

Technische Regeln für Betriebssicherheit/ Gefahrstoffe	Ortsfeste Druckanlagen für Gase	TRBS 3146/ TRGS 726
---	--	--------------------------------

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)/Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen bzw. für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen wieder.

Sie werden vom **Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS)** und vom **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)** ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TRBS/TRGS konkretisiert im Rahmen des Anwendungsbereichs die Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung und der Gefahrstoffverordnung. Bei Einhaltung der Technischen Regel kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
 - 2 Begriffsbestimmungen
 - 3 Gefährdungsbeurteilung
 - 4 Schutzmaßnahmen
- Anlage 1 Geometrische Darstellung der Bereiche mit möglicher Gefährdung durch akut toxische Gase der Kat. 1 bis 3
- Anlage 2 Bemessung der Abblaseleistung von Sicherheitsventilen bei Wärmeeintrag in ortsfeste Druckgasbehälter für verflüssigte Gase infolge Wärmestrahlung
- Anlage 3 Festlegung der Schutzabstände für ortsfeste Druckgasbehälter bei vorhandenen Brandlasten
- Anlage 4 Bestimmung der erforderlichen Wassermenge für eine Wasserberieselung oder Wasserbeflutung für ungestörte Oberflächen

1 Anwendungsbereich

- (1) Diese Technische Regel gilt für ortsfeste Druckanlagen zur Lagerung von Gasen und von Cyanwasserstoff (HCN) einschließlich Aufstellen, Betreiben, Stillsetzen und Demontieren.
- (2) Diese Technische Regel gilt nicht für ortsfeste Druckanlagen, die in den Anwendungsbereich der TRBS 3151/TRGS 751 „Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Füllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen“ fallen.
- (3) Diese Technische Regel nennt beispielhaft Maßnahmen, wie diesen Gefährdungen begegnet werden kann.
- (4) Auf weitere Technische Regeln zur Gefährdungsbeurteilung (z. B. TRBS 1111, TRGS 400 sowie TRGS 407) und zu Schutzmaßnahmen (z. B. TRGS 500) wird hingewiesen.
- (5) Für die Gefährdungsbeurteilung und die Festlegung von Maßnahmen zum Brandschutz wird auf TRGS 800 hingewiesen und für die Gefährdungsbeurteilung und Maßnahmen in Bezug auf gefährliche explosionsfähige Atmosphäre wird auf TRBS 2152 einschließlich Teil 1 bis 4 bzw. auf TRGS 720 bis TRGS 722 hingewiesen.
- (6) In dieser Technischen Regel werden Einstufungen von Gasen gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (im Folgenden CLP-Verordnung genannt) verwendet.

2 Begriffsbestimmungen

- (1) In dieser Technischen Regel werden die Begriffe so verwendet, wie sie im „Begriffsglossar zu den Regelwerken der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Biostoffverordnung (BioStoffV) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)“¹ des ABAS, ABS und AGS bestimmt sind. Weitere Begriffe werden im Folgenden bestimmt.
- (2) Gase im Sinne dieser Technischen Regel und gemäß CLP-Verordnung sowie Gefahrgutrecht sind Stoffe oder Gemische/Zubereitungen, die
 1. bei 50 °C einen Dampfdruck von mindestens 300 kPa (3 bar) haben oder
 2. bei 20 °C und dem Standarddruck von 101,3 kPa vollständig gasförmig sind.
 Der Begriff Gase umfasst reine Gase, Gasgemische, Gemische eines oder mehrerer Gase mit einem oder mehreren Stoffen.
- (3) Gase sind, bezogen auf den Zustand nach Freisetzung, d. h. bei der jeweiligen Temperatur des Gases und dem Druck der Umgebungsatmosphäre,
 1. schwerer als Luft, wenn ihre Dichte $> 1,3 \text{ kg/m}^3$ ist,
 2. gleich schwer wie Luft, wenn ihre Dichte $\leq 1,3 \text{ kg/m}^3$ und $\geq 1,2 \text{ kg/m}^3$ ist bzw.
 3. leichter als Luft, wenn ihre Dichte $< 1,2 \text{ kg/m}^3$ ist.

¹ www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Glossar/Glossar.html

Verflüssigte Gase haben nach Freisetzung tiefe Temperaturen und sind in diesem Zustand daher in der Regel als schwerer als Luft zu betrachten.

(4) Tiefgekühlt verflüssigte Gase sind Gase, deren flüssiger Zustand durch Kühlung, Verdampfung oder Wärmedämmung bei einer Temperatur gehalten wird, die unter der Temperatur der Umgebung liegt.

(5) Ortsfeste Druckanlagen für Gase im Sinne dieser Technischen Regel sind Druckanlagen gemäß TRBS 2141, soweit sie für Gase bestimmt sind. Ortsfeste Druckanlagen für Gase können auch ortsbewegliche Druckgasbehälter beinhalten.

(6) Druckgasbehälter sind Druckbehälter für Gase, unabhängig vom Druck. Zum Druckgasbehälter gehören seine Ausrüstungsteile, die dessen Sicherheit beeinflussen können. Es werden ortsbewegliche und ortsfeste Druckgasbehälter unterschieden. Druckgasbehälter sind

1. ortsbewegliche Druckgeräte im Sinne der Richtlinie 2010/35/EU (TPED) bzw. der Ortsbewegliche-Druckgeräte-Verordnung (ODV),
2. Druckgefäße im Sinne des Gefahrgutrechts (Flaschen, Großflaschen, Druckfässer, verschlossene Kryo-Behälter und Flaschenbündel),
3. Multiple-Element Gas Container (MEGC), Tanks und Batteriefahrzeuge im Sinne des Gefahrgutrechts,
4. einfache Druckbehälter im Sinne der Richtlinie 2009/105/EG bzw. der Verordnung über die Bereitstellung von einfachen Druckbehältern auf dem Markt (6. ProdSV),
5. Druckgeräte im Sinne der Richtlinie 97/23/EG (PED) bzw. der Druckgeräteverordnung (14. ProdSV) für Gase sowie
6. andere Druckbehälter oder Kryo-Behälter für Gase, die von diesen Rechtsbereichen nicht erfasst sind, wie z. B. Behälter, die vor Inkrafttreten der PED in Verkehr gebracht worden sind.

(7) Das Betreiben von ortsfesten Druckanlagen für Gase im Sinne dieser Technischen Regel umfasst das Füllen, Lagern, Entleeren sowie die Wartung und Instandsetzung.

(8) Als Füllen von ortsfesten Druckanlagen für Gase gilt, wenn ortsbewegliche Druckgasbehälter (Tanks, Container) oder eine Rohrleitung an die Druckanlage angeschlossen sind und Gase eingefüllt werden.

(9) Als Lagern im Sinne dieser Technischen Regel gilt die Speicherung von Gasen in ortsfesten Druckgasbehältern.

(10) Als Entleeren von ortsfesten Druckanlagen für Gase gilt, wenn eine Entnahmeeinrichtung (Rohrleitung) an die Druckanlage angeschlossen ist und Gase entnommen werden.

(11) Bereiche mit möglicher Gefährdung sind Bereiche, in denen gefährliche Gaskonzentrationen auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse nicht ausgeschlossen werden können, z. B. infolge betriebsbedingter Freisetzung von Gasen beim Anschließen oder Lösen von Leitungsverbindungen oder beim Öffnen von Peilventilen.

(12) Sicherheitsabstand im Sinne dieser Technischen Regel ist der erforderliche Abstand zwischen einer ortsfesten Druckanlage für Gase und einem Schutzobjekt.

(13) Schutzobjekte sind Einrichtungen, Gebäude und Anlagen, in denen oder bei denen sich dauernd oder regelmäßig Beschäftigte oder andere Personen aufhalten, zu deren Schutz nicht ebensolche Vorsorgemaßnahmen getroffen sind, wie für die im Bereich der ortsfesten Druckanlage für Gase selbst Beschäftigten (z. B. Maßnahmen zur Alarmierung und Gefahrenabwehr).

(14) Schutzabstände sind Abstände zwischen ortsfesten Druckanlagen für Gase und benachbarten Anlagen, Einrichtungen, Gebäuden oder öffentlichen Verkehrswegen, wobei die Schutzabstände die Druckanlage und damit die Beschäftigten und andere Personen vor einem Schadensereignis wie Erwärmung infolge Brandbelastung oder mechanischer Beschädigung schützen sollen.

(15) Als Brandlast gilt ein brennbarer Stoff in der Umgebung der ortsfesten Druckanlage für Gase, der im Brandfall eine potentielle Gefährdung für die ortsfeste Druckanlage darstellt. Im Brandfall können in Folge der Wärmeübertragung von der Brandlast Gefahren durch Flammenberührung oder Wärmestrahlung ausgehen.

(16) Technisch dicht sind ortsfeste Druckanlagen (einschließlich der Ausrüstungsteile und aller Verbindungen), die bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitskontrolle, z. B. mit schaubildenden Mitteln oder mit Lecksuch- oder Leckanzeigeräten, keine Undichtigkeit erkennen lassen (siehe auch TRBS 2152 Teil 2 bzw. TRGS 722).

(17) Auf Dauer technisch dicht sind ortsfeste Druckanlagen, die so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben oder bei denen die technische Dichtheit durch Maßnahmen gemäß TRBS 2152 Teil 2 bzw. TRGS 722 ständig gewährleistet wird.

(18) Gasdichte Abtrennungen sind solche, die einen Gasdurchtritt unter atmosphärischen Bedingungen in Gefahr drohender Menge oder Konzentration verhindern, z. B. öffnungslose

1. Stahlbetonwände,
2. Ziegelsteinwände, die mindestens auf der Seite der ortsfesten Druckanlage für Gase verputzt oder beidseitig verfugt sind sowie
3. vergleichbar dichte Faserzementwände oder
4. dicht verschweißte Blechwände.

3 Gefährdungsbeurteilung

Gemäß § 3 BetrSichV und § 6 GefStoffV sind alle Gefährdungen zu ermitteln, die beim Aufstellen, Betreiben, Stillsetzen und Demontieren von ortsfesten Druckanlagen für Gase oder bei ihrer Montage und Installation auftreten können. Zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gasen siehe TRGS 407.

4 Schutzmaßnahmen

(1) In Abhängigkeit von den ermittelten und bewerteten Gefährdungen sind Maßnahmen festzulegen, mit welchen der Schutz Beschäftigter und anderer Personen gewährleistet wird. Hierzu gehören z. B.:

1. Die Aufstellung und der Betrieb von ortsfesten Druckanlagen für Gase müssen unter Einhaltung der erforderlichen Sicherheits- und Schutzabstände erfolgen.
2. Ortsfeste Druckanlagen für Gase sowie ihre Ausrüstungsteile einschließlich aller Rohrleitungsverbindungen sind so zu betreiben, zu überprüfen und instandzuhalten, dass sie bei den aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen mindestens technisch dicht sind (siehe TRBS 2152 Teil 2 bzw. TRGS 722 jeweils Nummer 2.4.3 sowie TRGS 500).
3. Es sind Maßnahmen zu treffen, die die Freisetzung von Gasen vermeiden.
4. Für den Fall notwendiger betriebsbedingter oder störungsbedingter Freisetzung von Gasen sind Maßnahmen zu ergreifen, um die dadurch bedingten Gefährdungen so gering wie möglich zu halten.

(2) Kann die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht vermieden werden, so gelten für die Festlegung explosionsgefährdeter Bereiche und die Schutzmaßnahmen zur Vermeidung oder Einschränkung der explosionsgefährdeten Bereiche die TRBS 2152 Teil 1 und 2 bzw. die TRGS 720 bis TRGS 722. Für die erforderlichen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung der Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre bzw. zur Beschränkung der Auswirkungen gelten TRBS 2152 Teil 3 und 4.

(3) Für ortsfeste Druckanlagen für akut toxische Gase der Kat. 1, 2 oder 3 sind die Bereiche mit möglicher Gefährdung entsprechend Anlage 1 festzulegen.

4.1 Aufstellung und Ausrüstung

4.1.1 Allgemeine Maßnahmen

(1) Räume sowie Bereiche im Freien mit ortsfesten Druckgasbehältern sowie die Behälter selbst müssen deutlich erkennbar und dauerhaft gekennzeichnet werden. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn

1. die Zugänge zu Räumen oder die umgrenzten Bereiche im Freien entsprechend ASR A1.3 gekennzeichnet sind,
2. explosionsgefährdete Bereiche gemäß BetrSichV Anhang 4 Nummer 2.3 gekennzeichnet sind,
3. Bereiche für die Lagerung von entzündbaren Gasen gemäß GefStoffV Anhang 1 Nummer 1.5 Absatz 4 gekennzeichnet sind und
4. die Behälter gemäß TRGS 201 gekennzeichnet sind.

Soweit ortsfeste Druckgasbehälter in einem Bereich aufgestellt sind, für den gleiche oder weitergehende Bestimmungen für die Vermeidung von Gefährdungen bestehen, genügt eine entsprechende Kennzeichnung dieser Bereiche.

(2) Ortsfeste Druckanlagen für Gase sind vor Eingriffen Unbefugter zu schützen. Dies kann je nach Einzelfall erreicht werden durch

1. Umfriedung der Anlagen,
2. Einschluss der Armaturen.

Ist nicht die ortsfeste Druckanlage selber umfriedet bzw. ihre Armaturen eingeschlossen, sondern Teil eines größeren umfriedeten Bereichs (Werksgelände), so sind organisatorische Maßnahmen (z. B. entsprechende Unterweisung) ausreichend.

(3) Ortsfeste Druckanlagen für Gase einschließlich ihrer Ausrüstung sind gegen mechanische Einwirkungen von außen, z. B. durch Fahrzeuge, so zu schützen, dass Beschädigungen mit gefährlichen Auswirkungen auf Beschäftigte oder andere Personen nicht zu erwarten sind.

(4) Ortsfeste Druckanlagen für Gase sind so aufzustellen, auszurüsten und verfahrenstechnisch einzubinden, dass aus Sicherheitseinrichtungen austretende Gase gefahrlos abgeleitet werden können. Auf TRBS 2141 Teil 3 Nummer 4.1.2.2 wird hingewiesen.

(5) Bei der Auslegung von ortsfesten Druckgasbehältern ist die maximal zu erwartende Betriebstemperatur zu berücksichtigen. Bei unter Druck verflüssigten Gasen ist dabei in der Regel mindestens von folgenden zu erwartenden Temperaturen auszugehen:

1. 50 °C bei oberirdischen Druckgasbehältern ohne besonderen Schutz gegen Erwärmung,
2. 40 °C bei oberirdischen Druckgasbehältern, die in Räumen aufgestellt sind oder einen besonderen Schutz gegen Erwärmung besitzen; gegen Sonneneinstrahlung reicht hierzu in der Regel ein heller Anstrich aus,
3. 30 °C bei erdgedeckten Druckgasbehältern, bei denen die Erddeckung mindestens 0,5 m beträgt.

4.1.2 Aufstellung von ortsfesten Druckanlagen für Gase

(1) Ortsfeste Druckgasbehälter dürfen nicht in Durchgängen, Durchfahrten, allgemein zugänglichen Fluren, Treppenträumen oder an Treppen von Freianlagen aufgestellt werden. Sie müssen ferner so aufgestellt werden, dass Verkehrswege, Fluchtwege oder die Zugänglichkeit nicht eingeschränkt werden.

(2) Ortsfeste Druckgasbehälter sind so aufzustellen, dass für Reinigung, Prüfung und Instandhaltung, für Flucht- und Rettungswege sowie für die Maßnahmen zur Kühlung ausreichende Abstände vorhanden sind. Die Forderung hinsichtlich eines ausreichenden Abstandes für Reinigung und Instandhaltung ist erfüllt, wenn der Abstand zum nächsten Behälter oder zu einer Wand

1. mindestens 1 m und
2. bei Behälterwandungen ohne Öffnung mindestens 0,5 m beträgt,

sofern die jeweiligen betrieblichen Belange nicht einen größeren Abstand erfordern. Bei erdgedeckten Druckgasbehältern bezieht sich diese Anforderung auf die zugänglichen Bauteile bzw. Bereiche des Druckgasbehälters. Die Forderung nach ausrei-

chenden Abständen für Fluchtwege ist erfüllt, wenn die Anforderungen der ASR A2.3 „Fluchtwege und Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan“ eingehalten werden.

(3) Ortsfeste Druckgasbehälter sind so aufzustellen bzw. einzulagern, dass sie für Prüfungen und Überprüfungen zugänglich sind oder zugänglich gemacht werden können und das Typenschild gut erkennbar ist.

(4) Oberirdische ortsfeste Druckgasbehälter müssen allseitig besichtigt werden können. Die Bedienung des Druckgasbehälters und seiner Ausrüstung muss von einem sicheren Stand aus möglich sein.

(5) Ortsfeste Druckgasbehälter sind so zu gründen, dass

1. durch die Gründung selbst,
2. durch das Eigengewicht des Druckgasbehälters einschließlich des enthaltenen Gases oder des Druckprüfmittels bei der Druckprüfung oder
3. durch äußere Kräfte

keine Gefährdungen Beschäftigter oder anderer Personen durch Beschädigungen des Druckgasbehälters, seiner Anschlüsse oder seiner Ausrüstung aufgrund von Verlagerungen oder Neigungen eintreten können.

(6) Ortsfeste Druckgasbehälter sind so aufzustellen bzw. einzulagern, dass sie ihre Lage nicht unzulässig ändern können. Muss mit einer Veränderung der Lage durch Grundwasser oder Hochwasser gerechnet werden, so muss der Druckgasbehälter gegen Aufschwimmen gesichert werden, z. B. durch

1. Verankerung im Boden oder in den Seitenwänden, Abstützung gegen die Raumdecke oder
2. entsprechende Belastung, z. B. bei erdgedeckter Aufstellung eine Erdüberdeckung ≥ 1 m oder Aufbringen einer den Druckgasbehälter überdeckenden Betonplatte.

Die Verankerung oder Belastung muss eine mindestens 1,3-fache Sicherheit gegen den Auftrieb des leeren Behälters haben, bezogen auf den höchsten zu erwartenden Wasserstand. Die Auftriebssicherungen dürfen die Behälterumhüllung nicht beschädigen.

(7) Ortsfeste Druckanlagen für Gase müssen so aufgestellt werden, dass sie ausreichend umlüftet sind, insbesondere wenn

1. sie nicht konstruktiv auf Dauer technisch dicht sind oder
2. betriebsbedingte Freisetzung von Gasen nicht vermieden werden kann und eine gefahrlose Freisetzung oder eine gefahrlose Ableitung auf andere Weise nicht möglich ist.

Bei mehr als zwei Wänden müssen zusätzliche Lüftungsmaßnahmen vorhanden sein, siehe Nummer 4.1.4 Absatz 5.

(8) Bei ortsfesten Druckanlagen für Gase schwerer als Luft oder tiefgekühlt verflüssigte Gase dürfen 5 m um betriebsbedingte Freisetzungsstellen keine

1. offenen Kanäle,
2. gegen Gaseintritt ungeschützte Kanaleinläufe,

3. offenen Schächte,
4. Öffnungen zu tiefer liegenden Räumen oder
5. Luftansaugöffnungen

angeordnet sein. Satz 1 gilt nicht bei Gasen, die weder entzündbar sind noch eine Gesundheitsgefahr nach CLP-Verordnung aufweisen, wenn die tiefer liegenden Räume so gelüftet werden, dass erstickende Atmosphäre (Sauerstoffmangel) nicht auftreten kann. Für eine ausreichende Lüftung siehe Nummer 4.1.4 Absatz 5.

(9) Der Boden unter lösbaren Anschlüssen und Armaturen im Bereich der flüssigen Phase von ortsfesten Druckanlagen für

1. tiefgekühlt verflüssigte Gase mit einer Siedetemperatur $< 70 \text{ K}$ (-203 °C) bei Atmosphärendruck (wegen der möglichen Kondensation von Sauerstoff aus der Umgebungsluft) oder
2. tiefgekühlt verflüssigte oxidierende Gase

muss aus nicht brennbaren Stoffen ausgebildet und frei von Öl, Fett und anderen brennbaren Verunreinigungen sein.

4.1.3 Ausrüstung von ortsfesten Druckanlagen für Gase

(1) Besonders korrosionsgefährdete Stellen von ortsfesten Druckgasbehältern, wie z. B. die Wandungen im Bereich von Auflagesätteln, Prätzen und unter Wärmedämmungen, sind in besonderer Weise gegen Korrosion zu schützen, z. B. durch Beschichtungen oder Isolierungen.

(2) Entwässerungsanschlüsse von ortsfesten Druckanlagen für Gase sind erforderlichenfalls gegen Einfrieren zu schützen.

(3) Wenn ein Ansteigen des Drucks über den maximal zulässigen Betriebsdruck nicht ausgeschlossen werden kann, sind ortsfeste Druckanlagen für Gase mit Sicherheitsventilen mit ausreichendem Ausflussmassenstrom auszurüsten.

(4) Wenn eine Erwärmung von verflüssigten Gasen durch Wärmestrahlung über die Behälterwandung über die zulässige Betriebstemperatur (und damit ein Überschreiten des maximal zulässigen Betriebsdrucks) möglich ist, so ist der abzuführende Massenstrom durch das Sicherheitsventil entsprechend dem Wärmeeintrag zu bemessen und es ist sicherzustellen, dass beim Ansprechen des Sicherheitsventils keine zusätzliche Gefährdung auftritt, siehe dazu Anlage 2.

(5) Ortsfeste Druckanlagen für Gase dürfen an Stelle von Sicherheitsventilen mit einem System von automatisch gesteuerten Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet sein. Bei der Gefahr der Selbstbefeuerung (entzündbare Gase) gilt Satz 1 nur, wenn eine Erddeckung vorgesehen ist. Wenn in der Umgebung eine erhöhte Brandgefährdung besteht, gilt Satz 1 nur, wenn Brandschutzmaßnahmen (Schutzwand oder Erddeckung) vorhanden sind.

(6) Zur Vermeidung von unzulässigem Druckanstieg durch Überfüllung sind entsprechende Mess-, Steuer- und Regel-Sicherheitseinrichtungen (MSR-Sicherheitseinrichtungen), z. B. nach AD 2000-Merkblatt A 6, erforderlich.

(7) Zur Vermeidung von unzulässigem Druckanstieg durch andere Druckerzeuger, wie z. B. durch Pumpen, Heizung, Inertgasüberlagerung, sind Sicherheitsdruckbegrenzer und MSR-Sicherheitseinrichtungen, z. B. nach AD 2000-Merkblatt A 6, erforderlich.

4.1.4 Zusätzliche Maßnahmen für ortsfeste Druckgasbehälter in Räumen

(1) Ortsfeste Druckgasbehälter dürfen in Räumen nur aufgestellt werden, wenn die Räume

1. selbstschließende Türen haben, falls diese nicht unmittelbar ins Freie führen,
2. aus Bauteilen bestehen, die schwer entflammbar oder nicht brennbar sind, ausgenommen Fenster und sonstige Verschlüsse von Öffnungen in Außenwänden,
3. von anderen Räumen mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 30 min abgetrennt sind,
4. von angrenzenden Räumen mit erhöhter Brandgefährdung mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 min abgetrennt sind; bei Räumen mit Druckgasbehältern mit einer Wärme- oder Kälte­dämmung genügt eine Abtrennung mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 30 min und
5. von Räumen zum dauernden Aufenthalt von Menschen außerdem gasdicht abgetrennt sind, ausgenommen bei Druckgasbehältern für Luft.

(2) Für Räume mit ortsfesten Druckgasbehältern, die unter Erdgleiche liegen, sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung geeignete Maßnahmen festzulegen, wie z. B. eine Gaswarnanlage und Lüftungsmaßnahmen. Für verflüssigte entzündbare Gase siehe Nummer 4.1.7 Absatz 4.

(3) Räume mit ortsfesten Druckgasbehältern dürfen nicht anderweitig genutzt werden, wenn dadurch eine Gefährdung der Druckgasbehälter, z. B. durch mechanische Einwirkungen, Brände oder Explosionen, entstehen kann. Materialien, die auf Grund ihres Wärmeinhaltes oder ihrer Menge nach keine Brandlast darstellen, z. B. Kabelumhüllungen, Schutzkästen oder Wärmedämmungen von Rohrleitungen dürfen vorhanden sein.

(4) Ortsfeste Druckgasbehälter zur Lagerung von Gasen dürfen in Aufenthaltsräumen nicht aufgestellt werden. Sie dürfen in Arbeitsräumen nicht aufgestellt werden, wenn dort nicht nur vorübergehend Menschen beschäftigt sind. Satz 2 gilt nicht bei Gasen, die weder entzündbar sind noch eine Gesundheitsgefahr nach CLP-Verordnung aufweisen, wenn die Räume so gelüftet sind, dass erstickende Atmosphäre (Sauerstoffmangel) nicht auftreten kann. Für eine ausreichende Lüftung siehe Absatz 5.

(5) Räume mit ortsfesten Druckgasbehältern müssen unter Berücksichtigung der Eigenschaften und der möglichen Mengen der freigesetzten Gase ausreichend be- und entlüftet werden. Die Forderung nach ausreichender Lüftung ist für technisch dichte ortsfeste Druckanlagen für Gase in der Regel erfüllt, wenn

1. bei natürlicher Belüftung die Lüftungsöffnungen unmittelbar ins Freie führen und einen Gesamtquerschnitt von mindestens 1/100 der Bodenfläche des Raumes besitzen; bei der Anordnung der Lüftungsöffnungen muss die Dichte der Gase berücksichtigt werden,

2. bei technischer Lüftung die Lüftungseinrichtung mindestens einen zweifachen Luftwechsel in der Stunde gewährleistet. Die Lüftungseinrichtung muss entweder ständig wirksam sein oder durch eine Gaswarneinrichtung automatisch eingeschaltet werden, wenn ein festgelegter Grenzwert überschritten wird; beim Ausfall der Lüftungseinrichtung muss ein Alarm ausgelöst werden.

Die Abluft muss gefahrlos abgeleitet werden.

(6) In Räumen mit ortsfesten Druckgasbehältern dürfen keine Luftansaugöffnungen für die Belüftung anderer Räume angeordnet sein. Satz 1 gilt nicht für Räume mit Druckgasbehältern zur ausschließlichen Lagerung verdichteter Luft.

(7) In Räumen mit ortsfesten Druckgasbehältern für Gase schwerer als Luft oder für tiefgekühlt verflüssigte Gase dürfen sich keine

1. offenen Kanäle,
2. gegen Gaseintritt ungeschützten Kanaleinläufe,
3. offenen Schächte und keine
4. Öffnungen zu tiefer liegenden Räumen

befinden.

4.1.5 Zusätzliche Maßnahmen für ortsfeste Druckgasbehälter im Freien

(1) Können sich Gase schwerer als Luft auf Grund eines Gefälles über den Aufstellplatz hinaus in tiefer liegende Räume, Kanäle, Schächte oder Luftansaugöffnungen ausbreiten, sind Einrichtungen erforderlich, die das verhindern. Dies kann z. B. durch einen Wall oder eine Mauer mit angemessener Dimensionierung erfolgen.

(2) Oberirdische ortsfeste Druckgasbehälter und ihre Ausrüstungsteile sowie die Ausrüstungsteile von erdgedeckten ortsfesten Druckgasbehältern sind vor mechanischer Beschädigung zu schützen. Ist ein Anfahren durch Fahrzeuge möglich, so ist dieser Gefährdung

1. bei oberirdischen Druckgasbehältern und Ausrüstungsteilen z. B. durch einen entsprechend den örtlichen Gegebenheiten und den möglichen Belastungen dimensionierten Anfahrtschutz,
2. bei erdgedeckten Druckgasbehältern z. B. durch Überfahrbarkeit der Domschachtabdeckung oder durch Anfahrtschutz zur Sicherung des Domschachtes gegen Überfahung

zu begegnen.

(3) Ortsfeste Druckgasbehälter und ihre Stützen oder Standzargen sind gegen mögliche Brandlasten in der Umgebung zu schützen. Dabei ist abhängig vom Gefahrenpotential abzuschätzen, welche Brandschutzmaßnahmen erforderlich sind. Es ist zu verhindern, z. B. durch eine Mauer, dass flüssige oder geschmolzene brennbare Stoffe unter den Druckgasbehälter oder in den Domschacht erdgedeckter Druckgasbehälter fließen können. Eine Brandgefährdung kann bestehen, wenn in der Umgebung der Druckgasbehälter

1. brennbare Stoffe gelagert oder abgestellt werden oder

2. Objekte, von denen eine Brandgefährdung ausgehen kann, z. B. frei belüftete Behälter mit brennbaren Flüssigkeiten, vorhanden sind.

Eine Brandgefährdung ist z. B. ausreichend vermindert, wenn

1. benachbarte Behälter mit brennbaren Flüssigkeiten im geschlossenen, auf Dauer technisch dichten System betrieben werden und
 - a) in ihrem Dampfraum die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre sicher verhindert wird oder
 - b) die Behälter mindestens explosionsdruckstoßfest ausgelegt sind,
2. sich andere brennbare Stoffe (außer brennbaren Flüssigkeiten) in geschlossenen Behältern befinden, sodass von ihnen keine Brand- oder Explosionsgefährdung ausgehen kann,
3. nur brennbare Kleinteile vorhanden sind, z. B. Kabelumhüllungen, Schutzkästen, Wärmedämmungen von Rohrleitungen, Holzzäune,
4. luftdicht verschlossene Tanks mit brennbarer Ladung auf Fahrzeugen abgestellt werden.

(4) Die Forderung nach Brandschutzmaßnahmen gilt als erfüllt, wenn ortsfeste Druckgasbehälter gegen unzulässige Erwärmung (siehe dazu Anlage 3 Absatz 2) während 90-minütiger Brandeinwirkung geschützt sind. Das kann erreicht werden z. B. durch

1. einen Schutzabstand,
2. eine Schutzwand,
3. eine Erddeckung,
4. eine Brandschutzdämmung oder Brandschutzisolierung,
5. eine Wasserberieselung oder Wasserbeflutung.

Diese Maßnahmen sind in den Nummern 4.1.5.1 bis 4.1.5.5 beschrieben. Im Einzelfall ist zu klären, welcher Maßnahme der Vorrang zu geben ist.

(5) Bei den Maßnahmen Schutzabstand, Brandschutzdämmung oder Brandschutzisolierung, Wasserberieselung oder bei anderen Einrichtungen zur Kühlung darf die zulässige Werkstofftemperatur des ortsfesten Druckgasbehälters nach Anlage 3 Absatz 2 nicht überschritten werden.

(6) Für chemisch instabile Gase können zusätzliche Schutzmaßnahmen auf Grund von Einzelfallbetrachtungen erforderlich sein.

4.1.5.1 Schutzabstand

(1) Der Schutzabstand ist bei oberirdischer Aufstellung ab der senkrechten Projektion des ortsfesten Druckgasbehälters zu bemessen. Bei in Gruppen aufgestellten Druckgasbehältern ist der Schutzabstand von den am Rand stehenden ortsfesten Druckgasbehältern aus zu bemessen. Bei erdgedeckten ortsfesten Druckgasbehältern ist der Abstand zum Domschacht des Druckgasbehälters maßgebend.

(2) Der Schutzabstand bei Einwirkung von Wärmestrahlung auf den ortsfesten Druckgasbehälter ist von der Brandlast, d. h. von dem gelagerten Stoff und der Breite

bzw. dem Durchmesser der bei einem möglichen Brand entstehenden Flamme abhängig. Die Berechnung des Schutzabstandes erfolgt nach Anlage 3.

(3) Bei erdgedeckten ortsfesten Druckgasbehältern ist die Berechnung des Schutzabstandes nach Anlage 3 nicht erforderlich. Bei diesen Druckgasbehältern ist ein Schutzabstand zum Schutz der Armaturen im Domschacht von

1. 3 m bei einem Fassungsvermögen < 3 t,
2. 5 m bei einem Fassungsvermögen \geq 3 t

ausreichend.

(4) Der Schutzabstand von ortsfesten Druckgasbehältern zu Behältern mit brennbaren Flüssigkeiten wird wie folgt bestimmt:

1. Bei oberirdischen Druckgasbehältern und oberirdischer Lagerung der brennbaren Flüssigkeiten muss der Abstand gemäß Anlage 3 ermittelt werden, es sei denn aus anderen Rechtsvorschriften oder technischen Regeln ergeben sich höhere Abstände.
2. Bei oberirdischen Druckgasbehältern und unterirdischer Lagerung der brennbaren Flüssigkeiten muss der Schutzabstand
 - a) horizontal zwischen den Projektionen der Behälteraußenwandungen 1 m betragen und
 - b) zwischen dem Druckgasbehälter und dem Domschacht des Behälters mit brennbarer Flüssigkeit gemäß Anlage 3 ermittelt werden.
3. Bei unterirdischen Druckgasbehältern und oberirdischer Lagerung der brennbaren Flüssigkeiten muss der Schutzabstand
 - a) horizontal zwischen den Projektionen der Behälteraußenwandungen 1 m und
 - b) zum Domschacht des Druckgasbehälters 5 m betragen, es sei denn aus anderen Rechtsvorschriften oder technischen Regeln ergeben sich höhere Abstände.
4. Bei unterirdischen Druckgasbehältern und unterirdischer Lagerung brennbarer Flüssigkeiten muss der Schutzabstand horizontal zwischen den Projektionen der Behälteraußenwandungen 0,4 m betragen.

(5) Ortsfeste Druckgasbehälter, die nicht auf Dauer technisch dicht sind (z. B. an Entnahmeeinrichtungen), können selber eine Brandlast darstellen, wenn sie für entzündbare Gase sind bzw. brandfördernd wirken, wenn sie für oxidierende Gase sind. Daher ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln, inwieweit auch Schutzabstände zu solchen ortsfesten Druckgasbehältern erforderlich sind.

4.1.5.2 Schutzwand

(1) Eine Schutzwand in Richtung Brandlast erfüllt die Anforderungen, wenn sie hinsichtlich der zu schützenden ortsfesten Druckgasbehälter ausreichend bemessen ist, aus nichtbrennbaren Baustoffen besteht (z. B. Klasse A1 nach DIN 4102-1:1998) und im Brandfall ausreichend standsicher ist. Eine Schutzwand kann auch eine entsprechend ausgeführte, öffnungslose Gebäudewand sein.

(2) Die Schutzwand ist ausreichend bemessen, wenn sie im Brandfall gewährleistet, dass die zulässigen Betriebsparameter des ortsfesten Druckgasbehälters nicht überschritten werden.

(3) Beim Errichten von Schutzwänden ist darauf zu achten, dass die Zugänglichkeit zu den ortsfesten Druckgasbehältern und deren natürliche Umlüftung nicht behindert sind.

4.1.5.3 Erddeckung

(1) Eine Erddeckung als Schutz gegen eine Brandlast erfordert eine allseitige Deckung des ortsfesten Druckgasbehälters mit Erde oder Sand von mindestens 0,5 m Schichtdicke, die im Brandfall gewährleistet, dass die zulässigen Betriebsparameter des ortsfesten Druckgasbehälters nicht überschritten werden.

(2) Ist aus betriebstechnischen oder anderen Gründen eine allseitige Deckung des ortsfesten Druckgasbehälters nicht möglich, ist die Forderung auch erfüllt, wenn an den freien Flächen die Erddeckung durch andere Maßnahmen nach Nummer 4.1.5 Absatz 4 ersetzt wird, die den ortsfesten Druckgasbehälter in gleicher Weise schützen.

4.1.5.4 Brandschutzdämmung oder Brandschutzisolierung

(1) Eine Brandschutzdämmung erfüllt bei fachgerechter Montage die Anforderung an ausreichenden Brandschutz des ortsfesten Druckgasbehälters, wenn

1. die verwendeten Materialien nichtbrennbar sind (z. B. Klasse A1 nach DIN 4102-1:1998),
2. der Wärmedurchgangswert (K-Wert) der Dämmung bei einer mittleren Temperatur von 350 °C nicht mehr als 1,2 W/(m² x K) beträgt und
3. die unter der Dämmung befindlichen Anschlüsse und Armaturen, insbesondere deren Dichtungen, den im Brandfall zu erwartenden Temperaturen standhalten.

(2) Anstelle einer Brandschutzdämmung kann auch ein geeignetes Brandschutzbeschichtungssystem (z. B. Intumeszenz- oder Sublimationsbeschichtung) verwendet werden. In beiden Fällen muss die Dämmung so aufgebaut sein, dass die Schutzwirkung im Brandfall mindestens 90 min erhalten bleibt.

(3) Eine Wärmeschutzisolierung/Kälte­dämmung ist einer Brandschutzdämmung gleichwertig, wenn sie die entsprechenden Anforderungen erfüllt.

4.1.5.5 Wasserberieselung oder Wasserbeflutung

Eine ortsfeste Wasserberieselung oder eine ortsfeste Wasserbeflutung erfüllt die Anforderung an ausreichenden Brandschutz des ortsfesten Druckgasbehälters, wenn

1. ein Brandausbruch z. B. mit einem Branderkennungssystem alarmiert wird und die Wasserberieselung/Wasserbeflutung danach selbsttätig ausgelöst wird; von einer selbsttätigen Auslösung kann abgewichen werden, wenn die Alarmmeldung selbsttätig an eine ständig besetzte Stelle, z. B. Messwarte/-stand, erfolgt und von dort aus die Wasserberieselung/Wasserbeflutung ausgelöst werden kann,

2. die Wasserbereitstellung sichergestellt ist, z. B. durch redundante Einrichtungen zur Erzeugung des erforderlichen Wasserdruckes und durch zwei Einspeisungen,
3. der erforderliche Wassermassenstrom
 - a) für ungestörte Oberflächen in Abhängigkeit der Art der Wasserauftragung ermittelt nach Anlage 4 und
 - b) für gestörte Oberflächen, z. B. im Bereich von Anschlüssen, Armaturen und sonstigen komplizierten Geometrien, von mindestens $600 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{h})$ gewährleistet ist,
4. eine gleichmäßige Wasseraufbringung zur Bildung eines geschlossenen Wasserfilms auf der gesamten Oberfläche des zu schützenden Objektes gewährleistet ist, z. B. durch Wasserbeflutung durch einen Kronenring oder durch Düsen, deren Sprühkegel sich überlappen und die jeden Abschnitt des Druckgasbehälters unmittelbar ansprühen,
5. die Wasserbereitstellung sichergestellt ist, z. B. durch redundante Einrichtungen zur Erzeugung des erforderlichen Wasserdruckes und durch zwei Einspeisungen und die Wasserberieselung/Wasserbeflutung zu jeder Zeit, d. h. auch unter ungünstigen klimatischen Bedingungen und ohne Einschränkung der Löschwasserversorgung für die erforderliche Zeit von 90 min sichergestellt ist und
6. die Wasserberieselung/Wasserbeflutung regelmäßig hinsichtlich Zustand und Funktion überprüft wird.

4.1.6 Zusätzliche Maßnahmen für erdgedeckte ortsfeste Druckgasbehälter

- (1) Erdgedeckte ortsfeste Druckgasbehälter müssen untereinander, zu Gebäudefundamenten, unterirdisch verlegten Wasser- oder Gasleitungen und elektrischen Kabeln einen Mindestabstand haben. Dieser Abstand muss bei nebeneinander liegenden Druckgasbehältern mindestens 40 cm und gegenüber Gebäudefundamenten, unterirdisch verlegten Wasser- oder Gasleitungen und elektrischen Kabeln mindestens 80 cm betragen.
- (2) Es sind Markierungen (z. B. im Domschacht) vorzusehen, die die Lage des ortsfesten Druckgasbehälters angeben. Die Markierungen müssen auch oberirdisch sichtbar sein, wenn dies gemäß Gefährdungsbeurteilung erforderlich ist.
- (3) Erdgedeckte ortsfeste Druckgasbehälter müssen gegen Außenkorrosion ausreichend beständig ausgeführt oder geschützt sein. Der Schutz gegen Außenkorrosion kann z. B. durch Umhüllungen aus Bitumen, Polyethylen oder Duroplaste (z.B. Epoxidharz) erreicht werden.
- (4) Die Unversehrtheit der Umhüllung des ortsfesten Druckgasbehälters ist unmittelbar vor seinem Absenken in die Behältergrube fachkundig zu prüfen und zu dokumentieren. Die Umhüllung ist mit einer auf die Art und Dicke der Beschichtung abgestellten Spannung auf Fehlerstellen zu prüfen. Weist die Umhüllung Schäden auf, so sind die Schadstellen fachkundig und mit geeigneten Mitteln auszubessern oder zu erneuern; die ausgebesserten Stellen sind einer erneuten Prüfung nach Satz 1 auf Fehlerstellen zu unterziehen.

- (5) Ortsfeste Druckgasbehälter sind unter Aufsicht eines Fachkundigen einzulagern; die einwandfreie Einlagerung ist zu dokumentieren. Die Umhüllung darf durch die zur Einlagerung verwendeten Geräte nicht beschädigt werden.
- (6) Zum Schutz der Umhüllung des ortsfesten Druckgasbehälters im eingelagerten Zustand sind geeignete Maßnahmen, z. B. Einlagerung in Erde oder Sand unter Berücksichtigung der Angaben des Herstellers, vorzusehen.
- (7) Tragösen und andere Behälterteile, die aus der Umhüllung herausragen, sind gleichwertig wie der ortsfeste Druckgasbehälter gegen Korrosion zu schützen.
- (8) Sind ortsfeste Druckgasbehälter gegen Außenkorrosion nicht mehr ausreichend beständig (siehe Absatz 3) oder können sie nicht ausreichend geschützt werden, so ist ein kathodischer Korrosionsschutz anzubringen. Der kathodische Korrosionsschutz ist fachkundig entsprechend dem Stand der Technik zu planen, auszuführen und zu überprüfen. Auf den kathodischen Korrosionsschutz darf verzichtet werden, wenn nach den örtlichen Gegebenheiten eine Außenkorrosion ausgeschlossen werden kann. Dies ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.
- (9) Liegen ortsfeste Druckgasbehälter unterhalb von Verkehrswegen, sind sie durch eine ausreichende Erddeckung und erforderlichenfalls eine lastverteilende Schicht oder andere Maßnahmen gegen die auftretenden Verkehrslasten zu schützen. Bei möglicher Überfahung muss der Domschacht für die Belastung ausgelegt sein.
- (10) Ist ein Schutz gegen thermische Einwirkungen erforderlich, müssen die ersten Absperrarmaturen an erdgedeckten Druckgasbehältern innerhalb des Domschachtes angeordnet sein. Der Domschacht muss mit einer Abdeckung aus nicht brennbaren Materialien versehen sein.

4.1.7 Zusätzliche Maßnahmen bei entzündbaren Gasen

- (1) Zur Festlegung der explosionsgefährdeten Bereiche und für Maßnahmen zum Explosionsschutz wird auf TRBS 2152 und TRBS 2152 Teil 1 bis 4 bzw. TRGS 720 bis TRGS 722 verwiesen. Für Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen wird auf TRBS 2153 verwiesen.
- (2) Die Einschränkung des explosionsgefährdeten Bereiches ist durch bauliche Maßnahmen möglich, soweit diese die Räume oder Bereiche gasdicht abschließen. Diese Abtrennungen müssen nicht für Beanspruchungen aus Explosionen ausgelegt sein. Um die natürliche Umlüftung zu erhalten, ist eine Einschränkung nur an ein oder zwei Seiten zulässig. Bei Einschränkung an mehr als zwei Seiten sind ergänzende Lüftungsmaßnahmen vorzusehen.
- (3) In den explosionsgefährdeten Bereichen dürfen nur bauliche Anlagen und Einrichtungen angeordnet sein, die dem Betrieb der ortsfesten Druckanlagen für Gase dienen. Betriebs- und Werkstrassen sowie Werkgleise gehören zu diesen Einrichtungen. Auf diesen Verkehrswegen dürfen nur ausreichend explosionsgeschützt ausgeführte Fahrzeuge verkehren, die dem Betrieb der ortsfesten Druckanlagen dienen. Abweichend von Satz 3 dürfen nicht explosionsgeschützt ausgeführte Fahrzeuge dann in diesen explosionsgefährdeten Bereichen verkehren, wenn sichergestellt ist, dass keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist, z. B. durch eine Arbeitsfreigabe.

(4) Abweichend von Nummer 4.1.4 Absatz 2 dürfen ortsfeste Druckgasbehälter für verflüssigte entzündbare Gase nicht in Räumen aufgestellt werden, deren Fußböden allseitig unter Erdgleiche liegen. Bei erdgedeckten Druckbehältern, bei denen eine Stirnwand innerhalb einer Grube liegt, gilt diese Grube nicht als Raum im Sinne von Satz 1.

(5) Über Nummer 4.1.4 Absatz 1 hinaus dürfen sich Räume mit ortsfesten Druckgasbehältern für entzündbare Gase neben, unter oder über Räumen, die dem dauernden Aufenthalt von Menschen dienen, nur befinden, wenn die Trennwände zu diesen angrenzenden Räumen zusätzlich mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 min ausgeführt sind.

4.1.7.1 Schutzmaßnahmen gegen und bei Freisetzung von Gasen und gegen Selbstbefeuerung

(1) Ortsfeste Druckgasbehälter für verflüssigte entzündbare Gase sind so auszurüsten, dass ein Überfüllen sicher verhindert wird. Diese Forderung ist insbesondere durch den Einbau einer geeigneten Überfüllsicherung erfüllt. An Druckgasbehältern mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t sind zwei voneinander unabhängige Überfüllsicherungen oder ein gleichwertiges System erforderlich. Die Füllstandanzeige kann in die Überfüllsicherung integriert sein. Diese Überfüllsicherungen müssen so eingestellt sein, dass unter Berücksichtigung eventueller Nachlaufmengen der zulässige Füllgrad des Druckgasbehälters nicht überschritten und der Förderstrom automatisch unterbrochen wird. Beim Ansprechen der Überfüllsicherung muss ein sicher erkennbarer optischer oder akustischer Alarm ausgelöst werden.

(2) Für Rohrleitungsanschlüsse an ortsfesten Druckgasbehältern sind folgende Schutzmaßnahmen vorzusehen:

1. Jede erste Absperrarmatur zu weiterführenden Rohrleitungen muss gefahrlos betätigt werden können.
2. An ortsfesten Druckgasbehältern mit einem Fassungsvermögen von mehr als 3 t muss vor oder hinter der ersten mit der flüssigen Phase in Verbindung stehenden Handabsperrarmatur der Füll- und Entnahmeleitung eine fernbetätigbare Absperrarmatur vorhanden sein.
3. An ortsfesten Druckgasbehältern mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t muss vor oder hinter der ersten mit der flüssigen Phase in Verbindung stehenden Handabsperrarmatur der Füll- und Entnahmeleitung sowie der Gaspendelleitung eine fernbetätigbare Absperrarmatur mit mechanischem, pneumatischem oder elektrischem Stellungsanzeiger vorhanden sein; die fernbetätigbare Absperrarmatur muss bei Ausfall der Antriebsenergie selbsttätig in die sichere Stellung gehen; die Armaturen müssen so beschaffen sein, dass sie bei den bei einer eventuellen Selbstbefeuerung zu erwartenden Temperaturen in erforderlichem Maße funktionsfähig bleiben, es sei denn, die Armaturen sind durch Brandschutzisolierung oder Wasserberieselung geschützt.
4. An ortsfesten Druckgasbehältern mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t ist die erste unterhalb des Behälters liegende Absperrarmatur in der Füll- und Entnahmeleitung für die flüssige Phase

- a) als eingeschweißte außen liegende und feuersichere Armatur (siehe dazu z. B. DIN EN ISO 10497 „Prüfung von Armaturen – Anforderungen an die Typprüfung auf Feuersicherheit“) auszuführen oder
 - b) die außen liegende Armatur durch eine Brandschutzisolierung oder Wasserberieselung zu schützen oder
 - c) als innen liegende Armatur auszuführen.
5. In Füllleitungen \leq DN 50 darf anstelle der fernbetätigbaren Absperrarmatur eine Rückschlagarmatur eingebaut sein.
 6. Stutzen ohne angeschlossene Rohrleitung müssen
 - a) auch bei eingebauten Armaturen blindgesetzt oder
 - b) als nicht lösbare Verbindungen ausgeführt sein.
 7. An Probenahmestellen muss durch Einrichtungen sichergestellt sein, dass betriebsbedingt nur geringe, zu keiner Gefährdung führenden Mengen austreten können, z. B. indem Probenahmeöffnungen mit zwei hintereinander geschalteten Absperrarmaturen ausgerüstet und im Durchmesser mit einem entsprechend klein dimensionierten Querschnitt ausgelegt sind.
 8. Bei Mess- und Regelleitungen müssen
 - a) sowohl an der Gas- als auch an der Flüssigphase eine Handabsperrrarmatur vorhanden sein und
 - b) die Handabsperrrarmaturen so beschaffen sein, dass sie bei den im Brandfall zu erwartenden Temperaturen in erforderlichem Maße funktionsfähig bleiben.
 9. Die Entwässerungsanschlüsse müssen auch bei eingebauten Armaturen blindgesetzt sein.
- (3) Im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern für entzündbare Gase sind Einrichtungen zum Melden von Brand oder Explosionsgefährdungen vorzusehen. Diese Forderung ist erfüllt, wenn z. B. ein Telefon oder Funkgerät oder ein Brandmelder schnell erreichbar ist. Innerhalb von explosionsgefährdeten Bereichen müssen diese Geräte den Anforderungen an den Explosionsschutz genügen (siehe TRBS 2151 Teil 3).
- (4) In Bereichen mit ortsfesten Druckgasbehältern mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t, die während des Betriebes nicht mit Personal besetzt sind oder nicht regelmäßig kontrolliert werden, sind selbsttätig wirkende Einrichtungen zum Erkennen und Melden von störungsbedingter Freisetzung von Gasen, z. B. Gaswarneinrichtungen mit Meldung an eine ständig besetzte Stelle, wie z. B. eine Messwarte, vorzusehen. Entsprechend der Gaskonzentration sind angemessene Maßnahmen einzuleiten. Die Anlage ist ab einer im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegende Gaskonzentration in den sicheren Zustand zu bringen. Es sind für das zu messende Gas/Gasgemisch geeignete Gaswarneinrichtungen zu verwenden. Die Anzeige ist entsprechend zu justieren.
- (5) In Bereichen mit ortsfesten Druckgasbehältern mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t entzündbarer Gase ist ein Not-Aus-System mit leicht erreichbarem Auslösesystem und Meldung an eine ständig besetzte Stelle vorzusehen. Mit dem Not-Aus-System müssen die Verbindungsleitungen zwischen Druckgasbehältern und anderen Anlagenteilen so abgesperrt werden, dass Gefährdungen verhindert wer-

den. Das Not-Aus-System kann in mehrere Teilsysteme untergliedert sein und je nach den örtlichen oder betrieblichen Gegebenheiten von Hand oder selbsttätig ausgelöst werden. Im Einzelfall ist zu entscheiden, welche fernbetätigbaren Absperrarmaturen in das Not-Aus-System einzubeziehen sind.

(6) Wenn durch störungsbedingte Gasfreisetzung entzündetes Gas den ortsfesten Druckgasbehälter, seine Stützen oder seine Standzarge befeuern kann, ist ein ausreichender Schutz gegen Selbstbefeuerung erforderlich. Aus diesem Grund sind Druckgasbehälter für entzündbare Gase so aufzustellen und auszurüsten oder zu schützen, dass eine Freisetzung von Gas nicht zu einem Brand führen kann, durch den der Druckgasbehälter in Gefahr drohender Weise erwärmt wird. Die erforderlichen Maßnahmen müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden. Sie können z. B. aus einer geeigneten Kombination der nachfolgenden Maßnahmen bestehen:

1. Die Entnahme erfolgt aus der Gasphase des Druckgasbehälters.
2. Alle Armaturen der Füll- und Entnahmeleitungen mit Anschluss an die flüssige Phase sind außerhalb der senkrechten Projektion des Behältermantels angeordnet und die Leitungen zwischen Druckgasbehälter und Armaturen sind ohne lösbare Verbindung ausgeführt und die Armaturen
 - a) haben mindestens einen Abstand von 5 m von der senkrechten Projektion des Behältermantels oder
 - b) sind durch eine Schutzwand gemäß Nummer 4.1.5.2 gegenüber dem Druckgasbehälter abgeschirmt; anstelle der Schutzwand kann auch ein Armaturenschrank eingesetzt werden, wenn damit die gleiche Schutzwirkung erzielt wird.
3. Die Beschaffenheit des Bodens am Aufstellort unter den Armaturen bei tiefgekühlt verflüssigten Gasen entspricht Nummer 4.1.7.2 Absatz 2.
4. Es wurde eine der Maßnahmen Erddeckung, Brandschutzisolierung oder Wasserberieselung getroffen.
5. Die Wasserberieselungsrate der stationären Einrichtungen wird nach Nummer 4.1.5.5 aufgebracht.
6. An erdgedeckten Druckgasbehältern, sofern in ihren Domschächten Armaturen mit Anschluss an die Flüssigphase angeordnet sind,
 - a) können die Domschächte mit Wasser oder Schutzgas geflutet werden oder
 - b) ist die Behälterwandung innerhalb des Domschachtes mit einer Brandschutzisolierung versehen.

4.1.7.2 Zusätzliche Maßnahmen bei Aufstellung im Freien

(1) Oberirdische ortsfeste Druckgasbehälter für verflüssigte entzündbare Gase müssen untereinander und zu anderen Druckbehältern einen für die Brandbekämpfung ausreichenden Abstand haben. Die Forderung nach einem ausreichenden Abstand gilt insbesondere als erfüllt, wenn dieser mindestens folgenden Wert hat:

1. Bei zylindrischen Behältern:

0,5 x Durchmesser des Behälters mit dem größeren Durchmesser (bei Doppelmantelbehältern bezogen auf den Durchmesser des Innenbehälters), jedoch mindestens 1 m.

2. Bei Kugelbehältern:
0,75 x Durchmesser.
 3. Bei Kugelbehältern, die in mehr als zwei Reihen aufgestellt sind:
0,75 x Durchmesser + 7 m bis zur dritten Reihe.
 4. Zwischen zylindrischen Behältern und Kugelbehältern:
0,75 x Durchmesser des größeren Behälters zur Projektion der Behälter.
- (2) Damit ggf. austretendes Gas sich nicht in gefährlicher Menge unter dem Druckgasbehälter ansammeln kann, ist der Boden im Bereich der Anschlüsse und Armaturen von ortsfesten Druckgasbehältern für tiefgekühlt verflüssigte entzündbare Gase so auszuführen, dass
1. austretendes Gas nicht eindringen kann und
 2. der Boden eine Neigung von etwa 2 % in eine ungefährliche Richtung besitzt. Bei in Gruppen aufgestellten Druckgasbehältern ist die Neigungsrichtung so festzulegen, dass keine gegenseitige Gefährdung der Behälter entstehen kann.
- Einer besonderen Ausführung des Bodens bedarf es nicht, wenn
1. das Gas gasförmig entnommen wird und
 2. die Anschlüsse und Armaturen an der Flüssigphase entweder
 - a) keine lösbaren Verbindungen besitzen, ausgenommen MSR-Leitungen, oder
 - b) Nummer 4.1.7.1 Absatz 6 Ziffer 2 entsprechen.
- (3) Soweit nach der Gefährdungsbeurteilung erforderlich, sind Maßnahmen zur Begrenzung der Ausbreitung bei störungsbedingter Gasfreisetzung zu treffen. Insbesondere sind folgende Maßnahmen zu ergreifen:
1. Erzeugen von Wasserschleiern zum Niederschlagen einer Gaswolke bei Gasen, die wasserlöslich sind, z. B. Ammoniak, Ethylenoxid,
 2. Erzeugen von Wasserschleiern zur Begrenzung der Ausbreitung einer Gaswolke bei Gasen, die in Wasser nicht oder nur wenig löslich sind oder
 3. Begrenzen der flächigen Ausbreitung durch Verwirbeln des ausgetretenen Gases mittels Wasserdampf (Dampfsperre).
- Die erforderlichen Einrichtungen, z. B. Sprührohre, Sprühwände, müssen im Bedarfsfall schnell verfügbar sein. Sie können fahrbar oder ortsfest eingebaut sein oder durch die Werkfeuerwehr bereitgestellt werden.
- (4) Im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern für entzündbare Gase mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t ist ein gut sichtbarer Windrichtungsanzeiger, z. B. ein Windsack, aufzustellen. Ist durch die Art der Aufstellung ein örtlicher Windrichtungsanzeiger nicht zweckdienlich, so kann die Windrichtung auch zentral an der für die Gefahrenabwehr zuständigen Stelle, z. B. Werkfeuerwehr, angezeigt werden.
- (5) Zu ortsfesten Druckanlagen für Gase ist ein Sicherheitsabstand erforderlich, außerhalb dessen bei Freisetzung von Gasen gemäß TRGS 407 Nummer 3.2.4 Absatz 2 das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ausgeschlossen werden kann. Dieser Sicherheitsabstand ist unabhängig von explosionsgefährdeten Bereichen festzulegen.

(6) Der Sicherheitsabstand ist mittels einer Ausbreitungsrechnung festzulegen, z. B. nach VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 1 für Gase leichter als oder gleich schwer wie Luft bzw. nach Blatt 2 für Gase schwerer als Luft. Dabei ist eine mittlere Ausbreitungssituation zugrunde zu legen. Für die Ausbreitungsberechnung sind

1. die maximal mögliche Menge/der maximal mögliche Mengenstrom freigesetzten Gases,
2. die Grenzwertkonzentration des freigesetzten Gases und
3. die Freisetzungs- und Ausbreitungsbedingungen

zu berücksichtigen. Bei der Festlegung der maximal möglichen Menge/des maximal möglichen Mengenstroms freigesetzten Gases gemäß Ziffer 1 ist zu berücksichtigen, ob durch eine Abweichung vom bestimmungsgemäßen Betrieb die gleichzeitige Freisetzung von Gas an mehreren Stellen erfolgen kann. Ist dies der Fall, sind die gleichzeitig freigesetzten Gasmengen zu berücksichtigen. Die Grenzwertkonzentration gemäß Ziffer 2 ist die Konzentration, unterhalb derer das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ausgeschlossen werden kann. Davon kann ausgegangen werden, wenn die untere Explosionsgrenze (UEG) nicht überschritten wird. Bei der Festlegung der Freisetzungs- und Ausbreitungsbedingungen gemäß Ziffer 3 sind jeweils die besonderen Randbedingungen für den Standort zu berücksichtigen.

(7) Ergibt die Ausbreitungsberechnung gemäß Absatz 6, dass sich innerhalb des Sicherheitsabstands Schutzobjekte befinden, so müssen Maßnahmen getroffen werden, die zu einer Verringerung des Sicherheitsabstandes führen (z. B. Ableitung von Gasen in Entsorgungssysteme oder geschlossene Auffangsysteme).

(8) Innerhalb des Sicherheitsabstandes müssen besondere Maßnahmen zur Alarmerung und Gefahrenabwehr getroffen werden.

(9) Bei ortsfesten Druckgasbehältern für entzündbare Gase sind die erforderlichen Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung entsprechend TRBS 2152 Teil 3 zu treffen. Dies beinhaltet insbesondere auch die geeigneten Maßnahmen zum Blitzschutz, siehe TRBS 2152 Teil 3 Nummer 5.8.

4.1.8 Zusätzliche Maßnahmen bei akut toxischen Gasen der Kat. 1 bis 3

(1) Bei den Gasen Phosphorwasserstoff (Phosphan bzw. Phosphin), Schwefelwasserstoff, Carbonylchlorid (Chlorkohlenoxid, Phosgen) und Fluor sowie bei Cyanwasserstoff (Blausäure) sind die Lagermengen nach sicherheitstechnischen und verfahrenstechnischen Gesichtspunkten möglichst klein zu halten und die ortsfesten Druckgasbehälter bevorzugt in besonderen Räumen aufzustellen.

(2) Um Stellen an ortsfesten Druckgasbehältern, aus denen betriebsbedingt akut toxische Gase der Kat. 1, 2 oder 3 freigesetzt werden können (siehe dazu auch TRGS 407 Nummer 3.2.4 Absatz 1), sind Bereiche mit möglicher Gefährdung festzulegen. Für die Abmessungen dieser Bereiche siehe Anlage 1.

(3) Für Räume und Bereiche mit ortsfesten Druckgasbehältern für akut toxische Gase der Kat. 1, 2, oder 3 ist eine Zugangsbeschränkung vorzusehen, die nur fachkundigen und besonders unterwiesenen Personen den Zugang erlaubt. Ein Hinweis darauf und eine Warnung vor dem Gas/den Gasen sind anzubringen.

4.1.8.1 Schutzmaßnahmen gegen und bei Freisetzung von Gasen

(1) Um die Freisetzung von Gasen zu verhindern, sind bei der Planung, Aufstellung und Ausrüstung von ortsfesten Druckanlagen für Gase vorbeugend Maßnahmen ausgehend von den Eigenschaften der Gase zu ergreifen. Betriebsbedingte Freisetzung von Gasen ist bei akut toxischen Gasen der Kat. 1 zu verhindern und bei akut toxischen Gasen der Kat. 2 oder 3 möglichst zu vermeiden.

(2) Folgende Absperrungen und Rohrleitungsanschlüsse sind als Schutzmaßnahmen gegen die Freisetzung von Gasen vorzusehen:

1. In allen Füll-, Entnahme- und Gaspendelleitungen ist je eine Handabsperrarmatur und eine fernbetätigbare Absperrarmatur mit mechanischem, pneumatischem oder elektrischem Stellungsanzeiger vorzusehen. Die fernbetätigbare Absperrarmatur muss bei Ausfall der Antriebsenergie selbsttätig in die sichere Stellung gehen. Bei akut toxischen Gasen der Kat. 1 sind die fernbetätigbaren Absperrarmaturen in das Not-Aus-System einzubeziehen. Bei akut toxischen Gasen der Kat. 2 oder 3 mit Betriebsdrücken $\leq 0,5$ bar sind in Rohrleitungen, die mit der Gasphase in Verbindung stehen, Handabsperrarmaturen ausreichend.
2. An Probenahmestellen sind Einrichtungen vorzusehen, durch die sichergestellt ist, dass betriebsbedingt keine oder nur geringe Mengen austreten können, z. B. Ausrüstung der Probenahmeöffnungen mit zwei hintereinander geschalteten Absperrarmaturen und Auslegung mit einem entsprechend klein dimensionierten Querschnitt.
3. Bei MSR-Leitungen ist eine Handabsperrarmatur sowohl an der Gas- als auch an der Flüssigphase vorzusehen.
4. Nicht erforderliche Anschlussstutzen am ortsfesten Druckgasbehälter sind zu vermeiden.
5. Stutzen ohne angeschlossene Rohrleitung sind
 - a) bei akut toxischen Gasen der Kat. 2 oder 3 ohne Armatur blindzusetzen oder mit doppeltabgedichteter oder dichtungsloser Armatur zu versehen und blindzusetzen,
 - b) bei akut toxischen Gasen der Kat. 1 ohne Flansch vorzusehen oder mit Flansch und Schweißlippendichtung dicht zu schweißen.
6. An allen Stutzen des ortsfesten Druckgasbehälters müssen
 - a) die Wanddicken der Rohre mindestens 3,2 mm betragen,
 - b) die Flansche eine Nenndruckstufe höher ausgeführt sein, als auf Grund des Dampfdruckes des Gases bei der höchstmöglichen Temperatur erforderlich wäre; für Norm-Flansche mit Nennweiten größer DN 250 kann stattdessen der rechnerische Nachweis mit entsprechend höherer Sicherheit gegen die Streckgrenze geführt werden,
 - c) Flansche mit Nut und Feder oder Vor- und Rücksprung oder Schweißlippendichtung verwendet werden,
 - d) Flansche mit glatter Dichtleiste nur in Verbindung mit Metallweichstoffdichtungen oder Metaldichtungen eingesetzt werden; bei akut toxischen Gasen der Kat. 1 dürfen Flansche mit glatter Dichtleiste nicht verwendet werden, ausge-

nommen Spezialkonstruktionen, die mindestens die gleiche Sicherheit gewährleisten.

(3) An Druckgasbehältern für akut toxische Gase der Kat. 1, 2 oder 3 ist durch eine entsprechende Ausrüstung ein Überfüllen sicher zu verhindern. Diese Forderung wird insbesondere durch den Einbau einer geeigneten Überfüllsicherung erfüllt. An Druckgasbehältern für verflüssigte Gase mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t sind zwei voneinander unabhängige Überfüllsicherungen oder ein gleichwertiges System erforderlich. Die Füllstandanzeige kann in die Überfüllsicherung integriert sein. Die Überfüllsicherungen müssen den Förderstrom automatisch unterbrechen und so eingestellt sein, dass unter Berücksichtigung evtl. Nachlaufmengen der zulässige Füllgrad des Druckgasbehälters nicht überschritten wird. Beim Ansprechen der Überfüllsicherung muss ein optischer oder akustischer Alarm ausgelöst werden.

(4) Räume mit ortsfesten Druckgasbehältern für akut toxische Gase der Kat. 1, 2 oder 3 sind mit einer Einrichtung zu versehen, die ausgetretenes Gas gefahrlos

1. ableitet oder
2. auffängt und beseitigt.

Die Einrichtungen müssen von ungefährdeten Stellen aus betätigt werden können.

(5) Im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern für akut toxische Gase der Kat. 1, 2 oder 3 ist ein Not-Aus-System mit leicht erreichbarem Auslösesystem und Meldung an eine ständig besetzte Stelle vorzusehen. Mit dem Not-Aus-System müssen die Verbindungsleitungen zwischen Druckgasbehältern und anderen Anlagenteilen so abgesperrt werden, dass Gefährdungen verhindert werden. Das Not-Aus-System kann in mehrere Teilsysteme untergliedert sein und je nach den örtlichen oder betrieblichen Gegebenheiten von Hand oder selbsttätig ausgelöst werden. Im Einzelfall ist zu entscheiden, ob die fernbetätigbaren Absperrarmaturen in das Not-Aus-System einzubeziehen sind.

(6) Im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern sind Einrichtungen zur Meldung von Gefährdungen durch Gas vorzusehen. Diese Forderung ist erfüllt, wenn z. B. ein Telefon, ein Funkgerät oder ein Gefahrenmelder schnell erreichbar ist. Im Bereich von Druckgasbehältern mit akut toxischen Gasen der Kat. 1 sowie im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern mit akut toxischen Gasen der Kat. 1, 2 oder 3, die während des Betriebes nicht mit Personal besetzt sind oder nicht regelmäßig kontrolliert werden, sind selbsttätig wirkende Einrichtungen zum Erkennen und Melden von störungsbedingter Freisetzung von Gasen, z. B. Gaswarneinrichtungen mit Meldung an eine ständig besetzte Stelle (z. B. Messwarte), vorzusehen. Entsprechend der Gaskonzentration sind angemessene Maßnahmen einzuleiten. Die Anlage ist ab einer im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegenden Gaskonzentration in den sicheren Zustand zu bringen. Es sind für das zu messende Gas/Gasgemisch geeignete Gaswarneinrichtungen zu verwenden. Die Anzeige ist entsprechend zu justieren.

(7) Im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern für akut toxische Gase der Kat. 1, 2 oder 3 sind geeignete Atemschutzgeräte und gegebenenfalls Körperschutzmittel an dafür geeigneten Stellen bereitzuhalten.

(8) Im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern für akut toxische Gase der Kat. 1 ist ein Schutzraum einzurichten, in dem z. B. Atemschutzgeräte und Körperschutzmittel vorhanden sind, soweit dies gemäß Gefährdungsbeurteilung erforderlich ist.

Der Schutzraum muss mit Notbeleuchtung, Telefon, Not-Aus-Schalter und – soweit durch die Gaseigenschaften erforderlich – mit einer Notdusche ausgestattet sein. Der Schutzraum kann auch eine entsprechend ausgestattete Prozessleitwarte sein. Der Schutzraum muss so belüftet sein, dass keine gefährlichen Konzentrationen der akut toxischen Gase auftreten können. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn z. B. ein leichter Überdruck von mindestens 0,2 mbar aufrechterhalten und die Zuluft aus sicheren Bereichen angesaugt wird.

4.1.8.2 Zusätzliche Maßnahmen bei Aufstellung im Freien

(1) An ortsfesten Druckgasbehältern für tiefgekühlt verflüssigte akut toxische Gase der Kat. 1, 2 oder 3 muss der Boden im Bereich der Anschlüsse und Armaturen so ausgeführt sein, dass austretendes Gas nicht eindringen kann. Einer besonderen Ausführung des Bodens bedarf es nicht, wenn

1. das Gas gasförmig entnommen wird und
2. die Anschlüsse und Armaturen an der Flüssigphase entweder
 - a) keine lösbaren Verbindungen besitzen oder
 - b) Nummer 4.1.8.1 Absatz 2 entsprechen.

(2) In den Bereichen mit möglicher Gefährdung dürfen sich nur bauliche Anlagen und Einrichtungen befinden, die dem Betrieb der ortsfesten Druckanlagen für Gase dienen. Die Einschränkung der Bereiche ist durch bauliche Maßnahmen möglich. Um die natürliche Umlüftung zu erhalten, ist eine Einschränkung nur an ein oder zwei Seiten zulässig. Bei Einschränkungen an mehr als zwei Seiten sind ergänzende Lüftungsmaßnahmen vorzusehen.

(3) Als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ist festzulegen, ob Maßnahmen zur Begrenzung der Ausbreitung bei störungsbedingter Gasfreisetzung erforderlich sind. In dem Fall sind insbesondere folgende Maßnahmen zu ergreifen:

1. Erzeugen von Wasserschleiern zum Niederschlagen einer Gaswolke bei Gasen, die wasserlöslich sind, wie z. B. Ammoniak, Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ethylenoxid, Chlorwasserstoff,
2. Erzeugen von Wasserschleiern zur Begrenzung der Ausbreitung einer Gaswolke bei Gasen, die in Wasser nicht oder nur wenig löslich sind, z. B. Chlor,
3. chemische Umsetzung des ausgetretenen Gases durch Versprühen geeigneter Flüssigkeiten, z. B. Ammoniakwasser für Phosgen oder
4. Begrenzen der flächigen Ausbreitung durch Verwirbeln des ausgetretenen Gases mittels Wasserdampf (Dampfsperre).

Die erforderlichen Einrichtungen, z. B. Sprührohre, Sprühwände, müssen im Bedarfsfall schnell verfügbar sein. Sie können fahrbar oder ortsfest eingebaut sein oder durch die Werkfeuerwehr bereitgestellt werden.

(4) Im Bereich von ortsfesten Druckgasbehältern für akut toxische Gase der Kat. 1, 2 oder 3 ist ein gut sichtbarer Windrichtungsanzeiger, z. B. Windsack, aufzustellen. Ist durch die Art der Aufstellung ein örtlicher Windrichtungsanzeiger nicht zweckdienlich, so kann die Windrichtung auch zentral an der für die Gefahrenabwehr zuständigen Stelle, z. B. bei der Werkfeuerwehr, angezeigt werden.

(5) Zu ortsfesten Druckanlagen für Gase ist ein Sicherheitsabstand erforderlich, außerhalb dessen bei Freisetzung von akut toxischen Gasen der Kat. 1, 2 oder 3 gemäß TRGS 407 Nummer 3.2.4 Absatz 2 das Auftreten einer Gesundheitsgefährdung ausgeschlossen werden kann. Dieser Sicherheitsabstand ist unabhängig von den Bereichen mit möglicher Gefährdung gemäß Anlage 1 festzulegen.

(6) Der Sicherheitsabstand ist mittels einer Ausbreitungsrechnung festzulegen, z. B. nach VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 1 für Gase leichter als oder gleich schwer wie Luft bzw. nach Blatt 2 für Gase schwerer als Luft. Dabei ist eine mittlere Ausbreitungssituation zugrunde zu legen. Für die Ausbreitungsberechnung sind

1. die maximal mögliche Menge/der maximal mögliche Mengenstrom freigesetzten Gases,
 2. die Grenzwertkonzentration des freigesetzten Gases und
 3. die Freisetzungs- und Ausbreitungsbedingungen
- zu berücksichtigen.

Bei der Festlegung der maximal möglichen Menge/des maximal möglichen Mengenstroms freigesetzten Gases gemäß Ziffer 1 ist zu berücksichtigen, ob durch eine Abweichung vom bestimmungsgemäßen Betrieb die gleichzeitige Freisetzung von Gas an mehreren Stellen erfolgen kann. Ist dies der Fall, sind die gleichzeitig freigesetzten Gasmengen zu berücksichtigen. Die Grenzwertkonzentration gemäß Ziffer 2 ist die Konzentration, bei deren Einhaltung eine Gefährdung ausgeschlossen werden kann. Davon kann ausgegangen werden, wenn der AEGL-2-Wert (AEGL = Acute Exposure Guideline Level) für 60 min bzw. ein vergleichbarer gasspezifischer Grenzwert nicht überschritten wird. Bei der Festlegung der Freisetzungs- und Ausbreitungsbedingungen gemäß Ziffer 3 sind jeweils die besonderen Randbedingungen für den Standort zu berücksichtigen.

(7) Ergibt die Ausbreitungsberechnung gemäß Absatz 6, dass sich innerhalb des Sicherheitsabstands Schutzobjekte befinden, so müssen Maßnahmen getroffen werden, die zu einer Verringerung des Sicherheitsabstandes führen (z. B. Ableitung von Gasen in Entsorgungssysteme oder geschlossene Auffangsysteme).

(8) Innerhalb des Sicherheitsabstandes müssen besondere Maßnahmen zur Alarmerung und Gefahrenabwehr getroffen werden.

4.2 Prüfungen und Überprüfungen

(1) Prüfungen und Überprüfungen sind auf Grundlage der BetrSichV und der GefStoffV durchzuführen. Insbesondere gelten hierfür § 10 und § 14 ff. der BetrSichV und Anhang 2 Nummer 2.4 sowie Anhang 4 Nummer 3.8 der BetrSichV und § 7 Absatz 7 der GefStoffV.

(2) Konkretisierungen der Prüfungen und Überprüfungen gemäß Absatz 1 werden in TRBS 1201 „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“, TRBS 1201 Teil 1 „Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen“ und TRBS 1201 Teil 2 „Prüfungen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck“ sowie in TRGS 500 "Schutzmaßnahmen" beschrieben.

(3) Überprüfungen im Sinne der GefStoffV und Überprüfungen im Sinne der BetrSichV müssen nicht separat durchgeführt werden, sondern eine Überprüfung kann auch äquivalente Anforderungen aus beiden Verordnungen abdecken.

(4) Ergänzend zu den Prüfungen vor Inbetriebnahme bzw. den wiederkehrenden Prüfungen können im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ggf. Überprüfungen gemäß Nummer 4.2.1 bis 4.2.3 erforderlich sein.

(5) Die Zeitabstände für die Überprüfungen sowie die Notwendigkeit ihrer Dokumentation sind vom Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln und festzulegen. Sie sind insbesondere abhängig von der Art der Anlagenteile bzw. der Ausrüstungsteile, von den gasspezifischen Einflüssen und von der Betriebsweise. Anlagenteile sind z. B. flexible Rohrleitungsteile, Armaturen, Pumpen. Sicherheitstechnisch erforderliche Ausrüstungsteile sind z. B. Gaswarneinrichtungen, Einrichtungen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen oder Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen.

4.2.1 Dichtheitsüberprüfungen

(1) Ortsfeste Druckanlagen für Gase einschließlich der Anlagen- und Ausrüstungsteile und Rohrleitungsverbindungen müssen vor der erstmaligen Inbetriebnahme, nach einer Instandsetzung und in angemessenen Zeitabständen auf technische Dichtheit überprüft werden. Die diesbezüglichen Festlegungen sind vom Arbeitgeber bei der Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung der TRBS 1201 Teil 2 zu ermitteln und festzulegen. Die Dokumentation dieser Maßnahmen kann auch im Rahmen der Betriebsanweisung erfolgen.

(2) Die Art und Weise der Dichtheitsüberprüfung ist abhängig von der konstruktiven Gestaltung der ortsfesten Druckanlage für Gase. Hieraus ergeben sich qualitative Anforderungen an die Dichtheitsüberprüfung. So erfordert zum Beispiel ein Flansch mit glatter Dichtleiste einen entsprechend höheren Überprüfungsaufwand als ein Flansch mit Schweißlippendichtung. Umgekehrt ist der Überprüfungsaufwand bei Druckanlagen, die durch ihre Konstruktion auf Dauer technisch dicht sind, entsprechend geringer.

(3) Dichtheitsüberprüfungen sind stets vorzunehmen, wenn Druck tragende Verbindungen an ortsfesten Druckanlagen für Gase gelöst und wiederhergestellt wurden oder daran Undichtigkeiten aufgetreten sind.

(4) Für Dichtheitsprüfungen im Zusammenhang mit der Inbetriebsetzung von ortsfesten Druckanlagen für Gase ist ein Inertgas oder trockene Luft zu verwenden. Das Gas, das zur Dichtheitsprüfung verwendet wird oder dessen ggf. vorhandene Beimengungen dürfen nicht zu unzulässigen Reaktionen mit dem Betriebsgas oder mit dem Werkstoff der Anlagenteile führen. Wird bei einer Dichtheitsüberprüfung nach Satz 1 der zulässige Betriebsdruck nicht erreicht, so ist erforderlichenfalls die Dichtheit im Zuge der Inbetriebsetzung durch geeignete Maßnahmen, wie z. B. eine besondere Dichtheitsüberprüfung der lösbaren Anlagenteile, sicherzustellen.

(5) Sofern die Dichtheitsprüfung mit dem Betriebsgas durchgeführt werden muss, sind entsprechend dessen gefährlicher Eigenschaften die Einflüsse auf die umgebenden Anlagenteile zu bewerten und Maßnahmen zum Schutz des Prüfpersonals zu ergreifen.

(6) Die Dichtheitsüberprüfungen sind in Abhängigkeit von den gefährlichen Eigenschaften, vom Aggregatzustand sowie von Druck- und Temperaturniveau durch eine der folgenden Maßnahmen sicherzustellen:

1. Begehung der Bereiche mit ortsfesten Druckanlagen für Gase und Überprüfung auf Schlieren, Eisbildung, Geruch oder Geräusche infolge von Undichtheiten,
2. Begehung der Bereiche mit Druckanlagen und Überprüfung auf Leckagen mit Schaumbildnern, ggf. Heliumlecktest,
3. Begehung der Bereiche mit Druckanlagen mit mobilen Leckanzeige-, Lecksuchgeräten, z. B. tragbare Gaswarneinrichtungen bei dem geruchlosen, giftigen Kohlenmonoxid oder z. B. bildgebende Verfahren mit Wärmebildkameras bei Biogasanlagen,
4. periodische oder ggf. kontinuierliche Überprüfung der Atmosphäre durch selbsttätig arbeitende, fest installierte Geräte mit Warnfunktion.

Die Dichtheitsüberprüfung umfasst insbesondere die Überprüfung von

1. lösbaren Verbindungen, die nicht durch Konstruktion auf Dauer technisch dicht sind,
2. dynamisch beanspruchten Dichtungen, wie z. B. Stopfbuchspackungen mit nicht selbsttätig nachstellenden Packungen, Wellendurchführungen,
3. thermisch beanspruchten Dichtungen mit stark wechselnden Temperaturen.

(7) Dichtheitsüberprüfungen sind mit einem Druck durchzuführen, der auf das Prüfverfahren abgestimmt ist; er darf den zulässigen Betriebsdruck der ortsfesten Druckanlage für Gase nicht überschreiten.

4.2.2 Korrosionsüberprüfungen

(1) Ortsfeste Druckanlagen für Gase sowie ihre Auflagerungen, Aufhängungen und Verankerungen müssen in angemessenen Zeitabständen auf Außenkorrosion überprüft werden, wenn Korrosion zu erwarten ist. Bei erdgedeckten Druckanlagen oder Anlagenteilen und bei Anlagenteilen mit Wärme- oder Schalldämmung sowie Brandschutzisolierung kann die Überprüfung auf Außenkorrosion stichprobenweise erfolgen, sofern sich die Stellen mit der höchsten zu erwartenden Korrosion ermitteln lassen.

(2) Die Überprüfung auf Korrosion erfolgt in der Regel durch visuelle Überprüfung. Hinweise dazu sind in TRBS 2141 Teil 2 enthalten.

4.2.3 Überprüfungen von Sicherheitseinrichtungen

(1) Ergänzend zu den wiederkehrenden Prüfungen von Sicherheitseinrichtungen können Überprüfungen erforderlich sein, wenn die Gefahr besteht, dass Sicherheitseinrichtungen unwirksam werden können, wie z. B. durch äußerliche Beschädigungen oder durch Verstopfungen von Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen.

(2) Sicherheitseinrichtungen, bei denen die Überprüfung nicht im laufenden Betrieb durchgeführt werden kann, sind für eine Prüfung auf Funktionsfähigkeit aus der ortsfesten Druckanlage für Gase auszubauen.

(3) Weiterführende Informationen zu Gaswarneinrichtungen finden sich in der BGI 518 „Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz“ bzw. BGI 836 „Gaswarneinrichtungen für toxische Gase/Dämpfe und Sauerstoff“.

4.3 Betrieb von ortsfesten Druckanlagen für Gase

4.3.1 Allgemeine Maßnahmen

(1) Ortsfeste Druckanlagen für Gase sind so zu betreiben, dass Beschäftigte und andere Personen nicht gefährdet werden. Sicherheits- und Schutzabstände sind einzuhalten.

(2) Das Füllen einer ortsfesten Druckanlage für Gase darf nur dann erfolgen, wenn sichergestellt ist, dass ein Überfüllen sicher verhindert wird, z. B. durch eine Überfüllsicherung.

(3) In der Betriebsanweisung einer ortsfesten Druckanlage für Gase ist insbesondere zu berücksichtigen, ob

1. der Betrieb aus sicherheitstechnischen Gründen eine bestimmte Reihenfolge von Schaltvorgängen erforderlich macht,
2. die Druckanlage mit verflüssigten Gasen betrieben wird,
3. die Druckanlage mit Gasen unter Druck gefüllt ist,
4. die Druckanlage vor dem Füllen bzw. vor dem Anfahren luftfrei gemacht werden muss, z. B. durch Spülen mit Inertgasen,
5. welche Überprüfungen gemäß Nummer 4.2 erforderlich sind,
6. welche Maßnahmen zur Instandhaltung (regelmäßige Maßnahmen zur Wartung, Inspektion und Instandsetzung) erforderlich sind.

(4) In der Unterweisung ist insbesondere einzugehen auf

1. In- und Außerbetriebnahme,
2. Bedienung der ortsfesten Druckanlage unter Zugrundelegung der Betriebsanweisung nach Absatz 3,
3. Instandhaltung (regelmäßige Maßnahmen zur Wartung, Inspektion und Instandsetzung),
4. Gefährdungen und Schutzmaßnahmen beim Betrieb von ortsfesten Druckanlagen,
5. Maßnahmen, die bei Störungen, Schadensfällen und Unfällen zu treffen sind,
6. Verhalten bei außergewöhnlichen Vorkommnissen,
7. Beseitigung von Störungen,
8. Maßnahmen für den Brandfall im Bereich von ortsfesten Druckanlagen,
9. persönliche Schutzausrüstungen.

(5) Bei vorübergehenden Tätigkeiten an Stellen, an denen eine Gefährdung durch aus Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung austretende Gase nicht

ausgeschlossen werden kann, ist die Erfüllung erforderlicher Schutzmaßnahmen über eine Arbeitsfreigabe sicherzustellen.

(6) Muss ein ortsfester Druckgasbehälter befahren werden, so sind Festlegungen für das Freischalten, Freimessen und zur Befahrung zu treffen. Die Beschäftigten sind diesbezüglich zu unterweisen. Für weitere Informationen siehe TRGS 507 „Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern“, BGR 117 „Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“ und BGI 534 „Arbeiten in engen Räumen“.

4.3.2 Inbetriebsetzung

(1) Ist gemäß der Gefährdungsbeurteilung eine Dichtheitsüberprüfung im Zusammenhang mit der Inbetriebsetzung erforderlich, so ist diese nach Nummer 4.2.1 durchzuführen.

(2) Entzündbare Gase dürfen grundsätzlich in ortsfeste Druckanlagen für Gase nur gefüllt werden, wenn die enthaltene Luft (oder ggf. anderes oxidierendes Gas) aus der Druckanlage entfernt worden ist. Das Entfernen von Luft oder anderen oxidierenden Gasen kann durch Spülen mit Inertgas, z. B. Stickstoff, erfolgen. Ist das Spülen mit Inertgas nicht möglich, sind wirksame Zündquellen, die explosionsfähige Gas/Luft-Gemische in der ortsfesten Druckanlage entzünden können, zu vermeiden.

(3) Können gefährliche Reaktionen oder Korrosion oder gefährliche Eisbildung nicht ausgeschlossen werden, muss vor der Inbetriebnahme Feuchtigkeit aus ortsfesten Druckanlagen für Gase ausreichend entfernt werden.

(4) Ortsfeste Druckanlagen für Gase sind so in Betrieb zu nehmen, dass während einer Erwärmung oder Abkühlung unzulässig hohe Spannungen in den Anlagenteilen vermieden werden. Die zulässigen Gradienten der Betriebsparameter sind in der Betriebsanweisung zu dokumentieren.

4.3.3 Füllgrade

(1) Die Einrichtungen zur Füllstandsbegrenzung von ortsfesten Druckgasbehältern für verflüssigte Gase sind so einzustellen, dass der Füllgrad bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur 95 % des Gesamtrauminhalts nicht überschreitet. Die maximal zulässige obere bzw. untere Betriebstemperatur darf durch

1. Witterungseinflüsse (z. B. Sonneneinstrahlung) oder zusätzliche Erwärmung oder
2. zusätzliche Kühlung

nicht über- oder unterschritten werden. Bei verflüssigten Gasen bezieht sich diese Anforderung auf die Temperatur der Flüssigphase. Für maximal zu erwartende Betriebstemperaturen bei verflüssigten Gasen siehe Nummer 4.1.1 Absatz 5.

(2) Wird das Gas in Anlagenteilen auf eine Temperatur erwärmt, die von den in Nummer 4.1.1 Absatz 5 angegebenen Temperaturen abweicht, so ist diese anlagenspezifische Temperatur als maximal zulässige Betriebstemperatur anzunehmen. Der zulässige Füllgrad ist der Volumenanteil der Flüssigphase bei der höchstmöglichen Temperatur.

(3) Abweichend von Absatz 1 darf bei Gasen, die weder entzündbar sind, noch eine Gesundheitsgefahr nach CLP-Verordnung haben, der Füllgrad bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur 98 % des Gesamtrauminhaltes nicht überschreiten.

(4) Die Füllgrade dürfen abweichend von Absatz 1 und 2 auf die Einfülltemperatur bezogen werden, wenn Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung vorhanden sind, deren Funktion durch die bei der Freisetzung von Gasen auftretenden tiefen Temperaturen nicht beeinträchtigt werden und wenn die Gase gefahrlos austreten oder gefahrlos abgeleitet werden.

4.3.4 Bedienung von ortsfesten Druckanlagen für Gase

(1) Zur Vermeidung von Fehlbedienungen dürfen ortsfeste Druckanlagen für Gase nur von Beschäftigten bedient werden, die

1. für diese Tätigkeit unterwiesen sind und
2. erwarten lassen, dass sie ihre Aufgabe zuverlässig erfüllen.

(2) Der für die ortsfeste Druckanlage für Gase zulässige Betriebsüberdruck und die zulässige Betriebstemperatur dürfen betriebsmäßig nicht überschritten werden.

(3) Sicherheitseinrichtungen dürfen weder unwirksam gemacht noch in ihrer bestimmungsgemäßen Funktion geändert werden.

(4) Ausrüstungsteile, die bei Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb funktionsfähig bleiben müssen und deren Funktion mit Hilfsenergie gewährleistet wird, sind an ein gesichertes Netz oder eine Energienotversorgung anzuschließen. Dies gilt nicht für Ausrüstungsteile, die bei Energieausfall selbsttätig in einen sicheren Betriebszustand übergehen. Die Energienotversorgung muss

1. ein sicheres Abfahren der ortsfesten Druckanlage für Gase und
2. die Funktion der Sicherheits- und Alarmeinrichtungen sicherstellen.

Bei Energieausfall muss die Funktion z. B. von MSR-Sicherheitseinrichtungen, Not-Aus-Systemen, Notbeleuchtung, Gaswarneinrichtungen sichergestellt sein. Ausfälle der Energieversorgung oder der Energienotversorgung müssen optisch oder akustisch angezeigt werden und die Druckanlage muss in einen sicheren Betriebszustand gebracht werden.

4.3.5 Schließen und Öffnen von ortsfesten Druckanlagen für Gase

(1) Ortsfeste Druckanlagen für Gase sind so zu verschließen, dass alle konstruktiv vorgesehenen Verschlusselemente bestimmungsgemäß verwendet sind. Dichtflächen sind sauber und unbeschädigt zu halten.

(2) Verschlusschrauben sind nur vorsichtig und gleichmäßig so weit anzuziehen, wie es zum Abdichten erforderlich ist. Zum Anziehen der Verschlusschrauben sind nur die dazu bestimmten Werkzeuge zu benutzen. Die Verwendung von Drehmoment begrenzenden Werkzeugen kann zweckmäßig sein.

(3) Schadhafte Verschlusselemente, z. B. abgenutzte, rissige oder verbogene Schrauben, ausgebrochene oder sonst beschädigte Muttern, verbogene Klammern oder Bügel oder beschädigte Dichtungen dürfen nicht verwendet werden. Sie sind durch gleichartige, unbeschädigte Elemente zu ersetzen.

(4) An unter Druck stehenden ortsfesten Druckanlagen für Gase dürfen Verschlusschrauben nur von hierfür unterwiesenen Personen unter Beachtung besonderer Vorsichtsmaßnahmen nachgezogen werden.

(5) An unter Druck stehenden ortsfesten Druckanlagen für Gase dürfen Verschlusschrauben nicht gelöst werden, es sei denn, dass dies im Einzelfall nach besonderer Arbeitsanweisung ohne Gefährdung geschehen kann.

(6) Verschlüsse von ortsfesten Druckanlagen für Gase dürfen erst geöffnet werden, wenn der Druckausgleich mit der Atmosphäre hergestellt ist. Der Druckausgleich mit der Atmosphäre ist nach dem Schließen der Druckzuleitung bzw. nach dem Beseitigen aller Druck erhöhenden Ursachen (z. B. Abstellen der Heizung, Beenden der Druck erhöhenden Reaktion) und durch Entspannen bzw. Belüften und Sicherstellung der Drucklosigkeit herzustellen. Danach sind die Verschlusschrauben derart zu lockern, dass sie den Verschlussdeckel noch halten können. Anschließend ist dieser leicht anzulüften und so weit zu lockern, dass er nicht mehr auf seinem Sitz klebt. Bei anderen Verschlussarten ist sinngemäß zu verfahren.

(7) Ist beim Öffnen von Verschlüssen mit einer Gefährdung durch austretendes Beschickungsgut zu rechnen, so sind besondere Schutzmaßnahmen, z. B. Benutzen persönlicher Schutzausrüstung, zu treffen.

4.3.6 Instandhaltung von ortsfesten Druckanlagen für Gase

(1) Die für die Instandhaltung von ortsfesten Druckanlagen für Gase erforderlichen Maßnahmen sind auf Basis der Gefährdungsbeurteilung durch den Betreiber festzulegen. Für Anforderungen an die Instandhaltung siehe auch TRBS 1112 „Instandhaltung“.

(2) Ortsfeste Druckanlagen für Gase dürfen nur von Personen instandgehalten werden, die über die erforderliche Fachkunde und Erfahrungen für die entsprechenden Druckanlagen verfügen und von denen zu erwarten ist, dass sie ihre Aufgabe zuverlässig erfüllen.

(3) Maßnahmen der Wartung, Inspektion und Instandsetzung sind insbesondere erforderlich bei

1. lösbaren Verbindungen,
2. dynamisch beanspruchten Dichtungen, wie z. B. Stopfbuchspackungen mit nicht selbsttätig nachstellenden Packungen,
3. Wellendurchführungen,
4. thermisch beanspruchten Dichtungen mit stark wechselnden Temperaturen.

In der dazu erforderlichen Gefährdungsbeurteilung sind die speziellen Belange insbesondere hinsichtlich

1. Dichtheitsanforderungen,
2. gefährlicher Eigenschaften,
3. Aggregatzustand,
4. Druck- und Temperaturniveau und
5. Aufstellungsbedingungen

zu berücksichtigen.

(4) Ist es aus sicherheitstechnischen Gründen (z. B. wegen Korrosionsgefahr) erforderlich, dass Tragelemente von ortsfesten Druckgasbehältern (z. B. Stahlstützen, Standardzargen, Tragpratzen, Tragringe) in regelmäßigen Zeitabständen auf ihren sicherheitstechnischen Zustand geprüft werden, ist dies in der Gefährdungsbeurteilung festzulegen. Sofern die Tragelemente einer visuellen Überprüfung nicht zugänglich sind, z. B. aufgrund von Brandschutzdämmungen, die nicht entfernt werden können, sind erforderlichenfalls andere geeignete Prüfverfahren anzuwenden.

(5) Die Instandhaltungsmaßnahmen haben sich im Einzelnen nach der Art der Konstruktion und Betriebsweise zu richten, um die technische Dichtheit und die Sicherheit der ortsfesten Druckanlage für Gase zu gewährleisten. Dies erfordert eine entsprechende Planung für die einzelnen Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsmaßnahmen. Diese Maßnahmen sind in der Betriebsanweisung festzulegen (zur Betriebsanweisung siehe auch Nummer 4.3.1 Absatz 3).

(6) Der Arbeitgeber hat zu überprüfen, ob aus Instandsetzungsarbeiten Änderungen resultieren, die eine Prüfung nach § 10 Absatz 3 oder § 14 Absatz 2 BetrSichV erforderlich machen und diese ggf. zu veranlassen. Bei Instandsetzungen von Geräten, Schutzsystemen oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG hinsichtlich eines Teils, von dem der Explosionsschutz abhängt, ist eine Prüfung nach § 14 Absatz 6 BetrSichV in jedem Fall erforderlich.

4.3.7 Maßnahmen bei Betriebsstörungen

(1) Ergibt sich während des Betriebes einer ortsfesten Druckanlage für Gase ein unmittelbarer Gefahrenzustand, z. B. durch einen unvorhergesehenen Druckanstieg infolge Wärmeeinwirkung oder durch eine andere gefährliche Einwirkung von außen, so sind die erforderlichen Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

(2) Sicherheitsmaßnahmen bei Betriebsstörungen werden in der TRBS 2141 Teil 1 und 3 geregelt. Darüber hinaus ist folgendes zu beachten:

1. Die ortsfeste Druckanlage für Gase muss in einen sicheren Betriebszustand gebracht werden.
2. Erforderlichenfalls sind Maßnahmen zur Alarmierung und Gefahrenabwehr (z. B. gemäß AGAP (Alarm- und Gefahren-Abwehrplan)) einzuleiten.
3. Erforderlichenfalls ist die ortsfeste Druckanlage außer Betrieb zu nehmen.
4. Eine Prüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) bzw. befähigte Person gemäß Betriebssicherheitsverordnung wird erforderlich, wenn bei einem Gefahrenzustand der zulässige Betriebsüberdruck um mehr als 10 % überschritten oder die zulässige Betriebstemperatur erheblich über- bzw. unterschritten oder die ortsfeste Druckanlage beschädigt worden ist.

4.3.8 Demontage

(1) Nicht verbrauchte Restmengen von Gas sind gefahrlos abzuleiten, siehe TRBS 2141 Teil 3.

(2) Je nach den gefährlichen Eigenschaften des Gases ist eine Inertisierung der ortsfesten Druckanlage für Gase vor der Demontage notwendig.

(3) Der Abtransport des Druckgasbehälters muss erforderlichenfalls nach den Gefahrgutvorschriften erfolgen.

4.4 Besondere Schutzmaßnahmen für den Brandfall

(1) Wenn im Brandfall das Versagen Druck tragender Wandungsteile, sicherheitstechnisch relevanter Ausrüstungsteile oder tragender Bauteile (Stahlstützen, Standzargen, Tragpratzen) von ortsfesten Druckanlagen für Gase durch unzulässige Erwärmung erfolgen kann, sind entsprechende Schutzmaßnahmen, wie z. B. Brandverhütungs-, Brandschutz- oder Brandbekämpfungsmaßnahmen, vorzusehen.

(2) Es müssen Feuerlöscheinrichtungen gemäß ASR A2.2 „Maßnahmen gegen Brände“ vorhanden sein. Sofern nach der Gefährdungsbeurteilung erforderlich, müssen darüber hinaus zusätzliche Möglichkeiten zur Bekämpfung von Entstehungs- und Umgebungsbränden leicht erreichbar vorhanden sein.

(3) Ortsfeste Druckanlagen für Gase müssen Einrichtungen haben, die eine Unterbrechung der Gaszufuhr von sicherer Stelle aus gestatten.

(4) Wenn entzündbare Gase austreten und brennen, ist das Ziel die Unterbrechung der Gaszufuhr und die Kühlung der Umgebung. Wenn ausströmendes Gas brennt und die Gaszufuhr nicht unterbrochen werden kann, dann soll in der Regel das brennende Gas nicht gelöscht werden, um die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre durch das Austreten des unverbrannten Gases zu vermeiden.

Anlage 1

Geometrische Darstellung der Bereiche mit möglicher Gefährdung durch akut toxische Gase der Kat. 1 bis 3

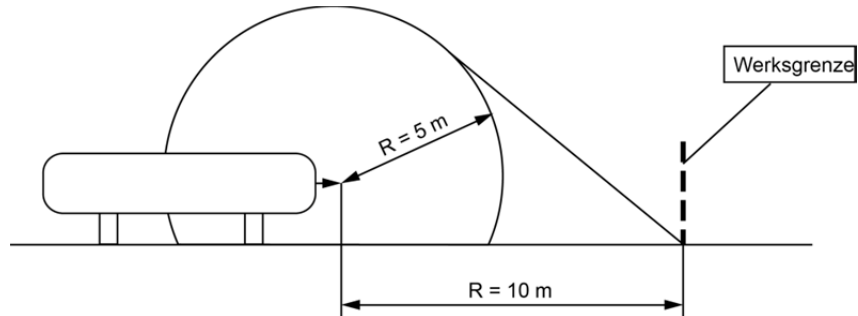


Abb. 1

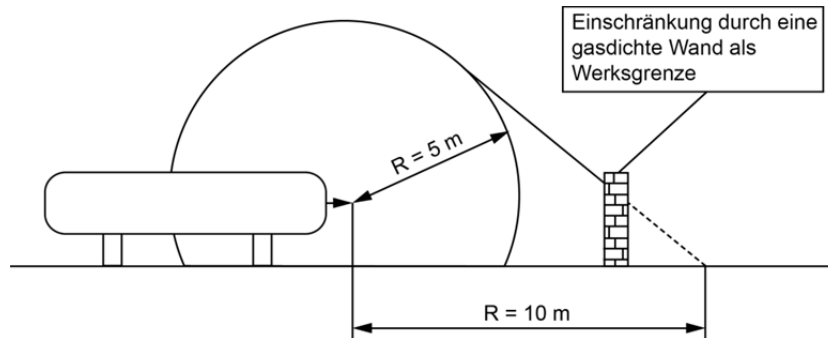


Abb. 2

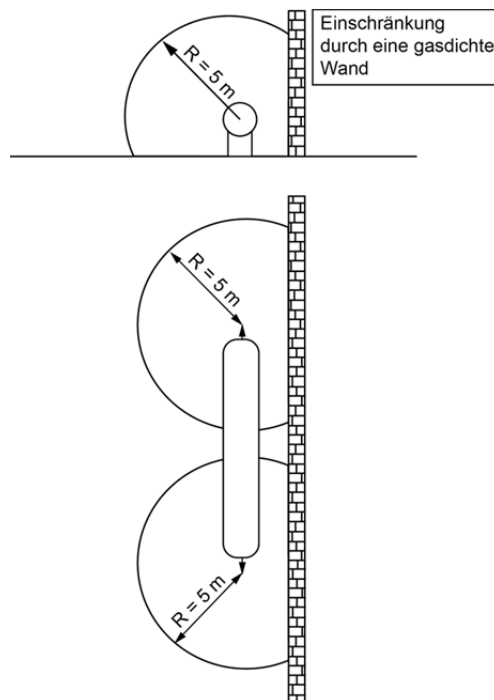


Abb. 3

Anlage 2

Bemessung der Abblaseleistung von Sicherheitsventilen bei Wärmeeintrag in ortsfeste Druckgasbehälter für verflüssigte Gase infolge Wärmeeinstrahlung

(1) Diese Anlage gilt für verflüssigte Gase, da nur für diese bei zu erwartendem Wärmeeintrag ggf. erhebliche Abblaseleistungen der Sicherheitsventile erforderlich sein können.

(2) Wird bei ortsfesten Druckgasbehältern die zulässige Betriebstemperatur – höchstmögliche Temperatur des enthaltenen Gases, z. B. durch Wärmestrahlung bei einem Brand, überschritten, so wird aufgrund des Anstieges des Dampfdruckes des Gases der Ansprechdruck des Sicherheitsventiles überschritten. Die höchsten Temperaturen stellen sich – abhängig vom Wärmeeintrag – an der nicht mit verflüssigtem Gas gekühlten Behälteroberfläche ein, da an diesen Stellen eine Wärmeabfuhr nur durch die Gasphase erfolgt. An diesem Teil der Behälterwandung darf höchstens die zulässige Werkstofftemperatur erreicht werden. Diese Temperatur ergibt sich aus der Berechnung mit dem Sicherheitsbeiwert $S = 1$ gegen die Streckgrenze (siehe Anlage 3 Tabelle 1). Abgeleitet aus den geometrischen Verhältnissen bei der Bestrahlung eines Behälters mit einer Wärmequelle und der konservativen Annahme, dass

- auf den Druckgasbehälter nur Wärme einstrahlt, keine Wärme durch Strahlung oder Konvektion abgegeben wird und
- der Druckgasbehälter auf der Querschnittsfläche $A = d \cdot l$ gleichmäßig mit dem hohen Wert der senkrechten Einstrahlung am Äquator bestrahlt wird,

erhält man aus der Wärmebilanz den entsprechenden verdampfenden Massestrom des verflüssigten Gases. Diesen Massestrom muss das Sicherheitsventil in der Lage sein abzuführen. Mit weiteren Annahmen zur sicheren Seite hin, erhält man folgende Gleichung:

$$\dot{m} = 1,063 \cdot t^{1,64} \cdot A/r \cdot 10^{-3}$$

mit

\dot{m} = abzuführender Massestrom in kg/sec

t = zulässige Werkstofftemperatur in °C

A = bestrahlte Behälterfläche = $d \cdot l$

d = Durchmesser des Behälters in m

l = Länge des Behälters in m

r = Verdampfungswärme des Gases in kJ/kg.

Stellt man die Gleichung um zu

$$\frac{\dot{m} \cdot r}{A} = 1,063 \cdot t^{1,64} \cdot 10^{-3}$$

erhält man das Diagramm gemäß Abbildung 4.

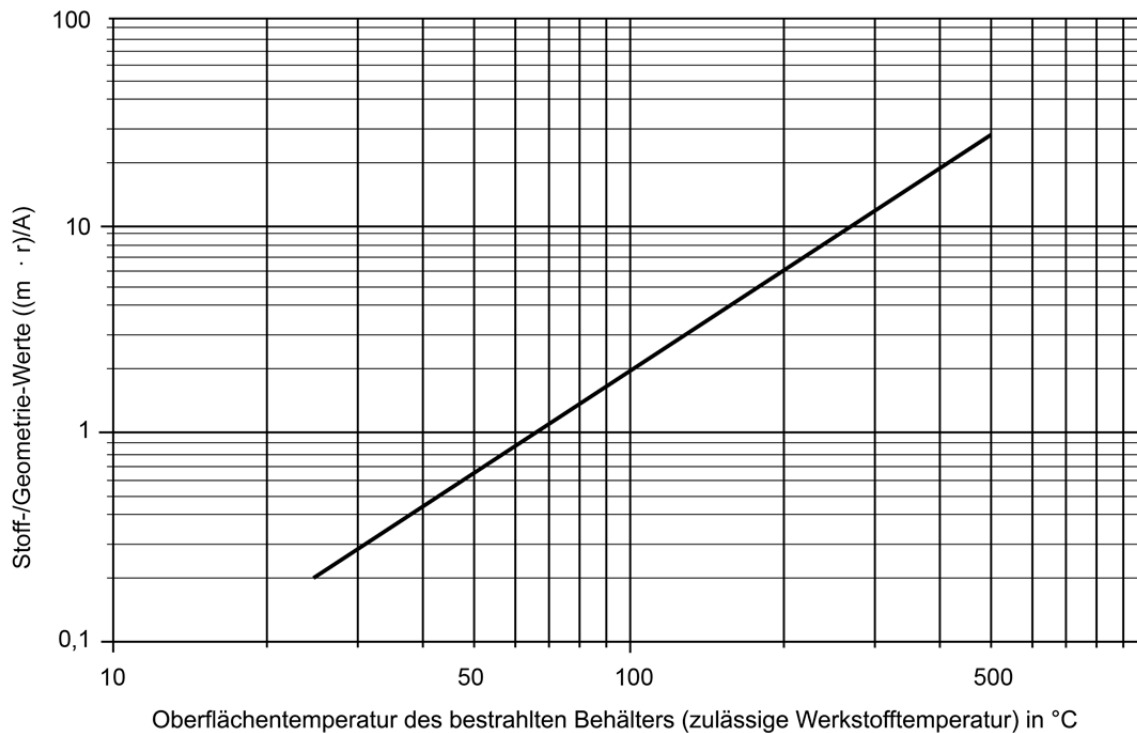


Abb. 4 Mengenbemessung für die Abblaseleistung von Sicherheitsventilen bei durch Wärmestrahlung beaufschlagten Behältern

(3) Ergeben sich danach zu große Sicherheitsventile, so ist eine genauere Berechnung mit den entsprechenden Randbedingungen erforderlich.

Für weitere Informationen siehe z. B.

1. Gas-Wärme-Institut, Bericht Nr. 8112 vom 09.04.1990, „Brandlast/Strahlungsversuche zur Ermittlung von Mindestabständen von Druckbehältern für Flüssiggas nach DIN 51622 zu möglichen Brandherden“.
2. Technische Überwachung, BD 32 (1991), Nr. 4, S. 142 ff., „Lagerung brennbarer Stoffe – Berechnung von erforderlichen Abständen zu möglichen Brandlasten“.
3. „Flüssiggas“ Heft 5/91, Strobel-Verlag Arnsberg – Brandlast-/Strahlungsversuche (Metzger) – Berechnung von erforderlichen Abständen zu möglichen Brandlasten (Becker, Huth, Müller)

(4) Die nachfolgenden Beispiele erläutern die Berechnung der erforderlichen Abblaseleistung eines Sicherheitsventils an einem Lagerbehälter für Propan und an einem Lagerbehälter für Ammoniak.

1. Lagerbehälter für Propan

Die hypothetische Brandlast soll zu der zulässigen Werkstofftemperatur (Oberflächentemperatur im Bereich der Gasphase) von 250 °C am Lagerbehälter führen, was bei

- Bemessung des Abstandes zur Brandlast nach Anlage 3,
- Dauerbelastung durch die Wärmestrahlung und
- abblasendem Sicherheitsventil

eine Temperatur von 42 °C in der Flüssigphase des Gases ergibt (s. GWI-Bericht; die Kühlung durch Verdampfung des Gases hält die Flüssigphase auf der Temperatur von 42 °C; bei einer Bemessung des Sicherheitsventils mit den oben zugrunde gelegten Vorgaben ist immer eine dem Abblasedruck des Gases – d. h. dem Einstelldruck des Sicherheitsventils – entsprechende Temperatur gegeben).

Einstelldruck des Sicherheitsventils:	$p = 15,6 \text{ bar}$
Verdampfungsenthalpie von Propan bei 42 °C:	$r = 309 \text{ kJ/kg}$
Länge des Behälters:	$l = 4,8 \text{ m}$
Durchmesser des Behälters:	$d = 1,25 \text{ m}$

Aus der Gleichung bzw. dem Diagramm ergibt sich bei 250 °C

$$\frac{\dot{m} \cdot r}{A} = 9,1.$$

Daraus folgt die über das Sicherheitsventil abzuführende Menge mit

$$\begin{aligned} \dot{m} &= 9,1 \cdot A/r = 9,1 \cdot 6/309 \\ &= 0,177 \text{ kg/sec} \\ &= 636 \text{ kg/h.} \end{aligned}$$

2. Lagerbehälter für Ammoniak

Die hypothetische Brandlast soll zu der zulässigen Werkstofftemperatur von 260 °C am Lagerbehälter führen (s. a. Erläuterung in Beispiel 1).

Einstelldruck des Sicherheitsventils:	$p = 15,4 \text{ bar}$
Verdampfungsenthalpie von Ammoniak bei 42 °C:	$r = 1091 \text{ kJ/kg}$
Länge des Behälters:	$l = 6,0 \text{ m}$
Durchmesser des Behälters:	$d = 1,5 \text{ m}$

Aus der Gleichung bzw. dem Diagramm ergibt sich bei 260 °C

$$\frac{\dot{m} \cdot r}{A} = 9,71.$$

Daraus folgt die über das Sicherheitsventil abzuführende Menge mit

$$\begin{aligned} \dot{m} &= 9,71 \cdot A/r = 9,71 \cdot 9/1091 \\ &= 0,08 \text{ kg/sec} \\ &= 288 \text{ kg/h.} \end{aligned}$$

Anlage 3

Festlegung der Schutzabstände für ortsfeste Druckgasbehälter bei vorhandenen Brandlasten

(1) Der Schutzabstand zwischen Brandlast und ortsfestem Druckgasbehälter in Abhängigkeit von der zulässigen Werkstofftemperatur ergibt sich aus Abbildung 5.

(2) Als zulässige Werkstofftemperatur wird die Temperatur eingesetzt, bei der die Sicherheit gegen die Streckgrenze gleich 1 ist. Man erhält sie, indem man die Streckgrenze bei der zulässigen Betriebstemperatur durch den Sicherheitsbeiwert (im allgemeinen 1,5) dividiert und mit diesem Streckgrenzenwert aus den Werkstofftabellen die zugehörige Temperatur bestimmt. Tabelle 1 enthält Beispiele für einige Stahlsorten.

Tab. 1 Zulässige Werkstofftemperatur für einige Stahlsorten (für Wanddicken ≤ 16 mm)

Stahlsorte		Streckgrenze K bei Raumtemperatur in MPa	K/S (mit S = 1,5) in MPa	Zulässige Werkstofftemperatur in °C
Kurzname	Werkstoffnr.			
P235GH	1.0345	235	156	289
P265GH	1.0425	265	176	290
16Mo3	1.5415	275	183	329
S235JR	1.0038	235	156	214
S355J2	1.0577	355	236	164

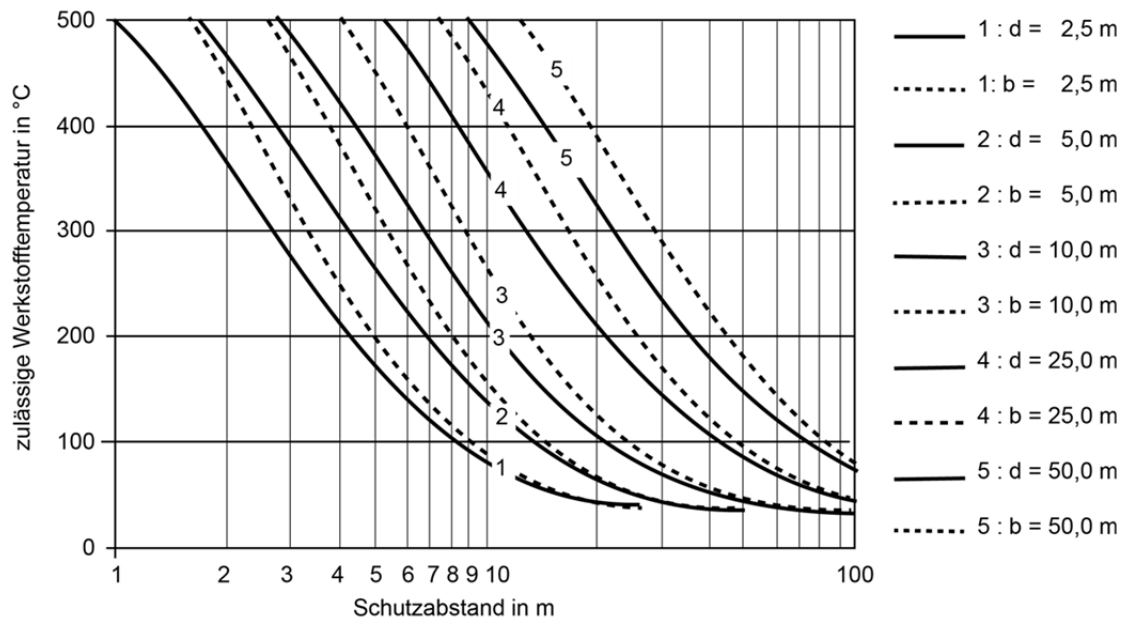


Abb. 5 Schutzabstand als Funktion der zulässigen Werkstofftemperatur
 Randbedingungen: Flammenintensität 10 W/cm^2 (z. B. Dieseldieselkraftstoff);
 Brandfläche $\pi (d/2)^2$ oder $b \cdot b$ in m^2

(3) Das Diagramm "Schutzabstand als Funktion der zulässigen Werkstofftemperatur" aus Abbildung 5 wurde für das Brandmedium Dieselkraftstoff in Abhängigkeit von Brandlastdurchmesser d (runde Brandlasten) bzw. Brandlastbreite b (eckige Brandlasten) berechnet. Da nur wenige Stoffe, z. B. Pentan, eine größere Flammenintensität (emittierte Wärmestrahlung $> 10 \text{ W/cm}^2$) als Dieselkraftstoff haben, sind Brände von z. B. Kunststoff, Holz, Stroh aufgrund ihrer geringeren Flammenintensität bzw. der kurzen Branddauer bei der Abstandsmessung durch das Diagramm auch abgedeckt. Weiterhin wurden bei der Berechnung des Diagramms die Flammenlänge (wirksame Flammenhöhe) sowie die Brandlasttiefe integriert und können bei der praktischen Anwendung unberücksichtigt bleiben.

(4) Ist Flammenberührung vermieden, kann der Einfluss des Windes auf die Flammengeometrie vernachlässigt werden, da mit den Bemessungen für das Diagramm die maximale Einstrahlung berücksichtigt ist.

(5) Brandlasten oberhalb der Scheitelhöhe des Behälters, z. B. Dachstuhlbrand, sind durch die vorliegenden Werte abgedeckt, da die Einstrahlwerte in diesen Fällen geringer sind.

(6) Bei der Ermittlung des erforderlichen Schutzabstandes ist die Größe und Aufstellung des ortsfesten Druckgasbehälters vernachlässigbar. Entscheidend ist der Punkt des Behälters, der der Brandlast am nächsten liegt, da die Strahlungsintensität auf den Behälter mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt – siehe Abbildung 6.

(7) Bei außermittiger Anordnung der ortsfesten Druckgasbehälter zu eckigen Brandlasten – siehe Abbildung 7, Fall 2 und 3 – sind die erforderlichen Schutzabstände aus dem Diagramm über die Hilfsbreiten b_1 zu bestimmen.

(8) Hat die Brandlast eine größere Flammenintensität als Dieselkraftstoff oder sollen die Abstände zur Brandlast genau berechnet werden, so kann dies nach dem erstellten Rechnungsprogramm (siehe Anlage 2 Absatz 3 Buchstabe b) erfolgen.

(9) Die Bemessung des Sicherheitsventils muss für den Wärmeeintrag bei der ermittelten zulässigen Werkstofftemperatur so erfolgen, dass ein Druckanstieg über den Auslegungsdruck des ortsfesten Druckgasbehälters hinaus nicht möglich ist. Basis für die genannten Bemessungen sind Brandlastversuche an Flüssiggaslagerbehältern.

(10) Beispiel:

- Werkstoff ortsfester Druckgasbehälter: P 265 GH
- Zulässige Werkstofftemperatur: $290 \text{ }^\circ\text{C}$
- Brandlast: Kunststoff
- Brandlastbreite $b = 5 \text{ m}$
- Schutzabstand = $5,8 \text{ m}$

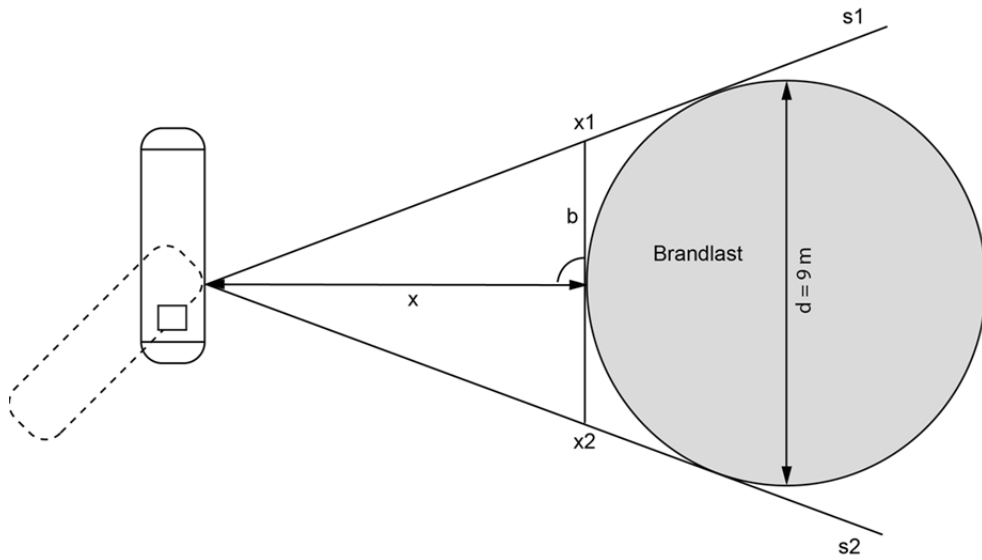


Abb. 6 Schutzabstand zu runden Brandlasten

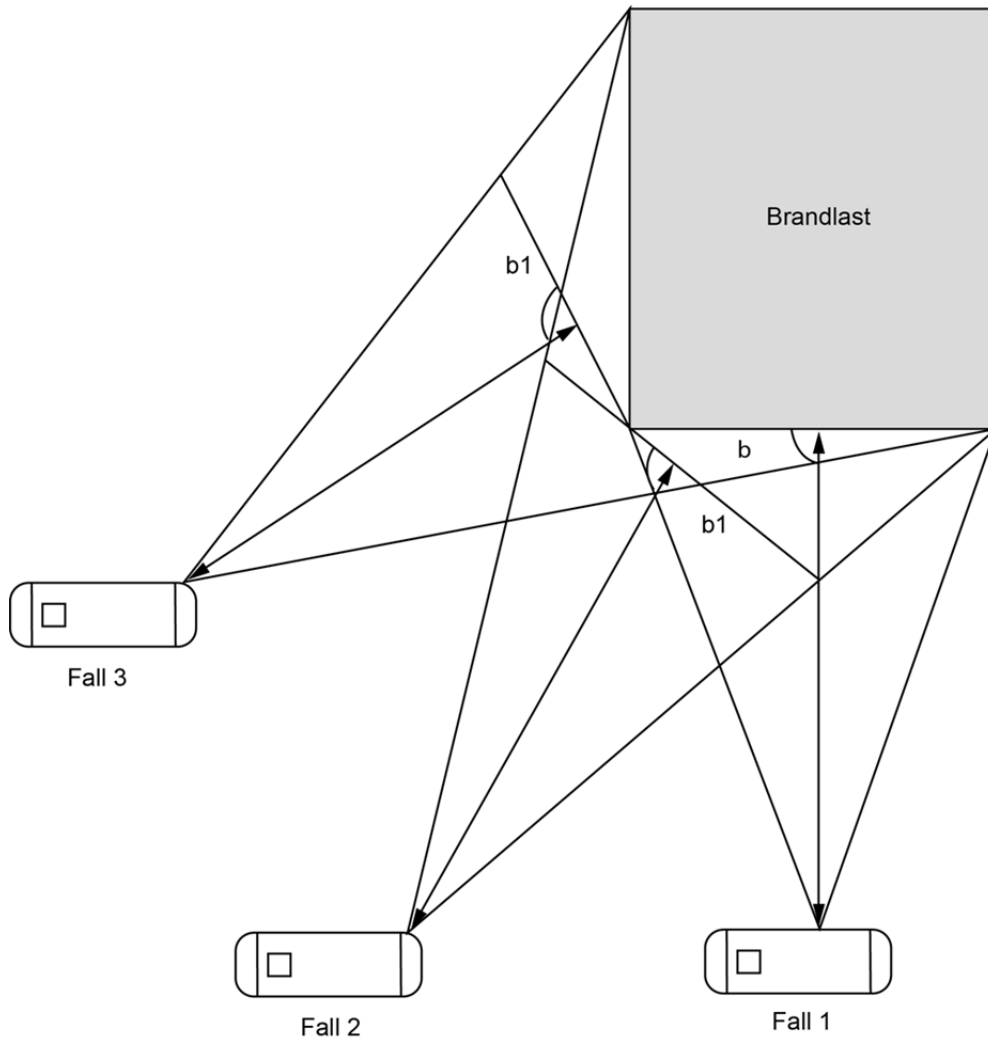


Abb. 7 Schutzabstand zu eckigen Brandlasten

Anlage 4

Bestimmung der erforderlichen Wassermenge für eine Wasserberieselung oder Wasserbeflutung für ungestörte Oberflächen

Die Diagramme wurden nach folgenden Beziehungen ermittelt:

A Unterfeuerung (Full engulfment)

Die erforderlichen Berieselungs-/Beflutungsstromdichten sind in Abhängigkeit vom Behältervolumen für Kugelbehälter und stehende bzw. liegende zylindrische Behälter in den Abbildungen 8a und 8b dargestellt; die dazugehörigen Berieselungs-/Beflutungsdichten ergeben sich aus den Abbildungen 9a und 9b.

Die entsprechenden Diagramme wurden nach folgenden Beziehungen ermittelt:

$$\dot{m} = K_1 \cdot \dot{q}_{\text{abs}} + K_2 \cdot F \cdot U/A \quad (1a)$$

mit

$$K_1 = 1/(c_p \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) + r)$$

$$K_2 = \Gamma_{\text{min}} \cdot r \cdot K_1$$

$$\Gamma_{\text{min}} = 292 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{h})$$

$$\Gamma = \dot{m} \cdot A/U \quad (1b)$$

B Unterfeuerung

Bei der Unterfeuerung erfolgt die Erwärmung eines Behälters durch eine Flamme unterhalb des Behälters im Gegensatz zu dem full engulfment, bei dem der gesamte Behälter in Flammen eingehüllt ist.

Von dem von einer Flamme abgegebenen Wärmestrom \dot{Q}_F gelangt nur der Anteil \dot{Q}_{abs} auf die Behälteroberfläche und wird dort von dem Kühlwasser absorbiert. Es gilt:

$$\dot{Q}_{\text{abs}} = \varnothing_{\text{BF}} \cdot \dot{Q}_F \quad (2)$$

mit \varnothing_{BF} Einstrahlzeit (geometrische Größe).

Die Berechnung der erforderlichen Kühlwassermassenströme mit Hilfe der Einstrahlzahl und unter entsprechender Anwendung des Rechenganges für full engulfment ist sehr aufwendig, im Einzelfall jedoch möglich.

Im Folgenden werden für zwei Sonderfälle vereinfachte Berechnungsmöglichkeiten vorgestellt:

1. Behälter befindet sich teilweise, d. h. bis zu einer bestimmten Höhe, in Flammen:

Dann ist K_1 in den Gleichungen (1a) und (1b) zu ersetzen durch K_1' ; wobei gilt:

$$K_1' = K_1 \cdot A'/A$$

mit A' Anteil der Behälteroberfläche A , der in Flammen steht.

2. Behälter befindet sich oberhalb einer Flamme:

Der Lösungsweg ist analog dem für den Nachbarschaftsbrand anzuwenden:

(Modell: Flamme = Kreisscheibe).

C Nachbarschaftsbrand

Wie bei der Unterfeuerung gelangt auch beim Nachbarschaftsbrand nur ein Teil des von einer Flamme abgegebenen Wärmestromes auf die Behälteroberfläche, Gleichung (2) findet ebenso Anwendung.

Mit Hilfe folgenden Modells (Flamme = Kreisscheibe) kann die größte, auf der Behälteroberfläche absorbierte Wärmestromdichte \dot{q}_{abs} berechnet werden:

$$\dot{q}_{\text{abs}} = \dot{q}_{\text{F}} / (1 + \pi \cdot a^2 / A_{\text{F}}) \quad (3)$$

mit

a Abstand Flamme–Behälter

A_{F} Flammengröße.

Die auf der Behälteroberfläche auftreffende Wärmestromdichte ist in Abbildung 10 über der Entfernung aufgetragen; man erkennt beispielsweise bei einer Flammengröße von 10 m^2 , dass sich \dot{q}_{abs} von 100 kW/m^2 (Abstand 0) schon in einer Entfernung von 5 m auf 11 kW/m^2 verringert.

Setzt man den so errechneten Wert in die Gleichungen (1a) und (1b) ein, so sind \dot{m} bzw. Γ bekannt.

Berieselung:

Kühlung eines Behälters mit Wasser. Das Wasser wird gleichmäßig mit Hilfe eines Düsensystems auf die zu kühlende Oberfläche aufgebracht.

Beflutung:

Kühlung eines Behälters mit Wasser. Das Wasser wird zentral über einen im oberen Behälterbereich angeordneten Zahnkranz aufgebracht. Das überlaufende Wasser läuft als gleichmäßiger Wasserfilm an der Behälteroberfläche ab.

Berieselungs-(Beflutungs-)stromdichte \dot{m} :

Wassermassenstrom zur Berieselung (Beflutung), bezogen auf die zu kühlende Behälteroberfläche, in $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Berieselungs-(Beflutungs-)stromdichte Γ :

Wassermassenstrom zur Berieselung (Beflutung), bezogen auf den größten horizontalen Behälterumfang, in $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{h})$.

Unterfeuerung:

Brandereignis, bei dem in der Behältertasche angesammelte Flüssigkeit abbrennt.

Full engulfment:

Unterfeuerung, bei der der unterfeuerte Behälter vollständig in Flammen eingehüllt ist.

Nachbarschaftsbrand:

Brandereignis außerhalb der Behältertasche.

Wärmestromdichte \dot{q}_F :

Von einer Flamme abgegebener Wärmestrom, bezogen auf die Flammenoberfläche, in kW/m².

Wärmestromdichte \dot{q}_{abs} :

Der Anteil des von der Flamme abgegebenen Wärmestromes, der von der Behälteroberfläche bzw. von dem Kühlwasser, das an seiner Oberfläche abläuft, absorbiert wird, bezogen auf die Behälteroberfläche, in kW/m².

Es bedeuten:

A = Behälteroberfläche

A_F = Flammengröße

a = Abstand Flamme - Behälter

c_p = spezifische Wärmekapazität von Wasser

F = Faktor (1 für Beflutung, 2 für Berieselung)

Γ = Berieselungs-/Beflutungsdichte [kg · (m⁻¹ · h⁻¹)]

r = Verdampfungsenthalpie von Wasser

Ø_{BF} = Einstrahlzahl (geometrische Größe)

ϑ₁ = Kühlwassertemperatur = 20 °C

ϑ₂ = Siedetemperatur von Wasser = 100 °C

ṁ = Berieselungs-/Beflutungsstromdichte [kg · (m⁻² · h⁻¹)]

Q̇_{abs} = absorbiertes Wärmestrom

Q̇_F = abgegebener Wärmestrom der Flamme

q̇_{abs} = absorbierte Wärmedichte

q̇_F = Wärmestromdichte der Flamme; z. B. für Dieselkraftstoff = 100 kW · m⁻²

U = größter horizontaler Behälterumfang

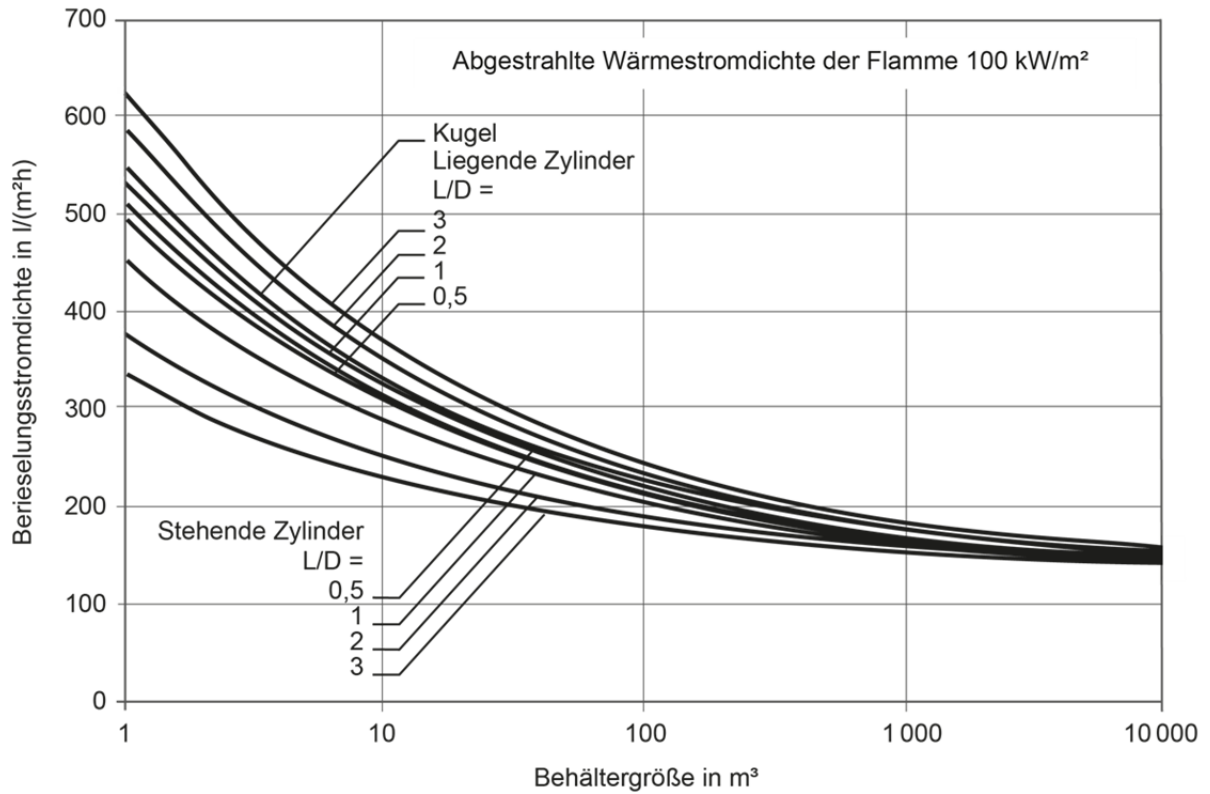


Abb. 8a Ermittlung der Berieselungsstromdichte \dot{m}

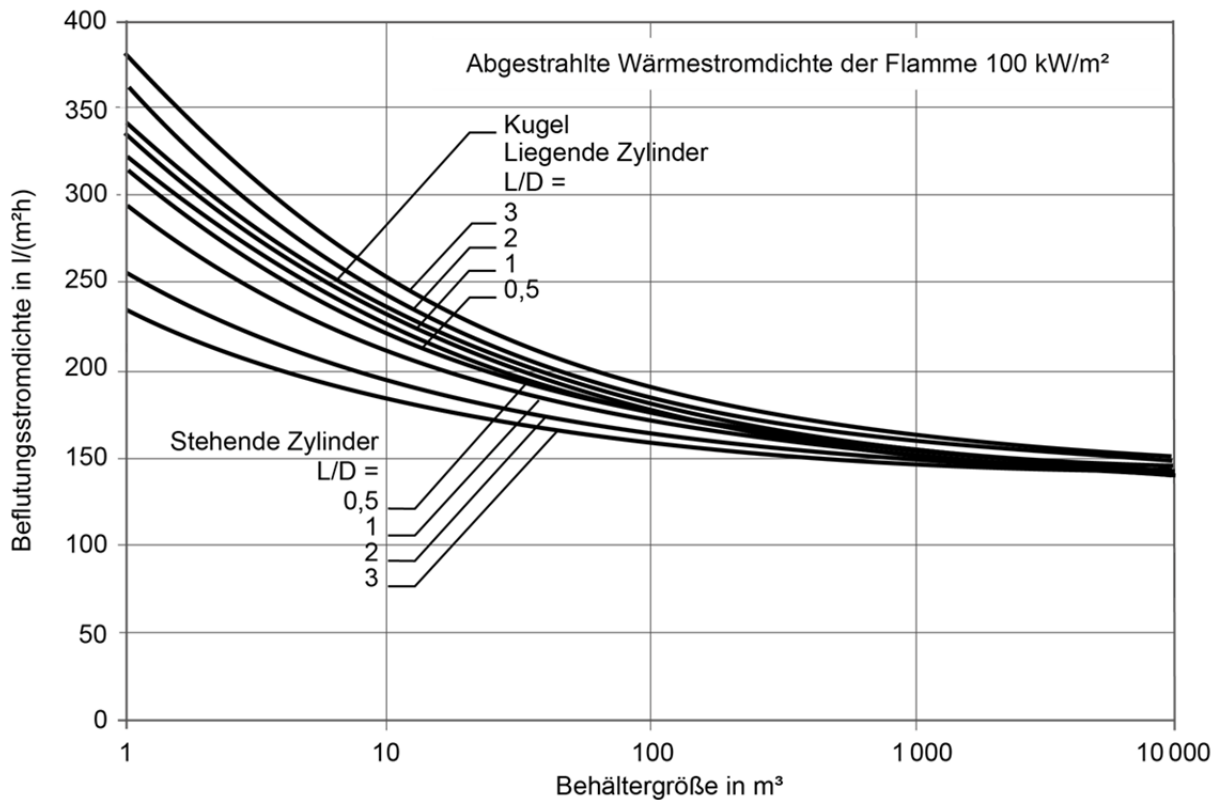


Abb. 8b Ermittlung der Beflutungsstromdichte \dot{m}

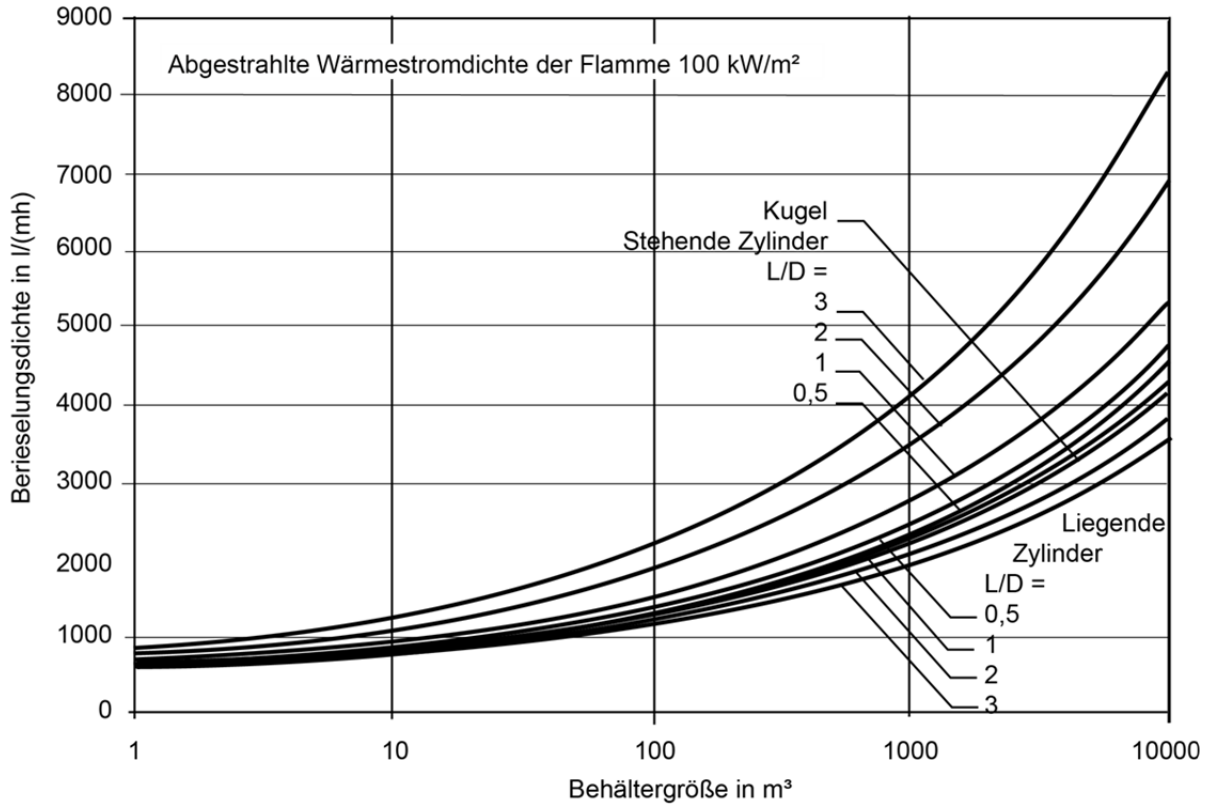


Abb. 9a Ermittlung der Berieselungsdichte \dot{I}

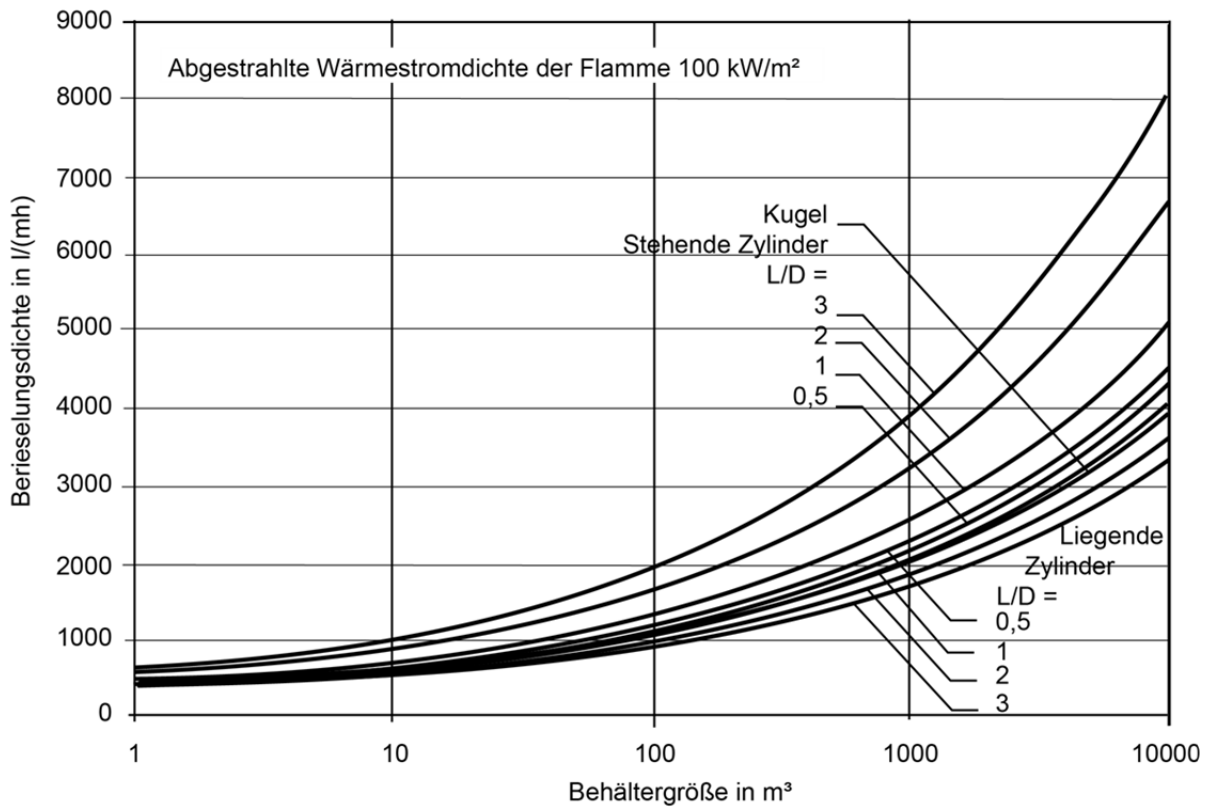


Abb. 9b Ermittlung der Beflutungsdichte \dot{I}

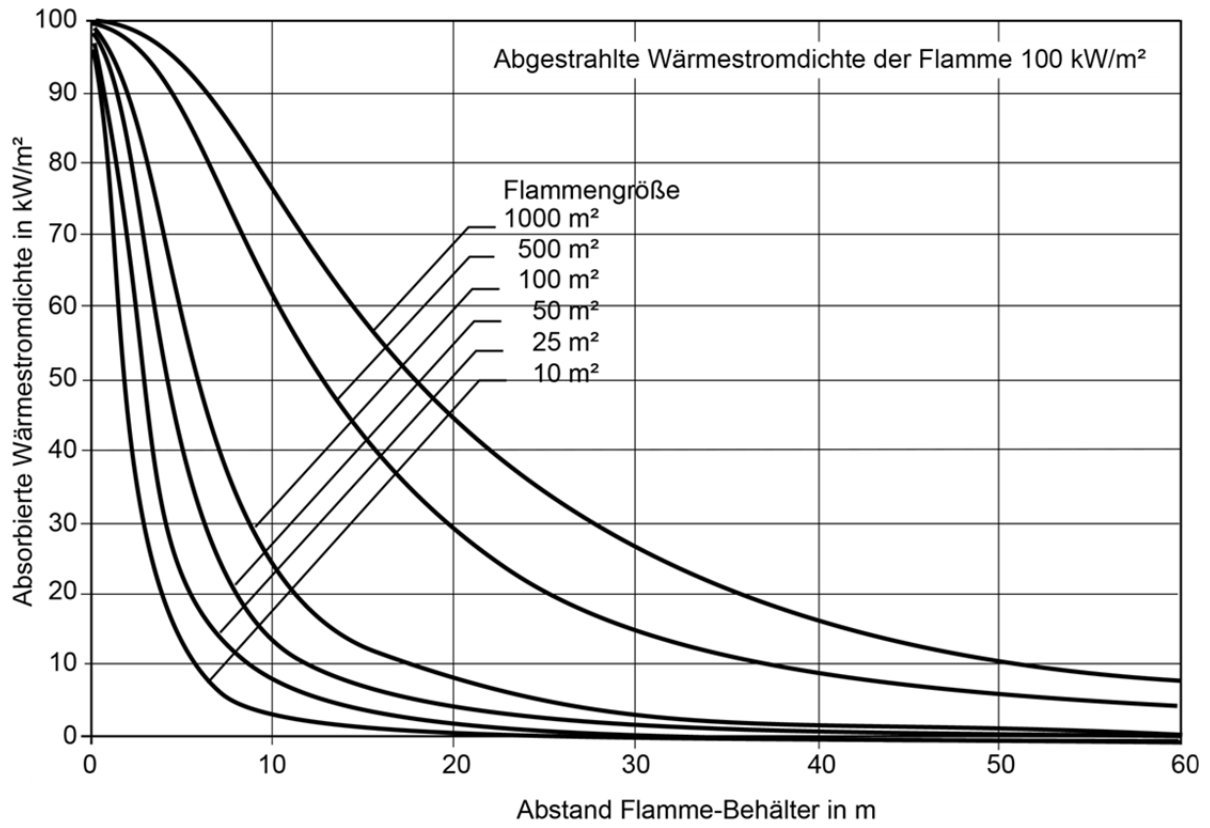


Abb. 10 Ermittlung der absorbierten Wärmestromdichte \dot{q}_{abs}