



# Chlor

DGUV Information 213-119

## Impressum

Herausgegeben von: Berufsgenossenschaft Rohstoffe  
und chemische Industrie  
Postfach 10 14 80  
69004 Heidelberg  
Kurfürsten-Anlage 62  
69115 Heidelberg  
E-Mail: [praeventionsprodukte@bgrci.de](mailto:praeventionsprodukte@bgrci.de)  
Internet: [www.bgrci.de](http://www.bgrci.de)

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)  
Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Sachgebiet „Industriegase“  
Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“ der DGUV

Ausgabe: Juni 2025

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.  
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher  
Genehmigung gestattet.

# Inhalt

Seite

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Hintergrund .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Physikalische und chemische Eigenschaften .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Physikalische und sonstige Daten.....</b>	<b>10</b>
3.1	Physikalische Daten.....	10
3.2	Kenndaten aus Regelwerken.....	12
3.3	Kennzeichnung .....	13
3.3.1	Kennzeichnung nach CLP.....	13
3.3.2	Kennzeichnung beim Transport.....	14
3.3.3	Farbkennzeichnung von Gasflaschen.....	15
3.3.4	Vereinfachte Kennzeichnung von Rohrleitungen und Apparaten .....	15
3.3.5	Kennzeichnung von Lagern .....	17
3.3.6	Definitionen zu ortsbeweglichen Druckgeräten.....	17
3.3.7	Weitere Informationspflichten.....	19
<b>4</b>	<b>Gesundheitsgefahren.....</b>	<b>20</b>
4.1	Aufnahme und Wirkungsweise.....	20
4.2	Akute Gesundheitsgefahren.....	20
4.3	Chronische Gesundheitsgefahren.....	21
4.4	Beurteilungswerte zur Bewertung von Chlorfreisetzungen und ihre Definitionen .....	21
<b>5</b>	<b>Nachweise .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Gefährdungsbeurteilung.....</b>	<b>26</b>
6.1	Allgemeine Anforderungen.....	26
6.1.1	Erfassung der verwendeten Stoffe und Gemische – Gefahrstoffverzeichnis.....	27
6.1.2	Gefährdungsermittlung.....	27
6.2	Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen.....	28
<b>7</b>	<b>Expositionsermittlung.....</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Technische Schutzmaßnahmen .....</b>	<b>31</b>
8.1	Anlagen .....	31
8.2	Werkstoffe allgemein.....	32
8.2.1	Werkstoffe für flüssiges Chlor und trockenes Chlorgas .....	32
8.2.2	Werkstoffe für feuchtes Chlorgas.....	33
8.2.3	Werkstoffe für Dichtungen.....	33
8.2.4	Rohrleitungen für flüssiges Chlor und trockenes Chlorgas .....	33
8.3	Chlorverdampfer .....	36
8.4	Brand- und Explosionsschutz.....	36
8.4.1	Chlor und Wasserstoff.....	37
8.4.2	Stickstofftrichlorid .....	37
8.5	Abluftreinigung, Abwasser, Abfälle .....	38
8.5.1	Behandlung chlorhaltiger Gase, Abluft.....	38
8.5.2	Entsorgung von Abfällen und Restmengen.....	39
8.5.3	Abwasser .....	39

8.6	Abfüllen, Umfüllen und Entnahme von Chlor .....	39
8.6.1	Abfüllen von Chlor in Flaschen und Druckfässer .....	40
8.6.2	Abfüllen von Chlor in einen ortsfesten Druckgasbehälter .....	40
8.6.3	Abfüllen von Chlor in Tanks .....	41
8.6.4	Entnahme von Chlor aus ortsbeweglichen Druckgeräten .....	41
8.6.5	Entnahme von Chlor aus Kesselwagen .....	41
8.7	Laboratorien .....	41
8.8	Lagerung .....	42
8.8.1	Ortsfeste Druckgeräte .....	42
8.8.2	Ortsbewegliche Druckgeräte .....	43
8.9	Druckgasbehälter und Druckgeräte .....	45
8.9.1	Ortsfeste Druckgasbehälter .....	45
8.9.2	Ortsbewegliche Druckgeräte .....	45
8.10	Besondere Maßnahmen bei der Chlorung von Wasser .....	50
<b>9</b>	<b>Organisatorische Schutzmaßnahmen .....</b>	<b>51</b>
9.1	Organisatorische Elemente zur Arbeits- und Anlagensicherheit .....	51
9.2	Betriebsanweisung .....	51
9.3	Unterweisung der Beschäftigten .....	52
9.4	Arbeitsmedizinische Vorsorge .....	52
9.5	Zugangsbeschränkung .....	53
9.6	Reparatur und Instandhaltung .....	53
9.6.1	Allgemeines .....	53
9.6.2	Arbeiten in Behältern und engen Räumen .....	54
9.7	Umgang mit Flaschen und Druckfässern .....	54
9.7.1	Anschluss von ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer) .....	56
9.7.2	Weitere Hinweise zur sicheren Verwendung von Chlor in Schwimmbädern und bei der Trinkwasserchlorung ..	57
9.8	Alarmplan und Alarmierungen .....	59
9.9	Kesselwagen .....	60
9.9.1	Sicherung von Chlorkesselwagen und Gleisabschnitten .....	60
9.9.2	Sicherung der Beschäftigten .....	60
9.9.3	Überwachung der Be- und Entladung .....	61
9.9.4	Kontrolle der Kesselwagen .....	61
<b>10</b>	<b>Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) .....</b>	<b>62</b>
10.1	Atemschutz .....	62
10.2	Körperschutz .....	63
<b>11</b>	<b>Maßnahmen bei Chlorunfällen und Gefahrenabwehr bei Chloraustritt .....</b>	<b>65</b>
11.1	Persönliches Verhalten in Gefahrensituationen .....	65
11.2	Planung von Notfallmaßnahmen .....	65
11.2.1	Interne Planung .....	66
11.2.2	Planung mit Externen .....	66
11.3	Begrenzung der Emission bei Austritt von Chlorgas .....	67
11.4	Begrenzung der Emission bei Austritt von Flüssigchlor .....	68
11.5	Leckbekämpfung .....	68
11.5.1	Leck in einer zylindrischen oder konvexen Wand .....	69
11.5.2	Leck aus einem Loch .....	69
11.5.3	Leck aus einem Ventil .....	69
11.5.4	Transport eingedichteter ortsbeweglicher Druckgefäße .....	70
11.5.5	Umfüllen aus defekten Chlorkesselwagen .....	71
11.6	Maßnahmen bei einem Brand .....	71

<b>12 Erste Hilfe</b> .....	<b>72</b>
12.1 Allgemeines.....	72
12.2 Generell.....	72
12.3 Augen.....	72
12.4 Atmung.....	72
12.5 Haut.....	73
<b>13 Hinweise für die ärztliche Behandlung</b> .....	<b>74</b>
<b>Anhänge:</b>	
<b>Anhang 1: Literaturverzeichnis</b> .....	<b>75</b>
<b>Anhang 2: TUIS-Chlorunfall-Notfallruffnummern</b> .....	<b>82</b>
<b>Anhang 3: Bildnachweis</b> .....	<b>83</b>

### Anwendungsbereich

Diese Schrift 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 zusätzlich auf die DGUV-Regel 107-001 „Betrieb von Bädern“, die DGUV-Informationen 207-023 „Prüfliste für Chlorungseinrichtungen unter Verwendung von Chlorgas und deren Aufstellräume in Bädern“ und 213-040 „Gefahrstoffe bei der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“ und für den Einsatz von Chlor in der Trinkwasserversorgung auf die DGUV-Information 203-086 „Chlorung von Trinkwasser“ verwiesen.

87  
98  
99  
96

# 1 Hintergrund

157 Chlor ist eine der Grundchemikalien in der chemischen Industrie. 2023 wurden in Europa circa 7,3 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 und Ähnliches notwendig (siehe Tabellen und Diagramm auf dieser und der nächste Seite).

Europäische Produktionskapazitäten für Chlor (2023)	Kilotonnen	%
Deutschland	5460	45 %
Frankreich	1381	11 %
Belgien	1074	9 %
Niederlande	847	7 %
Spanien	514	4 %
Finnland, Griechenland, Großbritannien, Italien, Norwegen, Österreich, Portugal, Rumänien, Schweiz, Schweden, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ungarn	2961	24 %

Tabelle 1: Produktion von Chlor

Europäische Chloranwendungen 2022	Kilotonnen	%
PVC	2477	30,7 %
Isocyanate & Oxygenate	2412	29,9 %
Anorganika	1194	14,8 %
Sonstige Organika	791	9,8 %
Chlormethane	371	4,6 %
Lösemittel und Epichlorhydrin	815	10,1 %
Trink- und Beckenwasseraufbereitung	16	0,2 %

Tabelle 2: Verwendete Chlormengen in der Produktion

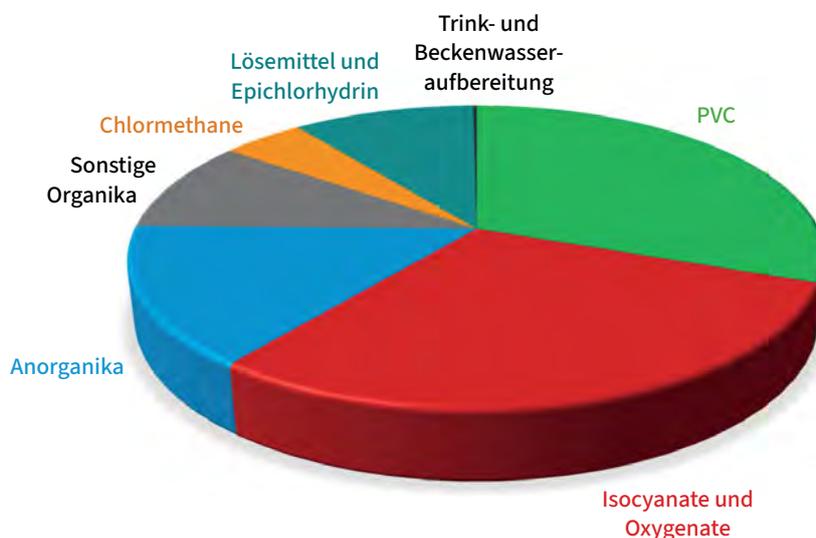


Abbildung 1: Verwendung von Chlor in Europa

② ④a ⑤ Chlor ist ein Gefahrstoff. Die Erzeugung, das Inverkehrbringen und die Handhabung sind deshalb in Europa und Deutschland durch Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln sowie andere Vorschriften und Richtlinien geregelt.  
⑭ ⑰ ⑳

Obwohl Chlor ein akut toxischer und reaktiver Stoff ist, kann die Herstellung, der Vertrieb und Tätigkeiten damit bei Beachtung der in dieser Schrift 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) hat in technischen Dokumenten Empfehlungen für den Umgang mit Chlor veröffentlicht. In dieser Schrift 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“. Eine Auswahl dieser Schriften zeigt Abschnitt 7 des Anhang 1.

⑬ Informationen geben auch das TUIS (Transport-Unfall-Informationen- und Hilfeleistungssystem unter dem Dach des VCI, [www.tuis.org](http://www.tuis.org)) und der Industriegaseverband (IGV, [www.industriegaseverband.de](http://www.industriegaseverband.de)).

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

## 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 2: Gasförmiges Chlor



Abbildung 3: Flüssiges Chlor

Chlor ist nicht entzündlich, 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 partiell zu Salzsäure (HCl) und hypochloriger Säure (HOCl), diese Reaktion ist abhängig vom pH-Wert. Dies ist der Auslöser für die stark korrodierende Wirkung von feuchtem Chlor. Chlor gilt nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“ für das Füllen in Flaschen als trocken, wenn ein Taupunkt von  $< -10\text{ °C}$  erreicht wird. Nach Euro Chlor und DIN EN 937 gilt es als trocken, wenn der Feuchtigkeitsgehalt  $< 20\text{ w.-ppm}$  ist beziehungsweise der Taupunkt  $< -40\text{ °C}$  ist. Zur Bestimmung der Feuchte in Chlor kann auch die Euro-Chlor-Schrift ANALYTICAL 13 „Determination of Moisture in Dry Gaseous Chlorine“ herangezogen werden.

Trockenes Chlor reagiert bei Normaltemperatur nur in sehr geringem Maße mit Stahl beziehungsweise Eisen und Legierungsbestandteilen von zum Beispiel Messing (wie Kupfer, Zink und Nickel) zu Metallchloriden unter Bildung von stabilen Schichten, die aber stark hygroskopisch sind. Schon geringe Feuchtigkeitsspuren führen zur Auflösung dieser Schichten und der Bildung von Reaktionsprodukten (unter anderen Metallchloridoxidhydrate).

Eisen beziehungsweise 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 Stahl und Eisenwerkstoffen daher auf Einsatztemperaturen unter  $120\text{ °C}$  begrenzt werden.

Titan reagiert dagegen heftig mit trockenem Chlor.  $\text{TiCl}_4$  ist flüssig (Schmelzpunkt:  $-24,1\text{ °C}$ , Siedepunkt:  $136,4\text{ °C}$ ) und bildet keine feste Schutzschicht aus, die das unedle Titan vor weiterem Angriff durch das reaktive Chlor schützt. 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).

Die Korrosionsprodukte von feuchtem Chlor mit Werkstoffen in der Chlorgasversorgung sind Metallchloride (Eisen und Legierungsbestandteile von zum Beispiel Messing (zum Beispiel 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 und haben in der Vergangenheit bereits zu Chlorfreisetzungen geführt.

24 Mischungen von Chlor mit anderen Gasen können explosionsfähige Gemische (zum Beispiel „Chlorknallgas“ mit Wasserstoff) oder Reaktionsprodukte (zum Beispiel Stickstofftrichlorid mit Ammoniak) bilden. In der TRGS 407 ist im Anhang 3 in einem Gasgemische-Diagramm zusammengestellt, welche Gase mit Chlor gemischt sowie wegen gefährlicher Reaktionen nicht gemischt werden dürfen. Gefährliche Reaktionen sind neben Wasserstoff und Ammoniak, unter anderen mit gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Ethylenoxid und Cyanwasserstoff möglich.

Auch Gemische von gasförmigem und flüssigem Chlor mit bestimmten organischen und anorganischen Flüssigkeiten und Feststoffen – insbesondere Alkoholen, Estern, Ölen, Lösemitteln, Silikonölen und Silikonkautschukmassen, Aluminium – können explosionsfähig sein. Das gilt insbesondere auch für Schmieröle und Fette, ausgenommen bestimmte chlorbeständige Öle und Fette, zum Beispiel perfluorierte Polyether.

Ebenfalls heftig und unter starker Erwärmung reagiert Chlor mit alkalischen Lösungen (zum Beispiel 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 4).



Abbildung 4: Chlorhydrat

## 3 Physikalische und sonstige Daten

### 3.1 Physikalische Daten

 119 120  
 176 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

Dampfdruckkurve und Flüssigkeitsdichte können Abbildung 5 entnommen werden.

Kritische Temperatur	144,0 °C
Kritischer Druck	77,0 bar
Gasdichte (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 Chlordampfdruck	circa 6 g/l
Thermischer Ausdehnungskoeffizient von flüssigem Chlor (bei 20 °C)	$V_{t_2} = V_{t_1} \{1 + \alpha (t_2 - t_1)\}$ $\alpha = 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot K^{-1}$
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> in Luft) entspricht bei 0 °C und 1013,25 hPa (Normzustand)	3,16 mg Chlor/Nm <sup>3</sup> <sup>1</sup>
1 ppm Chlor (= 1 ml Chlor/m <sup>3</sup> in Luft) 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> in Luft) entspricht bei 25 °C und 1013,25 hPa	2,9 mg Chlor/m <sup>3</sup>

184

1 Definition Normkubikmeter (Nm<sup>3</sup>) siehe Abschnitt 4.4

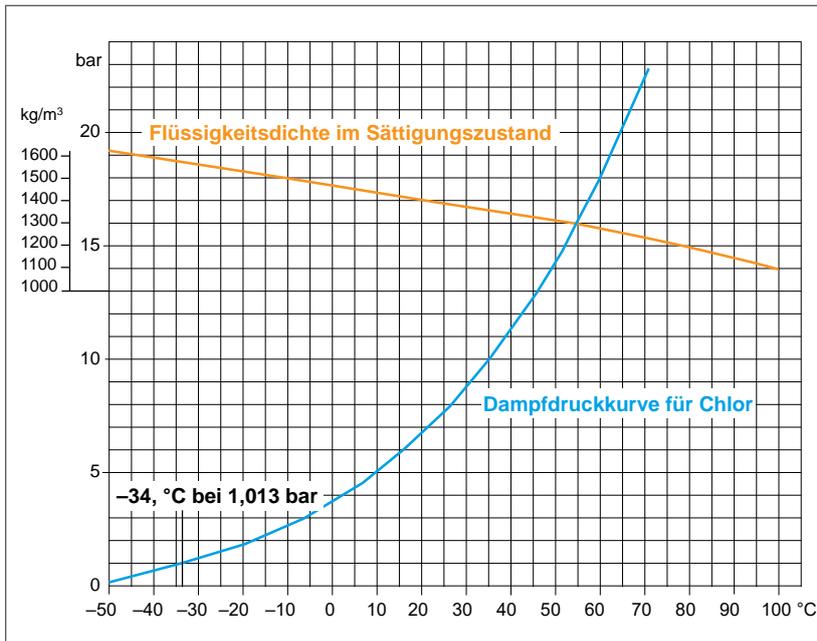


Abbildung 5: Dampfdruck und Dichte von flüssigem Chlor in Abhängigkeit von der Temperatur

177-186

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“.

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 entsprechend dem Dampfdruck von circa 6,5 bar abs. Erwärmt sich der Inhalt des Behälters, dann dehnt sich das flüssige Chlor aus und schon bei 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 eingeschlossenen Flüssigphase und folgt nicht mehr dem Dampfdruck. Der Behälter droht zu bersten. Aus diesem Grund sollten Gasflaschen keinen Temperaturen über 50 °C ausgesetzt sein (siehe Abbildung 6).



Abbildung 6: Füllungsgrad eines Druckgerätes<sup>2</sup> mit Chlor bei unterschiedlichen Temperaturen

Die Auswirkungen auf die Freisetzung von Chlor aus Behältern zeigt Abschnitt 11.3.

2 Für die Begriffsbestimmung siehe Abschnitt 3.3.6

## 3.2 Kenndaten aus Regelwerken

		Quelle
<b>Index-Nr.</b>	017-001-00-7	(120)
<b>CAS-Nr.</b>	7782-50-5	(120)
<b>EINECS/EWG-Nr.</b>	231-959-5	(120)
<b>REACH Registriernummer (allgemeiner Teil)</b>	01-2119486560-35	(139)
<b>Arbeitsplatzgrenzwerte</b>		(36)
<b>in ml/m<sup>3</sup> (ppm)</b>	0,5	
<b>in mg/m<sup>3</sup></b>	1,5	
	Spitzenbegrenzung: Überschreitungsfaktor 1 (Mittelwert 15 min) 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 werden.	
<b>Atemschutz</b>	Isoliergeräte oder Atemschutz Gasfiltertyp B, Kennfarbe grau als Fluchtfilter (siehe auch Kapitel 10)	(88)
<b>Geruchsschwelle (bei gesunden Personen)</b>	0,02–0,2 ml/m <sup>3</sup> 0,06–0,6 mg/m <sup>3</sup>	(120)
<b>Einstufung gemäß Verordnung (EG) Nr. EU 1272/2008</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kann Brand verursachen oder verstärken, Oxidationsmittel, H270</li> <li>• Enthält Gas unter Druck; kann beim Erwärmen explodieren, H280</li> <li>• Lebensgefahr beim Einatmen, H330</li> <li>• Verursacht Hautreizungen, H315</li> <li>• Verursacht schwere Augenreizung, H319</li> <li>• Kann die Atemwege reizen, H335</li> <li>• Sehr giftig für Wasserorganismen, H400</li> </ul> <i>Zusätzlich empfohlen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirkt ätzend auf die Atemwege, EUH071</li> </ul>	(46)
<b>Gasgruppe zur Gefährdungsermittlung</b>	Gruppe 3.1 unter geringem Druck zu verflüssigende Gase, nicht entzündbar, chemisch stabil	(24) 3.1.2 und Anhang 1
<b>Klassifizierungscode (KC)</b>	2TOC (verflüssigtes Gas, giftig, oxidierend, ätzend)	(112) (113)
<b>Mengenschwelen zur Ermittlung von Betriebsbereichen</b>	10 t (untere Klasse) 25 t (obere Klasse)	(40) Anhang 1
<b>Richtwert für sicherheitsrelevante Anlagenteile</b>	50 kg	(138)
<b>TA Luft</b>	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 3</sup>	(41)
<b>CAK-VwV (nur für Anlagen zur Herstellung von Chlor oder Alkalilauge)</b>	1 mg/Nm <sup>3</sup>	(49)
<b>Wassergefährdungsklasse</b>	WGK 2	(44) (137)
<b>Lagerklasse (LGK)</b>	2A (Gase)	(27)
<b>ERI-Card</b>	2-31	(153)
<b>Fluidgruppe</b>	Gruppe 1 (gefährliche Fluide)	(1) Artikel 13

3 Mit Nm<sup>3</sup> sind Normkubikmeter gemeint, das heißt bei 1013 mbar und 0 °C.

## 3.3 Kennzeichnung

### 3.3.1 Kennzeichnung nach CLP

<p><b>Chlor</b> (Index-Nummer: 017-001-00-7)</p> <p>Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel. Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren. Lebensgefahr bei Einatmen. Verursacht Hautreizungen. Verursacht schwere Augenreizung. Kann die Atemwege reizen. Sehr giftig für Wasserorganismen. Wirkt ätzend auf die Atemwege.</p> <p>Von Kleidung und anderen brennbaren Materialien fernhalten. Ventile und Ausrüstungsteile öl- und fettfrei halten. Gas nicht einatmen. Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz tragen. BEI EINATMEN: An die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen. Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt oder Ärztin anrufen. An einem gut belüfteten Ort aufbewahren. Behälter dicht verschlossen halten.</p>	 <p><b>Gefahr</b></p>
<p>Musterfirma Salzstraße 123 4567 Chlorhausen Tel.: 01234/56789-012</p>	<p><b>60 kg</b></p>

Abbildung 7: Musteretikett für Chlor

4b 71 Das in Abbildung 7 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 beziehungsweise das Zusatzkennzeichen ersetzt werden, sodass kein GHS-Piktogramm auf der Gasflasche zu sehen ist (siehe zum Beispiel Abbildung 9).

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

H- und P-Satz-Nummern müssen – wie in diesem Beispielletikett – 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 Chlor aber auf jeden Fall mit dem Piktogramm GHS06 „Totenkopf mit gekreuzten Knochen“ gekennzeichnet wird, kann das Piktogramm „Ätzwirkung“ entfallen. Daher wird in dieser Schrift auf das zusätzliche Piktogramm verzichtet.

### 3.3.2 Kennzeichnung beim Transport

	Landtransport (ADR/RID)	Seeschifftrans- port (IMDG)	Lufttransport (ICAO/IATA)
UN-Nummer	1017	1017	1017
Transportgefahren- klasse	2	2.3	2.3
Verpackungsgruppe	–	–	–
Offizielle deutsche Benennung	Chlor	Chlor	–
Offizielle englische Benennung	Chlorine	Chlorine	Chlorine
Gefahrzettel	2.3, 5.1, 8, – 	2.3, 5.1, 8, – 	2.3, 5.1, 8, – 
Zusatzkennzeichen	Kennzeichen für umweltgefähr- dende Stoffe 	Kennzeichen für Meeresschad- stoffe 	Markierung für umweltgefähr- dende Stoffe 
Gefahrenzahl	265		
Tunnelbeschränkung- code	Beförderung in Tanks: C, D und E Sonstige Beförde- rungen: D und E		
EmS-Nr.		F-C, S-U	
Bemerkung	Beim Transport in Kesselwagen zu- sätzlich Rangier- zettel 13		Transport als Luft- fracht von IATA verboten.

Tabelle 3: Kennzeichnung als Gefahrgut



Abbildung 8: Kennzeichnung eines Kesselwagens

### 3.3.3 Farbkennzeichnung von Gasflaschen

104



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

Abbildung 9: Gasflasche für Chlor mit Gefahrzetteln und vollständigem Etikett nach CLP-Verordnung

### 3.3.4 Vereinfachte Kennzeichnung von Rohrleitungen und Apparaten

- (20) (71) Innerbetrieblich kann als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung gemäß Kapitel 4.3 der TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ eine vereinfachte Variante der Kennzeichnung nach CLP angewendet werden. Vereinfachungen, das heißt 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 der vereinfachten Kennzeichnung sind mindestens die Bezeichnung des Stoffes beziehungsweise Gemisches 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:



GHS06



GHS03



GHS09

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

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 der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A1.3 verwendet werden (siehe Abschnitt 3.3.5). 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.

10

19

Apparaturen und Rohrleitungen müssen nach Gefahrstoffverordnung so gekennzeichnet sein, dass mindestens die enthaltenen Gefahrstoffe sowie die davon ausgehenden Gefahren eindeutig identifizierbar sind, wie in Abbildungen 10 und 11 dargestellt.

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

20 71



Abbildung 10: Kennzeichnung einer chlorführenden Rohrleitung

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

### 3.3.5 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 mit einem geeigneten Warnzeichen zu versehen oder gemäß TRGS 201 (siehe Abschnitte 3.3.1 und 3.3.4) zu kennzeichnen.

 <p>Warnzeichen W016: Warnung vor giftigen Stoffen</p>	 <p>Gefahrenpiktogramm GHS06</p>
 <p>Warnzeichen W028: Warnung vor brandfördernden Stoffen</p>	 <p>Gefahrenpiktogramm GHS03</p>
 <p>Warnzeichen W029: Warnung vor Gasflaschen</p>	 <p>Gefahrenpiktogramm GHS04</p>
<p>Kein Warnzeichen für umweltgefährliche Stoffe</p>	 <p>Gefahrenpiktogramm GHS09</p>

Tabelle 4: Kennzeichnung von Lagern

### 3.3.6 Definitionen zu ortsbeweglichen Druckgeräten

In der Gaseindustrie werden verschiedene Typen von Behältern zum Transport von Gasen eingesetzt. Diese Behälter werden als ortsbewegliche Druckgeräte bezeichnet. Ortsbewegliche Druckgeräte werden in unterschiedlichen nationalen Rechtsvorschriften verschieden benannt. Ferner gibt es umgangssprachlich die unterschiedlichsten Begrifflichkeiten für Behälter 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.

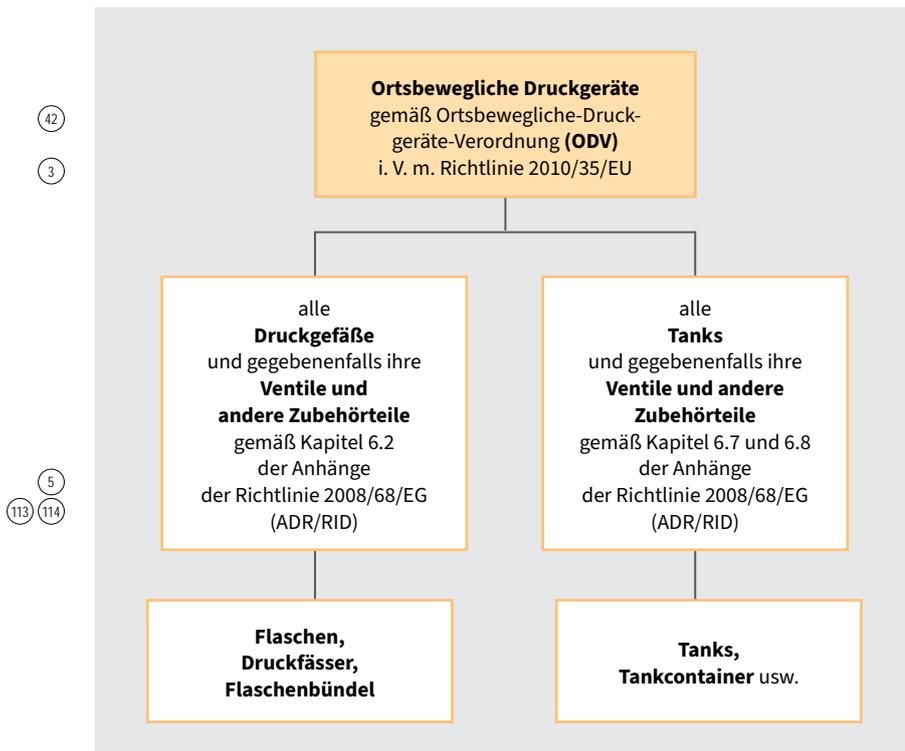


Abbildung 12: Ortsbewegliche Druckgeräte gemäß ODV

- 42) Gemäß der Ortsbewegliche-Druckgeräte-Verordnung (ODV) 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 (zum Beispiel 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 Liter begrenzt.

Zu den Tanks gehören unter anderen die Transportbehälter

- **Aufsetztank** (zum Beispiel 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** (zum Beispiel 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 Liter) hat, wenn es für die Beförderung von [...] Gasen verwendet wird.
- **ortsbeweglicher Tank** (Tank mit einem Volumen von maximal 3000 Liter): 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 Kesselwagen.

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>4</sup>, der für den Transport von Gefahrgütern eingesetzten ortsbeweglichen Druckgeräte sind in den internationalen Gefahrgutvorschriften zu finden.

In den Rechtsvorschriften<sup>5</sup>, die die Anwendung und die Nutzung von ortsbeweglichen Druckgeräten regeln, werden die ortsbeweglichen Druckgeräte (Flaschen, Druckfässer, Flaschenbündel, Tanks usw.) als ortsbewegliche Druckgasbehälter bezeichnet.

Um nicht zwischen verschiedenen Begrifflichkeiten zu wechseln, werden in dieser Schrift durchgängig die Bezeichnungen des Gefahrgutrechtes für ortsbewegliche Druckgeräte gewählt. Hierzu gehören und Ähnliche die Begrifflichkeiten:

- Flasche beziehungsweise Gasflasche
- Druckfass
- Flaschenbündel
- Ortsbeweglicher Tank
- Tank

### 3.3.7 Weitere Informationspflichten

Beim Inverkehrbringen von Chlor gelten noch weitere Informationspflichten, vor allem:

- ④a • Es muss ein Sicherheitsdatenblatt zur Verfügung gestellt werden.
- ② • Wird Chlor für biozide Anwendungen in Verkehr gebracht, muss den ortsbeweglichen Druckgeräten ein Biozidmerkblatt nach Biozidverordnung (EU) 528/2012 beigelegt werden.

---

<sup>4</sup> Die Definitionen, der für den Transport von Gasen verwendeten ortsbeweglichen Druckgeräte (Flaschen, Druckfässer und Ähnliche.) sind in dem Kapitel 1.2 der jeweiligen Gefahrgutvorschriften (ADR/ RID/IMDG) zu finden.

<sup>5</sup> Rechtsvorschriften, die die Verwendung von ortsbeweglichen Druckgeräten unter der Begrifflichkeit Druckgasbehälter beschreiben sind unter anderem die Technischen Regeln zum Gefahrstoffrecht (TRGS) und die Technischen Regeln zur Betriebssicherheitsverordnung (TRBS).

## 4 Gesundheitsgefahren

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

Chlor ist akut toxisch beim Einatmen („Lebensgefahr beim Einatmen“, H330) und reizt Augen („Verursacht schwere Augenreizung“, H319) sowie Haut („Verursacht Hautreizwirkungen“, H315). Es wirkt darüber hinaus ätzend auf die Atemwege („Kann die Atemwege reizen“, H335, sowie zusätzliche Kennzeichnung mit „Wirkt ätzend auf die Atemwege“, 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 (Kaltverbrennungen).

- <sup>(20)</sup> Die Euro-Chlor-Schrift HEALTH 11 „Chemical Health Hazards of chlor-alkali production“ 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). Eine kurze Beschreibung enthält das Gefahrstoffinformationssystem „GESTIS-Stoffdatenbank“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.
- <sup>(120)</sup>

### 4.1 Aufnahme und Wirkungsweise

- <sup>(120)</sup> 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>).

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 hypochlorige Säure (HClO) und Salzsäure. 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, zum Beispiel bei Bewusstlosigkeit, kann es zu einem lebensbedrohlichen 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 in verschiedenen Veröffentlichungen angegebenen Werte voneinander abweichen. Außerdem ist die Wirkung von der individuellen Konstitution der betroffenen Person abhängig.

- <sup>(36)</sup> Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) nach TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ 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 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.

Berücksichtigte Expositionszeit	10 min	30 min	60 min	4 h	8 h
<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>	0,5 ppm 1,6 mg/m <sup>3</sup>	0,5 ppm 1,6 mg/m <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>	1,0 ppm 3,2 mg/m <sup>3</sup>	0,7 ppm 2,2 mg/m <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>	10 ppm 31,6 mg/m <sup>3</sup>	7,1 ppm 22,5 mg/m <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>PAC-1-Wert</b>			0,5 vppm 1,6 mg/Nm <sup>3</sup>		
<b>PAC-2-Wert</b>			2 vppm 6,3 mg/Nm <sup>3</sup>		
<b>PAC-3-Wert</b>			20 vppm 63,3 mg/Nm <sup>3</sup>		
<b>IDLH-Wert</b>		10 vppm 31,6 mg/Nm <sup>3</sup>			

zum Vergleich	
<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>

Tabelle 5: Beurteilungswerte

Die Definitionen der einzelnen Werte:

### <sup>136</sup> **AEGL-1-Wert**

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

### <sup>136</sup> **AEGL-2-Wert**

AEGL-2 ist die luftgetragene Stoffkonzentration (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 Stoffkonzentrationen unterhalb des AEGL-2- aber oberhalb des AEGL-1-Wertes bedeuten Expositionshöhen, die spürbares Unwohlsein hervorrufen können.

*Anmerkung:*

<sup>129</sup> Im Anhang 4 des Leitfadens KAS 18 „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) sich weitgehend mit dem Schweregrad 2 der AEGL-Werte deckt. Diese Herleitung wird auch an anderen Stellen bestätigt. In <sup>40</sup> TRBS 3146/TRGS 746 „Ortsfeste Druckanlagen für Gase“ wird in Abschnitt 4.5.3.2 Absatz 4 Nr. 2 folgerichtig für die Grenzkonzentration zur Bestimmung des Sicherheitsabstandes auch der AEGL-2-Wert herangezogen. Dieser sollte daher in <sup>149</sup> <sup>18</sup> Zukunft konsequent für alle sinngemäßen Betrachtungen verwendet werden.

### <sup>136</sup> **AEGL-3-Wert**

AEGL-3 ist die luftgetragene Stoffkonzentration (ausgedrückt in vppm oder mg/Nm<sup>3</sup>), bei deren Überschreiten die allgemeine Bevölkerung lebensbedrohliche oder tödliche Gesundheitseffekte erleiden kann. Luftgetragene Stoffkonzentrationen 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.

### <sup>155</sup> **ERPG-1-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 mehr als leichten, vorübergehenden nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen leiden beziehungsweise ohne dass sie einen eindeutig definierten unangenehmen Geruch wahrnehmen. ERPG = Emergency Response Planning Guidelines.

### <sup>155</sup> **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 beziehungsweise solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

*Anmerkung:*

128 Als Beurteilungswert für die Herleitung von Achtungsabständen im Sinne der Bauleitplanung verwendet der Leitfaden KAS 18 „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.

155 **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 beziehungsweise solche entwickeln.

**PAC-Werte**

PAC-Werte (Protective Action Criteria for Chemicals) sind keine Störfallbeurteilungswerte im eigentlichen Sinne, sondern bieten den jeweils geeignetsten, verfügbaren Wert aus der Gruppe der AEGL-, ERPG- und TEEL-Werte an. Dabei werden die Werte in der folgenden Reihenfolge verwendet:

- Finalisierte AEGL-Werte für 60 Minuten
- Vorläufige AEGL-Werte für 60 Minuten
- ERPG-Werte
- TEEL-Werte

Die PAC-Werte werden dabei, wie auch die AEGL-, ERPG- und TEEL-Werte, aus denen sie sich ableiten, in den drei unterschiedlichen Stufen angegeben:

- PAC-1: Spürsames Unwohlsein und Reizungen, aber keine Behinderung der Fähigkeit zu flüchten. Mit Beendigung der Stofffreisetzung verschwinden die Symptome wieder vollständig.
- PAC-2: Irreversible oder lang andauernde gesundheitliche Auswirkungen oder fluchtbehindernde Wirkung.
- PAC-3: Lebensbedrohliche oder tödliche Auswirkungen.

154 **IDLH-Wert**

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

36 **AGW**

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 Production Units“ herangezogen werden.

190

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“.

23

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

158

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 etwa 5-prozentigen Lösung von Ammoniak in Wasser (zum Beispiel aus dem Gasraum einer Kunststoffflasche oder an einem an einem Stiel befestigten Lappen mit Lösung) – unter Einsatz Persönlicher Schutzausrüstungen und unter Ausschluss der Gefährdung Dritter. Das Versprühen von Ammoniaklösung soll aufgrund möglicher Korrosions- und Explosionsgefahr unterbleiben. Insbesondere Messing und Buntmetalle verspröden im Kontakt mit der Ammoniaklösung. Zudem können hohe Chlorkonzentrationen im direkten Kontakt mit Ammoniaklösung Stickstofftrichlorid (siehe Abschnitt 8.4.2) bilden, welches explosionsartig zerfällt.



Abbildung 13: Lecksuche mit Ammoniak (Entnahme aus der Gasphase der Spritzflasche)



Abbildung 14: Lecksuche mit einem mit Ammoniaklösung getränkten Lappen

## 6 Gefährdungsbeurteilung

### 6.1 Allgemeine Anforderungen

- 8 19 Arbeitsschutzgesetz, Verordnungen zum Arbeitsschutz (zum Beispiel Gefahrstoffverordnung, Betriebssicherheitsverordnung, 14 9 Arbeitsstättenverordnung) und die Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (DGUV Vorschrift 1) verpflichten 50 86 die Unternehmerin beziehungsweise 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:

- 56 • die Merkblätter A 016 „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“,
- 84 85 • die Portale zu Gefahrstoffen unter [fachwissen.bgrci.de](http://fachwissen.bgrci.de) → Gefahrstoffe und [www.gischem.de](http://www.gischem.de),
- 51 • die Schriftenreihe „Sicheres Arbeiten“, zum Beispiel „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ (DGUV Information 213-850).

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

- 21 • TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
- 22 • TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“
- 23 • TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“
- 24 • TRGS 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsermittlung“
- 25 • TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“
- 17 • TRBS 3145/TRGS 745 „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“
- 18 • TRBS 3146/TRGS 746 „Ortsfeste Druckanlagen für Gase“
- 35 • TRGS 800 „Brandschutzmaßnahmen“

- 19 21 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.

- 100 Die Gefährdungsbeurteilung ist vor Aufnahme der Tätigkeiten durchzuführen. Sie darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Sofern die Unternehmerin oder der Unternehmer nicht selbst über die Fachkunde verfügt, hat sie oder er sich fachkundig beraten zu lassen, zum Beispiel von der Fachkraft für Arbeitssicherheit oder vom Betriebsarzt beziehungsweise 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 oder 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.

- 40 Erkenntnisse über Schadensursachen aus eigener Betriebserfahrung, aber auch aus anderen Quellen, zum Beispiel die Sicherheitsberichte, die gemäß der Störfall-Verordnung 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.

## 21 119 6.1.1 Erfassung der verwendeten Stoffe und Gemische – Gefahrstoffverzeichnis

Chlor ist, wie alle Gefahrstoffe, 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 (zum Beispiel Betriebsrat) zugänglich zu machen.

## 24 6.1.2 Gefährdungsermittlung

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. betriebsbedingte Freisetzung von Gasen,
2. Freisetzung von Gasen, zum Beispiel durch unbeabsichtigtes Öffnen von unter Druck stehenden Anlagenteilen,
3. Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb (Abweichungen von den zulässigen Betriebsparametern, Undichtigkeiten) und störungsbedingte Freisetzung von Gasen,
4. Einwirkungen von außerhalb auf die ortsbeweglichen Druckgeräte oder die Druckanlage,
5. das Mischen von Gasen,
6. erstickende Wirkung durch Verdrängung von Luftsauerstoff,
7. 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 den Druck von Gasen in ortsbeweglichen Druckgeräten oder Druckanlagen (siehe dazu auch Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) 2141 „Gefährdungen durch Dampf und Druck“),
  - a. unkontrolliert bewegte Teile (zum Beispiel wegfliegende Teile, schlagende Leitungen),
  - b. Zerknall, Bersten (zum Beispiel Druckwelle),
2. Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen: Lärm (zum Beispiel lautes Zischen durch plötzliches Austreten großer Gasmengen aus Druckentlastungsöffnungen),
3. Kontakt mit heißen oder kalten Medien, zum Beispiel: 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 (zum Beispiel Einwirken eines Gasstrahls auf das Auge).

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

Auf die Gefahren des Berstens aufgrund von Druckaufbau in mit Chlor gefüllten Behältern wird an verschiedenen Stellen dieser Schrift 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 geringem 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 zum Beispiel 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 Stickstoff und Sauerstoff 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 zum Beispiel die Belüftung und die Positionierung von Gaswarngeräten.

76

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 und TRBS 2141). Als vernünftigerweise nicht auszuschließende Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb sind insbesondere

15 16

1. Leckagen (zum Beispiel an Ventilen, Flanschverbindungen oder anderen Dichtflächen oder durch Korrosion),
  2. Freisetzung von Gasen beim Öffnen von Anlagenteilen (zum Beispiel durch nicht erkannten Überdruck oder Fehlbedienung),
  3. Ansprechen von Sicherheitseinrichtungen, wie zum Beispiel Sicherheitsventile oder Berstscheiben,
  4. Abriss von Schlauchverbindungen,
  5. Überschreiten zulässiger Füllungsgrade
- auf Relevanz zu überprüfen und erforderlichenfalls zu berücksichtigen.

24

Gemäß TRGS 407 Abschnitt 3.2.4 Absatz 4 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:

131

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.

24

Die durch diese Ereignisse entstehenden Einwirkungen sind mit der Auslegung der Druckanlage abzugleichen und in der Gefährdungsbeurteilung und bei den Notfallmaßnahmen zu berücksichtigen. Gemäß TRGS 407 Abschnitt 3.2.5 Absatz 4 ist deshalb ausgehend von der Gefährdungsbeurteilung ein Schutzabstand festzulegen, in dem keine den Betrieb der Druckanlage beeinflussenden Ereignisse erfolgen dürfen oder geeignete Notfallmaßnahmen festgelegt werden müssen.

Als oxidierendes Gas ist Chlor auch im Hinblick auf seine Brandgefährdung zu beurteilen. Hierbei ist auch das Zusammenspiel mit der Umgebung wichtig.

35

Weitere Hinweise und Beispiele gibt die TRGS 800. Details siehe auch Abschnitt 8.4.

19

## 6.2 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen

Um eine Gefährdung der Beschäftigten zu vermeiden, sind zunächst Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik zu treffen. Dabei ist die **STOP**-Rangfolge zu beachten.

### **S** Substitution/Vermeidung

### **T** Technische Schutzmaßnahmen

### **O** Organisatorische Schutzmaßnahmen

### **P** Persönliche Schutzmaßnahmen

Auch die technischen Schutzmaßnahmen unterliegen einer Rangfolge:

- Minimierung,
- auf Dauer technisch dichte Apparaturen,
- emissionsfreie/emissionsarme Verfahren, zum Beispiel Arbeiten bei Unterdruck,
- Absaugung an Entstehungs- oder Austrittsstellen,
- Belüftung des Arbeitsbereiches.

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

- ③⑥ Der AGW, als gesundheitsbasierter Grenzwert, dient als Grundlage der Beurteilung der Gefährdung und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen. Bei dessen Einhaltung sind akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit von Beschäftigten im Allgemeinen nicht zu erwarten. Es muss sichergestellt sein, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden. Dies kann durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Methoden (zum Beispiel Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK)) überprüft werden.
- ②③

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.

Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen muss regelmäßig überprüft und dokumentiert werden.

Führt die Wirksamkeitsprüfung zum Ergebnis, dass die getroffenen Schutzmaßnahmen nicht ausreichend sind, muss der Unternehmer oder die Unternehmerin unverzüglich die Gefährdungsbeurteilung erneut durchführen und geeignete zusätzliche Schutzmaßnahmen ergreifen.

## 7 Expositionsermittlung

Der Unternehmer oder 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 (zum Beispiel technisch dicht oder auf Dauer technisch dicht, siehe dazu auch TRGS 722 Nummer 4.5),
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 (siehe Abschnitt 6.1.2). Das Ausmaß der Exposition am Arbeitsplatz kann zum Beispiel festgestellt werden anhand von

- Konzentrationsmessungen gemäß TRGS 402,
- 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) gesucht werden. Eine Liste steht auf den Internetseiten des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) zum Download bereit: [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d4706. Eine solche Liste findet sich auch beim Bundesverband der Messstellen für Umwelt- und Arbeitsschutz e. V. (BUA) auf der Seite [www.bua-verband.de/gefahrstoffmessungen/](http://www.bua-verband.de/gefahrstoffmessungen/).

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

Weitere Informationen (Messmethoden, Messgeräte, Berechnungen) enthalten die Euro-Chlor-Schriften HEALTH 11 „Chemical Health Hazards of chlor-alkali production“ und ANALYTICAL 8 „Determination of Chlorine in Workplace Air“.

## 8 Technische Schutzmaßnahmen

### 8.1 Anlagen

Anlagen und Arbeitsverfahren sind so zu gestalten, dass sie auf Dauer technisch dicht sind<sup>6</sup>. Das kann zum Beispiel 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 zum Beispiel 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, beispielsweise Schleusen, geschlossene Probenahmegefäße, Probenahmeventile ohne Toträume und ohne Nachlauf. Falls möglich, sollten kontinuierlich Messungen durchgeführt werden und manuelle Probennahmen 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 (zum Beispiel entsprechende Unterweisung) ausreichend. Hinweise auf technische Maßnahmen enthält auch die Euro-Chlor-Schrift GEST 05/316 „Guideline for Site Security of Chlorine Production Facilities“.

Die Rückströmung von Chlor in Zuleitungen oder das Eindringen anderer Stoffe in Chlorleitungen oder Chlorbehälter muss unbedingt vermieden werden.

- 192
- 123 Im Rahmen der Anlagenplanung ist eine Gefahrenanalyse, wie zum Beispiel HAZOP oder PAAG, durchzuführen. Dabei sind unter anderem die maximale und die minimale Betriebstemperatur sowie der maximale und der minimale Betriebsdruck unter Berücksichtigung der im ortsbeweglichen Druckgerät beziehungsweise in der Druckanlage zu erwartenden Drücke und Temperaturen festzulegen. Dabei sind Eigenschaften von Chlor beziehungsweise Gasmischungen mit Chlor und gegebenenfalls zu erwartende chemische Reaktionen zu berücksichtigen, wie zum Beispiel
1. Druckerhöhung aufgrund von Wärmeausdehnung der Gasphase,
  2. Druckerniedrigung aufgrund von Entspannung beziehungsweise Kondensation,
  - 33 3. Temperaturerhöhung aufgrund von adiabatischer Verdichtung,
  4. Drücke (gegebenenfalls auch Explosionsdrücke) und Temperaturen, die aufgrund von chemischen Reaktionen entstehen können.
- 173 Betreibererfahrungen zur Druckabsicherung enthält die GEST 87/133 „Overpressure Relief of Liquid Chlorine Installations“.
- 18 Es müssen ein Not-Aus-System mit leicht erreichbarem Auslösesystem und Meldung an eine ständig besetzte Stelle im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern vorhanden sein. Bei Füllanlagen von ortsfesten Druckanlagen gilt dies ab einem Gesamtfassungsvermögen von mehr als 30 t.

Bei Füllanlagen muss das Auslösesystem auch außerhalb der Bereiche der Füllanschlüsse beziehungsweise der Räume mit Füllanlagen von den Fluchtwegen aus zu erreichen sein.

Mit dem Not-Aus-System müssen die Verbindungsleitungen zwischen den ortsfesten Druckgasbehältern, den Füllanlagen und den ortsbeweglichen Druckgasbehältern und anderen Anlagenteilen so abgesperrt werden, dass Gefährdungen verhindert werden. Im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ist zu entscheiden, welche fernbetätigbaren Absperrarmaturen in das Not-Aus-System einzubeziehen sind.

Vorhandene Sicherheitseinrichtungen sind regelmäßig auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

6 Anlagenteile gelten als auf Dauer technisch dicht, wenn

- sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben oder
- ihre technische Dichtheit durch Wartung und Überwachung ständig gewährleistet wird. Beispiele dazu gibt die TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“.

## 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“ zu folgen. In besonderen Fällen wird sich eine Beständigkeitsprüfung nicht umgehen lassen, insbesondere beim Einsatz neuer Werkstoffe. Dabei sind auch die äußeren Einflüsse mitbestimmend: Zum Beispiel ist bei der Verwendung von Kunststoffen auch deren Beständigkeit gegen Alterung unter Lichteinfluss zu berücksichtigen. Auch bei Instrumenten (zum Beispiel Transmitter) muss darauf geachtet werden, dass keine ungeeigneten Materialien benutzt werden. Systeme sind gegen Eintritt von Feuchtigkeit zu schützen. Falls Fette oder Öle benutzt werden, sind ausschließlich chlorbeständige Sorten, zum beispielsweise auf PTFE-Basis, zu benutzen. Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass keine organischen Materialien wie Lappen, Papier, Fette in das Chlorsystem gelangen beziehungsweise nach Instandhaltung oder Montagen darin verbleiben.

113 106 107 In Kapitel 6.2 des ADR wird für den Bau von ortsbeweglichen Druckgeräten auf die DIN EN ISO 11114-1 und -2 verwiesen.

### 8.2.1 Werkstoffe für flüssiges Chlor und trockenes Chlorgas

103 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 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 (zum Beispiel Feuchte, Temperatur, Erosion) zerstört werden, wenn diese Schutzschicht beeinträchtigt ist (detailliertere Informationen enthält die 196 GEST 10/362 „Corrosion Behaviour of Carbon Steel in Wet and Dry Chlorine“).

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 (zum Beispiel 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 Feuchtigkeit vorhanden oder durch betriebliche Vorgänge nicht auszuschließen ist. Die sich bildende Salzsäure (HCl) führt zu Lochfraß im Edelstahl. Außerdem muss bei Temperaturen über circa 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 Umgebung an feuchten Außenwänden (zum Beispiel aus Kondensation oder defekter Isolierung) durch eine geeignete Beschichtung oder vergleichbar wirksame Maßnahmen 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 (zum Beispiel PVC, CPVC und eingeschränkt auch PE/PP) sind beim Einsatz mit trockenem gasförmigem 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 circa 15 °C) auch bei wechselnden Betriebsbedingungen immer gegeben ist. Um das zu erreichen, muss gegebenenfalls auch Wasser eingesprüht werden. Kältebrücken müssen vermieden werden. Eine Verwechslung von Bauteilen aus Titan mit Bauteilen aus anderen Werkstoffen ist bei der Instandhaltung unbedingt zu vermeiden.

Tantal ist das einzige Metall, das uneingeschränkt im feuchten wie im trockenen Chlor eingesetzt werden kann. Aufgrund des hohen Preises ist der Einsatz aber im Allgemeinen auf Spezialbauteile beschränkt (zum Beispiel Drucktransmittermembranen oder Berstscheiben).

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 zum Beispiel 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 <sup>142</sup> „Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen“ des VCI. Der Schulung von Montagepersonal in der richtigen Flanschmontage kommt große Bedeutung für die sachgerechte Installation und dauerhafte Dichtheit der Verbindung zu.

Schrauben und Bolzen werden normalerweise zur besseren Kontrolle des Drehmoments mit Schmiermittel versehen. Dabei dürfen nur chlorbeständige Schmierstoffe (zum Beispiel 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 Dichtheit von Flanschverbindungen und Ventilen unwirksam machen.

Die Wiederverwendung von gebrauchten Dichtungen ist gefährlich und muss daher unterbleiben. Benutzte Dichtungen erreichen niemals die Kennwerte einer neuen Dichtung, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer nachfolgenden Leckage erheblich größer ist.

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

<sup>191</sup> Bei der Auswahl von Dichtungsmaterial unterstützt die GEST 94/216 „Gaskets Selection for the Use in Liquid Chlorine and Dry or Wet Chlorine Gas Service“. Bewährtes Material kann auch 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

- ①61 unterstützen die Empfehlungen die GEST 73/25 „Transfer of Dry Chlorine by Piping Systems“. Entsprechende Schriften
- ①87 des Verbandes „Euro Chlor“ existieren auch zu Maschinen zur Förderung von flüssigem Chlor mit Pumpen (GEST 83/119
- ①67 „Seal-less Pumps for Use with Liquid Chlorine“), Gasdruck (GEST 79/79 „Transfer of Liquid Chlorine by Padding with a
- ①95 Chlorine Compressor“) sowie von trockenem Chlorgas mit Verdichtern (GEST 10/361 „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.

Die Leitungsführung sollte darüber hinaus auch die Minimierung potenzieller externer Gefahren (zum Beispiel durch unbeabsichtigte Unterfeuerung oder mechanische Beschädigung) berücksichtigen.

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

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

- ④1 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. Flansche mit glatter Dichtleiste für Chlorgas sind einsetzbar, wenn besondere, ausblässichere Dichtungen wie zum Beispiel metallinnenrandgefasste, metallummantelte, kammprofilierte oder Schweißlippendichtungen benutzt werden.

- ①98 Die GEST 17/492 „Specifications and Approval Procedure for Valves to be Used in Liquid Chlorine or Dry Chlorine Gas“ beschreibt umfassend den Stand der Technik der Armaturen für den Umgang mit flüssigem oder trockenem gasförmigen Chlor.

Spindeln von Armaturen müssen generell herausdrehsicher sein.

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.

- ①73 Generell kann zur Druckabsicherung in Chlorsystemen auf die GEST 87/133 „Overpressure Relief of Liquid Chlorine Installations“ zurückgegriffen werden.

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 15 zeigt, wie gefährlich die Auswirkung von zu trockenem Chlorgas auf Titanbauteile ist, die für feuchtes Chlorgas vorgesehen waren.

- ①96 ①93 Ein Betreiben der Leitungen für Flüssigchlor mit Fließgeschwindigkeiten unter 2 m/s verhindert, dass die schützende  $\text{FeCl}_3$ -Schicht des Stahls abgetragen wird, was Korrosion zur Folge hätte.



Abbildung 15: Nach Materialverwechslung: Titanventil nach Verwendung in zu trockenem Chlor (unmittelbar)

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 beziehungsweise 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, zum Beispiel durch Abdrücken mit Stickstoff bei abgeseiften Flanschverbindungen. Danach sind die Anlagenteile mit Chlor unter zunächst geringem Druck zu beaufschlagen und es ist ein erneuter Dichtheitstest mit Ammoniakdämpfen (siehe Kapitel 5) oder anderen geeigneten Methoden durchzuführen.

Generell sind Rohrleitungen vor der Inbetriebnahme nach Betriebssicherheitsverordnung zu prüfen. Rohrleitungen mit  $\text{DN} > 25$  und  $\text{PS} > 0,5$  sind einer Prüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) zu unterziehen.

- ①⑥⑨ Hinweise für die korrekte In- und Außerbetriebnahme von chlorführenden Apparaten und Rohrleitungen enthält die GEST 80/84 „Commissioning and Decommissioning of Installations for Dry  $\text{Cl}_2$  Gas and Liquid“.
- ①⑦ Die TRBS 3145/TRGS 745 „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“ sowie die TRBS 3146/TRGS 746 „Ortsfeste Druckanlagen für Gase“ beschreiben weitere Anforderungen, die je nach Betriebsbedingung umzusetzen sind.

#### 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 Inliner, wie zum Beispiel 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 4).

Titan ist ein gut geeigneter Werkstoff in Systemen mit feuchtem Chlor. Insbesondere bei abgestellten Anlagen kann jedoch die für den Schutz des Titans erforderliche Feuchtigkeit durch Kondensation oder Chlorhydratbildung gefährlich verringert werden (siehe Kapitel 2).

- 200 Die GEST 21/506 „Attention Points for Valves Used in Wet Chlorine Gas Applications“ gibt Hinweise auf die Verwendung von Armaturen im feuchten Chlorgas.

### 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 5 kg pro Stunde und m<sup>2</sup> Gebindeoberfläche die maximal durch natürliche Konvektion verdampfbare Menge bei 20 °C. 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 °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 lebensgefährlich.

- 193 9.6 Sollen größere Mengenströme Chlorgas dem Verbraucher zur Verfügung gestellt werden, dann empfiehlt sich die flüssige Entnahme des Chlors und die Umwandlung in Gas 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, 163 Konstruktion, Betrieb und Instandhaltung von Chlorverdampfern liefert die GEST 75/47 „Design and Operation of Chlorine Vaporisers“.

- 163 In allen Teilen eines Prozesses, in dem Chlor verdampft, kann potenziell 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 (zum Beispiel Kettle-Typ) und die entsprechenden Hinweise der GEST 75/47 sind zu beachten.

- 194 Für die im Allgemeinen bei den Herstellern platzierten Chlorverflüssigungen sei auf die GEST 08/360 „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.

- 24 Mischungen von Chlor mit anderen Gasen oder brennbaren Stäuben können explosionsfähige Gemische (zum Beispiel „Chlorknallgas“ mit Wasserstoff) oder Reaktionsprodukte (zum Beispiel Stickstofftrichlorid mit Ammoniak) bilden. In der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“ ist im Anhang 3 in einem Gasgemische-Diagramm zusammengestellt, welche Gase mit Chlor gemischt beziehungsweise wegen gefährlicher Reaktionen nicht gemischt werden dürfen. Gefährliche Reaktionen sind neben Wasserstoff und Ammoniak, unter anderen mit 108 Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Butadien, Ethylenoxid, Cyanwasserstoff möglich. Sofern bei Gasmischungen, die nicht der TRGS 407 aufgeführt sind, eine gefährliche Reaktion nicht ausgeschlossen werden kann oder Zweifel an der 146 Ungefährlichkeit des Gasgemisches bestehen, soll vor der Herstellung eine schriftliche Abstimmung mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zu erfolgen.

Auch Gemische von gasförmigem und flüssigem Chlor mit bestimmten Kohlenwasserstoffen (zum Beispiel 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, zum Beispiel perfluorierte Polyether.

Analog verhält es sich mit der Mischung von Chlor mit brennbaren Stäuben beziehungsweise Feststoffen mit großer Oberfläche (Späne, Abriebsrückstände und Ähnlichem). 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 auf über 50 °C erhitzt werden (siehe auch Abschnitt 3.1). Im Brandfall sind diese Behälter unbedingt zu kühlen oder aus der Wärmeinflusszone zu entfernen.

- 176 185 203 GEST 91/168 „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“ des Verbandes Euro Chlor mögliche Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der aktuellen Explosionsschutzvorschriften.
- 36 Die Gefährdungsbeurteilung in Hinblick auf Brandgefahren ist in der TRGS 800 „Brandschutzmaßnahmen“ beschrieben.

### 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 zum Beispiel GEST 17/490 „Hydrogen in Chlorine Safety“). Licht ist als Zündquelle ausreichend. Produzenten haben Gegenmaßnahmen gegen die Wasserstoffbildung im Prozess vorzusehen (zum Beispiel Überwachung der Solequalität, Schutz gegen Membranrisse und Ähnliches). Zu beachten ist, dass die Wasserstoffkonzentration während der Verarbeitungsprozesse ansteigen kann (Verflüssigung, Absorption oder Abreaktion des Chlors). Auch bei Korrosionsprozesse kann Wasserstoff entstehen.

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 GEST 17/490 „Hydrogen in Chlorine Safety“ 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 potenziell 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 (zum Beispiel Kettle-Typ).

Stickstofftrichlorid kann zum Beispiel durch gezielte Erhöhung der Prozesstemperatur kontrolliert zur Zersetzung gebracht werden.

- 157 156 103 Der Verband Euro Chlor und das amerikanische Chlorine-Institute fordern, den Stickstofftrichloridgehalt von Chlor in kleineren Transportgebinden (Flaschen und Fässer ≤ 1 t) auf 20 mg/kg zu begrenzen. Diese sicherheitstechnischen Anforderungen wurden auch in die DIN EN 937 „Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Chlor“ aufgenommen. Die Grenzwerte werden von der üblichen Handelsware normalerweise 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.

- 165 Umfangreiche Informationen enthält die Euro-Chlor-Schrift GEST 76/55 „Maximum Levels of Nitrogen Trichloride in Liquid Chlorine“.

## 8.5 Abluftreinigung, Abwasser, Abfälle

Es ist darauf zu achten, dass sowohl das Oberflächenwasser, das Grundwasser, das Abwasser als auch die Umgebungsluft nicht mit Chlor kontaminiert werden. Hierfür gelten Grenzwerte aus gesetzlichen Regelungen und Auflagen, wie zum

- 44 Beispiel Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), die lokale Abwassersatzung und  
41 die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft).
- 43 Für Chlor-Produktionsanlagen gilt der Anhang 42 „Alkalichloridelektrolyse“ der Abwasserverordnung (AbwV).

### 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 zum Beispiel 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 circa pH < 11), ist es wichtig, Temperatur und Konzentration zu kontrollieren. Andere alkalische Waschflüssigkeiten (zum Beispiel Kalkmilch) sind möglich. Außerdem sind trockene Chemisorptionsmassen auf Thiosulfat- oder Bisulfidbasis verfügbar.

Für Chlor produzierende Betriebe ist das Vorhandensein einer geeigneten Absorptionsanlage zur Behandlung aller chlorhaltigen Restgase (zum Beispiel bei An- und Abfahrt, Entleerung von Systemen vor Instandhaltungsmaßnahmen, Restgase aus Verflüssigungsanlagen, Abgas aus Analysenmessungen, Bindung des Chlorinventars bei sicherheitsgerichteten Abschaltvorgängen und Ähnlichem) zwingende Voraussetzung. Gleichmaßen müssen Verbraucher in ihren Anlagen Einrichtungen schaffen, die geeignet sind, in allen möglichen Betriebszuständen und -prozessen (zum Beispiel Abgase aus Reaktionen in allen Betriebszuständen, Entspannung des Chlor-führenden Systems aus Sicherheitsgründen, Restgase bei Gebindewechseln und Ähnliches) chlorhaltige Gase sicher zu absorbieren. Grundlagen beschreibt die allgemeine Euro-Chlor-Schrift GEST 06/317 „The Chlorine Reference Manual“ in Abschnitt 9.7 „Absorption Systems“. Für detaillierte Hinweise zu Auslegung, Konstruktion und Betrieb kann GEST 76/52 „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 Festbettabsorbentien kommerziell erhältlich.

- 98 Im Bereich der Schwimmbäder sei auf die DGUV Regel 107-001 „Betrieb von Bädern“, die DGUV Informationen 207-023  
99 „Prüfliste für Chlorungseinrichtungen unter Verwendung von Chlorgas und deren Aufstellungsräume in Bädern“ und 213-040  
96 „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 „Chlorung von Trinkwasser“ verwiesen.

## 8.5.2 Entsorgung von Abfällen und Restmengen

- 17 4.5.1 Ortsbewegliche Druckgeräte mit Chlor dürfen von Verbrauchern nicht bis zum völligen Druckausgleich entleert werden, um Feuchteintritt (Korrosion) bis zur endgültigen Entsorgung zu vermeiden.
- 24 3.1.1

113 Solange 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.

37 Behälter mit Chlor müssen gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz zu einer Entsorgungsanlage verbracht werden (nach Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV, Abfallschlüsselnummer 160504 „gefährliche Stoffe enthaltende Gase in Druckbehältern (einschließlich Halonen)“). Auskunft über Abfallverwertungs- beziehungsweise 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.

## 43 44 45 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“ beziehungsweise Hypochlorit (starke biozide Wirkung) zu minimieren. Die zutreffenden Einleitbedingungen und gegebenenfalls Einleitgenehmigungen sind zu beachten.

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 beziehungsweise auf Aktiv-Kohle basierende Verfahren möglich. Der Erfolg der Reduzierung muss überwacht werden, zum Beispiel mit RedOx-Analysatoren.

In Hinblick auf die Einleitung von chlorhaltigem Abwasser sind unbedingt die umweltrechtlichen Vorgaben wie beispielsweise die kommunale Abwassersatzung zu berücksichtigen.

## 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.

162 Außer spannungsfrei geflanschten Rohrverbindungen können dabei Gelenkarme und Metallschläuche verwendet werden. Die Metallschläuche besitzen idealerweise einen Doppelmantel und Anschluss für eine Leckageüberwachung des Zwischenraumes (siehe Euro-Chlor-Empfehlung GEST 75/43 „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 zum Beispiel 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 – Feuchtigkeits-eintrag 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.

Ortsfeste Druckgasbehälter für Chlor müssen so ausgerüstet sein, dass ein Überfüllen sicher verhindert wird, zum Beispiel durch den Einbau einer geeigneten Überfüllsicherung.

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.

- 17) Kann der Arbeitsplatzgrenzwert trotz Ausschöpfung der technischen Möglichkeiten nicht eingehalten werden, sind organisatorische oder persönliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen (siehe Kapitel 9 und 10).
- 189) Technische und organisatorische Hinweise für das Entnehmen von Proben von flüssigem Chlor gibt die GEST 94/211 „Code of Practice for Sampling Liquid Chlorine“.
- 17) 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.

### 8.6.1 Abfüllen von Chlor in Flaschen und Druckfässer

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

Das/der höchst zulässige Füllgewicht/Füllfaktor für Flaschen und Druckfässer nach ADR beträgt 1,25 kg/l (das heißt, 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.

- 17) Zu beachten ist der Ausdehnungskoeffizient von Chlor, siehe dazu Abschnitt 3.1 dieser Schrift sowie Kapitel 4.3 der TRGS 745.

### 8.6.2 Abfüllen von Chlor in einen ortsfesten Druckgasbehälter

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

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

Daraus ergibt sich zum Beispiel, 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 „Density and Specific Volume“ 1,313076 kg/l.

- 176) 180) Für weitere Informationen zum Füllen siehe auch Merkblatt T 029.

### 8.6.3 Abfüllen von Chlor in Tanks

114 Die höchstzulässige Masse der Füllung je Liter Fassungsraum für Tanks (zum Beispiel Kesselwagen, Tankfahrzeugen, Aufsetztanks, Tankcontainer) beträgt nach RID 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 circa 5 kg pro Stunde und m<sup>2</sup> Gebindeoberfläche die maximal durch natürliche Konvektion verdampfbare Menge bei 20 °C. Chlorbehälter nehmen die erforderliche Wärme zur Verdampfung nur über den Teil der Oberfläche 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 Transportgebinde 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 Gaspindelverfahren 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.

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

## 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.

- 51 79 Einzelheiten enthalten die Schrift „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ (DGUV Informationen 213-850) und das Merkblatt  
78 T 032 „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, die technisch belüftet werden und die einen 120-fachen Luftwechsel pro Stunde aufweisen, gelagert werden.

## 8.8 Lagerung

- 13 9 Bei der baulichen Ausführung und bei der Ausrüstung von Arbeits- und Lagerräumen (unter anderem Fluchtwege) sind die  
140 Arbeitsstättenverordnung, die Muster-Industrie-Baurichtlinie, die jeweiligen Länderbauordnungen sowie das Wasserhaus-  
45 haltsgesetz mit den zugehörigen Länderverordnungen und die Auflagen der zuständigen Wasserbehörde zu berücksichti-  
26 gen. Detaillierte Regelungen enthalten die Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 509 „Lagern von flüssigen und  
festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“ und TRGS 510  
27 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“.

- 73 Auf diesen aufbauend werden in den DGUV Informationen 213-084 und -085 die allgemeinen Anforderungen an ein sichere Lager beschrieben, die aus Platzgründen hier nicht noch einmal aufgegriffen werden. Diese umfassen unter anderem die technische Ausrüstung des Lagers, die Lagerorganisation, das Führen des Gefahrstoffverzeichnis sowie Hygienemaßnahmen. Neben diesen sind für die Lagerung von Chlor folgende Punkte besonders beziehungsweise zusätzlich zu beachten:

- 39 Im genehmigungsbedürftigen Lager nach Nummer 9.3 des Anhangs der 4. BImSchV mit mehr als 75 t (bei Genehmigungs-  
38 verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung gemäß § 10 BImSchG) oder 10 t Chlor (vereinfachtes Verfahren gemäß § 19  
133 BImSchG) ist eine besondere Sicherung bei der Lagerung vorzusehen, zum Beispiel durch:

1. Ausführung des Lagerraums in fester Bauweise (zum Beispiel 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 unter Ziffer 1 beschrieben, 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 Übersteigenschutz 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 Lagerbereiches 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- beziehungsweise Werkgeländes.

### 8.8.1 Ortsfeste Druckgeräte

- 40 Chlor ist unter Nr. 2.16 der Spalte 1 des Anhangs I der 12. BImSchV namentlich gelistet. Infolgedessen 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 beziehungsweise Sicherheitsberichten eingehend darzulegen, auf welche Weise die im Bundesimmissionsschutzgesetz  
38 (BImSchG) 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  
160 sicherheitsgerechte Betrachtung des Einzelfalls verwiesen. Als Erkenntnisquelle dient die GEST 73/17 „Storage of Liquid Chlorine“.

- ⑱ Die Aufstellung kleinerer ortsfester Druckgasbehälter wird in der TRBS 3146/TRGS 746 geregelt. In dieser sind unter anderem festgelegt:
- Festlegung der Gefährdungsbereiche
  - Einrichtungen zum Melden von Gefährdungen, wie zum Beispiel Leckagen, Bränden (siehe auch Abschnitt 11.2.2)
  - Absperreinrichtungen

### ⑳ 8.8.2 Ortsbewegliche Druckgeräte

- ④ Die Lagerung ortsbeweglicher Druckgeräte wird in der TRGS 510 geregelt. Ab 10 t möglicher Gesamtlagermenge unterliegen diese der 12. BImSchV.

Chlor ist unter Verschluss oder so aufzubewahren oder zu lagern (siehe dazu Abschnitt 9.5), dass nur zuverlässige Personen Zugang haben, die fachkundig sind oder entsprechend tätigkeitsbezogen unterwiesen sind. Der Unternehmer oder die Unternehmerin muss die dazu befugten Personen bestimmen und organisatorische Maßnahmen ergreifen, dass nur diese Zugang zum Lager haben.

- ⑩ Außerhalb von Lagerräumen dürfen Druckbehälter mit Chlor nur in Sicherheitsschränken der Feuerwiderstandsklasse G90 gemäß DIN EN 14470-2 gelagert werden.

Die Druckgasbehälter müssen gegen Umfallen oder Herabfallen gesichert werden. Die Ventile sind mit einer geeigneten Schutzeinrichtung zu schützen, zum Beispiel mit einer Schutzkappe oder einem Schutzkorb/-kragen. Eine besondere Sicherung gegen Um- oder Herabfallen ist nicht erforderlich, wenn zum Beispiel durch die Bauart der Druckgasbehälter, durch die Aufstellung in größeren Gruppen oder die Art der Lagerung ein ausreichender Schutz erreicht wird.

Zusätzlich zum Ventilschutz werden die Ventile mit einer Verschlussmutter zu versehen.

Druckgasbehälter in Lagern im Freien sind durch geeignete Maßnahmen wie Gasflaschenboxen und -container oder Umzäunung der Anlage zu sichern.

Die Druckgasbehälter für Chlor sollen vor übermäßiger äußerer Wärmeeinwirkung (in der Regel Temperaturen, die 50 °C nicht übersteigen) geschützt aufgestellt werden; ein Schutz gegen Sonneneinstrahlung ist aber nicht erforderlich.

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

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, zum Beispiel können dazu die Türen mit Panikschlössern ausgestattet werden.

Bei der Lagerung in Lagerräumen müssen

- die Lagerräume von angrenzenden Räumen feuerhemmend (Feuerwiderstandsdauer mindestens 30 Minuten) getrennt sein,
- Abtrennungen feuerbeständig (Feuerwiderstandsdauer mindestens 90 Minuten) sein, wenn in angrenzenden Räumen, die nicht dem Lagern von Gasen dienen, Brand- oder Explosionsgefahr besteht,
- die Außenwände von Lagerräumen mindestens feuerhemmend sein; beträgt der Abstand zu benachbarten Anlagen und Einrichtungen, von denen eine Gefährdung ausgehen kann, mindestens 5 m, kann die Außenwand aus nicht-brennbaren Baustoffen bestehen,
- Dacheindeckungen ausreichend widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein,
- 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. Die geforderte Größe der Lüftungsöffnung kann auf die für die Lagerung von ortsbeweglichen Druckgasbehältern vorgesehene Bodenfläche bezogen werden, sofern sich die Lüftungsöffnung unmittelbar an diesem Lagerbereich befindet. 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, sind Schutzmaßnahmen vorzusehen, zum Beispiel eine überwachte technische Lüftung.

In Räumen unter Erdgleiche dürfen maximal 50 gefüllte Druckgasflaschen (Sauerstoff oder Druckluft werden nicht mitgezählt; entleerte mit der halben Anzahl) gelagert werden, wenn

- bei technischer Lüftung ein zweifacher Luftwechsel in der Stunde gewährleistet ist;
  - dieser 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;
- oder sie in Sicherheitsschränken nach DIN EN 14470-2 gelagert werden.

107

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 mit Chlor 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.

Lager im Freien müssen zu benachbarten Anlagen und Einrichtungen, von denen eine Brandgefährdung ausgehen kann, einen Abstand von mindestens 5 m um die Druckgasbehälter einhalten. Der Abstand ist nicht erforderlich, wenn die direkte Wärmestrahlung durch einen Brand auf das Lager durch eine Schutzwand aus nichtbrennbaren Baustoffen verhindert wird. Die Höhe der Wand muss mindestens 2 m betragen. Die Breite der Wand muss so bemessen sein, dass ein freier, nicht durch die Schutzwand abgesicherter Abstand von 5 m an keiner Stelle unterschritten wird.

24

Um mit Chlor gefüllte ortsbewegliche Druckgeräte sind Schutzbereiche einzurichten (siehe auch TRGS 407 Abschnitt 3.2.4 Absatz 4). 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 die Freisetzung von Chlor oder das Auftreten von Chlor-Luft-Gemischen nicht ausgeschlossen werden kann. Diese Bereiche sind in der Gefährdungsbeurteilung besonders zu berücksichtigen, zum Beispiel können aufgrund anderer Stoffe oder Begleitumstände Explosionsschutzmaßnahmen notwendig sein. Die Schutzbereiche dürfen nicht in Rettungs-/Fluchtwege reichen.

Für Einzelflaschen und Batterien mit bis zu 6 Flaschen kann der Gefahrenbereich um die Druckgasbehälter

- in Räumen mit 2 m in jede Richtung und 1 m nach oben
- im Freien mit 1 m in jede Richtung und 0,5 m nach oben

festgelegt werden. 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. Bei Lagerung im Sicherheitsschrank sind der gesamte Sicherheitsschrank und die Lüftungsleitungen als Gefahrenbereich vorzusehen.

### 8.8.2.1 Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei Lagermengen > 200 kg oder > 400 l

Die Lagerräume dürfen keine Bodenabläufe haben, wenn dies zu einer Gefährdung von Personen oder der Umwelt führen kann. Dies kann zum Beispiel bei direkter Verbindung zur öffentlichen Kanalisation oder Vorfluter gegeben sein.

- 140 Bei Lagerung in Gebäuden sind Lagerabschnitte gegenüber anderen Lagerabschnitten, anderen Räumen oder Gebäuden wie folgt abzutrennen:
- Lagerabschnitte mit einer Fläche von bis zu 1600 m<sup>2</sup> sind feuerbeständig durch Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen abzutrennen;
  - Lagerabschnitte mit einer Fläche von mehr als 1600 m<sup>2</sup> sind darüber hinaus durch Brandwände abzutrennen.

Werden neben Chlor auch brennbare Gefahrstoffe und Materialien gelagert, dann sind weitere Anforderungen der TRGS 510 zu erfüllen.

- 27 Für Lager ab einer Größe von 800 m<sup>2</sup> sind zur Warnung von Personen, die sich im Lager oder in dessen unmittelbarer Nähe befinden können, Alarmierungseinrichtungen vorzusehen, zum Beispiel eine Lautsprecheranlage.
- 13 Von jeder Stelle eines Lagerraums muss mindestens ein Ausgang in höchstens 20 m Entfernung erreichbar sein, der entweder ins Freie, in einen notwendigen Treppenraum oder einen anderen Brandabschnitt führt (siehe auch ASR A2.3). Längere Fluchtwege sind zulässig, wenn die Bedingungen für Rettungswege der Muster-Industriebau-Richtlinie (MInd-BauRL) Abschnitt 5.6.5 erfüllt sind.
- 140
- 13 Die tatsächliche Laufweglänge darf nicht mehr als das 1,5-fache der Fluchtweglänge betragen.

Zur Notfallplanung siehe u. a. Abschnitt 11.2.1.

## 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 der Technischen Regel für TRBS 3146/TRGS 746 enthalten.

- 18
- 160 Konkrete Empfehlungen gibt die GEST 73/17 „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 Fertigungsverfahren, 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 ausreichenden Abstand nach Anhang 3 der TRBS 3146/TRGS 746 um die Druckgasbehälter eingehalten werden. Er kann durch eine mindestens 2 m hohe und ausreichend breite Schutzwand aus nichtbrennbaren Baustoffen ersetzt werden.

18

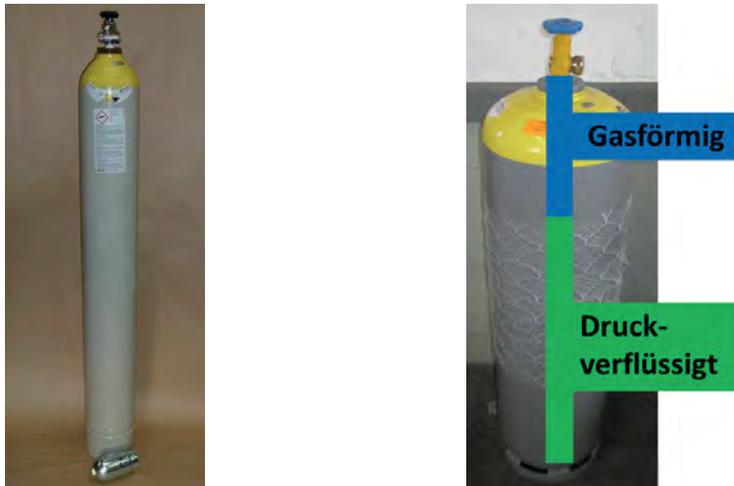
### 8.9.2 Ortsbewegliche Druckgeräte

Ortsbewegliche Druckgeräte müssen gegen Umfallen oder Herabfallen gesichert werden. Die Ventile sind mit einer geeigneten Schutzeinrichtung zu schützen, zum Beispiel 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 zum Beispiel durch die Bauart der ortsbeweglichen Druckgeräte, durch die Aufstellung in größeren Gruppen oder die Art der Lagerung ein ausreichender Schutz gegen Umfallen beziehungsweise Wegrollen erreicht wird.

### 8.9.2.1 Flaschen und Druckfässer

Chlorflaschen werden handelsüblich mit 50 kg beziehungsweise 65 kg Chlor gefüllt. Hierfür sind üblicherweise 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. Es wird im Normalfall gasförmiges Produkt entnommen.



<b>Füllgewicht:</b>	50 kg Chlor	<b>Füllgewicht:</b>	65 kg Chlor
<b>Volumen:</b>	40 Liter	<b>Volumen:</b>	52 Liter
<b>Leergewicht:</b>	40 bis 44 kg	<b>Leergewicht:</b>	33 bis 36 kg
<b>Durchmesser:</b>	200 bis 205 mm	<b>Durchmesser:</b>	ca. 267 mm
<b>Höhe (ohne Kappe):</b>	ca. 1510 mm	<b>Höhe (ohne Kappe):</b>	ca. 1035 mm
<b>Höhe (mit Kappe):</b>	ca. 1650 mm	<b>Höhe (mit Kappe):</b>	ca. 1230 mm
<b>Prüfdruck:</b>	mind. 22 bar	<b>Prüfdruck:</b>	mind. 22 bar

Abbildung 16: Typisches Aussehen und Kenndaten einer 40 l-Gasflasche (links) und einer 52 l-Gasflaschen (rechts) für Chlor

Druckfässer für Chlor besitzen in der Regel ein Nennvolumen von 400 l oder 800 l und werden jeweils mit 500 kg beziehungsweise 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 17 und 18.

Es ist gefährlich Chlor in Fässer mit Vollprofilreifen und geringeren Wanddicken als 8 mm abzufüllen (gilt auch für andere korrosive Gasen wie Phosgen oder Schwefeldioxid).

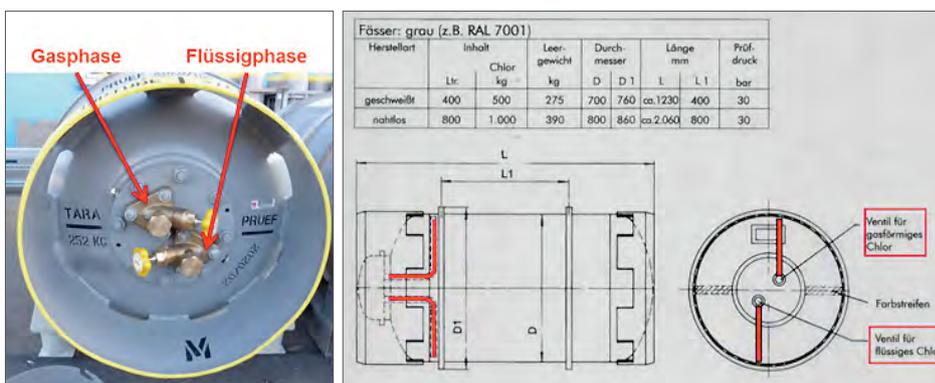


Abbildung 17 und 18: Veranschaulichung des typischen Aufbaus eines Druckgasfasses für Chlor

- ⑪⑬ 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.
- ⑪⑭ Hinweise finden sich auch in GEST 88/138 „Small Chlorine Packages Construction, Filling and Handling“.

### 8.9.2.2 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.

- ⑪⑭⑲⑨ GEST 17/493 „Design & Construction of Containers for Bulk Transport of Liquid Chlorine“ 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 und zu Be- und Entladeeinrichtungen:

- ⑪⑲⑧ • GEST 17/492 „Specifications and Approval Procedure for Valves to be Used in Liquid Chlorine or Dry Chlorine Gas“
- ⑪⑲⑥ • GEST 78/73 „Design Principles and Operational Procedures for Loading/Off-Loading Liquid Chlorine Road Rail Tankers and Iso-Containers“

- ⑪⑭ 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.

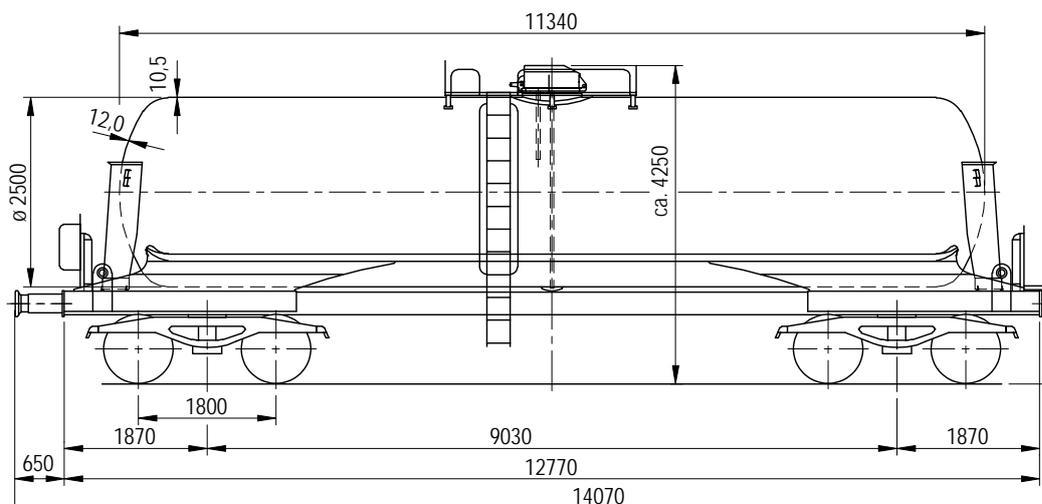


Abbildung 19: Schema eines für den Transport von Chlor geeigneten Kesselwagens

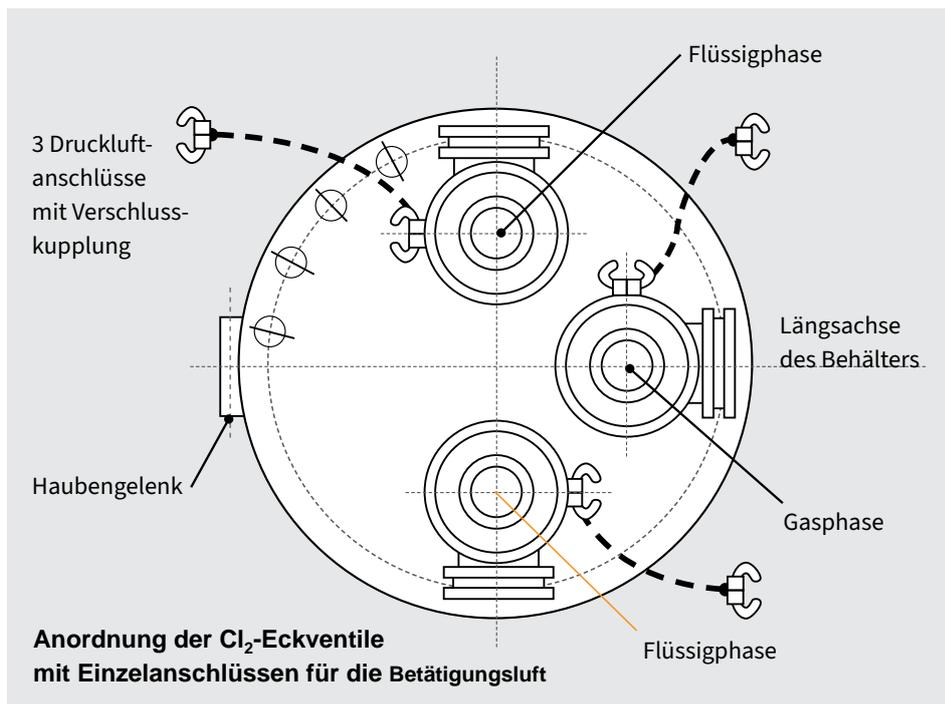


Abbildung 20: Beispiel für die Anordnung der Ventile auf dem Domdeckel eines Chlorkesselwagens



Abbildung 21: Für den Transport von Chlor geeigneter Kesselwagen

### 8.9.2.3 Auf-/Zu-Ventile

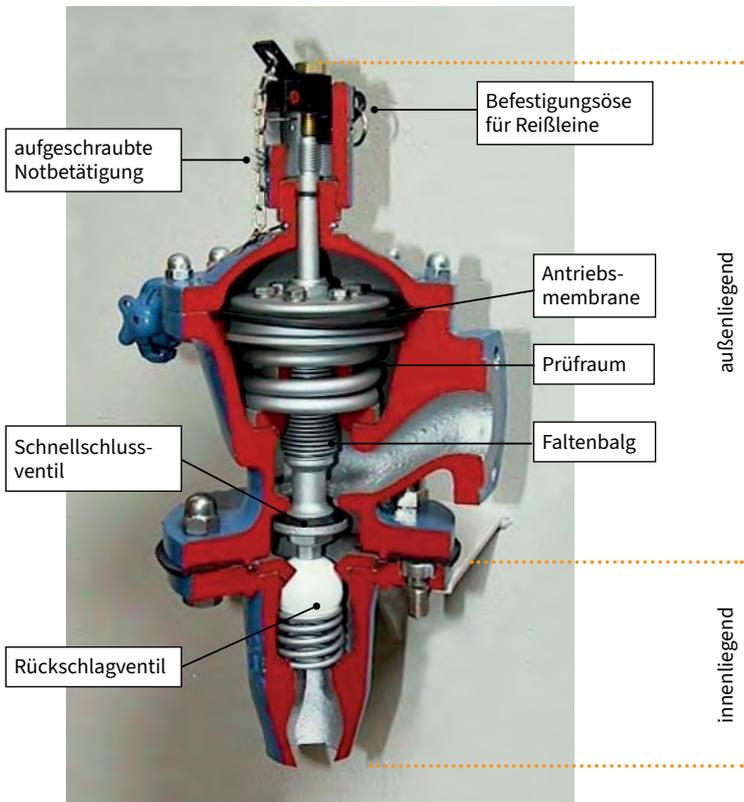


Abbildung 22: Schnittdarstellung eines Chloreckventils mit aufgeschraubter Notbetätigung

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 gasseitige 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

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

- 87 • DGUV Regel 107-001 „Betrieb von Bädern“,
- 96 • DGUV Information 203-086 „Chlorung von Trinkwasser“,
- 98 • DGUV Informationen 207-023 „Prüfliste für Chlorungseinrichtungen unter Verwendung von Chlorgas und deren Aufstellungsräume in Bädern“,
- 99 • DGUV Information 213-040 „Gefahrstoffe bei der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“,
- 111 • DIN 19606 „Chlorgasdosieranlagen zur Wasseraufbereitung – Anlagenaufbau und Betrieb“,
- 117 148 • Veröffentlichung der FIGAWA e. V. „Sicherer Umgang mit Chlorgas“ und „Positionspapier zur Sicherung eines Restdrucks in Chlorgasbehältern“.

## 9 Organisatorische Schutzmaßnahmen

### 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, zum Beispiel Schwimmbäder, treffen nicht alle Aspekte zu.

- Die Standortsicherheit sollte gewährleistet sein (zum Beispiel Zutrittsregelungen etc.) → siehe auch Abschnitt 9.5.
- Prozesssicherheitsinformationen (zum Beispiel über die verfahrenstechnischen wichtigen Parameter und alle wichtigen Informationen zum mechanischen Design) sollen vorhanden sein → siehe auch Kapitel 2, 3, 8.
- 172 • Eine Sicherheitsanalyse sollte durchgeführt werden. Dabei kann die Euro-Chlor-Schrift GEST 87/130 „Possible Hazards for Chlorine Plants and their Proposed Mitigations“ Hinweise geben.
- Prozesse zum Änderungsmanagement (Management of Change) sollen vorhanden sein oder eingeführt werden.
- Schriftliche Betriebsanweisungen sind zu erstellen → siehe auch Abschnitt 9.2.
- Sichere Abläufe sind zu etablieren (neben betrieblichen Arbeiten auch insbesondere bei Instandhaltungsarbeiten, Fremdfirmeneinsatz), zum Beispiel 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, zum Beispiel Pre-start-safety-review oder Last-minute-risk-assessment, erfolgen → siehe auch Abschnitt 6.1.2.
- 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 (zum Beispiel AK TUS Chlor des VCI, Euro Chlor, BG RCI über die zuständige Aufsichtsperson, Aufsichtsbehörde) kommuniziert werden.
- 141 157 • Durchführung von Audits des Sicherheitsmanagements.
- Unterweisung der Beschäftigten, auch der von Fremdfirmen → siehe auch Abschnitt 9.3.
- 14 • Prüffristen von Arbeitsmitteln sind entsprechend der Betriebssicherheitsverordnung festzulegen.
- 40 • In Hinblick auf die Störfallverordnung (12. BImSchV) bestehen bei Vorhandensein von Mengen ab 10 t beziehungsweise 25 t erweiterte Pflichten, wie zum Beispiel Sicherheitsberichte.
- 134 • Hierbei ist zu beachten, dass die Überschreitung von 50 kg Chlor als zusammenhängende Masse (oder einem Durchfluss von 50 kg innerhalb von 10 Minuten) gemäß Leitfaden KAS-1 „Sicherheitsrelevante Teile eines Betriebsbereiches und Richtwerte für sicherheitsrelevante Anlagenteile (SRA)“ die Definition eines sicherheitsrelevanten Anlagenteils erfüllt. Auch hieraus ergeben sich Pflichten wie zum Beispiel eine systematische Gefährdungsanalyse mit entsprechenden Schutzmaßnahmen.
- 128

### 9.2 Betriebsanweisung

- 18 29 • 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, zum Beispiel 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.

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

- 119 Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen können auch mit dem Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und der BGHM, GisChem, 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.
- 144 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

50 86 8  
14 19 24

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) mündlich und arbeitsplatzbezogen erfolgen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.

- 19 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, zum Beispiel 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, zum Beispiel durch Beantworten arbeitsplatzspezifischer Fragen.

- 50 86 Zur Unterweisung beziehungsweise zur Unterstützung der Unterweisung können vorbereitete Medien verwendet werden. So bietet die IVSS Sektion Chemie ein Sicherheitskurzgespräch über den sicheren Wechsel von Chlorgasflaschen und die BG RCI bietet mehrere Sicherheitskurzgespräche zum allgemeinen Umgang mit Gasflaschen (SKG 004–006) an. Auf die Fachbereich-AKTUELL-Schrift FBWoGes-004 „Die Gefahr eines Chlorgasaustrittes bei einem Flaschenwechsel in Bädernbetrieben“ kann zur Verdeutlichung hingewiesen werden.

Anleitungen zum sicheren Umgang mit Gasflaschen gibt auch Abschnitt 9.7.

### 9.4 Arbeitsmedizinische Vorsorge

- 6 Unternehmerinnen und Unternehmer haben 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 Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV).

- 22 7 Tätigkeiten mit Tragen von persönlichen Schutzausrüstungen wie Schutzhandschuhen (in Verbindung mit häufigem Händewaschen) oder Atemschutz können jedoch Anlässe für Pflicht- oder Angebotsvorsorge sein (siehe Kapitel 10).
- 62 Informationen dazu bieten die kurz & bündig-Schriften KB 011-1 „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung“ und KB 011-2 „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe“.
- 63
- 102 Die „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“ unterstützen die Ärztin oder den Arzt bei der Durchführung, insbesondere falls klinische Untersuchungen im Zusammenhang mit der arbeitsmedizinischen Vorsorge für erforderlich gehalten werden.

## 9.5 Zugangsbeschränkung

Chlor ist unter Verschluss oder so aufzubewahren oder zu lagern, dass nur zuverlässige Personen Zugang haben, die fachkundig oder entsprechend tätigkeitsbezogen unterwiesen sind.

- 27) Die Zugangsbeschränkung kann unter anderem erfüllt werden durch:
1. Lagerung in einem geeigneten, abschließbaren Schrank,
  2. Lagerung in einem abschließbaren Gebäude oder abschließbaren Lagerbereich oder abschließbaren Raum,
  3. Lagerung in einem kameraüberwachten Bereich, der auf eine ständig besetzte Stelle aufgeschaltet ist mit zusätzlichen regelmäßigen Kontrollgängen,
  4. Lagerung auf einem Betriebsgelände mit Werkszaun und Zugangskontrolle oder
  5. Lagerung in einem Industriepark mit gemeinsamen Werkszaun und Zugangskontrolle; in diesem Fall ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren, mit welchen Maßnahmen oder welcher Kombination von Maßnahmen die Unternehmerin oder der Unternehmer sicherstellt, dass nur zuverlässige Personen, die fachkundig oder entsprechend tätigkeitsbezogen unterwiesen sind, Zugang zu seinem Lager haben. Geeignete Maßnahmen können zum Beispiel sein:
    - a. Identitätsnachweis,
    - b. Zugangskontrolle durch Pförtner, Pförtnerin oder digital, zum Beispiel durch Drehtore mit Werksausweis,
    - c. Anmeldung von Besuchenden bei einer Ansprechperson des Betriebes,
    - d. Unterweisung von Besuchenden und Fremdfirmen in den wesentlichen Belangen des sicheren Verhaltens in einem Industriepark,
    - e. auftrags-/tätigkeitsbezogene, gegebenenfalls auch gefahrstoffrechtliche Unterweisung für Fremdfirmen,
    - f. Kennzeichnung von Bereichen, die für Unbefugte gesperrt sind,
    - g. regelmäßige Kontrollen zum Beispiel durch einen Sicherheitsdienst innerhalb des Industrieparks und seiner Umgrenzung (Umzäunung) oder Kameraüberwachung der Werksgrenzen.

Personen, deren Anwesenheit für die Verladung zur Beförderung erforderlich ist, darf unter Aufsicht Zugang gewährt werden.

- 10) Auf das Verbot ist mit dem Verbotssymbol D-P006 „Zutritt für Unbefugte verboten“ gemäß ASR A1.3 deutlich erkennbar und dauerhaft hinzuweisen.



Abbildung 23: Verbotssymbol D-P006 „Zutritt für Unbefugte verboten“

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 oder der Unternehmerin oder dessen beziehungsweise deren Beauftragten (zum Beispiel Betriebsleiter/-in) betreten. Entsprechende Hinweisschilder sind anzubringen, wie zum Beispiel Verbotssymbol D-P006: Zutritt für Unbefugte verboten.

Zugangsbeschränkungen bei genehmigungspflichtigen Lagern sind in Abschnitt 8.8 beschrieben.

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

## 9.6 Reparatur und Instandhaltung

### 9.6.1 Allgemeines

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.

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, zum Beispiel vollständige Entleerung der Apparatur, Reinigung mit geeigneten Mitteln und anschließende Konzentrationsmessung, persönliche Schutzmaßnahmen beim Öffnen, gegebenenfalls das 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.

- 81 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 (zum Beispiel mit Blinddeckeln/-flanschen oder Kappen).

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

- 19 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 oder Fremdunternehmern muss schriftlich ein Koordinator oder eine Koordinatorin mit Weisungsbefugnis gegenüber allen beteiligten Arbeitsgruppen bestellt werden.

### 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 oder die Aufsichtführende festgestellt hat, dass die schriftlich festgelegten Maßnahmen getroffen sind.

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

Chlor ist deutlich schwerer als Luft und kann in Vertiefungen durch Spülgase nicht immer vollständig entfernt werden. Wichtig ist dies bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen und insbesondere bei einer geplanten Freimessung des Arbeitsbereiches. Vertiefungen werden vor einer Begehung mit einem Gasspürgerät auf die Abwesenheit von Chlogas geprüft.

## 9.7 Umgang mit Flaschen und Druckfässern

- 27 96 Behälter dürfen nicht geworfen oder fallen gelassen werden. Gasflaschen sind gegen Umstürzen zu sichern. Bei Lagerung und Transport müssen gefüllte oder ungereinigte 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“ beziehungsweise „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 beträgt 50 °C. Wärmequellen, wie dicht anliegende Heizkörper, sind zu vermeiden.

27 96

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

17 24 148

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. Siehe dazu Kapitel 2.

Dichtflächen von Armaturen und Flanschen sind gegen Luftkontakt zu schützen. Unmittelbar nach dem Öffnen einer Leitung sind Dichtflächen abzudecken oder zu verschließen. Dies gilt auch während einer Wartungstätigkeit von kurzer Dauer.

Bei ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer), die mit geöffneten Ventilen über einen längeren Zeitraum angeschlossen bleiben, werden die Ventile wöchentlich bewegt, das heißt geschlossen und dann wieder geöffnet. Nach jeder Bewegung wird das Handrad von der komplett geöffneten Stellung wieder um eine ¼-Umdrehung zurückgedreht.

Werden Anlagen zur Chlorgasversorgung längere Zeit (mehrere Tage) nicht betrieben, werden die Ventile der angeschlossenen ortsbeweglichen Druckgefäße geschlossen.

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

Bei festsitzenden Ventilen ist der Lieferant zu informieren und ein Austausch des Chlorbehälters zu veranlassen.

- 126 Ortsbewegliche Druckgefäße 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 Prüfstation zum Zwecke der wiederkehrenden Prüfung ist zulässig (Kapitel 4.1.6.10 ADR). Die Veranlassung der Prüfung ist Aufgabe des Eigentümers oder der Eigentümerin.
- 113

Bei Entnahme von gasförmigem Chlor aus Druckgefäßen ist der Massenstrom begrenzt (siehe auch Abschnitt 8.6.4). 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.

Bei Chlorfässern dient der obere Anschluss zur Entnahme von gasförmigem Chlor und der untere zur Entnahme von flüssigem Chlor (siehe Abbildungen 17 und 18 – immer das obere Ventil ist Gasphase). Die korrekte „Oben“-Position des Fasses ist am Kragen des Fasses markiert.

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.

- 144 Hinweise geben auch die vom Industriegasverband e. V. (IGV) veröffentlichten Sicherheitshinweise zum Umgang mit Chlorflaschen und die Unterweisung zum Thema „Wechseln von Chlorgasflaschen“ der Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS), Sektion Chemie.
- 124
- 122

- Empfänger von Druckgasbehältern mit Chlor können unter bestimmten Voraussetzungen dazu verpflichtet sein, in Absprache mit den Lieferanten und den Sicherheitsbehörden einen sogenannten Sicherungsplan nach Unterabschnitt 1.10.3.2 ADR einzuführen und anzuwenden. Weitere Informationen hierzu sind dem Kapitel 7 der DGUV Information 213-052 „Beförderung gefährlicher Güter“ (Merkblatt A 013) zu entnehmen.

## 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.
- 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 mit größeren zusammenhängenden Chlormengen 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 oder ein Maulschlüssel SW 41 für Fassventile,
- eine neue Anschlussdichtung (auf keinen Fall bereits gebrauchte Dichtungen verwenden!),
- Ammoniaklösung für Dichtheitsprüfung (siehe Kapitel 5).

Achtung: Die Flüssigkeit 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- oder 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- oder Fassventil verschlossen ist.
- Die Anschlussleitung zur Dosieranlage muss drucklos sein (Manometeranzeige beachten).
- Eine geeignete, neue Anschlussdichtung bereitlegen.
- Die seitliche Verschlussmutter des Ventils um eine  $\frac{1}{4}$ -Umdrehung lösen und mit Ammoniak (aus Ammoniaklösung) auf Dichtheit prüfen (siehe Abbildungen 13 und 14).

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, die Verschlussmutter entfernen.
- Die Dichtfläche reinigen und eine neue Dichtung einlegen.
- Die Anschlussverschraubung mit der eingelegten Dichtung aufsetzen 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 Entfernen von ortsbeweglichen Druckgefäßen

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

- Die Atemschutzmaske anlegen.
- Flaschenventil der entleerten Flasche handfest (maximal 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 gemäß Notfallplan zu verfahren.
- Wenn sich bei der Dichtheitsprüfung mit 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 unverzüglich mit einem geeigneten Verschluss abdichten, 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 Sicherung gegen Umfallen entfernen und Behälter abtransportieren.

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

- ①<sup>27</sup> Der Ausschuss Ereignisauswertung (AS-ER) der Kommission für Anlagensicherheit (KAS) hat im Juni 2016 ein Merkblatt zum Thema „Ereignisse mit Chlorgas insbesondere in Schwimmbädern“ verabschiedet, nachdem die Erkenntnisse aus der AS-ER-Datenbank und weiterer Informationsquellen zu Chlorierungsanlagen insbesondere in Schwimmbädern analysiert wurden. Diese Auswertung ergab, dass „als Ursachen sich nach ersten Recherchen bei den kontaktierten Gaslieferanten meist menschliche Faktoren festmachen lassen“. Im Rahmen dieser Schrift werden die in dem KAS-Papier aufgeführten Ursachen aufgegriffen und Hinweise zu deren Begegnung gegeben.

130

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>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>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. 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>In der Regel werden entsprechend angegriffene Ventile in den Füllwerken erkannt und vorsorglich ausgetauscht, sodass Undichtigkeiten in Folge der beschriebenen unsachgemäßen Behandlung praktisch nicht auftreten. Folgende Handlungsmöglichkeiten gibt es:</p> <p>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 Dichtungen sind speziell für Chlorbeständigkeit auszuwählen. Werden (zum Beispiel aus Sparsamkeitsgründen) keine oder die falschen Dichtungen (zum Beispiel billigere Dichtungen aus dem Gartenmarkt für Wasserschläuche) eingesetzt, fehlt die Dichtwirkung und es kommt zum Gasaustritt.</p> <p>Außerdem 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>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 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<sup>(105)</sup> auslösen. Je nach kommunaler Einrichtung ist dieser Alarm direkt auf die Feuerwehreinsetzungszentrale 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“).</p>	<p>Die Anforderungen an die Dichtheit von Ventilen für Gasflaschen sind in der EN ISO 10297 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.</p>

Ursache gemäß KAS-39	Abgeleitete Handlungsempfehlung
<p>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>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>

Tabelle 6: Handlungsempfehlungen auf Basis der Ereignisse mit Chlorgas

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

- 9 13 Die Unternehmerin oder 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, zum Beispiel 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.
- 40 Chloranlagen unterliegen der Störfallverordnung (12. BImSchV), 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 der Abstimmung mit den örtlichen Gefahrenabwehrorganisationen und Behörden.

Für Maßnahmen und Verhalten im Gefahrfall siehe Kapitel 11.

## 9.9 Kesselwagen

### 9.9.1 Sicherung von Chlorkesselwagen und Gleisabschnitten

- ①7 Chlorkesselwagen sind beim Be- und Entladen so zu sichern, dass eine unbeabsichtigte Bewegung in beiden Gleisrichtungen verhindert wird. Dabei sind geeignete mechanische Wegfahrsperrn (zum Beispiel 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 sollen zwei voneinander unabhängige Sicherungsmaßnahmen genutzt werden (zum Beispiel ortsfeste Signale und Anschlussweiche in abweisender Stellung). Die Zuordnung zu dem schützenden Gleisabschnitt muss eindeutig erkennbar sein.



Abbildung 24: 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, zum Beispiel durch Flurförderzeuge, Lkw, verhindern.

### 9.9.2 Sicherung der Beschäftigten

- ⑨3 ⑦5 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.
- Einschränkung für diese Art der Tätigkeiten sind zum Beispiel Witterungseinflüsse wie Nebel, Regen, Schnee, Glätte und Sturm.

Beim Arbeiten auf Kesselwagen sind 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 Umfüleinrichtungen (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 Vieraugenprinzip anhand einer Checkliste überprüft. Besonderes Augenmerk sollte auf das Vorhandensein der Blindflansche und der richtigen Kennzeichnung gelegt werden.

## 10 Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)

- Wenn eine Gefährdung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Chlor trotz Ausschöpfens aller technischer und organisatorischer Maßnahmen nicht ausgeschlossen oder auf ein Mindestmaß verringert werden kann (zum Beispiel Nichteinhaltung eines Arbeitsplatzgrenzwertes), müssen unverzüglich geeignete persönliche Schutzausrüstungen (PSA) durch die Unternehmerin oder den Unternehmer zur Verfügung gestellt werden.
- 19 Persönliche Schutzausrüstungen sind grundsätzlich für den Gebrauch durch eine Person bestimmt und müssen den Beschäftigten individuell passen. Benutzt eine Person mehrere persönliche Schutzausrüstungen gleichzeitig, sind diese so aufeinander abzustimmen, dass sie jeweils die Schutzwirkung einer anderen nicht beeinträchtigt.
  - 19 Das Tragen von belastenden persönlichen Schutzausrüstungen darf keine ständige Maßnahme sein.
  - 50 86 Die Beschäftigten müssen bei Bedarf die bereitgestellten persönlichen Schutzausrüstungen bestimmungsgemäß benutzen, regelmäßig auf ihren ordnungsgemäßen Zustand prüfen und festgestellte Mängel unverzüglich der Unternehmerin oder dem Unternehmer melden. Die Unternehmerin oder der Unternehmer stellt sicher, dass die persönlichen Schutzausrüstungen sachgerecht aufbewahrt, vor Gebrauch geprüft, nach Gebrauch gereinigt und bei Bedarf ausgebessert oder ausgetauscht werden, sodass sie jederzeit in gebrauchsfähigem, hygienisch einwandfreiem Zustand sind.
  - 50 86 Benutzen die Beschäftigten persönliche Schutzausrüstungen, die gegen tödliche Gefahren oder bleibende Gesundheitsschäden schützen sollen, so hat die Unternehmerin oder der Unternehmer eine Unterweisung mit Übungen durchzuführen (zum Beispiel bei Atemschutzgeräten).
  - 88 94 53 Einzelheiten zu persönlichen Schutzausrüstungen enthalten die DGUV Regeln 112-190 bis -199 sowie übergreifend das Merkblatt A 008 „Persönliche Schutzausrüstungen“ der BG RCI.

### 10.1 Atemschutz

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

- Fluchfiltergerät,
- Atemschutzmaske mit Gasfilter Typ B oder ABEK,
- Isoliergerät (zum Beispiel Pressluftatmer).

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

Atemschutzgeräte sind regelmäßig und nach Benutzung zu überprüfen.

- 111 Fluchfiltergeräte nach DIN 58647-7 dienen lediglich als Schutz bei niedriger Chlorkonzentration in der Raumluft, um im Fall von unerwartetem Chlorausstritt das sichere Verlassen des Raumes oder des Arbeitsbereiches zu ermöglichen. Sie sind nur für diesen Spezialfall gedacht und dürfen nicht als Arbeitsgeräte bei üblichen Tätigkeiten mit Chlorgasexposition genutzt werden. Fluchfiltergeräte können personenbezogen mitgeführt oder in ausreichender Menge an geeigneten Stellen vorgehalten werden.

- 108 Das Auswechseln von Druckgeräten mit Chlor als geplante Arbeit nach Betriebsanweisung darf nur unter Verwendung von Atemschutzgeräten (keine Fluchfiltergeräte) erfolgen. Für den Einsatz bei geplanten Tätigkeiten ist eine Vollmaske mit Gasfilter (nach DIN EN 14387) Typ B, Kennfarbe grau, oder Filter Typ ABEK, Kennfarben braun/grau/gelb/grün oder ein Isoliergerät mit Vollmaske 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 eines filtrierenden Atemschutzgerätes ist das Haltbarkeitsdatum des Filters 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 dabei zu beachten.

Eine Vollmaske mit Gas- oder Kombinationsfilter schützt die Atemwege vor schädlichen Einwirkungen bei geringen Chlorkonzentrationen bis 0,02 Vol.-% (400 × AGW 0,5 ppm = 200 ppm = 0,02 Vol.-%).

Eine Verwendung von Filtergeräten bei unbekannter Chlorkonzentration kann lebensgefährlich sein, da Chlor bei hoher Konzentration den Filter schnell durchdringen kann. Werden Gasfilter mit hohen Chlorkonzentrationen belastet, so kann sich zudem Phosgen im Filter bilden. Phosgen ist gefährlicher als Chlor – Vergiftungssymptome treten aber erst mit mehreren Stunden Verzögerung auf (siehe auch Hinweise in GEST 92/171 „Personal Protective Equipment in the Chlorine Industry“).

Bei höheren oder unbekanntenen Chlorkonzentrationen oder bei längerer Einwirkungsdauer muss ein von der Umgebungsluft unabhängiges Atemschutzgerät (Isoliergeräte, wie zum Beispiel Pressluftatmer) benutzt werden.

Isoliergeräte sind zusätzlich an geeigneten Stellen des Betriebs leicht zugänglich sowie gut sichtbar und gekennzeichnet bereitzuhalten, damit bei Chlorausbrüchen die Bekämpfung unabhängig von der umgebenden Atmosphäre erfolgen kann, siehe dazu auch Abschnitt 11.3.

- Die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) gibt vor, ob beim Tragen von Atemschutzgeräten Pflicht- oder Angebotsvorsorgen zu veranlassen oder anzubieten sind (siehe Abschnitt 9.4). Zu beachten ist hierbei auch die arbeitsmedizinische Regel (AMR) 14.2 „Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen“.

Für Detailinformationen beispielsweise zu Gefährdungsbeurteilungen, Unterweisungen, Erstellen von Betriebsanweisungen siehe auch die DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“.

## 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.

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

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

Chemikalienschutzanzüge für den Einsatz im Chlor sind üblicherweise mit Fluorkarbonkautschuk (FKM) oder chlorsulfoniertem Polyethylen (CSM) beschichtet.

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

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

- ⑤3 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

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat Maßnahmen zu treffen, die es den Beschäftigten bei unmittelbarer erheblicher Gefährdung ermöglichen, sich durch sofortiges Verlassen der Arbeitsplätze in Sicherheit zu bringen. Dazu gehören:

1. die rechtzeitige Alarmierung der Beschäftigten,
2. jederzeit benutzbare Fluchtwege und Notausgänge,
3. das Vorhandensein eines aktuellen Flucht- und Rettungsplans.

13

Es müssen Einrichtungen vorhanden sein, um im Brand- oder Schadensfall Hilfe anfordern zu können, zum Beispiel eine durch Telefon erreichbare, ständig besetzte Stelle. Kann bei Freisetzung von Gefahrstoffen, zum Beispiel durch Leckagen bei Behälterbruch oder Beschädigungen von Verpackungen, eine kurzzeitig hohe Exposition nicht ausgeschlossen werden oder besteht eine Gefährdung durch Hautkontakt, sind geeignete persönliche Schutzausrüstungen vorzuhalten. In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten sind Atemschutzgeräte für Flucht und Rettung bereit zu halten oder mit sich zu führen.

### 11.1 Persönliches Verhalten in Gefahrensituationen

Freigesetztes Chlor kann durch ein Warngerät angezeigt oder durch den typischen stechenden Chlorgeruch zuverlässig wahrgenommen werden.

Bei Chloraustritt sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Gefährdeten Betriebsbereich räumen, quer zur Windrichtung flüchten, Fluchtfiltergeräte verwenden (siehe Abschnitt 10.1).

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:  
Helferinnen und Helfer 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, zum Beispiel mit einem Unfallleitblatt. 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.

188

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

## 11.2.1 Interne Planung

Es sind Pläne für die Notfallmaßnahmen zu erstellen und an gut zugänglichen Stellen zur Verfügung zu stellen.

Aushänge (zum Beispiel als Alarmplan, Flucht- und Rettungsplan oder Brandschutzordnung) sollten folgende Mindestangaben enthalten:

1. Telefonnummern von Feuerwehr, Rettungsdienst, Arzt oder Ärztin, Krankenhaus, Krankentransport, Polizei,
2. Telefonnummern der Betriebsleitung, der Meisterin oder des Meisters und sonstiger verantwortlicher Personen,
3. Angaben zu Alarmsignalen, Sammelpplatz und Anwesenheitskontrolle der im Betrieb anwesenden Personen (einschließlich Beschäftigte von Fremdfirmen, Lieferanten, Besuchende), Abschalten von Energien, Benutzung von Flucht- und Rettungswegen, Brandbekämpfung.

Der Inhalt dieser Pläne muss unterwiesen werden und es sollten regelmäßige Übungen stattfinden.

- 74 Die Übungen beinhalten, wie Beschäftigte sich beim Freiwerden von Chlor (und anderer Gefahrstoffe), bei einem Brand oder in einem sonstigen Notfall in Sicherheit bringen oder gerettet werden können sowie das Zusammenspiel mit den externen Einsatzkräften. Die Häufigkeit der Notfallübungen ist in der Gefährdungsbeurteilung festzulegen.

Im Bereich von ortsfesten Druckanlagen für Chlor muss zum Beispiel ein Telefon oder Funkgerät oder ein Brandmelder beziehungsweise Gefahrenmelder schnell erreichbar sein.

Selbsttätig wirkende Einrichtungen zum Erkennen und Melden von störungsbedingter Freisetzung von Gasen müssen vorhanden sein, zum Beispiel Gaswarneinrichtungen mit Meldung an eine ständig besetzte Stelle, wie zum Beispiel eine Messwarte. Zu Not-Aus-Systemen siehe Abschnitt 8.1.

Es müssen Alarmierungsschwellen (siehe Abschnitt 4.4) festgelegt und angemessene Maßnahmen vorgesehen und im Alarmfall eingeleitet werden. Druckanlagen müssen ab einer im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegenden Gaskonzentration in den sicheren Zustand gebracht werden.

Auch Erste-Hilfe-Maßnahmen sind vorzusehen (siehe Kapitel 12).

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

Standort und Verfügbarkeit eines Bergungsbehälters sind vorab zu klären. Bei der Auslegung von Zugangswegen (von Straße zu Anlage) ist gegebenenfalls das Gewicht des vollen Bergebehälters mit Flurförderzeug zu berücksichtigen.

## 11.2.2 Planung mit Externen

Idealerweise werden zum Beispiel im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung mit vor allem Krankenhäusern, Hilfsorganisationen und Feuerwehr (Stichwort „Feuerwehrpläne“) Absprachen gehalten (sofern möglich unter Einbindung von Betriebsärztin oder -arzt), Abläufe geklärt und gemeinsame Übungen abgehalten.

Für das Verhalten der Einsatzkräfte sind stoffspezifische Informationen bereitzuhalten, die Angaben enthalten über Hinweise auf die besonderen Gefährdungen, Schutzmaßnahmen, um den Gefährdungen zu begegnen, die bei Bruch oder sonstiger Beschädigung der ortsbeweglichen Behälter zu ergreifenden Maßnahmen, die zu ergreifenden Maßnahmen und Hilfeleistungen, falls Personen mit dem gelagerten Gefahrstoff in Berührung kommen, die im Brandfall zu ergreifenden Maßnahmen, insbesondere die Mittel oder Gruppen von Mitteln, die zur Brandbekämpfung verwendet oder nicht verwendet werden dürfen sowie die zur Vermeidung von Umweltschäden zu ergreifenden Maßnahmen.

Es wird empfohlen, für Chlorausbrüche infolge von Transportunfällen die Kontaktdaten des Transport-Unfall-Informationssystem (TUIS) bereitzuhalten. Die passenden Telefonnummern sollten in den eigenen Alarmplan auf-

- 141) genommen werden. Eine Liste der Telefonnummern der TUIS-Leitstellen befindet sich auf der Homepage des Verbandes  
143) der chemischen Industrie e. V. (VCI) unter [www.tuis.org](http://www.tuis.org) und in Anhang 2 dieser Schrift.

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.

- 153) Bei Transportunfällen können zum ersten Eingreifen ERI-Cards abgerufen werden (Datenbank [www.ericards.net](http://www.ericards.net)). Die CEFIC-„Emergency Response Intervention Cards“ (ERI-Cards) 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.
- 151) Der technisch-wissenschaftliche Beirat der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. hat ein Merkblatt „Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Chlor“ 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, eventuell Gasschutzanzug) betreten werden (siehe Kapitel 10).

Wenn möglich den Druck im betroffenen Anlageteil verringern (zum Beispiel 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 (ohne Wärmeeintrag kommt diese ab circa 10 % Verdampfung des Behälterinhalts in der Regel nahezu zum Erliegen). 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).

- 175) Undichte Behälter mit flüssigem Chlor sollten – falls möglich – umgefüllt werden. Dazu gibt die Euro-Chlor-Schrift GEST 90/162 „Emergency Transfer of Liquid Chlorine“ Hinweise. Dies sollte ausschließlich durch entsprechend erfahrenes 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 Chlorklager 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:

- Durch rasche und intensive Korrosion wird das Leck und damit die Emission vergrößert.
- Durch den Wärmeeintrag durch das Wasser erhöht sich der Druck im Gefäß (und damit die Emission).

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

- 156) Einen Eindruck der Auswirkungen gibt das Informationsvideo des „Chlorine Institute“ zur Freisetzung von Chlor aus Behältern.

## 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 circa 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 Flüssigchlorlachen 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 (zum Beispiel Mittelschaum) oder durch Auflegen einer chlorbeständigen – idealerweise isolierenden – Folie (zum Beispiel PE-Luftpolsterfolien, PVC-Folien – ACHTUNG: **keine** Aluminium-bedampften 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 Chlornebel können mit einem Wassersprühnebel örtlich begrenzt und verdünnt werden (siehe Abschnitt 11.3). ACHTUNG: Es darf kein Wasser an die Leckagestelle gelangen!

## 11.5 Leckbekämpfung

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

Auf **keinen** Fall dürfen undichte oder provisorisch (im Notfall) abgedichtete ortsbewegliche Druckgefäße in ein mit Wasser gefülltes Gefäß (zum Beispiel Müllcontainer, Tonne, Schwimmbecken) 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 muss immer unter Aufsicht und von geschulten und unterwiesenen Personen durchgeführt werden. Unterstützung bietet das Transport-Unfall-Informations- und Hilfeleistungssystem (TUIS) – siehe 11.2.2 und Anhang 2.

Spezialausrüstung zum Abdichten von Leckagen an Chlorflaschen und -fässern im Ventillbereich 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 oder Schlauchschellenband gesichert (siehe Abbildung 25).

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



Abbildung 25: 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 (zum Beispiel 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 Notfallsrüstungen, bestehend aus einer aufschraubbaren und mit Ventil versehenen Notfallkappe, einem dazu passenden Schlüssel, Hammer, Dreikantschaber/Feile/Drahtbürste (zur Reinigung der Dichtfläche) und einer



Abbildung 26: Notfallset für Flaschen



Abbildung 27: Flasche mit Notfallkappe



Abbildung 28: Fass-Notfallkappe



Abbildung 29: Sicherheitsfass mit Deckel

dazu passenden Spezialdichtung erhältlich (siehe Abbildung 26). Nach Reinigung der Dichtfläche wird die Notfallkappe über das defekte Ventil geschraubt (siehe Abbildung 27). Dabei Herstelleranweisungen beachten. Solche Notfallsets sollten bei jeder Verwendung von Chlor in Flaschen vorgehalten werden. Außerdem sollte die Verwendung solcher Notfallausrüstungen regelmäßig geschult und geübt werden.

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 (siehe Abbildungen 28 und 29).

#### 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 ist dafür erforderlich. Ansonsten muss der Transport von mit Notfallkappen abgedichteten ortsbeweglichen Druckgefäßen (Flaschen und Druckfässer) in ADR-zugelassenen Bergungsbehältern erfolgen (siehe Abbildungen 30 und 31).

113



Abbildung 30: Flaschen-Bergungsbehälter



Abbildung 31: 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, zum Beispiel aufgrund von Korrosion des geborgenen Gebindes oder des Bergebehälters, den Entnahmevergang erheblich erschweren.

- ①④④ Eine Übersicht der in Deutschland vorhandenen Bergungsbehälter mit ihren Standorten steht auf der Homepage des Industriegaseverbandes e. V. (IGV) als Download bereit.

### 11.5.5 Umfüllen aus defekten Chlorkesselwagen

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

①④③ ①⑦⑤

## 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 arbeiten, müssen über die besonderen Gefahren und Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie über das Verhalten nach Arbeitsunfällen unterwiesen werden. Die von den Berufsgenossenschaften anerkannten Anleitungen zur Ersten Hilfe sind entsprechend dem jeweiligen Gefährdungsgrad an geeigneten Stellen auszuhängen.

Um wirksame Hilfe leisten zu können, sind im Vorfeld vorausschauende Absprachen zur Ersten Hilfe und potenziellen Spezialmaßnahmen zwischen Betrieb, betriebsärztlichen Dienst, Rettungsdienst und Krankenhaus notwendig (siehe auch Abschnitt 11.2).

50 86

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

Bei Verdacht auf eine Gefährdung durch Chlor müssen die Betroffenen den Gefahrenbereich verlassen oder 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 und zu tragen.

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

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

### 12.2 Generell

- Verletzte sofort unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich retten.
- 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.
- Augenärztliche Behandlung.

### 12.4 Atmung

- Bei Atemstillstand sofort Notruf!
- Mit Herzdruckmassage beginnen!
- Atemspende nur, wenn keine Eigengefährdung besteht, möglichst mit Atemhilfe (zum Beispiel Beatmungsbeutel), um Eigengefährdung durch Chlor zu vermeiden.
- In Absprache mit Betriebsmedizin Gabe von Glucocorticoid-Dosieraerosol.
- Ärztliche Behandlung.

## 12.5 Haut

- Benetzte/durchgaste Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort komplett ausziehen, dabei auf Selbstschutz achten.
- Haut mit viel Wasser spülen.
- Nach Kontakt mit unterkühltem flüssigen Gas Behandlung analog Erfrierungen.
- Wunden keimfrei bedecken.
- Ärztliche Behandlung.

## 13 Hinweise für die ärztliche Behandlung

- Es muss auf die Entstehung eines Lungenödems nach einer Latenzzeit von 24 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 Aktivkohle) eingeatmet worden sein, was ebenfalls für das Therapiemanagement von Bedeutung sein kann und bedacht werden muss.

<sup>(201)</sup> Die Euro-Chlor-Schrift HEALTH 11 „Chemical Health Hazards of chlor-alkali production“ enthält auch umfangreichere und mit vielen Hintergrundinformationen und Quellen versehene Informationen zur Behandlung von Verletzten durch Chlor.

<sup>(202)</sup> <sup>(152)</sup> Außerdem steht mit HEALTH 13 „Chlorine Acute Exposure Advice“ eine grafisch ausgearbeitete Vorgehensweise zur Behandlung akuter Chlorinhalationen in Krankenhäusern zur Verfügung.

## Anhang 1: Literaturverzeichnis

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

Von Technischen Regeln zu Verordnungen, Durchführungsanweisungen von Unfallverhütungsvorschriften (DGUV Vorschriften) und DGUV Regeln kann abgewichen werden, wenn in der Gefährdungsbeurteilung dokumentiert ist, dass die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

**Keine verbindlichen Rechtsnormen** sind 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 1700 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 bietet die Homepage der BG RCI unter [www.bgrci.de/praevention](http://www.bgrci.de/praevention) und [fachwissen.bgrci.de](http://www.bgrci.de/fachwissen).

Detailinformationen zu Schriften und Medien der BG RCI und Downloads von Schriften und Arbeitshilfen enthält das Mediencenter der BG RCI unter [mediencenter.bgrci.de](http://www.mediencenter.bgrci.de). Dort können auch Schriften bestellt werden.

Unfallverhütungsvorschriften, DGUV Regeln, DGUV Grundsätze und viele DGUV Informationen sind auf der Homepage der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter [publikationen.dguv.de](http://www.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
- 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
- 4a Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission
- 4b 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
- 5 Richtlinie 2008/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. September 2008 über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland

## 2 Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

**Bezugsquelle: Buchhandel**  
**Freier Download unter** [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de) (Gesetze und Verordnungen) beziehungsweise [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 ASR A1.8: Verkehrswege
- 12 ASR A2.2: Maßnahmen gegen Brände
- 13 ASR A2.3: Fluchtwege und Notausgänge
- 14 Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), insbesondere
- 15 TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung
- 16 TRBS 2141: Gefährdungen durch Dampf und Druck
- 17 TRBS 3145/TRGS 745: Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren
- 18 TRBS 3146/TRGS 746: Ortsfeste Druckanlagen für Gase
- 19 Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere
- 20 TRGS 201: Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- 21 TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- 22 TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt, Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen
- 23 TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
- 24 TRGS 407: Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung
- 25 TRGS 500: Schutzmaßnahmen
- 26 TRGS 509: Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter
- 27 TRGS 510: Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
- 28 TRGS 526: Laboratorien
- 29 TRGS 555: Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten
- 30 TRGS 600: Substitution
- 31 TRGS 720: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines
- 32 TRGS 721: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung
- 33 TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- 34 TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- 35 TRGS 800: Brandschutzmaßnahmen
- 36 TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- 37 Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV)
- 38 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) mit zugehörigen Verordnungen, insbesondere

- 39 Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV)
- 40 Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall- Verordnung – 12. BImSchV)
- 41 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)
- 42 Ortsbewegliche-Druckgeräte-Verordnung (ODV)
- 43 Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV)
- 44 Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)
- 45 Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)
- 46 Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- 47 Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz – MuSchG) mit zugehörigen Regeln des Ausschusses für Mutterschutz (AfMu-Regel), insbesondere  
– Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend: Gefährdungsbeurteilung, Regel des Ausschusses für Mutterschutz, Nr. MuSchR 10.1.01, 2023, Quelle: [www.bmfsfj.de](http://www.bmfsfj.de)
- 48 Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV)
- 49 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), Quelle: [www.bundesrat.de](http://www.bundesrat.de) 494/14

### 3 Unfallverhütungsvorschriften (DGUV Vorschriften), DGUV Regeln, DGUV Grundsätze, DGUV Informationen, Merkblätter und sonstige Schriften der Unfallversicherungsträger

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

- 50 DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- 51 Sicheres Arbeiten in Laboratorien (DGUV Information 213-850)
- 52 Merkblatt A 002: Gefahrgutbeauftragte (DGUV Information 213-050)
- 53 Merkblatt A 008: Persönliche Schutzausrüstungen
- 54 Merkblatt A 010: Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (DGUV Information 213-051)
- 55 Merkblatt A 013: Beförderung gefährlicher Güter (DGUV Information 213-052)
- 56 Merkblatt A 016: Gefährdungsbeurteilung – Sieben Schritte zum Ziel
- 57 Merkblatt A 017: Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog
- 58 Merkblatt A 017-1: Verantwortung der Führungskräfte im Arbeitsschutz – Gefährdungsorientierte Schlüsselfragen zum Merkblatt A 017
- 59 Merkblatt A 023: Hand- und Hautschutz
- 60 kurz & bündig KB 002: Hand- und Hautschutz
- 61 kurz & bündig KB 008: Gefahrgut im Pkw und Kleintransporter – Kleinmengen
- 62 kurz & bündig KB 011-1: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung
- 63 kurz & bündig KB 011-2: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe
- 64 kurz & bündig KB 017: Chemische Reaktionen und reaktive Chemikalien – Gefährdungen durch unkontrollierte Energiefreisetzung
- 65 kurz & bündig KB 023: Tätigkeiten mit Gefahrstoffen – Einführung, Grundpflichten, Gefährdungsbeurteilung
- 66 kurz & bündig KB 028-1: Brand- und Explosionsgefahren – Schutzmaßnahmen für sichere Tätigkeiten mit brennbaren Stoffen
- 67 Merkblatt M 004: Säuren und Laugen (DGUV Information 213-070)
- 68 Merkblatt M 017: Lösemittel (DGUV Information 213-072)
- 69 Merkblatt M 034: Sauerstoff (DGUV Information 213-073)
- 70 Merkblatt M 050: Tätigkeiten mit Gefahrstoffen – Informationen für Beschäftigte (DGUV Information 213-079)
- 71 Merkblatt M 053: Arbeitsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (DGUV Information 213-080)
- 72 Merkblatt M 060: Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun? (DGUV Information 213-082)
- 73 Merkblatt M 062: Lagerung von Gefahrstoffen (DGUV Information 213-084)
- 74 Merkblatt M 063: Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen (DGUV Information 213-085)
- 74 Merkblatt T 010: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen – Zugangs-, Positionierungs- und Rettungsverfahren (DGUV Information 213-055)
- 75 Merkblatt T 015: Befüllen und Entleeren von Transporttanks für Flüssigkeiten Eisenbahnkesselwagen, Tankfahrzeuge, Tankcontainer und Aufsetztanks
- 76 Merkblatt T 021: Gaswarneinrichtungen und –geräte für toxische Gase/Dämpfe und Sauerstoff – Einsatz und Betrieb (DGUV Information 213-056)
- 76 Merkblatt T 023: Gaswarneinrichtungen und –geräte für den Explosionsschutz – Einsatz und Betrieb (DGUV Information 213-057)

- 77 Merkblatt T 029: Füllen von Druckbehältern mit Gasen
- 78 Merkblatt T 032: Laborabzüge – Bauarten und sicherer Betrieb (DGUV Information 213-857)
- 79 Merkblatt T 034: Gefährdungsbeurteilung im Labor (DGUV Information 213-855)
- 80 Merkblatt T 055: Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- 81 Merkblatt T 058: Öffnen von Rohrleitungen
- 82 Sicherheitskurzgespräche, zum Beispiel
  - SKG 004: Umgang mit Druckgasflaschen im Labor
  - SKG 005: Umgang mit Druckgasflaschen im Betrieb
  - SKG 006: Umgang mit Druckgasflaschen in Betriebslagern
- 83 Praxishilfe-Ordner: Arbeitsschutz mit System  
Praxishilfe-Ordner: Aus Arbeitsunfällen lernen
- 84 GefDok light für die schnelle Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung (Layoutvorlagen im Excel-Format)
- 85 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](http://publikationen.dguv.de)**

- 86 DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- 87 DGUV Regel 107-001: Betrieb von Bädern
- 88 DGUV Regel 112-190: Benutzung von Atemschutzgeräten
- 89 DGUV Regel 112-191: Benutzung von Fuß- und Knieschutz
- 90 DGUV Regel 112-192: Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz
- 91 DGUV Regel 112-193: Benutzung von Kopfschutz
- 92 DGUV Regel 112-194: Benutzung von Gehörschutz
- 93 DGUV Regel 112-198: Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz
- 94 DGUV Regel 112-199: Benutzung von persönlichen Absturzsutzausrüstungen zum Retten
- 95 DGUV Regel 113-004: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen – Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- 96 DGUV Information 203-086: Chlorung von Trinkwasser
- 97 DGUV Information 207-018: Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen am Arbeitsplatz in Bäderbetrieben
- 98 DGUV Information 207-023: Prüfliste für Chlorungseinrichtungen unter Verwendung von Chlorgas und deren Aufstellungsräume in Bädern
- 99 DGUV Information 213-040: Gefahrstoffe bei der Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser
- 100 DGUV Grundsatz 313-003: Grundanforderungen an spezifische Fortbildungsmaßnahmen als Bestandteil der Fachkunde zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- 101 FBWoGes-004: Die Gefahr eines Chlorgasaustrittes bei einem Flaschenwechsel in Bäderbetrieben
- 102 DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen (2. Auflage)

## 4 Normen

**Bezugsquelle: DIN Media GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin; [www.dinmedia.de](http://www.dinmedia.de)**

- 103 DIN EN 937:2016-09: Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Chlor
- 104 DIN EN 1089-3:2011-10: Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung (ausgenommen Flüssiggas (LPG)) – Teil 3: Farbcodierung
- 105 DIN EN ISO 10297:2024-11: Gasflaschen – Flaschenventile – Spezifikation und Baumusterprüfungen
- 106 DIN EN ISO 11114-1:2024-01: Gasflaschen – Verträglichkeit von Werkstoffen für Gasflaschen und Ventile mit den in Berührung kommenden Gasen – Teil 1: Metallische Werkstoffe
- 107 DIN EN ISO 11114-2:2022-02: Gasflaschen – Verträglichkeit von Werkstoffen für Gasflaschen und Ventile mit den in Berührung kommenden Gasen – Teil 2: Nichtmetallische Werkstoffe
- 108 DIN EN 13099:2004-03: Ortsbewegliche Gasflaschen – Bedingungen für das Füllen von Gasgemischen in Gefäße
- 109 DIN EN 14387:2021-07: Atemschutzgeräte – Gasfilter und Kombinationsfilter – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung
- 110 DIN EN 14470-2:2006-11: Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke – Teil 2: Sicherheitsschränke für Druckgasflaschen
- 111 DIN 19606:2020-01: Chlorgasdosieranlagen zur Wasseraufbereitung – Technische Anforderungen an den Anlagenaufbau und Betrieb
- 112 DIN 58647-7:1997-12: Atemschutzgeräte für Selbstrettung – Teil 7: Fluchtfiltergeräte; Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung

## 5 Andere Schriften und Medien

**Bezugsquelle: Buchhandel**

- 113 Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR); deutscher Titel: Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, [unece.org](http://unece.org)
- 114 Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID); deutscher Titel: Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter, [otif.org](http://otif.org)
- 115 International Air Transport Association – Dangerous Goods Regulations (IATA-DGR); deutscher Titel: IATA-Gefahrgutvorschriften
- 116 International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG-Code); deutscher Titel: Internationaler Code für die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen, International Maritime Organization (IMO), [www.imo.org](http://www.imo.org)

- 117 Archiv des Badewesens, Ausgabe 10-2012, bearbeitet von Klatte, Csontos, herausgegeben von der FIGAWA e. V. „Sicherer Umgang mit Chlorgas“
- 118 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

- 119 GisChem – Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und der BGHM unter [www.gischem.de](http://www.gischem.de), mit verschiedenen Modulen, zum Beispiel „GisChem-Interaktiv“ zur Erstellung eigener Betriebsanweisungen, „Gefahrstoffverzeichnis“, ...
- 120 GESTIS – Gefahrstoffinformationssystem der DGUV, [www.dguv.de/ifa/GESTIS](http://www.dguv.de/ifa/GESTIS)
- 121 Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa)
- 122 Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) Sektion Chemie, [www.issa.int/de/prevention-chemistry](http://www.issa.int/de/prevention-chemistry)
- 123 – ISSA-01: Das PAAG-/HAZOP-Verfahren und weitere praxisbewährte Methoden, Risikobeurteilung in der Anlagensicherheit (Bezug über [mediocenter.bgrci.de](http://mediocenter.bgrci.de))
- 124 – Sicherheitsunterweisung: Wechsel von Chlorgasflaschen (Download über [www.ivss-chemie.de](http://www.ivss-chemie.de) → Medien)
- 125 Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), [lasi-info.com](http://lasi-info.com) → Publikationen, insbesondere
- 126 – LV 35: Leitlinien zur Betriebssicherheitsverordnung
- 127 Kommission für Anlagensicherheit (KAS) beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, [www.kas-bmu.de](http://www.kas-bmu.de)
- 128 – Bericht KAS-1: Sicherheitsrelevante Teile eines Betriebsbereiches und Richtwerte für sicherheitsrelevante Anlagenteile
- 129 – Leitfaden KAS-18: Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung → Umsetzung § 50 BImSchG
- 130 – Merkblatt KAS-39: Ereignisse mit Chlorgas insbesondere in Schwimmbädern
- 131 – Leitfaden KAS-51: Maßnahmen gegen Eingriffe Unbefugter
- 132 – Bericht SFK-GS-28: Konzept zur Begründung der Konzentrationsleitwerte im Störfall des Arbeitskreises Schadstoffe (Luft) der SFK
- 133 – Bericht TAA-GS-08: Abschlussbericht Arbeitskreis Lagerung gemäß Nr. 9.34 und 9.35 des Anhangs zur 4. BImSchV – Teil 1: Sehr giftige/giftige Stoffe und Zubereitungen
- 134 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)  
– „Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung vom März 2004“
- 135 Umweltbundesamt [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)
- 136 – Störfallbeurteilungswerte AEGL (über Suchfunktion „AEGL“ → Literatur)
- 137 – Rigoletto – online-Datenbank des Umweltbundesamtes mit allen bisher in eine Wassergefährdungskategorie oder als nicht-wassergefährdend eingestuften Stoffen, [webriigoletto.uba.de/rigoletto/](http://webriigoletto.uba.de/rigoletto/)
- 138 Europäische Chemikalienagentur (ECHA), [echa.europa.eu](http://echa.europa.eu)
- 139 – 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, [chem.echa.europa.eu](http://chem.echa.europa.eu)
- 140 Deutsches Institut für Bautechnik [www.dibt.de](http://www.dibt.de) – Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL)
- 141 Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI): [www.vci.de](http://www.vci.de)
- 142 – Broschüre: Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen in verfahrenstechnischen Anlagen
- 143 Transport-Unfall-Informationssystem (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) → siehe Anhang 2
- 144 Industriegaseverband e. V. (IGV), [industriegaseverband.de](http://industriegaseverband.de)
- 145 Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS), [www.dakks.de](http://www.dakks.de)
- 146 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, [www.bam.de](http://www.bam.de)
- 147 Bundesverband der Messstellen für Umwelt- und Arbeitsschutz e. V. (BUA), [www.bua-verband.de/ gefahrstoffmessungen/](http://www.bua-verband.de/ gefahrstoffmessungen/)
- 148 figawa e. V., [figawa.org/](http://figawa.org/) – Positionspapier zur Sicherung eines Restdrucks in Chlorgasbehältern – Prüfliste „Chlorungsanlagen unter Verwendung von Chlorgas nach DIN 19606“
- 149 Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. (DECHEMA e. V.), [www.dechema.de](http://www.dechema.de)
- 150 – Statuspapier: Auswirkungsbetrachtungen bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzungen in der Prozessindustrie, Methodenübersicht und industrielle Anwendung
- 151 Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb e. V.), [www.vfdb.de](http://www.vfdb.de), insbesondere  
– Merkblatt MB 10-05: Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Chlorgas
- 152 BASF SE, medizinische Leitlinien bei akuter Einwirkung von Chlor – gestaffelt nach Ersthelfer, Notfallsanitäter/Notärzte/Ärzte vor Ort, Ärzte in Krankenhäusern, Patienten; [medicalguidelines.basf.com/downloads](http://medicalguidelines.basf.com/downloads) → Chlor
- 153 CEFIC-Emergency Response Intervention Cards Datenbank, [www.ericards.net](http://www.ericards.net)
- 154 The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), IDLH-Werte unter [www.cdc.gov/niosh/idlh/](http://www.cdc.gov/niosh/idlh/)
- 155 American Industrial Hygiene Association, [www.aiha.org](http://www.aiha.org), ERPG-Werte unter [www.aiha.org/get-involved/aiha-guideline-foundation/erpgs](http://www.aiha.org/get-involved/aiha-guideline-foundation/erpgs)
- 156 The Chlorine Institute, [www.chlorineinstitute.org](http://www.chlorineinstitute.org), insbesondere – Informationsvideo [www.chlorineinstitute.org/jrc12-video-jack-rabbit-chlorine-properties](http://www.chlorineinstitute.org/jrc12-video-jack-rabbit-chlorine-properties)

## 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.

- 157 Verband Euro Chlor, [www.eurochlor.org](http://www.eurochlor.org)
- 158 ANALYTICAL 8: Determination of Chlorine in Workplace Air
- 159 ANALYTICAL 13: Determination of Moisture in Dry Gaseous Chlorine
- 160 GEST 73/17: Storage of Liquid Chlorine
- 161 GEST 73/25: Transfer of Dry Chlorine by Piping Systems
- 162 GEST 75/43: Flexible Steel Pipes and Flexible High Nickel Alloys Hoses for the Transfer of Dry Gaseous or Liquid Chlorine
- 163 GEST 75/47: Design and Operation of Chlorine Vaporisers
- 164 GEST 76/52: Equipment for the Treatment of Gaseous Effluents Containing Chlorine
- 165 GEST 76/55: Maximum Levels of Nitrogen Trichloride in Liquid Chlorine
- 166 GEST 78/73: Design Principles and Operational Procedures for Loading/Off-Loading Liquid Chlorine Road Rail Tankers and Iso-Containers
- 167 GEST 79/79: Transfer of Liquid Chlorine by Padding with a Chlorine Compressor
- 168 GEST 79/82: Materials of Construction for Use in Contact with Chlorine
- 169 GEST 80/84: Commissioning and Decommissioning of Installations for Dry Chlorine Gas and Liquid
- 171 GEST 83/119: Seal-less Pumps for Use with Liquid Chlorine
- 172 GEST 87/130: Possible Hazard for Chlorine Plants and their Proposed Mitigations
- 173 GEST 87/133: Overpressure Relief of Liquid Chlorine Installations
- 174 GEST 88/138: Small Chlorine Packages Construction, Filling and Handling
- 175 GEST 90/162: Emergency Transfer of Liquid Chlorine
- 176 GEST 91/168-00: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Introduction
- 177 GEST 91/168-01: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Basic Properties
- 178 GEST 91/168-02: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Optical Properties
- 179 GEST 91/168-03: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Electric and Magnetic Properties
- 180 GEST 91/168-04: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Density and Specific Volume
- 181 GEST 91/168-05: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Mechanical Properties
- 182 GEST 91/168-06: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Thermodynamic Properties
- 183 GEST 91/168-07: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Physico-chemical Properties
- 184 GEST 91/168-08: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – The Chlorine ion and Electrochemical Properties
- 185 GEST 91/168-09: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Safety
- 186 GEST 91/168-10: Physical, Thermodynamic and Selected Chemical Properties of Chlorine – Environmental Protection
- 187 GEST 92/171: Personal Protective Equipment in the Chlorine Industry
- 188 GEST 93/179: Emergency Intervention in Case of Chlorine Leaks
- 189 GEST 94/211: Code of Practice for Sampling Liquid Chlorine
- 190 GEST 94/213: Guidelines for the Selection and the Use of Fixed Chlorine Detection Systems in Production Units
- 191 GEST 94/216: Gaskets Selection for the Use in Liquid Chlorine and Dry or Wet Chlorine Gas Service
- 192 GEST 05/316: Guideline for Site Security of Chlorine Production Facilities
- 193 GEST 06/317: The Chlorine Reference Manual
- 194 GEST 08/360: Design and Operation of Chlorine Liquefaction Units
- 195 GEST 10/361: Dry Chlorine Gas Compressors
- 196 GEST 10/362: Corrosion Behaviour of Carbon Steel in Wet and Dry Chlorine
- 197 GEST 17/490: Hydrogen in Chlorine Safety
- 198 GEST 17/492: Specifications and Approval Procedure for Valves to be Used in Liquid Chlorine or Dry Chlorine Gas
- 199 GEST 17/493: Design & Construction of Containers for Bulk Transport of Liquid Chlorine
- 200 GEST 21/506: Attention Points for Valves Used in Wet Chlorine Gas Applications
- 201 HEALTH 11: Chemical Health Hazards of chlor-alkali production
- 202 HEALTH 13: Chlorine Acute Exposure Advice
- 203 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-Informationssystem (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 Ventillbereich und in der Behälterwand sowie Bergebehälter und komplette Sets mit Sicherheitszubehör werden von Firmen vorgehalten, die an TUIS beteiligt sind.

Derzeit existieren 13 rund um die Uhr erreichbare Notfallzentralen:

- BASF SE, Ludwigshafen +49 (621) 6043333
- BASF Coatings GmbH, Münster +49 (2501) 143227
- BASF Schwarzheide GmbH, Schwarzheide +49 (35752) 62112
- Bayer AG, Berlin +49 (30) 46814208
- Currenta GmbH & Co. OHG, Leverkusen +49 (214) 260599300
- Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH, Stade +49 (4141) 3679
- Evonik Operations GmbH, Chemiepark Marl +49 (2365) 492232
- Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf +49 (211) 7973350
- InfraLeuna GmbH, Leuna +49 (3461) 434333
- Infracor GmbH & Co. Gendorf KG, Burgkirchen an der Alz +49 (8679) 72222
- Infracor 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 und wer für bestimmte Stoffe sachkundig ist, kann direkt über die TUIS-Datenbank ([www.tuis.org](http://www.tuis.org)) ermittelt werden. Dazu in die Suchfelder die Postleitzahl des Unfallortes und/oder die UN-Nummer des verunglückten Stoffes eingeben. Es können auch ein Ortsname und/oder ein Stoffname eingegeben werden.

## Anhang 3: 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 10, 11, 13 und 14:  
Orbia Polymer Solutions (Vestolit)

Abbildungen 2, 3, 8, 15 und 26:  
Nobian GmbH

Abbildung 4:  
Lülsdorf Functional Solutions GmbH

Abbildung 6:  
Georg Csontos, Xylem Water Solutions Deutschland GmbH

Abbildungen 9, 12, 16, 17, 18, 25, 26, 27, 30 und 31:  
GHC GERLING, HOLZ & CO. Handels GmbH

Abbildung 16:  
Prof. Karsten Wilke, Hochschule Darmstadt

Abbildungen 19 und 21:  
VTG Aktiengesellschaft

Abbildung 22:  
BASF SE

Abbildungen 28:  
InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG  
Werkfeuerwehr Chemiepark GENDORF

Abbildungen 29:  
PLATTNER Schweißtechnik und Gase GmbH

**Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40

10117 Berlin

Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)

E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)

Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

