

Positionspapier zur Sicherung eines Restdrucks in Chlorgasbehältern

der Verbände

***Bundesverband der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. (figawa) und
Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e.V. (DGf dB)***

*Dieses Positionspapier wurde inhaltlich durch den Arbeitskreis „Chlor- und
Chlorverbindungen“ der figawa sowie dem Arbeitskreis „Wasseraufbereitung“ der DGf dB
erstellt.*

Einleitung

Die neue DIN 19606:2020-01 „Chlorgasdosieranlagen zur Wasseraufbereitung – Technische Anforderungen an den Anlagenaufbau und Betrieb“ verweist optional auf eine Restdrucksicherung. Die zuständigen Fachverbände (figawa und DGf dB) erreichen vermehrt Anfragen nach Erläuterungen und Handlungsempfehlungen. Dieses Positionspapier soll Anwendern helfen, die normativen und technischen Anwendungen besser zu verstehen und einen rechtsicheren Betrieb zu gewährleisten.

Die Überarbeitung der DIN 19606 erfolgte durch Experten in einem Arbeitskreis unter dem zuständigen Normungsausschuss 119-07-13 "Aufbereitungsstoffe und -anlagen". Dabei waren alle interessierten Kreise wie Chlorgaslieferanten, Geräte-Hersteller, Planer, Anwender und Betreiber, Sachverständige, Verbände, Behörden und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung in die Überarbeitung eingebunden. Die Normungsarbeit wurde zudem von der Kommission für Arbeitsschutz und Normung (KAN) begleitet und somit der besonderen Bedeutung des Arbeitsschutzes unter Beachtung der verschiedenen Regelwerke Rechnung getragen.

Die DIN 19606 beschreibt technische Anforderungen für die Chlorgasdosierung, die zum sicheren Anlagenaufbau und Betrieb notwendig sind. Eine sorgfältige Planung und sichere Funktionsweise der Anlagen und Komponenten sollen einen störungsfreien Betrieb sicher zu stellen.

Als allgemein anerkannter Stand der Technik hat sich der Betrieb von Chlorgasanlagen als sogenannte Vollvakuumanlage etabliert. Dabei wird ab dem Vakuumregler die nachfolgende Anlage im Unterdruck betrieben. Hierbei steht vom Vakuumregler bis zum Injektor ein definierter Unterdruck an, was im Falle eines Defekts oder einer Leckage das Austreten von Chlorgas sicher verhindert, in dem Luft in das System eingesaugt wird.

Dies bedeutet nicht, dass der Chlorgasbehälter durch das Vakuum leergesaugt werden kann. Es verbleibt immer eine Restmenge in den Chlorgasbehältern und im Anschlussbereich (Anhang 1).

Diese Anlagenkonfiguration stellt einen deutlichen Sicherheitsgewinn gegenüber der Entnahme mit Druckleitungen dar und wurde bereits im Jahre 2006 so in die Norm aufgenommen.

Das Eindringen von Feuchtigkeit sowie von Fremdstoffen in Chlorgasanlagen und insbesondere in Chlorgasbehälter muss vermieden werden, da Feuchtigkeit zu Korrosionsschäden und Funktionsbeeinträchtigungen – bis hin zu einem Chlorgasaustritt oder Chlorgasausbruch – führen kann.

Mit zunehmender Entleerung des Chlorgasbehälters ist es möglich, dass sich der Unterdruck bis in den entleerten Behälter fortsetzen kann. Wenn dann zusätzlich bei einem Wechsel des Druckbehälters das Chlorgasbehälterventil nicht dicht geschlossen wird, können Umgebungsluft mit der darin enthaltenen Feuchtigkeit und Verunreinigungen in das Behälterinnere gelangen. Dies kann durch eine Restdrucksicherung verhindert werden.

Die Norm DIN 19606 schreibt zur Restdrucksicherung:

Kapitel 4.3.3 Restdrucksicherung (Option)

Die Sicherung eines Überdruckes größer 1 bar_{abs} im Chlorgasbehälter kann durch organisatorische oder technische Maßnahmen (Restdrucksicherung) das Eindringen von Fremdstoffen (z. B. feuchte Luft) verhindern (gemäß TRGS 745). Eine Anzeige des Restdrucks im Chlorgasbehälter über das Druckmessgerät [Bilder 1 bis 3 (4b)] ist nicht möglich.

Der Arbeitskreis hatte sich entschieden, diese Vorgabe als Option aufzunehmen, um den Betreibern die Möglichkeit einer Übergangsphase zur organisatorischen oder technischen Anpassung einzuräumen.

Mit der nächsten Überarbeitung sollte diese Forderung aber verpflichtend aufgenommen werden, da es sich um eine staatliche Vorgabe aus der TRBS 3145 / TRGS 745 (Technische Regeln für Betriebssicherheit/Gefahrstoffe) „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“ zur Erhöhung der Sicherheit handelt. So fordern auch die meisten Hersteller und Abfüller von Chlorgas bereits gemäß ihrer Herstellervorgaben, dass Chlorgasbehälter mit einem Überdruck von größer 1 bar_{abs} zurückgegeben werden müssen.

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit/Gefahrstoffe (TRBS/TRGS) werden vom Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) und dem Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) erstellt und durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt veröffentlicht. Diese TRBS/TRGS konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs (gilt für die Vermeidung von und für den Schutz vor Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gasen in

ortsbeweglichen Druckgasbehältern) die Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung und der Gefahrstoffverordnung. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind.

Die TRBS 3145/TRGS 745 schreibt zum Restdruck beim Verwenden (Betrieb) von Druckgasbehältern:

4.5.1 Allgemeine Maßnahmen

„(5) Druckgasbehälter dürfen nur so entleert werden, dass ein Rückströmen von Fremdstoffen in die Druckgasbehälter verhindert wird. Das Eindringen von Fremdstoffen kann z. B. dadurch verhindert werden, dass noch ein Überdruck (Restdruck) im entleerten Druckgasbehälter verbleibt.“

Weiter schreibt die TRBS 3145/TRGS 745 für das Befüllen im Abfüllbetrieb:

4.3 Füllen von ortsbeweglichen Druckgasbehältern

4.3.3 Maßnahmen zur Vermeidung von Gas- bzw. Stoffunverträglichkeiten

(2) Zur Vermeidung von Korrosionsschäden muss sichergestellt werden, dass in ortsbeweglichen Druckgasbehältern keine Flüssigkeit in solcher Menge enthalten ist, dass sie gefährliche Korrosion auslösen kann. Es ist daher Folgendes einzuhalten:

1. [...]

2. Bei ortsbeweglichen Druckgasbehältern für oxidierende Gase und für solche Gase, an die hinsichtlich des Taupunktes Anforderungen gestellt werden, ist durch geeignete Maßnahmen (z. B. Aufheizen, Entleeren, Evakuieren, Wiegen) oder technische Einrichtungen (z. B. Restdruckventile) sicherzustellen, dass die ortsbeweglichen Druckgasbehälter vor dem Wiederbefüllen keine Flüssigkeitsmengen enthalten, die gefährliche Korrosion auslösen können.

Ein restloses Entleeren der Chlorgasbehälter ist gemäß TRGS ausschließlich vor dem direkten Wiederbefüllen zulässig, um das Vorhandensein von Flüssigkeitsresten zuverlässig auszuschließen. Die aktuelle DIN 19606 setzt diese Vorgaben um und lässt sowohl die technische Maßnahme Restdrucksicherung als auch organisatorische Maßnahmen zu.

Organisatorische Maßnahmen

Hierbei ist zu beachten, dass die manuelle Druckmessung am Vakuumregler für die Bestimmung des Restdrucks wenig geeignet ist, da der Druck im Wesentlichen eine Funktion der Temperatur und nicht der Füllmenge ist. In einem nur sehr kurzen Zeitfenster vor der vollständigen Entleerung des Chlorgasbehälters sinkt der Druck deutlich ab und ist eher eine zuverlässige Leeranzeige.

Das Wiegen eines Chlorbehälters ist eine zuverlässige Methode, um den Füllstand zu ermitteln. Solange noch eine nennenswerte Chlormenge im Behälter vorhanden ist, liegt auch ein Überdruck im Behälter vor. Die Chlorentnahme aus den Behältern erfolgt jedoch in der Regel diskontinuierlich in Abhängigkeit des jeweiligen Bedarfs. Ein rechtzeitiges Schließen des Chlorgasbehälterventils müsste jedoch auch in den Nachtstunden bei Abwesenheit des Personals realisiert werden. Organisatorische und manuelle Methoden, d. h. nicht vollständig automatisierte Methoden, sind somit ungeeignet, um eine Restdrucksicherung zu jedem Zeitpunkt sicherzustellen.

Restdrucksicherung

Als automatische Lösung hat die Restdrucksicherung genau dort ihre Vorteile. In Strömungsrichtung zwischen Behälteranschlussverschraubung und Vakuumregelventil befindet sich ein Ventil. Durch eine Feder wird ein Gegendruck erzeugt, sodass sich beispielsweise bei einem Kugelventil die Kugel erst ab einem definierten Öffnungsüberdruck aus dem Sitz bewegt, und das Chlorgas nun aus dem Behälter zum Vakuumregler strömen kann.

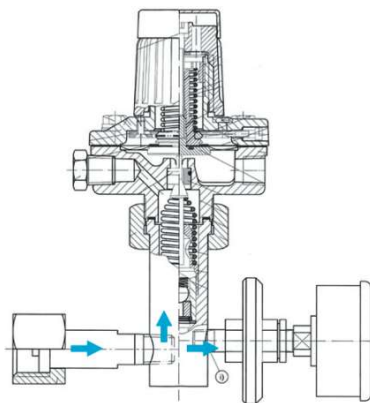


Bild 1 Vakuumregler mit RDS (Evoqua)
federbelastetes Kugelventil im Einlassbereich
nach Manometer

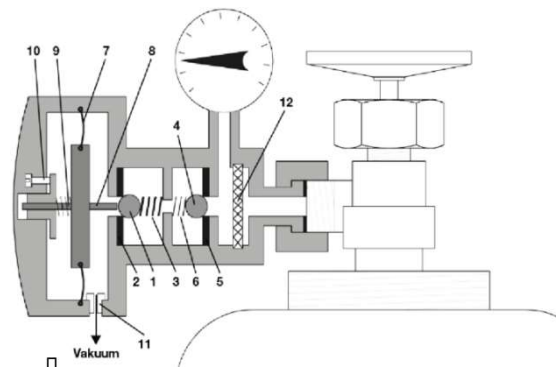


Bild 2 Vakuumregler mit RDS (Lutz-Jesco)
Im Einlassventil ist ein federbelastetes Kugelventil integriert, das gegen die Strömungsrichtung des Chlors gerichtet ist. Ein geringer Behälterüberdruck ist nicht in der Lage, die Kugel ④ gegen die Feder ⑥ vom Ventilsitz ⑤ abzuheben. Der Restüberdruck in dem Chlorgasbehälter wird von der Feder ⑥ bestimmt. Serienmäßig ist das System auf ca. 1,1 bar eingestellt.

Bei der technischen Restdrucksicherung handelt es sich um eine etablierte Technik, die seit 1985 in Chlorgasgeräte (Vakuumregler) integriert wird. Seit 1997 ist die Restdrucksicherung in die Ö-Norm 5879-1 „Chlorgas-Anlagen“ aufgenommen und stellt damit seit über 25 Jahren die allgemein anerkannte Regel der Technik dar.

Alternativ können auch automatisch betätigte Behälterventile, elektrisch oder pneumatische Antriebe eingesetzt werden, die bei Unterschreitung eines minimalen Drucks im Chlorgasbehälter automatisch das Behälterventil drehmomentgesteuert oder direkt am Anschluss verschließen. Voraussetzung ist, dass ein Manometer mit elektronischer Kontaktgabe zur Signalisierung des Minimaldrucks zum Auslösen verwendet wird.

Was gilt es beim Verwenden einer Restdrucksicherung zu beachten?

Bei der Sicherung eines Restdrucks könnte ein geringfügig größeres Chlorvolumen durch den Überdruck von mindestens 1 bar_{abs} zwischen Behälterventil und Restdruckventil bei einem Behälterwechsel im Vergleich zu einer Anlage ohne Restdrucksicherung freigesetzt werden (Bilder mit gekennzeichnetem Bereich einfügen):

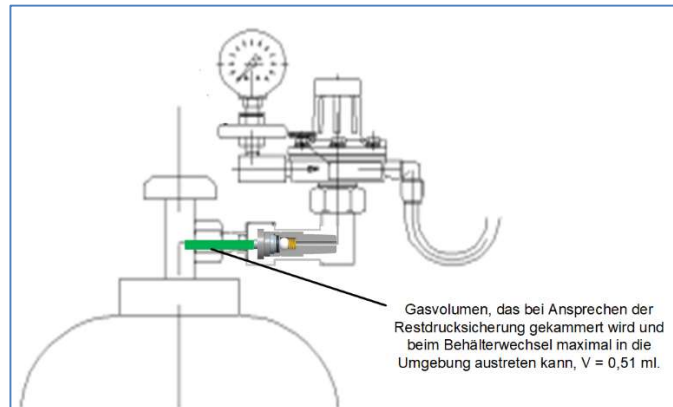
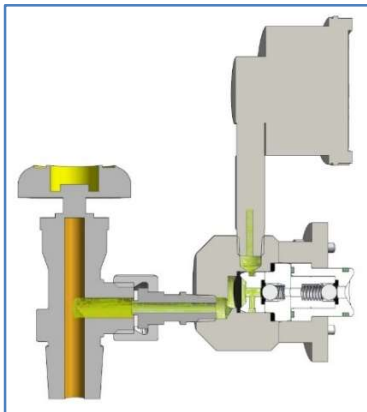


Bild 3 / 4 gelb/grün markierte Bereiche enthalten Chlorgas mit Restdruck

Durch die Hersteller wurden die Bauteile so weit optimiert, dass dieses Volumen so gering wie möglich ausfällt. Eine beispielhafte Berechnung der Menge an austretendem Chlorgas ist als Anlage 2 angefügt. Diese Berechnung zeigt, dass eine Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes im Gefahrenbereich gemäß TRGS 745 beim Chlorgasbehälterwechsel nicht zu erwarten ist.

Anlagendokumentation und Gefährdungsbeurteilung

Mit dem Einbau einer Restdrucksicherung wird die Chlorungsanlage verändert, dadurch ergibt sich die Notwendigkeit der Überprüfung der vorhandenen Orts- und Anlagenbezogenen Gefährdungsbeurteilung. Siehe dazu z. B. TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ sowie TRGS 420 „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition“. Alle relevanten Gefährdungen müssen bereits in der Gefährdungsbeurteilung enthalten sein. Als Ergänzung der Gefährdungsbeurteilung kann beispielsweise die Berechnung des Geräteherstellers lt. Anlage 2 herangezogen werden und in die Gefährdungsbeurteilung als Maßnahme abgeheftet werden. Ein weiterer Handlungsbedarf für den Betreiber darüber hinaus ergibt sich nicht.

Persönliche Schutzausrüstung

Durch die Verwendung einer Restdrucksicherung kommt es zu keiner relevanten Erhöhung der Exposition, sind auch keine negativen Auswirkungen auf die Nutzbarkeit und Standzeit der Atemschutzfiltern B2 (auch B2P2) gegeben.

Das verpflichtende Tragen von Atemschutzgeräten bleibt unverändert eine präventive Schutzmaßnahme beim Chlorgasbehälterwechsel.

Minimierung von Gefährdungen

Besteht ein Widerspruch zum Minimierungsgebot der Gefahrstoffverordnung (§ 7 (4))?

In der Gefahrstoffverordnung § 7 (4) wird ausgeführt:

(4) Der Arbeitgeber hat Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auszuschließen. Ist dies nicht möglich, hat er sie auf ein Minimum zu reduzieren.

Weiter wird im gleichen Paragrafen unter (8) ausgeführt:

(8) Der Arbeitgeber stellt sicher, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden. Er hat die Einhaltung durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Methoden zur Ermittlung der Exposition zu überprüfen. Ermittlungen sind auch durchzuführen, wenn sich die Bedingungen ändern, welche die Exposition der Beschäftigten beeinflussen können.

Die Berechnung nach o. g. TRBS/TRGS wie beispielhaft in Anlage 2 dargestellt, kann die Arbeitsplatzmessung als andere geeignete Methode ersetzen. Weiter wird in der TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ unter Punkt 2 „Anwendung von Arbeitsplatzgrenzwerten und Erläuterungen“ sowie unter 2.1 „Allgemeines“ folgendes ausgeführt:

Das Einhalten der Arbeitsplatzgrenzwerte dient dem Schutz der Gesundheit von Beschäftigten vor einer Gefährdung durch das Einatmen von Stoffen.

Daraus lässt sich Schlussfolgern, dass erst nach Überschreiten der Arbeitsplatzgrenzwerte eine Gefährdung der Gesundheit zu befürchten ist. Ein gänzlicher Ausschluss der Exposition gegenüber Gefahrstoffen wird hier nicht verlangt. Das Minimierungsgebot im Sinne der GefStoffV bezieht sich damit ausschließlich auf die Gefährdung der Gesundheit, die bei Einhaltung der Arbeitsgrenzwerte sicher verhindert wird.

Untersuchungen / Nachweise

Zusätzlich zu den detaillierten Berechnungen lt. Anlage 2 bei denen die maximal freiwerdenden Mengen berechnet wurden belegen Praxistests, dass keine Gefährdung durch freiwerdendes Chlorgas gegeben ist. Ein großer Bäderbetrieb in Deutschland hat mittels Videodokumentation die Chlorgasfreisetzung mit und ohne Restdrucksicherung an Vakuumreglern von Evoqua in Tests untersucht. Dabei wurde ein Chlorgasbehälterwechsel simuliert und beim Lösen der Anschlussmutter am Behälterventil und dann direkt am Ventileingang sowie am Eingang des Vakuumreglers mittels Ammoniaklösung die freiwerdende Menge visualisiert. Die weiße Nebelbildung war äußerst geringfügig und es konnte kein Unterschied zwischen den Geräten mit und ohne Restdrucksicherung nachgewiesen werden. Diese Tests wurden mehrfach wiederholt (Link einfügen)

In gleicher Weise wurde ebenfalls mittels Videodokumentation von einem Serviceunternehmen die Untersuchung an Geräten von Lutz-Jesco durchgeführt. Dabei konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen Geräten mit und ohne Restdrucksicherung nachgewiesen werden. Der Test wurde ebenfalls an einem Drucksicherheitsventil (Chlorstop) durchgeführt, wo ebenso eine vergleichsweise geringe Chlorgasfreisetzung erfolgte (Link einfügen).

Fazit

Die Sicherung eines Restdrucks in Chlorgasbehältern bei der Entnahme hat sich als Stand der Technik in mehr als 35 Jahren bewährt und ist in Österreich bereits 1997 auch als allgemein anerkannte Regel der Technik (a. a. R. d. T.) eingeführt. In Deutschland ist durch die Novellierung der DIN 19606 im Januar 2020 nach einer 4-jährigen Überarbeitungszeit ebenfalls von der Mehrheit der Fachleute des Arbeitskreises die Restdrucksicherung anerkannt worden.

Der Einsatz einer Restdrucksicherung erhöht keine Gefährdungen und schützt die Chlorgasbehälter. Sie entspricht der Gefahrstoffverordnung, dem staatlichen Regelwerk, insbesondere TRBS/TRGS 3145/745 und der a. a. R. d. T. der DIN 19606. Eine schrittweise Umsetzung einer technischen Lösung kann empfohlen werden, aber auch organisatorische Möglichkeiten können angewandt werden. Gefährdungen und kritische Sichtweisen konnten durch Untersuchungen sowie intensivem Austausch von Fachleuten in den Fachverbänden ausgeräumt werden.



Volker Meyer
Hauptgeschäftsführer
figawa e.V.



Christian Mankel
Geschäftsführer
DGfDB e.V.

Der **Bundesverband Firmen im Gas- und Wasserfach (figawa e.V.)** hat den Zweck, Technik und Wissenschaft im Gas- und Wasserfach zu fördern. Zu seinen Aufgaben gehören:

- die Sammlung und Verwertung der technischen Erkenntnisse der Wissenschaft und der Erfahrungen der Praxis,
- die Mitwirkung bei der technischen Verbesserung der erforderlichen Einrichtungen und Betriebsmittel für die Erzeugung und Gewinnung, für die Aufbereitung, den Transport, die Verteilung und Verwendung von Gas und Wasser,
- die Mitwirkung bei der technischen Verbesserung der erforderlichen Einrichtungen und Betriebsmittel für die Reinigung und den Transport von Abwasser und zur Behandlung von Schlämmen,
- die Anregung und Förderung von technischen und technisch-wissenschaftlichen Arbeiten im Gas- und Wasserfach,
- die Zusammenarbeit mit fachverwandten deutschen, europäischen und internationalen Organisationen sowie die Mitwirkung bei der Aufstellung einschlägiger Normen und Regelwerke.

Die **Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e. V.**, Essen, hat ca. 1.300 Mitglieder, darunter ca. 900 badbetreibende Kommunen und Gesellschaften, weiterhin Unternehmen, Planer, sowie wesentliche Verbände im Badewesen. Zu seinen Aufgaben gehören:

- Richtlinien für Bau, Technik und Betrieb der Bäder, die aufgrund des anerkannten Status als regelwerkgebende Einrichtung einen Stellenwert als a. a. R. d. T. haben
- Aus- und Fortbildung von Architekten, Planern, Badangestellten
- Bäderberatung für Badbetreiber
- Fachzeitschrift AB Archiv des Badewesens mit hoher wissenschaftlicher Anerkennung
- Bädermesse „interbad“
- „Public Value Award“

Sie organisiert damit den überwiegenden Teil der ca. öffentlichen 7.500 Hallen- und Freibäder in Deutschland und vertritt über Ihre Mitgliedsverbände Saunabetriebe, Unternehmen im Bäderbereich, Mitarbeiter der Bäder und Physiotherapeuten

Literaturverzeichnis:

DIN 19606 Chlorgasdosieranlagen zur Wasseraufbereitung - Technische Anforderungen an den Anlagenaufbau und Betrieb

TRBS 3145/TRGS 745 Technische Regeln für Gefahrstoffe - Ortsbewegliche Druckgasbehälter - Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren

TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte

TRGS 400 Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

TRGS 420 Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition

TRGS 402 Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition

TRGS 500 Schutzmaßnahmen

TRGS 460 Vorgehensweise zur Ermittlung des Standes der Technik

AB 10-2020 Mersmann

Anlage 1:

Berechnung Chlorgasrestmengen bei verschiedenem verbleibendem Druck in einer Vollvakuumanlage

Quelle: Lutz-Jesco GmbH

Ideales Gasgesetz $p * V = m * R * T$

$$m = \frac{p * V}{R * T} \quad V = \frac{m * R * T}{p}$$

T - Temperatur	293	K
R - Ideale Gaskonstante Chlor *	117,24	J/kg*K
V - Volumen Chlorgasbehälter	0,052	m ³
p - Druck	2,1	bar absolut
	1,1	
	0,6	
	0,2	
	0,1	
	0,01	

* AD 2000 Regelwerk 2018

Masse Cl ₂ bei 2,1 bar abs	317,9	g
Masse Cl ₂ bei 1,1 bar abs	166,5	g
Masse Cl ₂ bei 600 mbar abs	90,8	g
Masse Cl ₂ bei 200 mbar abs	30,3	g
Masse Cl ₂ bei 100 mbar abs	15,1	g
Masse Cl ₂ bei 10 mbar abs	1,5	g



Anlage 2:

Bestimmung der Restmasse Chlor im Druckbereich des Einlassventils und Behälterventils mit niedrigem und erhöhtem Restdruck Volumen Behälterventil und Einlassventil C 2213/C 2214 BSW 1" Fabrikat Lutz-Jesco GmbH

p - Druck [pascal a]	V - Volumen [m³]	T - Temperatur K	R - Ideale Gaskonstante Chlor * [J/kgK]
110000	6,10E-06	293	117,24
200000			

Gesamtvolumen	6103 mm³
	6,10 cm³ / ml
	0,00610 dm³ / l
	0,00000610 m³

* AD 2000 Regelwerk 2018

Masse Cl ₂ bei 1,1 bar abs	19,5	mg
Masse Cl ₂ bei 2 bar abs	35,5	mg

	mm³	m³	
Mindest-Volumen für Gefahrenbereich eine Flasche	12230477174	12	zu beachten ist, das der Gefahrenbereich mit der Höhe von 1m nicht der Exposition im Bereich der Atemorgane liegt
Mindest-Volumen für Gefahrenbereich sechs Flaschen	44538001355	45	zu beachten ist, das der Gefahrenbereich mit der Höhe von 1m nicht der Exposition im Bereich der Atemorgane liegt
Mindest-Volumen Chlorgasraum eine Flasche 4x4x2,3	36800000000	37	das Raumvolumen bezieht sich auf die Grundfläche des Gefahrenbereichs und einer Raumhöhe von 2,3 m
Mindest-Volumen Chlorgasraum sechs Flaschen 10x4x2,3	92000000000	92	das Raumvolumen bezieht sich auf die Grundfläche des Gefahrenbereichs und einer Raumhöhe von 2,3 m

Frei werdende Chlormenge im Chlorgasraum (bei Mindestraumvolumen und angenommen, dass gesamte Volumen würde frei werden)

Eine Flasche		AGW
Chlorgaskonzentration bei p=1,1 bar (a)	0,5	1,5
Chlorgaskonzentration bei p=2 bar (a)	1,0	1,5

*https://www.gischem.de/download/01_0-007782-50-5-000000_1_1_970.PDF

Sechs Flaschen		AGW
Chlorgaskonzentration bei p=1,1 bar (a)	0,6	1,5
Chlorgaskonzentration bei p=2 bar (a)	1,2	1,5

ausgehend davon, dass maximal die Hälfte der Chlorgasbehälter gleichzeitig gewechselt werden
ausgehend davon, dass maximal die Hälfte der Chlorgasbehälter gleichzeitig gewechselt werden

Gefahrenbereich nach TRGS 745

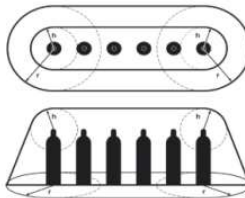
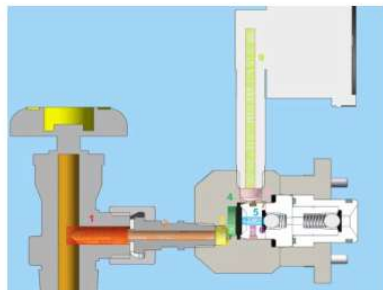
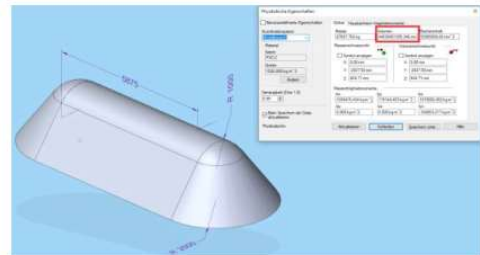


Abbildung 2: Gefahrenbereich für mehrere Druckgasflaschen

Tabelle 1: Abmessungen der Gefahrenbereiche beim Entleeren von ortsbeweglichen Druckgasbehältern mit akut toxischen Gasen der Kat. 1 (siehe auch Abbildung 3 und 4)

Bei Entnahme aus	Höhe h und Radius r [m]	Entleeren			
		im Freien		in Räumen	
		leichter als Luft	schwerer als Luft	leichter als Luft	schwerer als Luft
Bei Entnahme aus Einzelflasche oder Batterie mit 2 bis 6 Flaschen	h	1	0,5	2	1
	r	1	1	2	2
der Gasphase ortsbewegliche Druckgas- behälter > 150 l oder Batterie mit mehr als 6 Flaschen	h	2	0,5	3	1
	r	2	2	3	3
der Flüssig- phase	h	2	0,5	3	ganzer Raum
	r	2	3	3	



Beispielhafte Chlorgasanlage:
Der Chlordosierraum muss nicht zwingend ein separater Raum sein, wichtig ist die Dosierung nah an die Injektionsstelle zu bringen. Die Neutralisationsanlage darf auch im Chlorgasraum installiert sein, da diese Bestandteil der Chlorgasanlage ist. Auf ein Chlorgaslagerraum sollte durch Optimierung der Beschaffung verzichtet werden.