voneinander unabhängige Messsysteme notwendig.

Das Abflanschen der Anschlussleitung soll erst erfolgen, wenn die Leitung entleert wurde. Zum Entleeren der Leitung kann verbliebenes Chlor z. B. auf eine Chlorabsorptionsanlage abgasen oder mittels Unterdruck abgesaugt werden. Danach sind die Leitungen mit trockener Luft oder Stickstoff zu spülen. Erst dann dürfen die für das Umfüllen benutzten Verbindungen gelöst werden. Die Flansche sind während des Lösens vor Ort abzusaugen.

Kann der Arbeitsplatzgrenzwert trotz Ausschöpfung der technischen Möglichkeiten nicht eingehalten werden, sind organisatorische oder persönliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Technische und organisatorische Hinweise für das Entnehmen von Proben von flüssigem Chlor gibt die GEST 94/211 (139) „Code of Practice for Sampling Liquid Chlorine“.

### 8.6.1 Abfüllen von Chlor in Flaschen und Druckfässer

Die Rahmenbedingungen der Befüllung definiert das ADR im Kapitel 4.1 (70) (Verpackungsanweisung P200).

Das/der höchst zulässige Füllgewicht/Füllfaktor für Flaschen und Druckfässer nach ADR beträgt 1,25 kg/l (d. h., in einen Transportbehälter mit einem Volumen von 400 l dürfen maximal 500 kg Chlor eingefüllt werden).

Bei Abfüllung in Flaschen und Druckfässer wird der Füllstand in der Regel durch Verwiegung (gravimetrisch) ermittelt.

Zu beachten ist der Ausdehnungskoeffizient von Chlor, siehe dazu Abschnitt 3.1.

## 8.6.2 Abfüllen von Chlor in einen ortsfesten Druckgasbehälter

Nach Merkblatt T 029 (52) „Füllen von Druckbehältern mit Gasen“ ist die Formel zum Füllen ortsfester Tanks nach volumetrischem Füllverfahren:

$$V_E V_N \cdot \frac{F_{\max}}{100} \cdot \frac{\text{Dichte}_{\max}}{\text{Dichte:Einfülltemperatur}}$$

Daraus ergibt sich z. B., dass Lagerbehälter für Flüssigchlor nur bis zu 95 % ihres Volumens bei der höchst zulässigen Temperatur von 50 °C gefüllt werden dürfen. Die Dichte des gesättigten Flüssigchlors beträgt bei dieser Temperatur gemäß GEST 91/168 Chapter 4 (130) „Density and Specific Volume“ 1,313076 kg/l.

Für weitere Informationen zum Füllen siehe auch Merkblatt T 029.

## 8.6.3 Abfüllen von Chlor in Tanks

Die höchstzulässige Masse der Füllung je Liter Fassungsraum für Tanks (z. B. Kesselwagen, Tankfahrzeugen, Aufsetztanks, Tankcontainer) beträgt nach RID (71) 1,25 kg/l. Zu beachten ist auch Kapitel 4.3.3.4 des RID.

## 8.6.4 Entnahme von Chlor aus ortsbeweglichen Druckgeräten

Eine Entnahme von gasförmigem Chlor aus ortsbeweglichen Druckgeräten führt zur Abkühlung dieser, sodass die zu entnehmende Menge von der Wärmezufuhr zum Gebinde begrenzt wird. In erster Näherung sind ca. 1 % des Inhalts pro Stunde und m<sup>2</sup> Gebindeoberfläche die maximal durch natürliche Konvektion verdampfbare Menge. Chlorbehälter nehmen die erforderliche Wärme zur Verdampfung nur über den Teil auf, der mit flüssigem Chlor in Kontakt steht. Im Falle eines nahezu entleerten Chlorbehälters und hoher Entnahmemenge wird dies zum begrenzenden Faktor. Bei einer höheren Entnahme kühlt sich das Transportgebilde soweit ab, bis die Chlorverdampfung nahezu zum Stillstand kommt. Die Entnahme kann durch eine Raumheizung unterstützt werden (Absicherung gegen eine Erwärmung über 50 °C erforderlich – siehe auch Abschnitt 8.9). Ein Berieseln mit Wasser, vor allem von Armaturen, ist aufgrund der Korrosionsgefahr nicht zu empfehlen.

Siehe auch Kapitel 8.3.

Beim Umfüllen können Vereisungen am Behälter oder an den Ventilen auftreten. Dies deutet darauf hin, dass die Entnahmegeschwindigkeit zu hoch ist. Beim Abtauen dürfen die zulässigen Temperaturgrenzen nicht überschritten werden. Für Druckausgleich ist zu sorgen. Beim Erwärmen ist die Gefahr von Chlor-Eisen-Brand, Bersten und Korrosion zu berücksichtigen.

## 8.6.5 Entnahme von Chlor aus Kesselwagen

Normalerweise wird Chlor flüssig im Gaspendelverfahren entnommen.

Es wird davor gewarnt, gasförmiges Chlor einem Kesselwagen zu entnehmen. Bei einer gasförmigen Entnahme reichert sich das im Flüssigchlor in Spuren befindliche explosive Stickstofftrichlorid im Sumpf an. Bei wiederholtem Beladen eines Kesselwagens und Entnahme des Chlors über die Gasphase besteht dann Explosionsgefahr.

Ein über das Tauchrohr entleerter Kesselwagen enthält noch bis zu 1000 kg Chlor. Allgemein gilt: Ein „leerer“ und ungereinigter Kesselwagen ist sicherheitstechnisch und transportrechtlich wie ein gefüllter Kesselwagen zu behandeln.

Nach der Entleerung mit Inertgas muss der Kesselwagen entspannt werden. Der Inertgasüberdruck muss kleiner als 1 bar(ü) sein.

## 8.7 Laboratorien

Arbeiten mit Chlor dürfen nur in Abzügen durchgeführt werden. Die Frontschieber sind bei solchen Arbeiten geschlossen zu halten.

Tritt Chlor unerwartet und in möglicherweise gefährlicher Konzentration oder Menge aus, so ist der gefährdete Bereich zu räumen und die betroffene Umgebung zu warnen. Die Beseitigung des gefährlichen Zustandes darf nur unter geeigneten Schutzmaßnahmen erfolgen. Die Schutzmaßnahmen sind in der Betriebsanweisung festzulegen.

Es sollen nur möglichst kleine Chlorflaschen verwendet werden. Die Flaschen sind außerhalb des Labors aufzustellen. Ist das technisch nicht möglich, können sie auch im Abzug oder einem dauerabgesaugten Sicherheitsschrank aufgestellt werden.

Einzelheiten enthalten die Schrift „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ (DGUV Informationen 213-850) (42) und das Merkblatt T 032 (51) „Laborabzüge – Bauarten und sicherer Betrieb“ (DGUV Information 213-857).

Ortsbewegliche Druckgeräte mit Chlor dürfen nur in geeigneten Sicherheitsschränken mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 30 Minuten gelagert werden, die technisch belüftet werden und die einen 120-fachen Luftwechsel pro Stunde aufweisen.

## 8.8 Lagerräume

Bei der baulichen Ausführung und bei der Ausrüstung von Arbeits- und Lagerräumen (u. a. Fluchtwege) sind die Arbeitsstättenverordnung (9), die Muster-Industrie-Baurichtlinie (36), die jeweiligen Länderbauordnungen sowie das Wasserhaushaltsgesetz (37) mit den zugehörigen Länderverordnungen und die Auflagen der zuständigen Wasserbehörde zu berücksichtigen.

Zur Vermeidung einer gefährlichen Ansammlung oder Ausbreitung von Chlor dürfen sich keine Gruben, Kanäle oder Abflüsse zu Kanälen ohne Flüssigkeitsverschluss sowie keine Kellerzugänge oder sonstige offene Verbindungen zu Kellerräumen im Lager oder Öffnungen in Wänden und Decken zu anderen Räumen befinden. Ferner dürfen sich dort auch keine Reinigungs- oder andere Öffnungen von Schornsteinen befinden.

Im genehmigungsbedürftigen Lager nach Nummer 9.3 des Anhangs der 4. BImSchV (30) mit mehr als 75 t (bei Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung gemäß § 10 BImSchG) oder 10 t Chlor (vereinfachtes Verfahren gemäß § 19 BImSchG (29)) ist eine besondere Sicherung bei der Lagerung vorzusehen, z. B. durch:

1. Ausführung des Lagerraums in fester Bauweise (z. B. Steine über 120 mm, Beton über 100 mm Wandstärke, geeignete Gefahrstoff-Container) mit fensterlosen Außenwänden oder vergitterten Fenstern sowie mit einbruchhemmenden Türen mit Sicherheitsschlössern,
2. Ausführung des Lagerraums wie vor, aber mit Fenstern und Türen, die durch Einbruchmeldeanlagen (EMA) oder durch Bewegungsmelder hinter den Öffnungen überwacht werden; die EMA müssen dann an eine ständig besetzte Alarmzentrale melden,

3. Ständige Überwachung durch einen Werkschutz oder eine Überwachungsgesellschaft oder Wachpersonal,
4. Einfriedung des Lagerbereiches mit einem Sicherheitszaun mit Übersteigschutz und einer Höhe von mindestens 2,5 m sowie ausreichender Beleuchtung der Anlage und ständiger Überwachung durch einen Werkschutz oder eine Überwachungsgesellschaft oder Wachpersonal,
5. Einfriedung des Lagerbereichs wie unter Ziffer 4, aber elektronische Überwachung mit Meldung zu einer ständig besetzten Alarmzentrale oder
6. Sicherung von Behältern durch Entnahmesicherung sowie Einfriedung des Behälter- bzw. Werkgeländes.

### 8.8.1 Aufstellräume für ortsfeste Druckgeräte

Der Stoff Chlor ist unter Nr. 2.16 der Spalte 1 des Anhangs I der 12. BImSchV (31) namentlich gelistet. In Folge dessen stellen Betriebe ab einem Hold-up von 10.000 kg einen Betriebsbereich der unteren Klasse, ab einem Hold-up von 25.000 kg einen Betriebsbereich der oberen Klasse im Sinne dieser Verordnung dar. Betreiber solcher Betriebsbereiche haben in Sicherheitskonzepten bzw. Sicherheitsberichten eingehend darzulegen, auf welche Weise die im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) (29) genannten Schutzgüter vor Emissionen abgesichert sind. Da Betriebe mit ortsfesten Lagertanks für Chlor im Regelfall unter den Anwendungsbereich der Störfallverordnung fallen, werden an dieser Stelle keine expliziten Vorgaben beschrieben, da der Betreiber seine Anlage ständig zum Stand der Sicherheitstechnik anzupassen hat. Insofern wird auf eine sicherheitsgerechte Betrachtung des Einzelfalls verwiesen. Als Erkenntnisquelle dient die GEST 73/17 (105) „Storage of Liquid Chlorine“.

Die Aufstellung kleinerer ortsfester Druckgasbehälter wird in der TRBS 3146/TRGS 746 (16) geregelt.

### 8.8.2 Räume für ortsbewegliche Druckgeräte

Räume in denen Chlor aus ortsbeweglichen Druckgeräten entnommen wird, müssen von Räumen zum dauernden Aufenthalt von Menschen ausreichend gasdicht abgetrennt sein. Der Zustand „ausreichend gasdicht“ ist durch eine Gefährdungsbeurteilung festzulegen und bedeutet, dass Unbeteiligte bei unbeabsichtigter Freisetzung von Chlorgas nicht in Mitleidenschaft gezogen werden dürfen.

Die Lagerung ortsbeweglicher Druckgeräte wird in den Technischen Regeln TRBS 3145/TRGS 725 (15) und der TRGS 510 geregelt (25). Ab 10 t möglicher Gesamtlagermenge unterliegen diese der 12. BImSchV (31).

Die Räume müssen über eine Gaswarneinrichtung verfügen, die bei Überschreitung der zulässigen Arbeitsplatzgrenzwerte akustisch und optisch alarmiert.

Die Lagerräume für ortsbewegliche Druckgeräte mit Chlor, die an einen öffentlichen Verkehrsweg angrenzen, sind an der unmittelbar an den Verkehrsweg angrenzenden Seite mit einer Wand ohne Türen und bis zu einer Höhe von 2 m ohne zu öffnende Fenster oder sonstige Öffnungen auszuführen. Dies gilt nicht für Türen, die selbstschließend und mindestens feuerhemmend (Feuerwiderstandsdauer mindestens 30 Minuten) ausgeführt sind. Diese Lagerräume müssen schnell verlassen werden können, dazu sind die Türen mit Panikschlössern auszustatten.

Bei der Lagerung in Lagerräumen

- müssen die Lagerräume von angrenzenden Räumen durch feuerhemmende Bauteile (Feuerwiderstandsdauer mindestens 30 Minuten) getrennt sein,
- müssen Bauteile feuerbeständig (Feuerwiderstandsdauer mindestens 90 Minuten) sein, wenn in angrenzenden Räumen, die nicht dem Lagern von Gasen dienen, Brand- oder Explosionsgefahr besteht,
- müssen die Außenwände von Lagerräumen mindestens feuerhemmend (Feuerwiderstandsdauer mindestens 30 Minuten) sein; beträgt der Abstand zu benachbarten Anlagen und Einrichtungen, von denen eine Gefährdung ausgehen kann, mindestens 5 m, kann die Außenwand aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen,

- muss die Dacheindeckung ausreichend widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein (harte Bedachung),
- müssen Fußbodenbeläge in Lagerräumen für ortsbewegliche Druckgeräte mindestens schwerentflammbar sein.

Räume, in denen ortsbewegliche Druckgeräte gelagert werden, müssen ausreichend be- und entlüftet werden. Eine natürliche Lüftung ist ausreichend, wenn unmittelbar ins Freie führende Lüftungsöffnungen mit einem Gesamtquerschnitt von mindestens 1/100 der Bodenfläche des Lagerraumes vorhanden sind. Bei der Anordnung der Lüftungsöffnungen muss die Dichte von Chlor berücksichtigt werden: Da Chlor schwerer als Luft ist, muss die Absaugung von unten erfolgen. Ist eine ausreichende natürliche Lüftung nicht sicherzustellen, ist

- bei technischer Lüftung ein zweifacher Luftwechsel in der Stunde zu gewährleisten. Diese muss entweder ständig wirksam sein oder durch eine Gaswarneinrichtung automatisch eingeschaltet werden, wenn ein festgelegter Grenzwert überschritten wird. Beim Ausfall der Einrichtung für die technische Lüftung muss ein Alarm ausgelöst werden;
- in Sicherheitsschränken zu lagern, die die Anforderungen DIN EN 14470-2 (68) erfüllen.

Dasselbe gilt für Räume unter Erdgleiche, in denen maximal 50 gefüllte ortsbewegliche Druckgeräte gelagert werden.

Bei der Lagerung von mehr als fünf mit Chlor gefüllten ortsbeweglichen Druckgeräten muss der Fußboden aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Lagerräume, in denen mehr als fünf mit Chlor gefüllte Flaschen oder auch nur ein Druckfass gelagert werden, dürfen nicht unter oder über Räumen liegen, die dem dauernden Aufenthalt von Personen dienen. Verbindungen zu angrenzenden Räumen sind nur zulässig, wenn diese Räume einen eigenen Rettungsweg haben. Entleerte ungereinigte ortsbewegliche Druckgeräte dürfen in doppelter Anzahl vorhanden sein.

Um mit Chlor gefüllte ortsbewegliche Druckgeräte sind Schutzbereiche einzurichten. Der Schutzbereich ist ein räumlicher Bereich in dem infolge Undichtigkeiten an Anschlüssen und Armaturen oder betriebsmäßig beim Anschließen oder Lösen von Leitungsverbindungen oder infolge von Fehlhandlungen das Auftreten von Chlor oder Chlor-Luft-Gemischen nicht ausgeschlossen werden kann. Diese Bereiche sind in der Gefährdungsbeurteilung besonders zu berücksichtigen, z. B. können aufgrund anderer Stoffe oder Begleitumstände Explosionsschutzmaßnahmen notwendig sein. Die Schutzbereiche dürfen nicht in Rettungs-/Fluchtwege reichen. Die Abmessungen der Schutzbereiche betragen für ortsbewegliche Druckgeräte bei Lagerung in Lagerräumen 2 m in jede Richtung. Im Freien können die Abmessungen der Schutzbereiche halbiert werden. Bei Lagerräumen mit einer Grundfläche  $\leq 20 \text{ m}^2$  ist der gesamte Raum als Schutzbereich vorzusehen.

Im Lager dürfen Gase nicht umgefüllt werden. Auch dürfen keine Instandsetzungsarbeiten von ortsbeweglichen Druckgeräten durchgeführt werden. Hierfür sind spezielle Räume bereitzustellen.

## 8.9 Druckgasbehälter und Druckgeräte

### 8.9.1 Ortsfeste Druckgasbehälter

Flüssiges Chlor kann in Behältern bei niedrigen Drücken und tiefer Temperatur oder bei Umgebungstemperatur und höheren Drücken gelagert werden. Die Anforderungen an die Lagerbehälter hinsichtlich Werkstoff, Herstellung, Berechnung, Ausrüstung, Kennzeichnung, Prüfung und Betrieb sind in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 509 (24) und 510 (25) enthalten.

Konkrete Empfehlungen gibt die GEST 73/17 (105) „Storage of Liquid Chlorine“. Sie unterstützt bei den grundlegenden Überlegungen zur Lagerart (tiefkalt, Druck), hilft bei der Auswahl von Kapazität und Aufstellungsort,

beschreibt Konstruktionsprinzipien und Fertigungsarten, beschreibt erforderliche Ausrüstungen und gibt Hinweise zum Betrieb.

Bei Lagerung im Freien muss zu benachbarten Anlagen und Einrichtungen, von denen eine Brandgefährdung ausgehen kann, einen Abstand von mindestens 5 m um die Druckgasbehälter eingehalten werden. Er kann durch eine mindestens 2 m hohe und ausreichend breite Schutzwand aus nichtbrennbaren Baustoffen ersetzt werden.

## **8.9.2 Ortsbewegliche Druckgeräte**

Ortsbewegliche Druckgeräte müssen gegen Umfallen oder Herabfallen gesichert werden. Die Ventile sind mit einer geeigneten Schutzeinrichtung zu schützen, z. B. mit einer Schutzkappe oder einem Schutzkorb/-kragen. Zusätzlich zum Ventilschutz sind bei Chlor die Ventile mit einer Verschlussmutter zu versehen.

Eine besondere Sicherung gegen Um- oder Herabfallen darf nur dann unterbleiben, wenn z. B. durch die Bauart der ortsbeweglichen Druckgeräte, durch die Aufstellung in größeren Gruppen oder die Art der Lagerung ein ausreichender Schutz gegen Umfallen bzw. Wegrollen erreicht wird.

### **8.9.2.1 Flaschen und Druckfässer**

Chlorflaschen werden handelsüblich mit 50 kg bzw. 65 kg Chlor gefüllt. Hierfür sind nahtlose 40 l-Stahlflaschen (50 kg Füllung) und geschweißte 52 l-Stahlflaschen (65 kg Füllung) im Einsatz. Chlorflaschen sind nur in Ausnahmefällen mit Tauchrohren ausgestattet. Folglich wird im Normalfall gasförmiges Produkt entnommen.

Abbildung 17: Veranschaulichung des typischen Aufbaus einer 52 l-Gasflasche (rechts) und einer 40 l-Gasflaschen (links) für Chlor



Abbildung 18: Veranschaulichung des typischen Aufbaus einer 52 l-Gasflasche (rechts) und einer 40 l-Gasflaschen (links) für Chlor



Füllgewicht:	50 kg Chlor	Füllgewicht:	65 kg Chlor
Volumen:	40 Liter	Volumen:	52 Liter
Leergewicht:	40 bis 44 kg	Leergewicht:	33 bis 36 kg
Durchmesser:	200 bis 205 mm	Durchmesser:	ca. 267mm
Höhe (ohne Kappe):	ca. 1.510 mm	Höhe (ohne Kappe):	ca. 1.035 mm
Höhe (mit Kappe):	ca. 1.650 mm	Höhe (mit Kappe):	ca. 1.230 mm
Prüfdruck:	mind. 22 bar	Prüfdruck:	mind. 22 bar

Druckfässer für Chlor besitzen in der Regel ein Nennvolumen von 400 l oder 800 l und werden jeweils mit 500 kg bzw. 1000 kg Chlor gefüllt. Diese sind mit jeweils zwei Ventilen mit Steigrohren ausgestattet und bieten somit die Möglichkeit gasförmiges und flüssiges Chlor zu entnehmen. Die korrekte horizontale Ausrichtung der Fässer ist auf der Frontseite gekennzeichnet. Eine detaillierte Übersicht geben die Abbildungen 19 und 20.

Abbildung 19: Veranschaulichung des typischen Aufbaus eines Druckgasfasses für Chlor

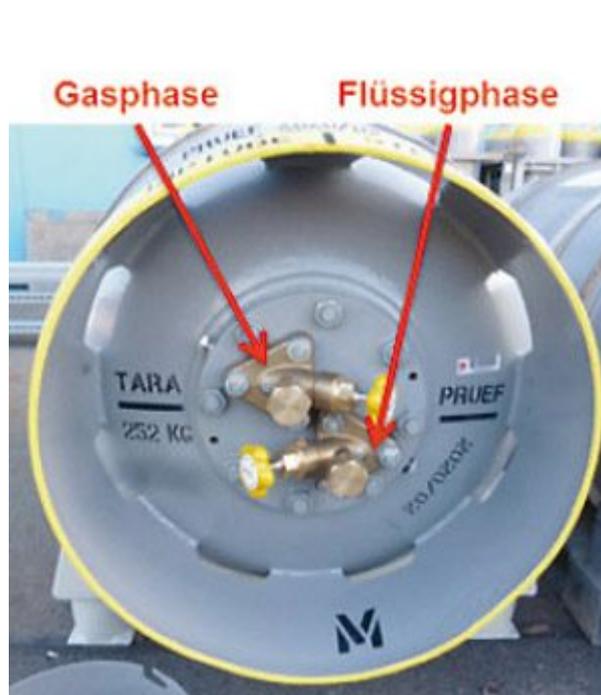
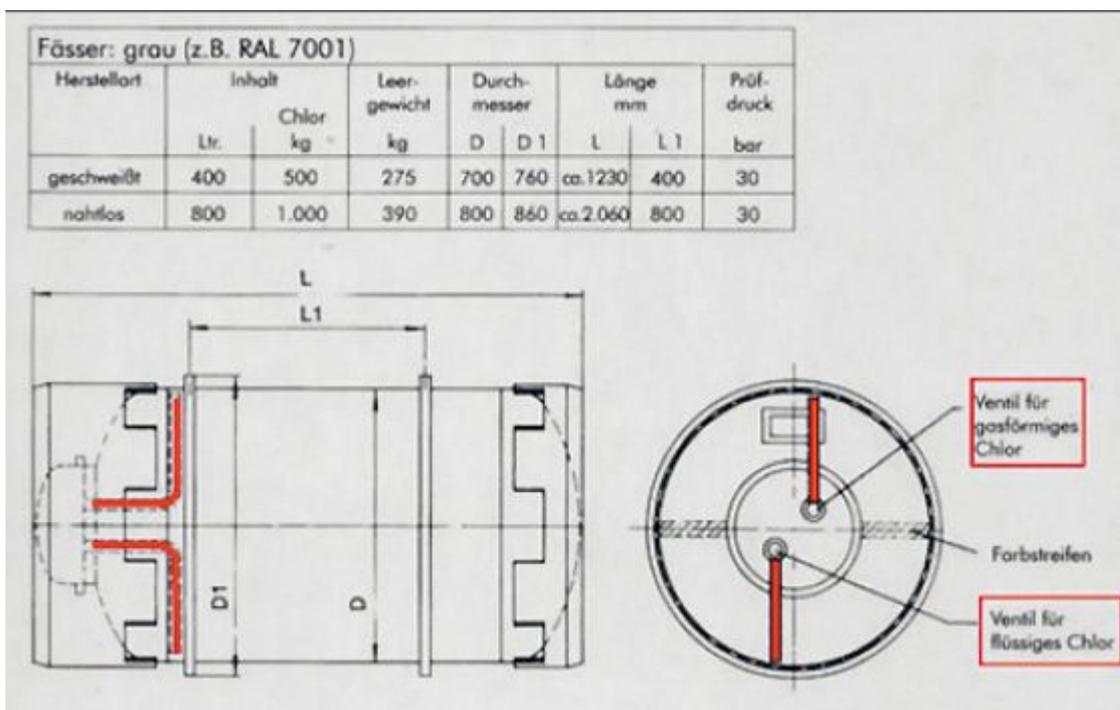


Abbildung 20: Veranschaulichung des typischen Aufbaus eines Druckgasfasses für Chlor



Nach Verpackungsvorschrift P200 des ADR sind Chlorflaschen und Druckfässer nach 5 Jahren wiederkehrend zu prüfen. Der Prüfdruck von Chlorflaschen und Druckfässern beträgt mindestens 22 bar. Für Chlorbehälter und -ventile ist eine Bauartzulassung erforderlich.

Hinweise finden sich auch in GEST 88/138 (124) „Small Chlorine Containers Construction and Handling“.

### 8.9.2.2 Eisenbahn-Kesselwagen

Chlor wird als unter Druck verflüssigtes Gas in Druckgas-Kesselwagen transportiert. Die Tanks unterliegen einer regelmäßigen Prüfung durch eine Zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS). Die Prüftermine gehen aus den Angaben („nächste Prüfung“) des jeweiligen Kesselwagenschildes hervor.

GEST 78/72 (114) „Rail Tank Wagons for the Transport of Liquid Chlorine under Pressure“ ergänzt die RID und die Richtlinie 2010/35/EU um die langjährigen Erfahrungen der Mitglieder des Verbandes Euro Chlor beim sicheren Bahntransport von Chlor.

Weitere Dokumente geben Hinweise zu Armaturen,

- GEST 75/46 (109) „Pneumatically Operated Valves for Use on Rail and Road Tankers and ISO-Containers for Liquid Chlorine“,
- GEST 80/92 (120) „Installation of Relief Valves on Road and Rail Tankers and ISO-Containers for the Transport of Liquid Chlorine“,
- GEST 76/53 (112) „Code of Good Practice for Installation, Removal and Maintenance of Pneumatic Valves on Road and Rail Tankers and ISO-Containers for Liquid Chlorine“,
- GEST 79/78 (115) „Code of Good Practice for the Operations to be Carried out before and after Maintenance on Road and Rail Tankers and ISO-Containers of Liquid Chlorine“.

Chlortransporte dürfen nur mit Kesselwagen durchgeführt werden, die den Anforderungen des RID entsprechen. Ideal sind solche, die folgende Merkmale aufweisen:

- Detektoren für das Erkennen von Entgleisungen,
- Crash-Puffer mit optimierter Energieaufnahme,
- Überpufferungsschutz,
- Zweigeteiltes Ventil mit Sollbruchstelle,
- Bremse mit automatischer Lastumstellung,
- Radsätze mit höherer Traglast von 25 t anstelle 22,5 t,
- Verzicht auf Aufstiegsleitern.

Abbildung 21: Schema eines für den Transport von Chlor geeigneten Kesselwagens

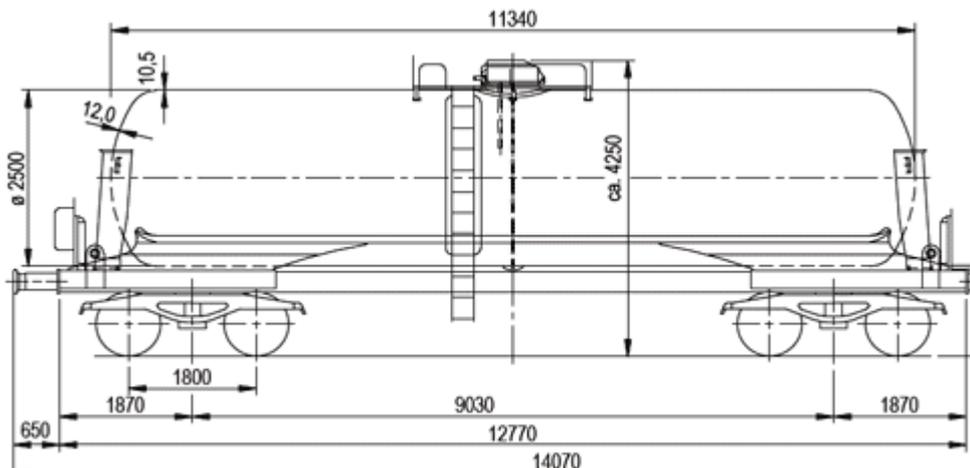


Abbildung 22: Beispiel für die Anordnung der Ventile auf dem Domdeckel eines Chlorkesselwagens

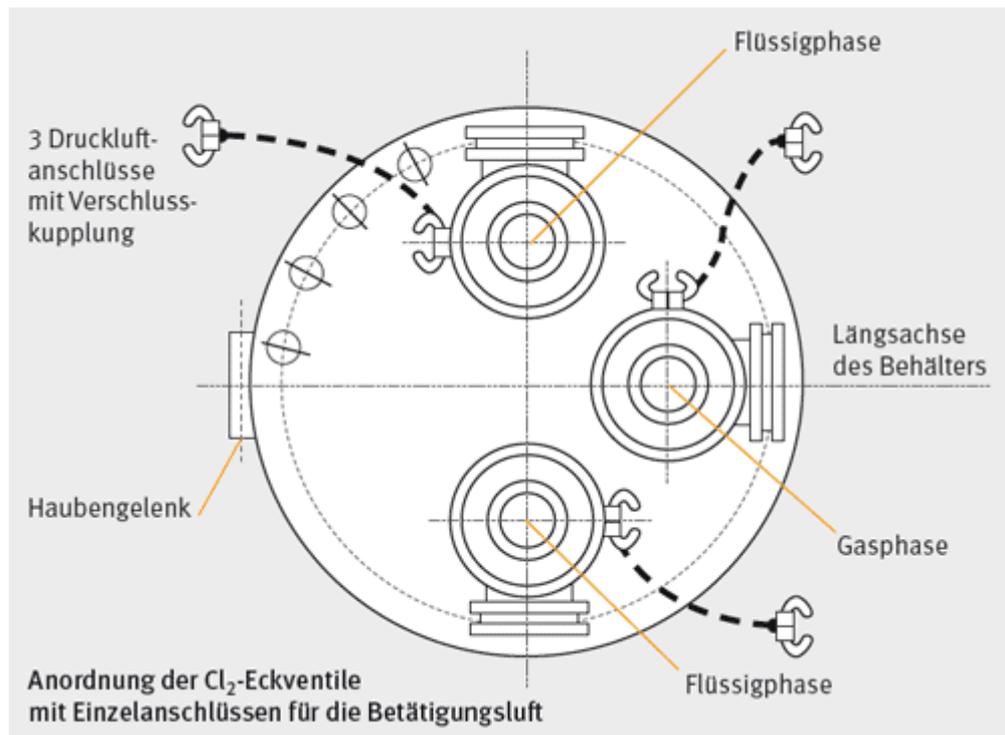
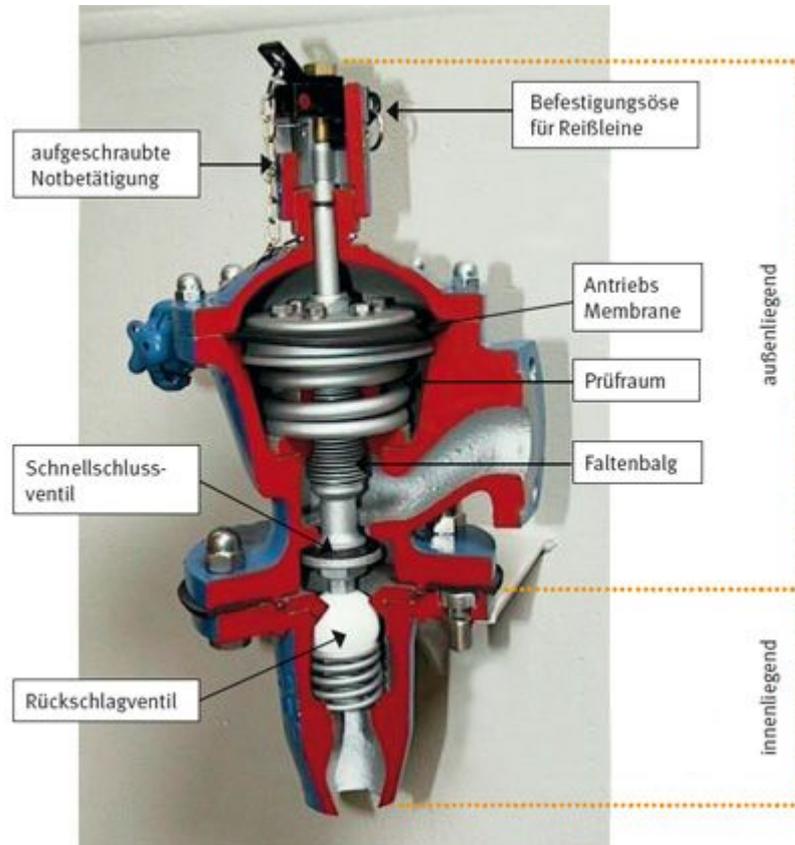


Abbildung 23: Für den Transport von Chlor geeigneter Kesselwagen



### 8.9.2.3 Auf-/Zu-Ventile

Abbildung 24: Schnittdarstellung eines Chloreckventils mit aufgeschraubter Notbetätigung



Die Chlor-Kesselwagen sind mit drei pneumatisch arbeitenden Eckventilen ausgestattet. Um Verwechslungen vorzubeugen, ist die Anordnung der Chloreckventile immer dieselbe: Auf der Längsachse des Behälters befindet sich das Ventil der Gasphase, die Ventile der Flüssigphase sind quer zur Längsachse.

Die beiden Flüssigchlor-Ventile sind mit einem bis zum Kesselboden reichenden Steigrohr versehen, während das gaseitige Ventil zum Druckausgleich dient.

Jedes Ventil ist eine Schnellschluss-Sicherheitskombination, die aus einem außenliegenden, faltenbalggedichteten Schnellschlussventil und einem in den Kesselwagen hineinragenden federbelasteten Rückschlagventil besteht. Letzteres dichtet den Kesselwagen alleine ab, falls im Havariefall der außenliegende Teil beschädigt oder gar abgeschert würde. Die Ventile müssen mit trockener Luft oder trockenem Stickstoff (Taupunkt  $< -40\text{ °C}$ ) mit einem Druck von 6 bar betätigt werden.

Im unbelasteten Zustand sind Rückschlagventil und Schnellschlussventil durch Federkraft geschlossen, wobei das Schnellschlussventil zusätzlich durch Sicherungskappen auf die Ventilspindel gesichert ist.

Seitlich am Schnellschlussventil ist eine Prüfbohrung, die als Dichtheitskontrolle für den Faltenbalg dient und die mit einer Schraube verschlossen sein muss. Vor der Befüllung gilt es, die Prüfschraube zu entfernen (zur Dichtheitskontrolle des Faltenbalgs) und während des Befüllens die Prüfschraube zu schließen. Der Antrieb öffnet beide Ventilelemente simultan. Das Öffnen des Ventils erkennt man an dem Sinken der Ventilspindel.

Nach Wegnahme der Anschlussrohrleitungen sind die Ventilflansche mit Blinddeckeln zu verschließen. Dabei müssen immer neue Dichtungen eingelegt werden. Nach dem Umfüllen und dem Schließen der Ventile müssen die Blockierungsvorrichtungen aufgeschraubt werden.

## 8.10 Besondere Maßnahmen bei der Chlorung von Wasser

Tiefere Hinweise zur technischen Ausrüstung von Systemen für die Chlorung von Wasser enthalten folgende Schriften:

- Veröffentlichung der FIGAWA e. V. „Sicherer Umgang mit Chlorgas“, (75)
- DIN 19606 „Chlorgasdosieranlagen zur Wasseraufbereitung – Anlagenaufbau und Betrieb“ (69)
- DGUV Regel 107-001 „Betrieb von Bädern“, (58)
- DGUV Information 203-086 „Chlorung von Trinkwasser“, (60)
- DGUV Informationen 207-023 „Prüfliste für Chlorungseinrichtungen unter Verwendung von Chlorgas und deren Aufstellungsräume in Bädern“, (61)
- DGUV Information 213-040 „Gefahrstoffe bei der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“. (62)

## 9 Organisatorische Maßnahmen

### 9.1 Organisatorische Elemente zur Arbeits- und Anlagensicherheit

Folgende Punkte sollten in Betrieben, die Chlor produzieren, abfüllen oder in großen Mengen verwenden – sofern nicht ohnehin durch die Störfallverordnung gefordert – organisatorisch abgedeckt sein. Auf Betriebe, die Chlor nur in kleineren Mengen verwenden, z. B. Schwimmbäder, treffen nicht alle Aspekte zu.

- Die Standortsicherheit sollte gewährleistet sein (z. B. Zutrittsregelungen etc.) → siehe auch Abschnitt 9.5.
- Prozesssicherheitsinformationen (z. B. über die verfahrenstechnischen wichtigen Parameter und alle wichtigen Informationen zum mechanischen Design) müssen vorhanden sein → siehe auch Kapitel 2, 3, 8.
- Eine Sicherheitsanalyse sollte durchgeführt werden. Dabei kann die Euro-Chlor-Schrift GEST 87/130 (122) „Possible Hazards for Chlorine Plants and their Proposed Mitigations“ Hinweise geben.
- Prozesse zum Änderungsmanagement (Management of Change) sind einzuführen.
- Schriftliche Betriebsanweisungen sind zu erstellen → siehe auch Abschnitt 9.2.
- Sichere Abläufe sind zu etablieren (neben betrieblichen Arbeiten auch insbesondere bei Instandhaltungsarbeiten, Fremdfirmeneinsatz), z. B. Arbeitsfreigabeprozesse → siehe auch Abschnitt 9.6.
- Die Wahrung der mechanischen Integrität der Anlage durch geeignete Verfahren/Prüfungen ist sicherzustellen → siehe auch Kapitel 8.
- Vor Beginn von Tätigkeiten mit Chlor sollte eine letzte Gefährdungsbeurteilung, z. B. Pre-start-safety-review oder Last-minute-risk-assessment, erfolgen.
- Ein Alarm- und Gefahrenabwehrplan ist zu erstellen → siehe auch Abschnitt 9.6 und Kapitel 11.
- Ereignisse mit Chlor sind in geeigneter Weise zu untersuchen. Die Erkenntnisse sollten betriebsintern und gegebenenfalls mit externen Organisationen (z. B. AK TUS Chlor des VCI (89), Euro Chlor (100), BG RCI über die zuständige Aufsichtsperson, Aufsichtsbehörde) kommuniziert werden.
- Durchführung von Audits des Sicherheitsmanagements.
- Unterweisung der Beschäftigten, auch der von Fremdfirmen → siehe auch Abschnitt 9.3.

- Prüffristen von Arbeitsmitteln sind entsprechend der Betriebssicherheitsverordnung (11) festzulegen.
- Standort und Verfügbarkeit eines Bergungsbehälters sind vorab zu klären.

## 9.2 Betriebsanweisung

Aus den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung (siehe Kapitel 6) wird für die Beschäftigten die arbeitsbereichs- und stoffbezogene Betriebsanweisung erstellt. Sie muss genaue Angaben über die im Einzelfall für Mensch und Umwelt möglichen Gefahren sowie die zu deren Abwehr erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln enthalten. Auf die sachgerechte Entsorgung gefährlicher Abfälle, das Verhalten im Gefahrenfall und Erste-Hilfe-Maßnahmen ist ebenfalls einzugehen. Die Betriebsanweisung ist in für die Beschäftigten verständlicher Form abzufassen und an geeigneter Stelle in der Arbeitsstätte bekannt zu machen, z. B. durch Aushang. Die Betriebsanweisung muss jederzeit von den Beschäftigten eingesehen werden können.

Betriebsanweisungen umfassen neben dem Gefahrstoffaspekt beispielsweise auch Aspekte der Betriebssicherheit, Maschinensicherheit, Ergonomie, Psychologie und Umweltschutz.

Weitere Hinweise zur Gestaltung von Betriebsanweisungen gibt das Merkblatt A 010 „Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen“ (DGUV Information 213-051) (44).

Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen können auch mit dem Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und der BGHM, GisChem (77) erstellt werden. Neben dem Modul „GisChem-Interaktiv“ zur eigenen Erstellung einer Betriebsanweisung ist auch eine Musterbetriebsanweisung für Tätigkeiten mit Chlor zu finden. Musterbetriebsanweisungen müssen noch entsprechend betriebs- und tätigkeitsbezogen angepasst werden.

Der Industriegaseverband e. V. (IGV) hat Sicherheitshinweise zum Umgang mit Chlorflaschen veröffentlicht. Auch diese können in die eigene Betriebsanweisung einfließen.

## 9.3 Unterweisung der Beschäftigten

Die Beschäftigten müssen auf mögliche Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Chlor aufmerksam gemacht und über die zu treffenden Schutzmaßnahmen eingehend unterrichtet werden. Die Unterweisungen müssen vor Aufnahme der Tätigkeit und danach mindestens einmal jährlich (bei Jugendlichen zweimal jährlich) (39) mündlich und arbeitsplatzbezogen erfolgen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen. Im Rahmen der Unterweisung ist eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung durchzuführen.

Es kann erforderlich sein, die Unterweisung durch praktische Vorführung einzelner Maßnahmen vor Ort und durch Einüben seitens der Beschäftigten unter sachkundiger Anleitung zu ergänzen. Insbesondere Maßnahmen im Ereignisfall sind regelmäßig auch praktisch zu üben, z. B. das Anlegen von Schutzanzügen, von Atemschutzgeräten und persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz (siehe dazu auch Kapitel 10), Feuerlöschübungen sowie das Vorgehen bei undichten Flaschenventilen (siehe dazu auch Kapitel 11). Weiterhin kann eine eingehende Arbeits- und Sicherheitsabsprache vor Ort erforderlich sein. Es empfiehlt sich, den Erfolg einer Unterweisung zu kontrollieren, z. B. durch Beantworten arbeitsplatzspezifischer Fragen.

Zur Unterweisung bzw. zur Unterstützung der Unterweisung können vorbereitete Medien verwendet werden. So bietet die IVSS Sektion Chemie (82) ein Sicherheitskurzgespräch über den sicheren Wechsel von Chlorgasflaschen und die BG RCI bietet mehrere Sicherheitskurzgespräche zum allgemeinen Umgang mit Gasflaschen (SKG 004-006) an (54).

Anleitungen zum sicheren Umgang mit Gasflaschen gibt auch Abschnitt 9.7.

## 9.4 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Unternehmerinnen und Unternehmer haben nach § 3 Absatz 1 Satz 1 der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) (6) für eine angemessene arbeitsmedizinische Vorsorge zu sorgen. Dabei gibt es Pflichtvorsorgen, die für die Beschäftigten veranlasst werden, Angebotsvorsorgen, die dem Beschäftigten angeboten werden müssen und Wunschvorsorgen, die auf Wunsch der Beschäftigten stattfinden.

Tätigkeiten mit Chlor sind keine Vorsorgeanlässe im Sinne der ArbMedVV. Tätigkeiten mit Tragen von persönlichen Schutzausrüstungen wie Atemschutz oder Schutzhandschuhen können jedoch Anlässe für Pflicht- bzw. Angebotsvorsorge sein (siehe Kapitel 10).

Informationen dazu bieten die kurz & bündig-Schriften KB 011-1 (47) „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung“ und KB 011-2 (48) „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe“.

## 9.5 Zugangsbeschränkung

Das Betreten von Anlagen und Arbeitsräumen, in denen Chlor erfahrungsgemäß in gefährlicher Konzentration oder Menge auftreten kann, ist nur den dort Beschäftigten mit ausreichenden Schutzmaßnahmen gestattet. Andere Personen dürfen diese nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Unternehmers bzw. der Unternehmerin oder dessen bzw. deren Beauftragten (z. B. Betriebsleiter/in) betreten. Entsprechende Hinweisschilder sind anzubringen, wie z. B. Verbotsschilder D-P006: Zutritt für Unbefugte verboten.

Abbildung 25: Verbotsschilder D-P006 „Zutritt für Unbefugte verboten“



Zugangsbeschränkungen bei genehmigungspflichtigen Lagern sind in Abschnitt 8.8 beschrieben.

Hinweise auf organisatorische Maßnahmen enthält auch die GEST 05/316 (142) „Guideline for Site Security of Chlorine Production Facilities“.

## 9.6 Reparatur und Instandhaltung

## 9.6.1 Allgemeines

Reparaturarbeiten sowie Instandhaltungs-, Änderungs- oder Abbrucharbeiten in, an oder in der Nähe von Anlageteilen, Apparaturen oder Einrichtungen, in denen Chlor vorkommen kann, sollen immer mit schriftlicher Erlaubnis und Gefährdungsermittlung durchgeführt werden.

In dieser Erlaubnis sind die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen festzulegen, z. B. vollständige Entleerung der Apparatur, Reinigung mit geeigneten Mitteln und anschließende Konzentrationsmessung, persönliche Schutzmaßnahmen beim Öffnen, ggf. die Erfordernis von zuverlässigen Sicherheitsposten und Auswahl von geeigneten Beschäftigten für die Tätigkeiten. Auch die Festlegung der zu tragenden persönlichen Schutzausrüstungen muss erfolgen.

In der Nähe von gefüllten Behältern und Rohrleitungen sind Feuerarbeiten (Schweißen und Löten) nur erlaubt, wenn eine – auch lokale – Erwärmung durch geeignete Maßnahmen ausgeschlossen werden kann. Bewährt haben sich Verfahren mit Freigabeschein für Feuerarbeiten.

Arbeiten an Chlorleitungen dürfen, sofern die Leitungen geöffnet werden, nur bei chlogasfreiem Zustand durchgeführt werden.

Das erste Öffnen chlorführender Rohrleitungen oder Apparate sollte unbedingt unter umluftunabhängigem Atemschutz erfolgen. Trotz sorgfältiger Freistellungsarbeiten kommt es aufgrund der Schwergaseigenschaften von Chlor vor, dass unerwartete Restmengen im System verblieben sind. Um verbleibende Restmengen nicht verdampften Chlors aufzuspüren, kann eine Wärmebildkamera beim Spülen der Leitungen mit Inertgas nützliche Hinweise liefern.

Geöffnete Leitungsteile für trockenes Chlor sind so schnell wie möglich gegen Eintritt von Feuchtigkeit zu schützen (z. B. mit Blinddeckeln oder Kappen).

Rohrleitungen und Anlagenteile können durch Spülen bzw. Eintauchen in Sodalösung rasch neutralisiert werden, damit keine unkontrollierte Korrosion durch die Reaktion von Luftfeuchte mit Metallchloriden einsetzt.

Vergibt die Unternehmerin oder der Unternehmer Arbeiten an andere (Fremdunternehmen), muss der Fremdunternehmer oder die Fremdunternehmerin über mögliche Gefahren informiert, mit ihnen die erforderlichen Schutzmaßnahmen vereinbart und im Einzelnen schriftlich festgelegt werden. In Abstimmung mit den Fremdunternehmerinnen bzw. Fremdunternehmern muss schriftlich ein Koordinator oder eine Koordinatorin mit Weisungsbefugnis gegenüber allen beteiligten Arbeitsgruppen bestellt werden.

Management of Change (MoC) ist einer der wesentlichen Bausteine, um die Integrität und Sicherheit in Produktion und Technik zu erhalten. So zeigen die Erfahrungen der Vergangenheit, dass gerade unkontrollierte Änderungen zu Unfällen und Zwischenfällen geführt haben. Dabei wird nicht nach kleinen oder großen Änderungen unterschieden, da auch eine vermeintlich kleine Änderung große Auswirkungen haben kann.

## 9.6.2 Arbeiten in Behältern und engen Räumen

Arbeiten in Behältern und Tanks, die Gefahrstoffe enthielten, oder in engen Räumen dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis, nach Anordnung der entsprechenden Schutzmaßnahmen und nach mündlicher Unterweisung der Beschäftigten ausgeführt werden. Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, nachdem der Aufsichtführende festgestellt hat, dass die schriftlich festgelegten Maßnahmen getroffen sind.

Einzelheiten sind festgelegt in der DGUV Regel 113-004 „Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“ (41).

Chlor ist deutlich schwerer als Luft und kann in Vertiefungen durch Spülgase nicht immer vollständig entfernt werden. Dies ist bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen und insbesondere bei einer geplanten Freimessung

des Arbeitsbereiches sorgfältig zu beachten. Vertiefungen sind vor Begehung mit einem Gasspürgerät auf die Abwesenheit von Chlorgas zu prüfen.

## 9.7 Umgang mit Flaschen und Druckfässern

Behälter dürfen nicht geworfen oder fallen gelassen werden. Gasflaschen sind gegen Umstürzen zu sichern. Bei Lagerung und Transport (60) müssen gefüllte oder leere ortsbewegliche Druckgefäße (Flaschen und Druckfässer) mit Ventilverschlussmutter und Ventilschutzkappen versehen sein. Die Ventilschutzkappen müssen fest aufgeschraubt sein.

Volle sowie leere ortsbewegliche Druckgefäße für Chlor sind eindeutig mit „leer“ bzw. „voll“ zu kennzeichnen. Auch teilentleerte Druckgefäße sind als „voll“ zu kennzeichnen. Druckgefäße mit Chlor sollten kühl und trocken gelagert werden. Eine Lagerung unterhalb von 0 °C ist zulässig, bei Temperaturen unter 20 °C werden jedoch spezielle Ventile mit geeigneten Dichtwerkstoffen benötigt. Die zulässige maximale Betriebstemperatur für ortsbewegliche Druckgefäße (25) (60) beträgt 50 °C. Direkte Sonneneinstrahlung oder andere Wärmequellen, wie dicht anliegende Heizkörper, sind zu vermeiden.

Druckgefäße mit Chlor dürfen nicht komplett entleert werden. Der Druck im Druckgefäß muss immer größer als der anlagenseitige Druck sein, da sonst die Gefahr eines Rückströmens von anderen Fluiden (z. B. Wasser) in den Behälter besteht.

Es ist zu beachten, dass Chlor in Verbindung mit Feuchtigkeit Korrosion hervorruft. Bereits die in der Luft vorhandene Feuchtigkeit führt in Verbindung mit Chlor zur Korrosion an metallischen Teilen.

Die Korrosionsprodukte von feuchtem Chlor mit Werkstoffen in der Chlorgasversorgung sind Metallchloride (Eisen und Legierungsbestandteile von z. B. Messing (z. B. Kupfer, Zink und Nickel) und deren Hydrate. Sie bilden meist gelb-braune (Eisen) oder blau-grüne (Kupfer) Feststoffe. Dazu kommen auch organische Abbauprodukte von Polymerwerkstoffen. Diese Feststoffe werden im Sprachgebrauch oft als „Chlorbutter“ bezeichnet. Sie sind häufig Ursache von Störungen in den Dosiereinrichtungen der verbrauchenden Anlagen, die gelegentlich sogar zu Chlorfreisetzungen geführt haben.

Bei ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer), die mit geöffneten Ventilen über einen längeren Zeitraum angeschlossen bleiben, sind die Ventile wöchentlich zu bewegen, d. h. zu schließen und dann wieder zu öffnen. Nach jeder Bewegung ist das Handrad von der komplett geöffneten Stellung wieder um eine ¼-Umdrehung zurückzudrehen.

Werden Anlagen zur Chlorgasversorgung längere Zeit (mehrere Tage) nicht betrieben, sind die Ventile der angeschlossenen ortsbeweglichen Druckgefäße zu schließen, um schleichende Chlorverluste zu vermeiden.

Die Ventile nicht angeschlossener Chlorbehälter müssen unverzüglich mit fest aufgeschraubter Verschlussmutter (mit Dichtung) verschlossen werden. Flaschenventile mit Handrad dürfen nur von Hand betätigt werden. Die Verwendung von Werkzeug (Zangen o. Ä.) ist nicht zulässig. Das maximal aufgewendete Drehmoment beträgt 7–10 Nm (Weichdichtung). Die Dichtung sollte gelocht sein, damit die Mitte einer geschlossenen Dichtung beim Anziehen nicht ausgestanzt werden kann.

Bei feststehenden Ventilen ist der Lieferant zu informieren und ein Austausch des Chlorbehälters zu veranlassen. Ortsbewegliche Druckgefäße (84) dürfen, wenn sie sich in einem ansonsten technisch einwandfreien Zustand befinden, auch nach Ablauf der Prüffrist entleert werden. Vor einer erneuten Füllung ist die Prüfung des Behälters durchzuführen. Der Transport zur Prüfstelle zum Zwecke der wiederkehrenden Prüfung ist zulässig<sup>5</sup>. Die Veranlassung der Prüfung ist Aufgabe des Eigentümers.

Generell sollte bei der Entnahme von gasförmigem Chlor dauerhaft nicht mehr als 1 % des Behälterinhaltes pro Stunde (z. B. 650 g/h bei einer 65-kg-Flasche) entnommen werden.

Bei Chlorfässern dient der obere Anschluss zur Entnahme von gasförmigem Chlor und der untere zur Entnahme von flüssigem Chlor. Die Entnahmerate darf maximal 1 % des Behälterinhalts betragen, da das Verhältnis von Volumen zu Oberfläche ungünstiger und damit die Wärmeaufnahme reduziert ist. Die Raumtemperatur sollte dabei 15–25 °C betragen. Bei höherer Entnahme kommt es zu einer Temperaturabsenkung im Behälter und damit zu einem Druckabfall, der zu einer geringeren Entnahmemenge führt.

Bei höherem Chlorbedarf sind mehrere Druckgefäße parallel anzuschließen.

Für Chlorgasflaschen ist vor Ort mindestens eine Notfallkappe an einem gut zugänglichen Ort in der Nähe des Chlorgasraumes bereit zu halten. Die Notfallkappe dient der Sicherung des Ventilbereiches bei einer Leckage in diesem Bereich. Siehe auch Abschnitt 11.5.3.

Hinweise geben auch die vom Industriegaseverband e. V. (IGV) (92) veröffentlichten Sicherheitshinweise zum Umgang mit Chlorflaschen und die Unterweisung zum Thema „Wechseln von Chlorgasflaschen“ der Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) (82), Sektion Chemie.

### 9.7.1 Anschluss von ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer)

Flaschen- oder Fasskappen, die bei Transport und Lagerung die Ventile schützen, sind erst unmittelbar vor dem Anschluss an die Entnahmeeinrichtung zu entfernen.

Ventile an Chlorbehältern sind vorsichtig und ohne Gewalt zu öffnen oder zu schließen.

Beim Anschluss von ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer) sind geeignete Arbeitskleidung sowie persönliche Schutzausrüstungen anzulegen.

Hierzu gehören:

- Sicherheitsschuhe,
- Körperbedeckende Arbeitskleidung aus Baumwolle (Kittel und Hose),
- Schutzhandschuhe aus gewebeverstärktem Kautschuk,
- Atemschutzmaske (zur Auswahl und Verwendung siehe Abschnitt 10.1); ein Ersatzfilter sollte vorgehalten werden, sofern keine ausreichende örtliche Absaugung vorhanden ist,
- Bei Entnahmestationen für Druckfässer kann die Gefährdungsbeurteilung ergeben, dass zusätzlich zwei von der Umgebungsatmosphäre unabhängig wirkende Atemschutzgeräte sowie zwei gasdichte Chemikalienschutzanzüge vorgehalten werden.

Weitere notwendige Werkzeuge und Hilfsmittel für Anschlussarbeiten sind:

- ein Maulschlüssel SW 32 für Flaschenventile bzw. ein Maulschlüssel SW 41 für Fassventile,
- eine neue Anschlussdichtung (auf keinen Fall bereits gebrauchte Dichtungen verwenden!),
- Ammoniaklösung für Dichtheitsprüfung (siehe Kapitel 5).  
Die Prüfflüssigkeit darf auf keinen Fall auf die zu prüfende Stelle geschüttet oder gepinselt werden.

#### 9.7.1.1 Musteranleitung zum Anschließen von ortsbeweglichen Druckgefäßen

Beim **Anschließen** von ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer) für Chlor ist wie folgt zu verfahren:

- Die ortsbeweglichen Druckgefäße in Position bringen und in dieser Lage sichern. Bei Druckfässern besteht die Möglichkeit, Chlor flüssig oder gasförmig zu entnehmen. Je nach Bedarf muss das Ventil für die Gas- bzw.

Flüssigentnahme angeschlossen werden. Eine Kennzeichnung am Druckfass gibt die jeweilige Position der Steigrohre an. Bei Fragen an den Lieferanten wenden.

- Die Atemschutzmaske anlegen.
- Die Schutzkappe mit dem Maulschlüssel lösen und abnehmen.
- Prüfen, ob das Flaschen- bzw. Fassventil verschlossen ist.
- Die Anschlussleitung zur Dosieranlage muss drucklos sein (Manometeranzeige beachten).
- Eine geeignete, neue Anschlussdichtung bereitlegen.
- Die seitliche Verschlussmutter des Ventils um eine ¼-Umdrehung lösen und mit Ammoniak (aus Ammoniaklösung) auf Dichtheit prüfen.  
Sollte sich bei der Dichtheitsüberprüfung mit Ammoniak ein weißer Nebel bilden, ist die Verschlussmutter wieder anzuziehen.

***Hinweis:** Diffusionsvorgänge durch die Ventildichtung können insbesondere nach einer längeren Lagerung des ortsbeweglichen Druckgefäßes dazu führen, dass sich kleine Mengen an Chlor unter der Verschlussmutter ansammeln und beim Lösen der Verschlussmutter entweichen. Diese technisch nicht auszuschließenden Diffusionsvorgänge sind nicht als Undichtigkeit des Ventils zu betrachten.*

*Führt die Dichtheitsprüfung mit Ammoniak beim wiederholten Lösen der Verschlussmutter erneut zur Bildung eines weißen Nebels, sollte zur Abstimmung der weiteren Vorgehensweise Kontakt mit dem Lieferanten aufgenommen werden.*

- Wenn sich bei der Dichtheitsprüfung mit Ammoniak kein weißer Nebel bildet, kann die Verschlussmutter entfernt werden. Die Anschlussverschraubung mit der eingelegten Dichtung montieren und mit dem Maulschlüssel anziehen.
- Das Handrad des Ventils um eine Umdrehung öffnen, bis am Manometer des Vakuumregelventils Druck ansteht. Das Ventil wieder schließen. Erneut die Dichtheit mit Ammoniak prüfen.
- Bei Dichtheit des Systems das Ventil ganz öffnen und dann ¼-Umdrehung in Schließrichtung zurückdrehen.
- Die abschließende Dichtheitsprüfung mittels Ammoniak vornehmen.

### 9.7.1.2 Musteranweisung zum Wechsel von ortsbeweglichen Druckgefäßen

Beim **Wechsel** von ortsbeweglichen Druckgefäßen ist wie folgt zu verfahren:

- Die Atemschutzmaske anlegen.
  - Flaschenventil der entleerten Flasche handfest (max. 7–10 Nm) schließen. Bei Fassventilen hängt das zum Schließen aufzubringende Drehmoment von der Bauart des entsprechenden Ventils ab. Dazu informiert der Lieferant.
  - Die Anschlussleitung zur Dosieranlage muss drucklos und gespült sein (Manometeranzeige beachten).
  - Die Anschlussverschraubung vorsichtig um eine ¼-Umdrehung lösen.
  - Die Dichtheitsprüfung mit Ammoniak (aus Ammoniaklösung) vornehmen. Sollte sich ein weißer Nebel bilden, ist die Anschlussverschraubung wieder anzuziehen und von vorne zu beginnen. Sollte trotz wiederholter Überprüfung der oben genannten Punkte eine Undichtigkeit vorhanden sein, ist das weitere Vorgehen mit dem Lieferanten abzustimmen.
  - Wenn sich bei der Dichtheitsprüfung mit der Ammoniak kein weißer Nebel bildet, die Anschlussleitung abschrauben.
  - Auf das Flaschen- oder Fassventil unverzüglich die Verschlussmutter mit Dichtung aufschrauben. Verzögerungen sind zu vermeiden. Je kürzer die Zeitspanne ist, desto weniger Luftfeuchtigkeit kann in das Ventil eindringen.
-

- Die Anschlussleitung ist ebenfalls mit einem geeigneten Verschluss abzudichten, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern.
- Falls Anwendung als Biozid: Das Biozidmerkblatt am Ventil befestigen.
- Die Ventilschutzkappe aufschrauben und mit dem Maulschlüssel anziehen.
- Die Fixierung lösen und die Flasche oder das Fass abtransportieren.

## 9.7.2 Weitere Hinweise zur sicheren Verwendung von Chlor in Schwimmbädern und bei der Trinkwasserchlorung

Der Ausschuss Ereignisauswertung (AS-ER) der Kommission für Anlagensicherheit (KAS) (85) hat im Juni 2016 ein Merkblatt zum Thema „Ereignisse mit Chlorgas insbesondere in Schwimmbädern“ verabschiedet mit dem Ziel, die jüngsten Erkenntnisse aus der AS-ER-Datenbank und weiterer Informationsquellen zu Chlorierungsanlagen insbesondere in Schwimmbädern zu analysieren. Diese Auswertung ergab, dass „als Ursachen sich nach ersten Recherchen bei den kontaktierten Gaslieferanten meist menschliche Faktoren festmachen lassen“. Im Rahmen dieses Merkblattes werden die in dem KAS-Papier aufgeführten Ursachen aufgegriffen und Hinweise zu deren Begegnung gegeben.

Tabelle 6: Handlungsempfehlungen auf Basis der Ereignisse mit Chlorgas

Ursache gemäß KAS-39	Abgeleitete Handlungsempfehlung
<p>Um die Anlage „besonders dicht und sicher“ zu machen, werden Ventile häufig mit eigenen Kraftverstärkungsstrukturen (Hebelarm) geschlossen, obwohl dies nicht erforderlich ist. Dabei wird die Weichdichtung im Ventil beschädigt und es kommt zum Produktaustritt.</p>	<p>Einerseits sollten alle Werkzeuge, mit deren Hilfe Ventile von Chlorbehältern geschlossen werden können, aus dem Bereich der Chlorungsanlagen entfernt werden, sodass die Anlagenbediener/innen ausschließlich händisch die Ventile bewegen können.</p> <p>Andererseits sollten die Anlagenbediener/innen über die in den Ventilen verbaute Weichdichtung und deren Verhalten geschult werden. Es besteht die Möglichkeit auf das Handrad des Ventils passende Drehmomentschlüssel zu bekommen, mit denen sichergestellt ist, dass die Dichtungen keiner unzulässigen Kraft ausgesetzt werden.</p> <p>Da Chlorflaschen sehr oft über einen längeren Zeitraum an Entnahmeanlagen angeschlossen sind und sich dabei die Ventile über diesen Zeitraum in geöffnetem Zustand befinden, sollte organisatorisch sichergestellt werden, dass die Ventile wöchentlich geöffnet und geschlossen werden. Dadurch wird eine dauerhafte Leichtgängigkeit der Ventile erreicht.</p>
<p>Zur Kontrolle der Dichtigkeit wird üblicherweise ein Fläschchen mit Ammoniakwasser unter das Ventil gehalten. Mit austretendem Chlor würde sich dann eine Nebelwolke bilden. Nicht selten wird das Ammoniakwasser jedoch auf das Ventil gespritzt. Dies führt zu einer Entzinkung und infolgedessen Versprödung des Messings, das somit mechanisch instabil und undicht wird.</p>	<p>Auch wenn Undichtigkeiten in Folge der beschriebenen unsachgemäßen Behandlung praktisch nicht auftreten, da entsprechend angegriffene Ventile in den Füllwerken erkannt und vorsorglich ausgetauscht werden, kann dieser Sorge auf unterschiedlichem Weg begegnet werden: Einerseits bieten die Lieferanten von Chlor in Flaschen regelmäßig Seminare an, bei denen Bediener/innen im korrekten An- und Abschließen von Behältern und der durchzuführenden Dichtheitskontrolle geschult werden. Andererseits werden aber auch Behälter mit Ventilen aus mit Korrosionsschutz beschichteten Ventilkörpern angeboten.</p>
<p>Beim Wechsel der Chlorgasflaschen müssen auch die Dichtungen ausgetauscht werden. Die erforderlichen Dichtringe sind speziell für Chlorbeständigkeit auszuwählen. Werden (z. B. aus Sparsamkeitsgründen) keine oder die</p>	<p>Für den Anwendungsfall beständige und passende Dichtungen können von unterschiedlichen Quellen, beispielsweise auch von den Chlor-Lieferanten, bezogen werden. Jedoch ist auch hier die Schulung des Bedienpersonals im Austauschen dieser</p>

<p>falschen Dichtungen (z. B. billigere Dichtungen aus dem Gartenmarkt für Wasserschläuche) eingesetzt, fehlt die Dichtwirkung und es kommt zum Gasaustritt. Zusätzlich sind die alten Dichtungen aus der Leitung zu entfernen. Manchmal sind diese festgeklebt und werden nicht oder nur unvollständig entfernt. In diesem Fall kann ebenfalls keine ausreichende Dichtigkeit erzeugt werden.</p>	<p>Dichtungen bei jedem Flaschenwechsel wichtig, um eine hinreichende Sensibilisierung und eine ausreichende Sachkenntnis zu erreichen.</p>
<p>Zum Schutz der Beschäftigten sind nach Gefahrstoffrecht im Bodenbereich des Gasflaschenraumes Sensoren anzubringen, die bei geringsten Mengen Chloraustritts Alarm auslösen. Je nach kommunaler Einrichtung ist dieser Alarm direkt auf die Feuerwehreinsatzzentrale geschaltet. Wird der Schlauch zwischen Chlorflasche und Anlage vor dem Flaschenwechsel nicht vollständig entleert, reicht das vorhandene Totvolumen häufig aus, den Alarm auszulösen, ohne dass es zu einer Gefahr für Irgendjemand kommen kann (siehe auch Abschnitt „Chlor: Arbeitsplatzgrenzwert und Überwachung“). Trotzdem rückt dann die Feuerwehr mit dem Gefahrstoffzug an, was üblicherweise ein Presse-Echo hervorruft. Darüber hinaus besitzen manche der Sensoren eine Querempfindlichkeit beispielsweise zu Ammoniak, sodass die Dichtigkeitsprüfung zu einer vermeintlichen Grenzwertüberschreitung führt.</p>	<p>Die Anforderungen an die Dichtheit von Ventilen für Gasflaschen sind in der EN ISO 10297 (65) definiert. Gemäß § 4.8 dieser Norm sind Leckraten von bis zu 6 cm<sup>3</sup>/h bei 20 °C und 1013 mbar zulässig. Dadurch kann es beim Entfernen der Verschlussmutter vom Ventil zu einer geringfügigen Emission kommen, die sich im Rahmen des betriebsbestimmungsgemäßen Zustands bewegt und wodurch – wie auch aus den Ausführungen der KAS hervorgeht – keine Gefährdung zu erwarten ist. Dennoch können diese Emissionen – wie auch die von der KAS beschriebenen Querempfindlichkeiten der Sensoren – je nach Positionierung der Sensoren der Gaswarnanlage zu Alarmierungen führen. Als Gegenmaßnahmen sollten Sensoren ohne störende Querempfindlichkeiten eingesetzt werden. Ferner sollten die Auslöseschwellen der Gaswarnanlage zu einer Alarmierung öffentlicher Einsatzkräfte unter Berücksichtigung der besonderen Umstände des jeweiligen Einzelfalls so gewählt werden, dass eine externe Alarmierung nicht bereits bei einer kurzzeitigen geringfügigen Überschreitung des üblicher Weise als Auslöseschwelle gewählten AGW-Wertes erfolgt. Mit einer vernünftig überlegten Kombination aus Auslösewert und Verzögerungszeit lässt sich die Zahl der beschriebenen Alarmierungen ohne Einschränkung der Sicherheit der Allgemeinheit reduzieren.</p>

Diese Empfehlungen können auch auf verwandte Anwendungen von Chlor sinngemäß übertragen werden und unterstreichen insbesondere die Wichtigkeit der Schulung der Beschäftigten.

## 9.8 Alarmplan und Alarmierungen

Die Unternehmerin bzw. der Unternehmer hat für die Arbeitsstätte einen Flucht- und Rettungsplan aufzustellen, wenn Lage, Ausdehnung und Art der Nutzung der Arbeitsstätte dies erfordern. Der Flucht- und Rettungsplan ist an geeigneter Stelle in der Arbeitsstätte bekannt zu machen, z. B. durch Aushang an zentraler Stelle in Fluren. In angemessenen Zeitabständen ist entsprechend dem Plan zu üben, wie sich die Beschäftigten im Gefahr- oder Katastrophenfall in Sicherheit bringen oder gerettet werden können. Dieser Plan ist aktuell zu halten.

Chloranlagen unterliegen der Störfallverordnung (12. BImSchV) (31), sobald die dort festgelegten Mengenschwellen (siehe Abschnitt 3.2) überschritten werden.

Für Betriebsbereiche und genehmigungspflichtige Anlagen, die der Störfall-Verordnung unterliegen, sind die nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um Störfälle zu verhindern und Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten. Dies beinhaltet technische, organisatorische und managementspezifische Systeme, zu deren Anforderungen in der Störfall-Verordnung nähere Angaben gemacht werden.

Abhängig von den Windverhältnissen und den Mengen an freigesetztem Chlor können unterschiedlich große Bereiche der Betriebsanlagen gefährdet werden. Es sind deshalb an geeigneten Stellen in der Anlage Windsäcke aufzustellen. Der Gesamtbetriebsbereich ist in verschiedene Warnbereiche aufzuteilen. Je nach der Stärke des Chlorausbruches und der Windrichtung kann eine abgestufte Alarmierungsfolge zweckmäßig sein.

Die Alarmierung erfolgt über das betriebseigene Telefonnetz, einer Rundsprechanlage, über Gasmeldeeinrichtungen oder über den Betriebsfeuermelder. Wie die Meldung abzufassen ist, sollte schon vorher genau festgelegt sein. Es sind in regelmäßigen Abständen Übungen nach dem Alarmplan durchzuführen. Eine

Übung sollte nicht nur mit dem Betriebspersonal durchgeführt werden, sondern es empfiehlt sich auch die Heranziehung von örtlichen Gefahrenabwehrkräften und Nachbarbetrieben, damit das Zusammenspiel zwischen betriebseigenem und betriebsfremdem Einsatzpersonal abgestimmt werden kann.

Die Zusammenarbeit mit öffentlichen Gefahrenabwehrorganisationen ist immer dann erforderlich, wenn ein Betrieb über keine ständig besetzte Werkfeuerwehr verfügt und zur Bekämpfung von größeren Chloremissionen auf werksfremde Hilfe angewiesen ist. So kann es im Falle eines Chlorausbruches auch notwendig werden, die Nachbarschaft zu warnen und gegebenenfalls zu evakuieren. Dazu bedarf es aber der Abstimmung mit den örtlichen Gefahrenabwehrorganisationen und Behörden.

Für Maßnahmen und Verhalten im Gefahrfall siehe Kapitel 11.

## 9.9 Organisatorisches zu Kesselwagen

### 9.9.1 Sicherung von Chlorkesselwagen und Gleisabschnitten

Chlorkesselwagen sind beim Be- und Entladen so zu sichern, dass eine unbeabsichtigte Bewegung in beiden Gleisrichtungen verhindert wird. Dabei sind geeignete mechanische Wegfahrsperrn (z. B. Radvorleger – bei Gefällen größer 1 : 400 vor jeder Achse) zu verwenden.

Chlor wird in Druckgaskesselwagen transportiert, deshalb ist der Gleisabschnitt während des Be- und Entladevorgangs zusätzlich zu sichern. Hierfür sind ortsfeste Signale (Schutzhaltsignal SH2), eine Anschlussweiche in abweisender Stellung oder eine aufgelegte Gleissperre erforderlich. Anschlussweichen und Gleissperren sollten abgeschlossen werden.

Es sollten zwei voneinander unabhängige Sicherungsmaßnahmen genutzt werden (z. B. ortsfeste Signale und Anschlussweiche in abweisender Stellung). Die Zuordnung zu dem schützenden Gleisabschnitt muss eindeutig erkennbar sein.

Abbildung 26: Hemmschuhe



Angezogene Handbremsen sind zur Sicherung nicht geeignet, weil sie nur für den Rangierbetrieb gedacht sind und sich beim Be- oder Entladen des Kesselwagens festkeilen oder lockern können.

Bei Detektion eines Wegrollens muss das Umfüllen sofort automatisch unterbrochen werden.

Es sind Maßnahmen zu treffen, die das Angefahrenwerden, z. B. durch Flurförderzeuge, Lkw, verhindern.

### 9.9.2 Sicherung der Beschäftigten

Beim Befüllen und Entleeren von Kesselwagen, Tankfahrzeugen und Tankcontainern hat der Betreiber der Befüll- und Entleerestelle Maßnahmen zu treffen, die die Beschäftigten gegen Absturz und gegen gesundheitsgefährdende Einwirkungen schützen:

- Vor dem Besteigen und Begehen des Kesselwagens muss eine fachkundige Beurteilung (Sichtkontrolle) der Aufstiegsbedingungen und der Laufstegkonstruktion erfolgen.
- Einschränkungen für diese Art der Tätigkeiten sind z. B. Witterungseinflüsse wie Nebel, Regen, Schnee, Glätte und Sturm.

Beim Arbeiten auf Kesselwagen ist der Beschäftigte gegen Absturz zu sichern. Dies kann durch (absenkbare) Geländer oder ein Höhensicherungsgerät geschehen.

Die persönlichen Schutzausrüstungen sind vom Betreiber der Be- und Entladestation im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung auszuwählen, in einer Betriebsanweisung bekanntzugeben und zu unterweisen – Details siehe Abschnitt 10.2.

Beim Anschließen oder Abkuppeln der Umfülleinrichtungen (Metallschläuche oder Gelenkarme) an die Kesselwagenventile sollte umluftunabhängiger Atemschutz getragen werden. Darauf kann verzichtet werden,

wenn im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung der Schutz der Beschäftigten durch andere Maßnahmen sichergestellt werden kann. Beispielsweise können kleinere austretende Gasmengen vollständig abgesaugt werden. Die Gase sind zu Abluftreinigungsanlagen abzuleiten.

### 9.9.3 Überwachung der Be- und Entladung

Während der Befüllung und Entleerung eines Chlorkesselwagens muss eine unterwiesene Person an der Verladestation anwesend sein und die Umfüllung beaufsichtigen. Dabei kann die Überwachung auch durch technische Einrichtungen, die mit den Behörden abzustimmen sind, sichergestellt werden.

Im Gefahrenfall muss die Be- oder Entladung über ein Not-Aus-System sicher unterbrochen werden können.

### 9.9.4 Kontrolle der Kesselwagen

Vor Übergabe an die Transportfirma wird der befüllte Chlorkesselwagen nach dem 4-Augen-Prinzip anhand einer Checkliste überprüft. Besonderes Augenmerk sollte auf das Vorhandensein der Blindflansche und der richtigen Kennzeichnung gelegt werden.

## 10 Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)

### 10.1 Atemschutz

Personen, die mit Chlor umgehen, sind je nach Gefährdungslage (örtliche Bedingungen/Einsatzsituation) mit folgenden Atemschutzgeräten auszurüsten:

- Fluchtfiltergerät,
- Atemschutzmaske mit Gasfilter Typ B oder ABEK,
- Isoliergerät (z. B. Pressluftatmer).

Bei der Auswahl des Atemschutzes sind die örtlichen Bedingungen zu berücksichtigen.

Atemschutzgeräte sind einsatzbereit außerhalb der Chlorräume, jedoch leicht erreichbar, staub- und feuchtigkeitsgeschützt aufzubewahren. Einzelheiten stehen in den Herstellervorgaben.

Atemschutzgeräte sind regelmäßig zu überprüfen.

Fluchtfiltergeräte nach DIN 58647-7 (67) schützen bei unerwarteten Gasaustritten. Ein Fluchtfiltergerät dient als Schutz bei schwacher Chlorkonzentration in der Raumluft und ermöglicht im Bedarfsfall das sichere Verlassen des Raumes. Fluchtfiltergeräte können personenbezogen mitgeführt oder in ausreichender Menge stationär vorgehalten werden.

Das Auswechseln von Druckgeräten mit Chlor als geplante Arbeit nach Betriebsanweisung darf nur unter Verwendung von Atemschutzgeräten (keine Fluchtfiltergeräte) erfolgen. Für den Einsatz bei geplanten Tätigkeiten ist eine Vollmaske mit Gasfilter Typ B (DIN EN 14387) (58), Kennfarbe grau, oder Filter Typ ABEK (nach DIN EN 14387) (67), Kennfarben braun/grau/gelb/grün geeignet.

Die Vollmaske schützt – im Gegensatz zur Halbmaske – auch vor einer Reizung der Augen durch Chlor. Die Verwendung von Halbmasken ist daher nicht sinnvoll.

Vor jedem Anlegen von Atemschutzmasken ist das Haltbarkeitsdatum des Filters und der Maske zu prüfen. Atemschutzfilter sind spätestens 6 Monate nach dem Öffnen der Versiegelung (Datum des Öffnungstages auf dem Filter vermerken!) oder nach einer Kontamination mit Chlor zu wechseln.

Die Schutzwirkung der Filter ist je nach Chlorkonzentration zeitlich begrenzt, was bedeutet, dass die Chlorkonzentration während des Gebrauchs von Filtergeräten bekannt sein muss! Nach Gebrauch sind Atemschutzfilter in jedem Fall zu entsorgen. Die dem Filter beiliegende Gebrauchsanweisung des Herstellers ist genauestens zu beachten.

Bei geringen Chlorkonzentrationen bis 0,02 Vol.-% (400 x AGW 0,5 ppm = 200 ppm = 0,02 Vol.-%) schützt dieses Atemschutzgerät die Atemwege vor schädlichen Einwirkungen.

Eine Verwendung von Filtergeräten bei unbekannter Chlorkonzentration ist lebensgefährlich und muss unterbleiben. Werden Gasfilter mit hohen Chlorkonzentrationen belastet, so kann sich Phosgen bilden, welches bei Erreichen der Filterkapazität durch den Filter schlagen kann und (akut) toxischer als Chlor ist (siehe auch Hinweise in GEST 92/171 (137) „Personal Protective Equipment in the Chlorine Industry“).

Bei höheren oder unbekanntem Chlorkonzentrationen und bei längerer Einwirkungsdauer muss ein von der Umgebungsluft unabhängiges Atemschutzgerät (Isoliergeräte, wie z. B. Pressluftatmer) benutzt werden. Dies gilt auch immer dann, wenn ein Bereich betreten werden soll, in dem eine merkliche Chlorkonzentration vorhanden ist.

Von der Umgebungsluft unabhängige Atemschutzgeräte sind zusätzlich an geeigneten Stellen des Betriebs leicht zugänglich sowie sichtbar und gut gekennzeichnet bereitzuhalten, damit bei Chlorausbrüchen die Bekämpfung unabhängig von der umgebenden Atmosphäre erfolgen kann.

Die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) (6) gibt vor, ob beim Tragen von Atemschutzgeräten Pflicht- oder Angebotsvorsorgen (48) zu veranlassen oder anzubieten sind (siehe Abschnitt 9.4).

Zu beachten ist hierbei auch die Arbeitsmedizinische Regel (AMR) 14.2 (7) „Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen“. Der DGUV Grundsatz G 26 (74) „Atemschutzgeräte“ enthält Empfehlungen zu Untersuchungsinhalten für die Ärztin oder den Arzt, falls klinische Untersuchungen im Zusammenhang mit der arbeitsmedizinischen Vorsorge für erforderlich gehalten werden. Für Detailinformationen beispielsweise zu Gefährdungsbeurteilungen, Unterweisungen, Erstellen von Betriebsanweisungen siehe auch die DGUV Regel 112-190 (59) „Benutzung von Atemschutzgeräten“.

Eine arbeitsmedizinische Vorsorge ist bei FluchtfILTERgeräten nicht vorgesehen.

## 10.2 Körperschutz

Als Schutzhandschuhe eignen sich besonders solche aus dem Mehrschichtenlaminat PE/EVAL/PE (PE = Polyethylen, EVAL = Ethylen-Vinylalkohol-Copolymer). Weitere mögliche Handschuhmaterialien sind: Fluorkautschuk, Polychloropren. Informationen zum Tragen von Schutzhandschuhen gibt das Merkblatt A 023 (46) „Hand- und Hautschutz“. Chemikalienschutzanzüge für den Einsatz im Chlor sind üblicherweise mit Fluorkarbonkautschuk (FKM) oder chlorsulfoniertem Polyethylen (CSM) beschichtet.

Der erforderliche Hand- und Augenschutz ist auch durch weitere Gefahrstoffe (z. B. das Koppelprodukt Natronlauge) bestimmt (siehe auch GEST 92/171 (137) –Personal Protective Equipment in the Chlorine Industry“).

Ist der Kontakt mit flüssigem Chlor zu erwarten, dann muss ein Chemikalienschutzanzug mit Kälteschutz (wärmender Arbeitsanzug, Fülllinge, Fingerhandschuhe aus Wolle) verwendet werden.

Bei hohen Chlorkonzentrationen oder bei außergewöhnlichen Ereignissen, z. B. Chlorausbrüche mit sichtbarem Chlornebel, ist das Tragen von gasdichten Chemieschutzanzügen erforderlich.

Um an feuchten Hautoberflächen (z. B. Achseln) Hautirritationen zu vermeiden, ist bei gasförmigen Atmosphären idealerweise ein Chemikalienschutzanzug zu verwenden.

Für das Tragen von gasdichten Chemikalienschutzanzügen gelten besondere Vorschriften (siehe Merkblatt A 008 „Persönliche Schutzausrüstungen“). Das muss bei der Gefährdungsbeurteilung im Vorfeld berücksichtigt werden.

Beim Ablegen von Atemschutzgeräten und Schutzanzügen ist darauf zu achten, dass die Personen nicht durch in der Kleidung oder Schutzausrüstung verbliebenem Chlor gefährdet werden. Gegebenenfalls den Einsatzpersonen Hilfe unter Atemschutz beim Dekontaminieren und Entkleiden bereitstellen.

## 11 Maßnahmen bei Chlorunfällen und Gefahrenabwehr bei Chloraustritt

Eine Gefährdung durch Chlor kann durch den typischen stechenden Chlorgeruch zuverlässig wahrgenommen werden.

### 11.1 Persönliches Verhalten in Gefahrensituationen

Bei Chloraustritt sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Gefährdeten Betriebsbereich räumen, quer zur Windrichtung flüchten, Fluchtfiltergeräte verwenden: Besonders Keller, Gruben oder andere tiefer gelegene Bereiche sofort verlassen, weil sich Chlor aufgrund seiner höheren Dichte in diesen Bereichen ansammelt. Gefährdeten ist zu empfehlen, schleunigst geschlossene und höher gelegene Räume aufzusuchen. Im Freien sollte ein Fluchtweg quer zur Windrichtung gewählt werden, weil dies in einer Schadstoffwolke meist der kürzeste Weg aus dem Gefahrenbereich ist. Ein überhastetes Weglaufen erhöht nur die Gefährdung einer Vergiftung, da dabei tiefer und mehr eingeatmet wird.
- Alarmierungen auslösen: So schnell wie möglich sind die anderen Personen im gefährdeten Bereich zu warnen. Handelt es sich um einen größeren Chloraustritt, muss die Umgebung gewarnt und die Feuerwehr alarmiert werden. Alarmplan beachten.
- Verletzte aus dem Gefahrenbereich bringen: Helfer/innen haben sich hierbei vor Kontakt mit Chlor zu schützen (siehe Kapitel 10). Nach Einatmen von Chlor ist unverzüglich ärztliche Hilfe in Anspruch zu nehmen. Der chemische Stoff „Chlor“ sowie die bereits durchgeführten Maßnahmen sind anzugeben, z. B. mit einem Unfalleitblatt. Zur Ersten Hilfe siehe Kapitel 12.

### 11.2 Planung von Notfallmaßnahmen

Betriebsstörungen, Unfälle und Notfälle sind unerwartete Ereignisse und lassen sich auch bei sicherer Technik und sorgfältiger Arbeit nicht völlig ausschließen. Der Zeitpunkt eines Vorfalls ist zwar nicht planbar, dessen Bewältigung allerdings schon. So können im Vorfeld mit z. B. Krankenhäusern, Hilfsorganisationen und Feuerwehr Absprachen gehalten (Einbindung Betriebsärztin/-arzt), Abläufe geklärt werden bzw. Übungen abgehalten werden.

Es ist empfehlenswert, neben dem Arbeitsschutzmanagement auch das Notfallmanagement in die betrieblichen Managementsysteme systematisch zu integrieren.

Informationen dazu bietet der Praxishilfe-Ordner „Gerüstet für den Notfall“ (55).

Für die Notfallplanung kann die Euro-Chlor-Schrift GEST 93/179 (138) „Emergency Intervention in Case of Chlorine Leaks“ zu Rate gezogen werden.

Es wird empfohlen, bei Chlorausbrüchen infolge von Transportunfällen das Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem (TUIS) (91) zu Rate zu ziehen. Die passenden Telefonnummern sollten in den eigenen Alarmplan aufgenommen werden. Eine Liste der Telefonnummern der TUIS-Leitstellen befindet sich auf der Homepage des Verbandes der chemischen Industrie e. V. (VCI) unter [www.tuis.org](http://www.tuis.org) und in Anhang 2 dieses Merkblatts.

Lieferanten von Chlorgas unterhalten für Notfälle Bereitschaftsdienste. Die Telefonnummern dieser Bereitschaftsdienste sind bei Erstellung des Alarmplans vorab zu klären und schnell verfügbar zu dokumentieren. Durch regelmäßige Schulungen ihrer Servicekräfte und das Bereitstellen von modernen Bergungsbehältern und Schutzausrüstungen können diese Stellen bei Notfällen unverzüglich kompetent und professionell Hilfe leisten.

Bei Transportunfällen können im ersten Eingreifen ERI-Cards abgerufen werden (Datenbank [www.ericards.net](http://www.ericards.net)). Die CEFIC-„Emergency Response Intervention Cards“ (ERI-Cards) (97) geben der Feuerwehr Hinweise über erste Einsatzmaßnahmen, wenn Sie beim Eintreffen am Ereignisort eines Gefahrgutunfalls keine zuverlässigen stoffspezifischen Informationen zur Verfügung haben. ERI-Cards sind gedacht für die Anwendung durch Feuerwehren, die für Gefahrstoffeinsätze ausgebildet sind. Sie enthalten Informationen und Verfahrensweisen, die Spezialausrüstung erfordern können. Chlor hat die ERI-Card Nr. 2-31.

Der technisch-wissenschaftliche Beirat der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. hat ein Merkblatt „Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Chlor“ (95) mit den wichtigsten Informationen zum Stand der Technik und zu einsatztaktischen Standards herausgegeben.

### 11.3 Begrenzung der Emission bei Austritt von Chlorgas

Beim Versuch, das Ausströmen von Chlor zu unterbinden, darf der Gefahrenbereich nur mit ausreichenden persönlichen Schutzausrüstungen (umluftunabhängige Atemluftgeräte, evtl. Gasschutzanzug) betreten werden (siehe Kapitel 10).

Wenn möglich den Druck im betroffenen Anlagenteil verringern (z. B. Entspannung in eine Chlorabsorption oder einen Notbehälter, falls vorhanden). Bei Leckagen an Behältern mit flüssigem Chlor kühlt sich der Inhalt rasch ab, der Innendruck sinkt und die Leckrate verringert sich. Bei kleinen Behältern kann versucht werden, mit Trockeneis zu kühlen (flüssiger Stickstoff wird nicht empfohlen, da die sehr tiefe Siedetemperatur zu Versprödung der Werkstoffe führen kann).

Undichte Behälter mit flüssigem Chlor sollten – falls möglich – umgefüllt werden. Dazu gibt die Euro-Chlor-Schrift GEST 90/162 (125) „Emergency Transfer of Liquid Chlorine“ Hinweise. Grundsätzlich sollte dies aber ausschließlich durch entsprechend erfahrene Personal erfolgen.

Beim Freiwerden von geringen Chlorgasmengen kann durch Versprühen von Wasser aus mobilen oder fest installierten Werfern das Chlorgas innerhalb eines überschaubaren Bereiches beherrscht werden. Auch eine Regenwandanlage rings um ein Chlorage kann im Gefahrenfalle eine Chloremission begrenzen. Durch Wassersprühnebel wird nur wenig Chlor gelöst, aber die Wolke mechanisch aufgehalten/umgeleitet, mit Luft verwirbelt und dadurch verdünnt.

Niemals darf jedoch eine Leckage mit Wasser beaufschlagt werden, weil dann durch eine rasche und intensive Korrosion das Leck und damit die Emission vergrößert wird.

Im Rahmen dieser Maßnahmen ist eine geeignete Behandlung der anfallenden hypochlorithaltigen Abwassermengen zu berücksichtigen.

## 11.4 Begrenzung der Emission bei Austritt von Flüssigchlor

Auslaufendes flüssiges Chlor geht sehr schnell in den Gaszustand über und bildet dabei ätzende Nebel. Dabei vergrößert sich das Volumen sehr stark (1 kg Flüssigchlor ergibt ca. 311 Liter Chlorgas). Bei gleicher Leckgröße entweicht im flüssigen Zustand etwa 15-mal mehr Chlor als im gasförmigen Zustand.

Beim Austreten von flüssigem Chlor aus Transportgebinden kann man deshalb die freigesetzte Chlormenge signifikant verringern, indem man die ortsbeweglichen Druckgefäße so dreht, dass die Leckagestelle in der Gasphase liegt.

Die Ausbreitung von Flüssigchlorklaren kann (falls gefahrlos möglich) durch Eindämmung mit Sandsäcken oder Erde erfolgen. Eine geringere Lachenoberfläche vermindert die Emissionsrate entsprechend.

Ausgelaufenes flüssiges Chlor darf nicht direkt mit Wasser abgespritzt werden. Durch die mit dem Wasser zugeführte Wärme würde eine schlagartige Verdampfung auftreten. Um die Verdampfung zu verlangsamen, kann das flüssige Chlor mit einem Schaum von geringer Wärmekapazität (z. B. Mittelschaum) oder durch Auflegen einer chlorbeständigen – idealerweise isolierenden – Folie (z. B. PE-Luftposterfolien, PVC-Folien, aber keine Aluminiumbedampften Folien aus der Ersten Hilfe) abgedeckt werden.

Der sich bildende Chlornebel ist schwerer als Luft und bleibt bei Windstille in Bodennähe. Chlor breitet sich jedoch bei abfallendem Gelände auch entgegen der Windrichtung aus.

Die entstehenden Chlorgasnebel können mit einem Wassersprühnebel örtlich begrenzt und verdünnt werden (siehe Abschnitt 11.3). Vorsicht – es darf kein Wasser an die Leckagestelle gelangen!

## 11.5 Leckbekämpfung

Folgende Maßnahmen können unter Beachtung der an anderer Stelle beschriebenen Vorsichtsmaßnahmen (PSA etc.) im Falle von Leckagen vorgenommen werden. Sie ersetzen keine nachhaltige Reparatur, sondern sind stets situationsbezogen eine temporäre Lösung zur Verringerung der Emission.

Undichte oder provisorisch (im Notfall) abgedichtete ortsbewegliche Druckgefäße dürfen – entgegen kursierender Meinungen – nicht in ein mit Wasser gefülltes Gefäß (z. B. Müllcontainer, Tonne) gelegt werden, da auch schon geringe Undichtigkeiten zu einer starken Korrosion an der Austrittsstelle führen. Die Erwärmung des Druckgefäßes durch das Wasser führt zur Erhöhung des Innendrucks, sodass die Leckrate noch steigt und die Gefahr des Berstens besteht.

Das Beheben von Undichtigkeiten an Armaturen, Rohrleitungen und Apparaten sollte immer unter Aufsicht und von geschulten und unterwiesenen Personen durchgeführt werden. Unterstützung bietet das Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem (TUIS) (91).

Spezialausrüstung zum Abdichten von Leckagen an Chlorflaschen und -fässern im Ventilbereich und in der Behälterwand sowie Bergebehälter und komplette Sets mit Sicherheitszubehör werden von Firmen vorgehalten, die im Rahmen des Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem (TUIS) beteiligt sind.

### 11.5.1 Leck in einer zylindrischen oder konvexen Wand

Ein Leck in der Wand eines Druckgerätes wird verschlossen, indem die Leckagestelle mit einer Gummi-Einlage abgedeckt wird. Anschließend wird die Einlage mit einer an den Durchmesser angepassten Rohrschelle, passend gebogenen Blechen, Klemmen, Ketten, Schlauchschellen, Schlauchschellenband oder Draht gesichert (siehe Abbildung 27).

Es können auch im Handel verfügbare aufblasbare Leck-Dichtkissen oder speziellen Rohr-Dichtmanschetten verwendet werden.

Abbildung 27: Beispiel einer Abdichtung



### 11.5.2 Leck aus einem Loch

Ist die Leckagestelle ein annähernd rundes Loch, dann kann man versuchen, dieses durch Einschlagen eines Stopfens aus Holz, Kupfer oder Messing zu verschließen. Dabei ist wichtig, sich vorab zu versichern, dass das Metall um die Leckstelle nicht schon großflächig durch Korrosion geschwächt wurde. Der eingeschlagene Stopfen sollte, wenn möglich, gegen Ausblasen gesichert werden (z. B. mit Schlauchschellenband oder Klemmen).

Es können auch im Handel verfügbare aufblasbare Leck-Dichtkissen oder ein mit einer Leck-Dichtlanze eingebrachtes und von innen aufblasbares Leck-Dichtkissen zum Einsatz kommen.

Darüber hinaus sind verschiedene gegen Chlor beständige Abdichtmassen am Markt erhältlich.

### 11.5.3 Leck aus einem Ventil

Zunächst sollte, wenn möglich, versucht werden, das Ventil per Hand vollständig zu schließen. Für defekte Ventile an Chlorgasflaschen sind Notfallausrüstungen, bestehend aus einer aufschraubbaren und mit Ventil versehenen Notfallkappe, einem dazu passenden Schlüssel, Hammer, Dreikantschaber/Feile/Drahtbürste (zur Reinigung der Dichtfläche) und einer dazu passenden Spezialdichtung erhältlich. Nach Reinigung der Dichtfläche wird die Notfallkappe über das defekte Ventil geschraubt. Dabei Herstelleranweisungen beachten. Solche Notfallsets sollte bei jeder Verwendung von Chlor in Flaschen vorgehalten werden. Außerdem sollte die Verwendung solcher Notfallausrüstungen regelmäßig geschult und geübt werden.

Abbildungen 28: Notfallset für Flaschen



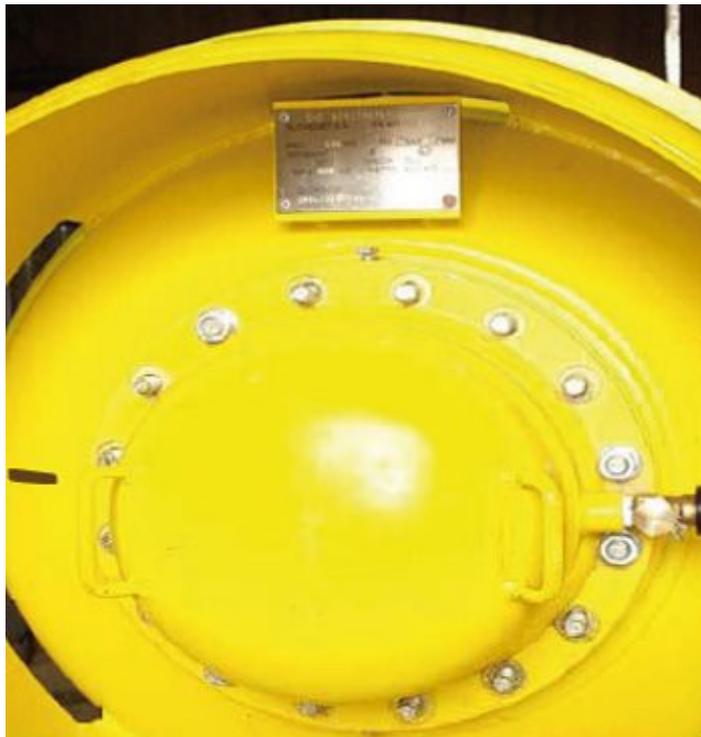
Abbildung 29: Flasche mit Notfallkappe



Abbildung 30: Fass-Notfallkappe



Abbildung 31: Sicherheitsfass mit Deckel



Zur Eindichtung von undichten Ventilen an Fässern halten TUIS Feuerwehren spezielle Notfallkappen vor. Weiterhin gibt es sogenannte Sicherheitsfässer für Chlor, für die eine dazu passende Notfallkappe verfügbar ist.

### 11.5.4 Transport eingedichteter ortsbeweglicher Druckgefäße

Der Transport eingedichteter ortsbeweglicher Druckgefäße sollte immer in enger Abstimmung mit den Einsatzkräften oder mit Fachleuten des Herstellers erfolgen.

Bei einigen Notfallkappen-Produkten für defekte Ventile kann die defekte Flasche oder das defekte Fass dann im Straßenverkehr zum Hersteller transportiert werden – eine ADR-Zulassung (70) ist dafür erforderlich. Ansonsten muss der Transport von mit Notfallkappen abgedichteten ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer) in ADR-zugelassenen Bergungsbehältern erfolgen.

Abbildung 32: Flaschen-Bergungsbehälter



Abbildung 33: Druckfass-Bergungsbehälter



Bergebehälter sind zum akuten sicheren Einschluss und anschließendem Transport und nicht zur längeren Lagerung von beschädigten Gebinden ausgelegt. In Abstimmung mit den Einsatzkräften und den „aufnehmenden“ Beteiligten sollten sie zügig wieder entleert werden. Eine verzögerte Entleerung kann, z. B. aufgrund von Korrosion des geborgenen Gebindes oder des Bergebehälters, den Entnahmevorgang erheblich erschweren.

Eine Übersicht der in Deutschland vorhandenen Bergungsbehälter mit ihren Standorten steht auf der Homepage des Industriegaseverbandes e.V. (IGV) (92) als Download bereit.

### **11.5.5 Umfüllen von Chlorkesselwagen**

Umfüllen von Chlor aus einem Kesselwagen in einen anderen auf freier Strecke sollte immer unter Aufsicht und von geschulten und unterwiesenen Personen durchgeführt werden, z. B. von einer Feuerwehr im Rahmen von TUIS (91) (siehe auch GEST 90/162 (125)).

## **11.6 Maßnahmen bei einem Brand**

Mit flüssigem Chlor gefüllte ortsbewegliche Druckgeräte sind durch Feuer und Wärmestrahlung gefährdet, weil dabei eine unzulässige Druckerhöhung und eine Reaktion des Chlors mit dem Stahl dieser Behälter auftreten kann (siehe auch Abschnitte 2, 8.2.1 und 8.4).

Im Brandfall sind deshalb ortsbewegliche Druckgeräte sofort aus der Gefahrenzone zu bringen. Ortsfeste dichte Druckgasbehälter sowie dichte ortsbewegliche, aber nicht entfernbar Druckgeräte sind sofort mit Wasser zu kühlen. Dabei sollte eine gleichmäßige Wasseraufbringung zur Bildung eines geschlossenen Wasserfilms auf der gesamten Oberfläche des zu schützenden Objektes erfolgen.

## **12 Erste Hilfe**

### **12.1 Allgemeines**

Alle Personen, die mit Chlor umgehen, müssen über die Erste-Hilfe-Maßnahmen unterrichtet sein und über das Verhalten bei Arbeitsunfällen unterwiesen werden. Die von den Berufsgenossenschaften anerkannten Anleitungen zur Ersten Hilfe sind entsprechend dem jeweiligen Gefährdungsgrad an geeigneten Stellen auszuhängen.

Über jede Erste-Hilfe-Leistung sind Aufzeichnungen zu führen, z. B. elektronisch oder in einem Verbandbuch vor Ort. Die Aufzeichnungen sind 5 Jahre lang aufzubewahren. Hierbei ist der Datenschutz zu beachten.

Bei Verdacht auf eine Gefährdung durch Chlor müssen die Betroffenen den Gefahrenbereich verlassen bzw. aus dem Gefahrenbereich gebracht werden. Der Selbstschutz der Helferinnen und Helfer ist unbedingt zu beachten. Je nach Ausgangssituation sind Schutzhandschuhe, Chemikalienschutzanzug, umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät (siehe Kapitel 10) anzulegen bzw. zu tragen.

Ärztliche Hilfe ist unverzüglich zu veranlassen. Der Ärztin oder dem Arzt sind Angaben zum Stoff (z. B. Sicherheitsdatenblatt) und die bereits durchgeführten Erste-Hilfe-Maßnahmen anzugeben.

Um wirksame Hilfe leisten zu können, ist eine vorausschauende Absprache zwischen Betrieb, Betriebsärztin bzw. -arzt, Krankenhaus oder Rettungsdienst notwendig (siehe auch Abschnitt 11.2).

Erste-Hilfe-Maßnahmen, die Gegenstand der Ersten-Hilfe-Ausbildung sind, wie „Stabile Seitenlage“, „Herz-Lungen-Wiederbelebung“, „Schockbekämpfung“, werden in diesem Merkblatt nicht angesprochen.

## 12.2 Generell

- Für Körperruhe sorgen,
- Vor Wärmeverlust schützen,
- Beruhigend auf verletzte Person einwirken,
- Ärztliche Behandlung.

## 12.3 Augen

- Augen sofort ausgiebig bei geöffneten Augenlidern mit Wasser spülen (mindestens 10 Minuten),
- Steriler Schutzverband.

## 12.4 Atmungsorgane

- Verletzte unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich retten,
- Bei Atemstillstand künstliche Beatmung mit einer Atemhilfe (z. B. Beatmungsbeutel); auf jeden Fall Einatmen von Chlor vermeiden.

## 12.5 Haut

- Verunreinigte Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort ausziehen, auf Selbstschutz achten. Helfer und Helferinnen müssen dabei auf Selbstschutz achten – direkten Kontakt durch flüssiges Chlor oder durch ausgasendes Chlor vermeiden,
- Haut mit viel Wasser spülen,
- Wunden keimfrei bedecken.

## 13 Hinweise für die ärztliche Behandlung

- Es muss auf die Entstehung eines Lungenödems nach einer Latenzzeit von 3–7 Stunden geachtet werden.
- Je nach Beschwerdebild des oder der Betroffenen Sauerstoffgabe (befeuchteter, medizinischer Sauerstoff).

- Die Gabe von Corticosteroiden ist als empirische Therapie zu bewerten. Die Wirksamkeit ist nicht durch kontrollierte Studien nachgewiesen.
- Hat die oder der Verunglückte Atemschutzgeräte mit Gasfiltern getragen und insbesondere wenn es zu einem Filterdurchschlag kam, kann Phosgen (Bildung bei hohen Konzentrationen durch Reaktion mit der A-Kohle) eingeatmet worden sein.

## Anhang 1: Literaturverzeichnis und weiterführende Informationen

**Verbindliche Rechtsnormen** sind Gesetze, Verordnungen und der Normtext von Unfallverhütungsvorschriften. Abweichungen sind nur mit einer Genehmigung der zuständigen Behörde bzw. des zuständigen Unfallversicherungsträgers (z. B. Berufsgenossenschaft) erlaubt. Voraussetzung für die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung ist, dass die Ersatzmaßnahme ein mindestens ebenso hohes Sicherheitsniveau gewährleistet.

**Keine verbindlichen Rechtsnormen** sind Technische Regeln zu Verordnungen, Durchführungsanweisungen von Unfallverhütungsvorschriften (DGUV Vorschriften), DGUV Regeln, DGUV Informationen, Merkblätter, DIN-/VDE-Normen. Sie gelten als wichtige Bewertungsmaßstäbe und Regeln der Technik, von denen abgewichen werden kann, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

### Fundstellen im Internet

Die Schriften der BG RCI sowie ein umfangreicher Teil des staatlichen Vorschriften- und Regelwerkes und dem der gesetzlichen Unfallversicherungsträger (rund 1750 Titel) sind im Kompendium Arbeitsschutz der BG RCI verfügbar. Die Nutzung des Kompendiums im Internet ist kostenpflichtig. Ein kostenfreier, zeitlich begrenzter Probezugang wird angeboten.

Weitere Informationen unter [www.kompendium-as.de](http://www.kompendium-as.de).

Zahlreiche aktuelle Informationen bieten auch die Homepage der BG RCI unter [www.bgrci.de/praevention](http://www.bgrci.de/praevention) und [fachwissen.bgrci.de](http://fachwissen.bgrci.de).

Detailinformationen zu Schriften und Medien der BG RCI sowie Bestellung unter [medienshop.bgrci.de](http://medienshop.bgrci.de).

Ausgewählte Merkblätter, Anhänge und Vordrucke aus Merkblättern und DGUV Regeln sowie ergänzende Arbeitshilfen werden im Downloadcenter Prävention unter [downloadcenter.bgrci.de](http://downloadcenter.bgrci.de) kostenfrei zur Verfügung gestellt.

Unfallverhütungsvorschriften, DGUV Regeln, DGUV Grundsätze und viele DGUV Informationen sind auf der Homepage der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter [publikationen.dguv.de](http://publikationen.dguv.de) zu finden.

## 1. Veröffentlichungen der Europäischen Union im Amtsblatt der Europäischen Union

Bezugsquelle: Bundesanzeiger-Verlag, Postfach 10 05 34, 50445 Köln, [www.bundesanzeiger.de](http://www.bundesanzeiger.de)  
Freier Download unter [eur-lex.europa.eu/de/index.htm](http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm)

- (1) Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt

- (2) Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 334/2014
- (3) Richtlinie 2010/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Juni 2010 über ortsbewegliche Druckgeräte und zur Aufhebung der Richtlinien des Rates 76/767/EWG, 84/525/EWG, 84/526/EWG, 84/527/EWG und 1999/36/EG
- (4) Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2017/776
- (5) Richtlinie 2008/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. September 2008 über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland, zuletzt geändert durch Durchführungsbeschluss (EU) 2018/936

## 2. Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquelle: Buchhandel

Freier Download unter [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de) (Gesetze und Verordnungen) bzw. [www.baua.de](http://www.baua.de) (Technische Regeln)

- (6) Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) mit zugehörigen Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR), insbesondere
- (7) AMR 14.2: Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen
- (8) Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- (9) Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR), insbesondere
- (10) ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
- (11) Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), insbesondere
- (12) TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
- (13) TRBS 2141: Versagen der drucktragenden Wandung durch Abweichen von zulässigen Betriebsparametern
- (14) TRBS 2152 Teil 2/TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- (15) TRBS 3145/TRGS 725: Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren

- (16) TRBS 3146/TRGS 746: Ortsfeste Druckanlagen für Gase
- (17) Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere
- (18) TRGS 201: Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- (19) TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- (20) TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen
- (21) TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
- (22) TRGS 407: Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung
- (23) TRGS 500: Schutzmaßnahmen
- (24) TRGS 509: Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter
- (25) TRGS 510: Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
- (26) TRGS 600: Substitution
- (27) TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- (28) Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV)
- (29) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) mit zugehörigen Verordnungen, insbesondere
- (30) Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV)
- (31) Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall- Verordnung – 12. BImSchV)
- (32) Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)
- (33) Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Umsetzung des Durchführungsbeschlusses der Kommission vom 9. Dezember 2013 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die Chloralkaliindustrie (2013/732/EU) (CAK-VwV)
- (34) Ortsbewegliche-Druckgeräte-Verordnung (ODV)

- (35) Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)
- (36) Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL)
- (37) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)
- (38) Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz – MuSchG)
- (39) Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – JArbSchG)

### **3. Unfallverhütungsvorschriften, DGUV Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit**

Bezugsquellen: Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, [www.jedermann.de](http://www.jedermann.de) und Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, [medienshop.bgrci.de](http://medienshop.bgrci.de)

Mitgliedsbetriebe der BG RCI können die folgenden Schriften (bis zur nächsten Bezugsquellenangabe) bei der BG RCI und beim Jedermann-Verlag in einer der Betriebsgröße angemessenen Anzahl kostenlos beziehen.

- (40) DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- (41) DGUV Regel 113-004: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- (42) DGUV Information 213-850: Sicheres Arbeiten in Laboratorien
- (43) Merkblatt A 008: Persönliche Schutzausrüstungen
- (44) Merkblatt A 010: Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen (DGUV Information 213-051)
- (45) Merkblatt A 016: Gefährdungsbeurteilung – Sieben Schritte zum Ziel  
Merkblatt A 017: Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog  
Ordner: Gefährdungsbeurteilung – Arbeitshilfen
- (46) Merkblatt A 023: Hand- und Hautschutz
- (47) kurz & bündig KB 011-1: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung
- (48) kurz & bündig KB 011-2: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe
- (49) Merkblatt M 053: Arbeitsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (DGUV Information 213-080)
- (50) Merkblatt M 060: Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun? (DGUV Information 213-082)
- (51) Merkblatt T 032: Laborabzüge – Bauarten und sicherer Betrieb (DGUV Information 213-857)

- (52) Merkblatt T 029: Füllen von Druckbehältern mit Gasen
- (53) Merkblatt T 023: Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz – Einsatz und Betrieb (DGUV Information 213-057)
- (54) Sicherheitskurzgespräche, z. B.
  - SKG 004: Umgang mit Druckgasflaschen im Labor
  - SKG 005: Umgang mit Druckgasflaschen im Betrieb
  - SKG 006: Umgang mit Druckgasflaschen in Betriebslägern
- (55) Praxishilfe-Ordner: Gerüstet für den Notfall
- (56) GefDok light für die schnelle Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung (Layoutvorlagen im Excel-Format)
- (57) GefDok KMU als einfache Software zur Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) verschiedener Branchen

Bezugsquelle: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Glinkastraße 40, 10117 Berlin-Mitte  
Freier Download unter publikationen.dguv.de

- (58) DGUV Regel 107-001: Betrieb von Bädern
- (59) DGUV Regel 112-190: Benutzung von Atemschutzgeräten
- (60) DGUV Information 203-086: Chlorung von Trinkwasser
- (61) DGUV Informationen 207-023: Prüfliste für Chlorungseinrichtungen unter Verwendung von Chlorgas und deren Aufstellräume in Bädern
- (62) DGUV Information 213-040: Gefahrstoffe bei der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser

#### **4. Normen**

Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin; [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

- (63) DIN EN 937:2016-09: Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Chlor
- (64) DIN EN 1089-3:2011-10: Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung (ausgenommen Flüssiggas (LPG)) – Teil 3: Farbcodierung
- (65) DIN EN ISO 10297:2017-12: Gasflaschen – Flaschenventile – Spezifikation und Baumusterprüfungen
- (66) DIN EN ISO 11114-1:2017-05: Gasflaschen – Verträglichkeit von Flaschen- und Ventilwerkstoffen mit den in Berührung kommenden Gasen – Teil 2: Nichtmetallische Werkstoffe (ISO 11114-2:2013)  
DIN EN ISO 11114-2:2013-07: Gasflaschen – Verträglichkeit von Werkstoffen für Gasflaschen und Ventile mit den in Berührung kommenden Gasen – Teil 1: Metallische Werkstoffe (ISO 11114-1:2012 + Amd.1:2017)

- (67) DIN EN 14387:2008-05: Atemschutzgeräte – Gasfilter und Kombinationsfilter – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung  
DIN 58647-7:1997-12: Atemschutzgeräte für Selbstrettung – Teil 7: FluchtfILTERGERÄTE; Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung
- (68) DIN EN 14470-2:2006-11: Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke – Teil 2: Sicherheitsschränke für Druckgasflaschen
- (69) DIN 19606:2010-09: Chlorgasdosieranlagen zur Wasseraufbereitung – Anlagenaufbau und Betrieb

## 5. Andere Schriften und Medien

Bezugsquelle: Buchhandel

- (70) Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par Route (ADR); deutscher Titel: Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
- (71) Règlement International concernant le transport des marchandises dangereuses chemins de fer (RID); deutscher Titel: Internationale Ordnung für die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn
- (72) International Air Transport Association – Dangerous Goods Regulations (IATA-DGR); deutscher Titel: IATA-Gefahrgutvorschriften
- (73) International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG-Code); deutscher Titel: Internationaler Code für die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen
- (74) DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen, 2014, 6. Auflage, Gentner Verlag, Stuttgart, ISBN 978-3-87247-756-9
- (75) Archiv des Badewesens, Ausgabe 10-2012, bearbeitet von Klatt, Csontos, herausgegeben von der FIGAWA e. V. „Sicherer Umgang mit Chlorgas“
- (76) Hamminck, Western: Corrosion and erosion of steel in liquid chlorine at different conditions , in: Modern Chlor Alkali Technology Vol 3, 1986

## 6. Informationen und Datenbanken im Internet

- (77) GisChem – Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und der BGHM unter [www.gischem.de](http://www.gischem.de), mit verschiedenen Modulen, z. B. „GisChem-Interaktiv“ zur Erstellung eigener Betriebsanweisungen, „Gefahrstoffverzeichnis“, ...
- (78) GESTIS – Gefahrstoffinformationssystem der DGUV, [www.dguv.de/ifa/GESTIS](http://www.dguv.de/ifa/GESTIS)
- (79) Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa)
- (80) Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) Sektion Chemie, [www.issa.int/de/web/prevention-chemistry](http://www.issa.int/de/web/prevention-chemistry)

- (81) – ISSA-01: Das PAAG-Verfahren – Methodik Anwendung Beispiele (Bezug über [medienshop.bgrci.de](http://medienshop.bgrci.de))
- (82) – Sicherheitsunterweisung: Wechsel von Chlorgasflaschen (Download über [www.ivss-chemie.de](http://www.ivss-chemie.de) → Medien)
- (83) Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik, [lasi-info.com](http://lasi-info.com) → Publikationen, insbesondere
- (84) – LV 35: Leitlinien zur Betriebssicherheitsverordnung
- (85) Kommission für Anlagensicherheit (KAS) beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, [www.kas-bmu.de](http://www.kas-bmu.de)
- Bericht KAS-1: Sicherheitsrelevante Teile eines Betriebsbereiches und Richtwerte für sicherheitsrelevante Anlagenteile
  - Leitfaden KAS-18: Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung → Umsetzung § 50 BImSchG
  - Merkblatt KAS-39: Ereignisse mit Chlorgas insbesondere in Schwimmbädern
  - Bericht SFK-GS-28: Konzept zur Begründung der Konzentrationsleitwerte im Störfall des Arbeitskreises Schadstoffe (Luft) der SFK
- (86) Europäische Chemikalienagentur (ECHA), [echa.europa.eu](http://echa.europa.eu)
- (87) Informationen über Chemikalien: Zugriff auf die Datenbank aller in der EU in Verkehr gebrachter Stoffe (als Reinstoff oder Gemischbestandteil) und die Datenbank aller nach REACH registrierter Stoffe, [echa.europa.eu/de/information-on-chemicals](http://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals)
- (88) Umweltbundesamt, [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de); Störfallbeurteilungswerte AEGL (über Suchfunktion „AEGL“ → Literatur)
- (89) Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI): [www.vci.de](http://www.vci.de)
- (90) – Broschüre: Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen
- (91) Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem (TUIS), [www.tuis.org](http://www.tuis.org) oder [www.vci.de/themen/logistik-verkehr-verpackung/tuis](http://www.vci.de/themen/logistik-verkehr-verpackung/tuis)
- (92) Industriegaseverband e. V. (IGV), [industriegaseverband.de](http://industriegaseverband.de)
- (93) Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS), [www.dakks.de](http://www.dakks.de)
- (94) Rigoletto – online-Datenbank des Umweltbundesamtes mit allen bisher in eine Wassergefährdungsklasse oder als nicht-wassergefährdend eingestuft Stoffen, [webriigoletto.uba.de/rigoletto/](http://webriigoletto.uba.de/rigoletto/)
- (95) Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., [www.vfdb.de](http://www.vfdb.de)  
– Merkblatt: Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Chlor
- (96) DECHEMA e. V. – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V., [www.dechema.de](http://www.dechema.de)  
– Statuspapier: Auswirkungsbetrachtungen bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzen in der Prozessindustrie, Methodenübersicht und industrielle Anwendung
-

- (97) CEFIC-Emergency Response Intervention Cards Datenbank, [www.ericards.net](http://www.ericards.net)
- (98) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), IDLH-Werte unter [www.cdc.gov/niosh/idlh/](http://www.cdc.gov/niosh/idlh/)
- (99) American Industrial Hygiene Association, [www.aiha.org](http://www.aiha.org), ERPG-Werte unter [www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines](http://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines)

## 7. Schriften des Verbandes Euro Chlor

Die hier in den nachfolgenden Dokumenten aufgeführten Empfehlungen, Techniken und Standards basieren auf den Erfahrungen und bewährten Praktiken von den Euro-Chlor-Mitgliedsunternehmen. Sie können auf freiwilliger Basis ganz oder teilweise beim Betrieb bestehender Prozesse und bei der Planung neuer Anlagen berücksichtigt werden. Sie sind in keiner Weise als Ersatz für die relevanten nationalen oder internationalen Vorschriften gedacht, die natürlich vollständig eingehalten werden sollten.

- (100) Verband Euro Chlor, [www.eurochlor.org](http://www.eurochlor.org)
- (101) ANALYTICAL 2: Determination of Nitrogen Trichloride in Liquid Chlorine
- (102) ANALYTICAL 8: Determination of Chlorine in Workplace Air
- (103) ANALYTICAL 12: Determination of Hydrogen in Chlorine
- (104) ANALYTICAL 13: Determination of Moisture in Dry Gaseous Chlorine
- (105) GEST 73/17: Storage of Liquid Chlorine
- (106) GEST 73/25: Transport of Chlorine by Pipeline outside Site Boundaries
- (107) GEST 75/43: Flexible Steel Pipes and Flexible High Nickel Alloys Hoses for the Transfer of Dry Gaseous or Liquid Chlorine
- (108) GEST 75/44: Articulated Arms for the Transfer of Dry Gaseous or Liquid Chlorine
- (109) GEST 75/46: Pneumatically Operated Valves for Use on Rail and Road Tankers and ISO-Containers for Liquid Chlorine
- (110) GEST 75/47: Design and Operation of Chlorine Vaporisers
- (111) GEST 76/52: Equipment for the Treatment of Gaseous Effluents Containing Chlorine
- (112) GEST 76/53: Code of Good Practice for Installation, Removal and Maintenance of Pneumatic Valves on Road and Rail Tankers and ISO-Containers for Liquid Chlorine
- (113) GEST 76/55: Maximum Levels of Nitrogen Trichloride in Liquid Chlorine
- (114) GEST 78/72: Rail Tank Wagons for the Transport of Liquid Chlorine under Pressure

- (115) GEST 79/78: Code of Good Practice for the Operations to be Carried out before and after Maintenance on Road and Rail Tankers and ISO-Containers of Liquid Chlorine
- (116) GEST 79/79: Transfer of Liquid Chlorine by Padding with a Chlorine Compressor
- (117) GEST 79/82: Materials of Construction for Use in Contact with Chlorine
- (118) GEST 80/84: Code of Good Practice for the Commissioning of Installations for Dry Chlorine Gas and Liquid
- (119) GEST 80/85: Code of Good Practice for Installation Removal and Maintenance of Manually Operated Chlorine Valves
- (120) GEST 80/92: Installation of Relief Valves on Road and Rail Tankers and ISO-Containers for the Transport of Liquid Chlorine
- (121) GEST 83/119: Seal-less Pumps for Use with Liquid Chlorine
- (122) GEST 87/130: Possible Hazards for Chlorine Plants and their Proposed Mitigations
- (123) GEST 87/133: Overpressure Relief of Liquid Chlorine Installations
- (124) GEST 88/138: Small Chlorine Containers Construction and Handling
- (125) GEST 90/162: Emergency Transfer of Liquid Chlorine
- (126) GEST 91/168-00: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Introduction
- (127) GEST 91/168-01: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Basic Properties
- (128) GEST 91/168-02: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Optical Properties
- (129) GEST 91/168-03: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Electric and Magnetic Properties
- (130) GEST 91/168-04: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Density and Specific Volume
- (131) GEST 91/168-05: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Mechanical Properties
- (132) GEST 91/168-06: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Thermodynamic Properties
- (133) GEST 91/168-07: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Physico-chemical Properties

- (134) GEST 91/168-08: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – The Chlorine ion and Electrochemical Properties
- (135) GEST 91/168-09: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Safety
- (136) GEST 91/168-10: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Environmental Protection
- (137) GEST 92/171: Personal Protective Equipment in the Chlorine Industry
- (138) GEST 93/179: Emergency Intervention in Case of Chlorine Leaks
- (139) GEST 94/211: Code of Practice for Sampling Liquid Chlorine
- (140) GEST 94/213: Guidelines for the Selection and the Use of Fixed Chlorine Detection Systems in Chlorine Plants
- (141) GEST 94/216: Experience of Gaskets in Liquid Chlorine and Dry or Wet Chlorine Gas Service
- (142) GEST 05/316: Guideline for Site Security of Chlorine Production Facilities
- (143) GEST 06/317: The Chlorine Reference Manual
- (144) GEST 06/318: Valves Requirements and Design for Use on Liquid Chlorine
- (145) GEST 08/360: Design and Operation of Chlorine Liquefaction Units
- (146) GEST 10/361: Dry Chlorine Gas Compressors
- (147) GEST 10/362: Corrosion Behaviour of Carbon Steel in Wet and Dry Chlorine
- (148) HEALTH 7: Code of Practice, Control of Worker Exposure to Chlorine in the Chlor-Alkali-Industry
- (149) HEALTH 11: Chemical Health Hazards of chlor-alkali production
- (150) Position Paper X (PPX): ATEX Explosion Protection Considerations Regarding the Cell Room of a Chlor-Alkali Electrolysis Unit

Chlor ist in der chemischen Industrie unverzichtbar. Folglich ist es notwendig, Chlor sicher zu produzieren, zu lagern, zu transportieren und zu verwenden. Die Chlor produzierenden Unternehmen arbeiten seit vielen Jahren zusammen, um das Wohlergehen ihrer Beschäftigten, der umgebenden Gemeinschaften und der Umwelt dabei sicherzustellen. Die europäischen Produzenten, die sich im Verband „Euro Chlor“ zusammengeschlossen haben, haben sich der Förderung der kontinuierlichen Verbesserung der allgemeinen Standards für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt im Zusammenhang mit der Chlorherstellung im Sinne von „Responsible Care“ verpflichtet.

Bei der Erstellung der Euro-Chlor-Publikationen wird davon ausgegangen, dass die damit arbeitenden Personen ausreichend qualifiziert und erfahren sind, zu entscheiden, ob und wie die Inhalte für die ausgewählte Anwendung relevant sind. Der Inhalt basiert auf den zum Zeitpunkt der Erstellung bestverfügbaren und maßgeblichen Informationen und auf guter ingenieurwissenschaftlicher Technik, sowie bester medizinische Praxis, die, wie auch Rechtsvorschriften, natürlich einer ständigen

Fortschreibung unterliegen. Infolgedessen werden die Texte weiterhin angepasst, um die Entwicklung verschiedener Faktoren zu berücksichtigen.

## Anhang 2: TUIS-Chlorunfall-Notfallrufnummern

Unternehmen der chemischen Industrie aus Deutschland und Österreich unterhalten gemeinsam das Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem (Akronym: TUIS). Dem TUIS-System gehören derzeit 130 Betriebe in Deutschland und 49 Betriebe in Österreich an.

Bei TUIS können rund um die Uhr Expertinnen und Experten telefonisch erreicht werden, die Auskünfte über die Handhabung von gefährlichen Stoffen und Gütern geben können. Angefordert werden kann die Hilfe nur von autorisierten Stellen wie Feuerwehren, Polizei, Wasserrechtsbehörden oder Eisenbahnbetreibern.

Spezialausrüstung zum Abdichten von Leckagen an Chlorflaschen und -fässern im Ventilbereich und in der Behälterwand, sowie Bergebehälter und komplette Sets mit Sicherheitszubehör werden von Firmen vorgehalten, die an TUIS beteiligt sind.

Derzeit existieren 12 rund um die Uhr erreichbare Notfallzentralen:

BASF SE, Ludwigshafen	+49 (621) 6043333
BASF Schwarzheide GmbH, Schwarzheide	+49 (35752) 62112
Bayer AG Berlin	+49 (30) 46814208
Currenta GmbH & Co. OHG, Leverkusen	+49 (214) 3099300
Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH, Stade	+49 (4146) 912333
Evonik Industries AG, Chemiepark Marl	+49 (2365) 492232
Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf	+49 (211) 7973350
InfraLeuna GmbH, Leuna	+49 (3461) 434333
InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG, Burgkirchen an der Alz	+49 (8679) 72222
Infraserv GmbH & Co. Höchst KG, Frankfurt am Main	+49 (69) 3056418
Merck KGaA, Darmstadt	+49 (6151) 722440
Wacker Chemie AG, Burghausen	+49 (8677) 832222

Wo es die nächste Hilfe gibt, wer für bestimmte Stoffe sachkundig ist und weitere aktuelle Informationen und Kontaktdaten können im Internet auf den Seiten des VCI über TUIS-online ermittelt werden: [www.tuis.org](http://www.tuis.org)

### Bildnachweis

Die im Merkblatt verwendeten Bilder dienen nur der Veranschaulichung. Eine Produktempfehlung seitens der BG RCI wird damit ausdrücklich nicht beabsichtigt.

### Abbildungen wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Titelbild und Abbildungen 2, 11, 12, 14 und 15:  
Mexichem/VESTOLIT GmbH

Abbildung 1:  
Euro Chlor, [www.eurochlor.org](http://www.eurochlor.org)

Abbildungen 3, 4, 9 und 16:

Akzo Nobel Industrial Chemicals GmbH

Abbildung 5:  
Evonik Performance Materials GmbH

Abbildung 7:  
Georg Csontos, Evoqua Water Technologies GmbH

Abbildungen 10, 13, 17, 19, 20, 32 und 33:  
GHC GERLING, HOLZ & CO. Handels GmbH

Abbildung 18:  
Prof. Karsten Wilke, Hochschule Darmstadt

Abbildungen 21, 23:  
VTG Aktiengesellschaft

Abbildung 24:  
BASF SE

Abbildungen 27, 29 und 30:  
InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG  
Werkfeuerwehr Chemiepark GENDORF

Abbildungen 28 und 31:  
PLATTNER Schweißtechnik und Gase GmbH

**Ausgabe 8/2018** (Überarbeitung der Ausgabe 4/1997)

Diese Schrift können Sie über den Medienshop unter [medienshop.bgrci.de](http://medienshop.bgrci.de) beziehen.  
Haben Sie zu dieser Schrift Fragen, Anregungen, Kritik?  
Dann nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf.

- Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie,  
Prävention, KC Präventionsprodukte und -marketing, Referat Medien  
Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg
- E-Mail: [praeventionsprodukte@bgrci.de](mailto:praeventionsprodukte@bgrci.de)
- Kontaktformular:  
[www.bgrci.de/kontakt-schriften](http://www.bgrci.de/kontakt-schriften)