Sicherheitshinweis #3

Umgang mit Gasen unter Druck

1. Einführung

Technische Gase werden in der Regel unter Druck abgefüllt, transportiert, gelagert und verwendet. Sie werden deshalb als Druckgase bezeichnet. Die technischen Ausrüstungen für den Umgang mit Druckgasen sind Gasanlagen.

Gasanlagen werden so konstruiert, dass ihre Druckfestigkeit (Berstdruck) höher als der Prüfdruck ist. Damit ist die Gasanlage bei normalen Betriebsbedingungen gegen Bersten sicher geschützt. Wenn jedoch eine Gasanlage fehlerhaft hergestellt ist oder falsch betrieben wird, kann sie bersten, oder es können sich Teile davon lösen und wegfliegen.

Um diese und andere Risiken zu vermeiden, ist der Betrieb der Gasanlage in der Betriebssicherheitsverordnung und der sichere Umgang mit Druckgasen in den technischen Regeln (TRGS und TRBS) geregelt. Diese Sicherheitshinweise sollen die genannten Vorschriften nicht ersetzen sondern ergänzen. Sie enthalten Erkentnisse aus Schadensfällen, deren Anwendung zur Unfallverhütung beitragen kann.



2. Druckgefahren durch verdichtete Gase

Gase, die sich bei Normaltemperatur nicht verflüssigen lassen (z. B. Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Argon, Helium), werden mit Drücken bis zu 300 bar gasförmig verdichtet und in Flaschen gefüllt. Die für das Füllen benutzten Pumpen oder Verdichter sind so abgesichert, dass keine Berstgefahr durch Überfüllen entstehen kann. Der maximal zulässige Fülldruck ist so festgelegt, dass auch eine mögliche Drucksteigerung durch intensive Sonneneinstrahlung die Flasche nicht zum Bersten bringen kann. Dies kann aber dann eintreten, wenn eine gefüllte Gasflasche durch äußeres Feuer erhitzt wird. Deshalb müssen Gasflaschen vor großer Hitze geschützt werden.

Die Festigkeit von Gasanlagen kann durch Korrosion beeinträchtigt werden. Deshalb sind Gasflaschen gegen das Eindringen von Fremdsubstanzen zu schützen, indem nach der Entnahme des Gases das Flaschenventil geschlossen und die Flasche nur bis zu einem Restdruck von wenigen bar entleert wird.

Gefahren können entstehen, wenn verdichtete Gase unter hohem Druck in Anlagenteile eintreten, die für niedrigere Drücke ausgelegt sind. Folgende Schutzmaßnahmen sind zu beachten:

- Verdichtete Gase sind mittels Druckminderer aus dem Vorratsbehälter zu entnehmen. Der am Druckminderer eingestellte Hinterdruck darf nicht höher als der Betriebsdruck der nachgeschalteten Gasanlage sein. Da bei einer Störung am Druckminderer der hohe Vordruck in den Hinterdruckbereich gelangen kann, muss am Druckminderer oder unmittelbar dahinter ein entsprechendes Sicherheitsventil vorhanden sein.
- Verbindungen zwischen Anlagenteilen mit unterschiedlich hohen Betriebsdrücken sind nur unter Verwendung eines Druckminderers zulässig. Absperrventile oder Rückschlagventile allein sind keine ausreichende Absicherung.

- Gasflaschen mit verdichteten Gasen dürfen im Normalfall nicht mit Gasflaschen mit verflüssigten Gasen zusammengeschaltet werden, da ihre Betriebsdrücke unterschiedlich sind. Wenn dies im Ausnahmefall dennoch geschieht (z. B. zur Herstellung eines Gemisches), muss ein Druckminderer zwischengeschaltet werden.
- Selbst wenn an eine Gasanlage bestimmungsgemäß nur leere Gasflaschen angeschlossen werden (z. B. um die Flaschen zu spülen oder zu evakuieren), muss die Anlage mit einem Sicherheitsventil geschützt werden, weil irrtümlich auch eine volle Gasflasche angeschlossen werden kann.
- Druck- und Dichtheitsprüfungen mit verdichteten Gasen dürfen nur an solchen Anlagenteilen ausgeführt werden, die für den vorgesehenen Prüfdruck geeignet sind. Die Verbindung zu anderen Anlagenteilen muss dabei zuverlässig unterbrochen sein, z. B. durch eine Steckscheibe (siehe dazu auch BG RCI Merkblatt T 039 bisher BGI 619).

3. Druckgefahren durch druckverflüssigte Gase

Gase, die sich bei Normaltemperatur durch Druck verflüssigen lassen (z. B. Propan, Kohlendioxid, Ammoniak, Lachgas) werden mit Drücken bis zu 60 bar in flüssigem Zustand in Flaschen gefüllt.

Ein Behälter mit druckverflüssigtem Gas kann bersten, wenn er entweder überfüllt ist und erwärmt wird oder normal gefüllt ist und erheblich erhitzt wird. In beiden Fällen bewirkt die Erwärmung eine Ausdehnung der Flüssigkeit, bis diese den Behälter vollständig füllt und der Druck der inkompressiblen Flüssigkeit den Behälter zum Bersten bringt.

Um ein Überfüllen zu vermeiden, muss das für jedes Gas vorgeschriebene Füllverhältnis (kg Flüssigkeit pro Liter Behältervolumen) eingehalten werden. Dabei sind das Taragewicht der leeren Flaschen und das Füllgewicht der vollen Flaschen durch Wiegen zu kontrollieren. Das gilt auch, wenn druckverflüssigtes Gas aus einer großen Flasche in eine kleine umgefüllt wird (Vergleiche Linde-Sicherheitshinweis Nr. 2 „(Um-)Füllen von Gasen“ und Nr. 16 „Umgang mit Flüssiggas“).

Behälter mit druckverflüssigten Gasen dürfen zwecks Erhöhung des Dampfdruckes und der Gasentnahme bis maximal 50 °C erwärmt werden, z. B. mit warmem Wasser. Eine offene Flamme darf für diesen Zweck keinesfalls benutzt werden.



Die Gasflaschen von Hitze und Feuer fern halten.



Nicht in der Nähe der Gasflaschen rauchen.

Propanflaschen sind gegen die Berstgefahr durch ein in das Flaschenventil integriertes Sicherheitsventil geschützt. Kohlendioxidflaschen und auch einige Lachgasflaschen haben zu dem gleichen Zweck eine Berstscheibe am Flaschenventil. Diese Sicherheitseinrichtungen dürfen in keiner Weise verändert werden.

Kohlendioxid kann in Verbindung mit Wasser („Kohlensäure“) den Flaschenwerkstoff korrodieren. Auch dieser Vorgang kann zum Bersten einer CO_2-Flasche führen. In der Vergangenheit geschah das vor allem mit CO_2-Flaschen, die in Getränkeschankanlagen benutzt und dabei mit wässriger Flüssigkeit „verunreinigt“ wurden. Dieser Fehler ist durch eine Rückströmsperre zwischen Flüssigkeitsbehälter und CO_2-Flasche zu verhindern. Das Eindringen von Regenwasser wird vermieden, indem CO_2-Flaschen nicht restlos entleert und mit geschlossenem Ventil gelagert und transportiert werden.

Flüssiges Kohlendioxid geht bei Entspannung unter 5,2 bar teils in den gasförmigen und teils in den festen Aggregatzustand („Kohlendioxid-Schnee“) über. Wenn z. B. ein Schlauch, durch den flüssiges Kohlendioxid geleitet wurde, entspannt wird, kann CO_2-Schnee den Schlauch verstopfen und so einen Druckstau verursachen. Wenn der Schlauch von der Gasanlage getrennt wird und sich dann die Verstopfung löst, entspannt sich der gestaute Druck, und der Schlauch kann gefährlich umherschlagen. Die Bildung einer derartigen Verstopfung kann weitgehend verhindert werden, indem man den Schlauch an der tiefsten Stelle entspannt. Die Enden des Schlauches sollten mit einem Fangseil gesichert werden, das erst nach dem Lösen der Schlauchkupplung und nach vollständiger Entspannung abgenommen wird.

4. Druckgefahren durch kryogene Gase

Hierzu zählen im Wesentlichen die tiefkalt verflüssigten Gase Sauerstoff (LOX), Stickstoff (LIN), Argon (LAR), Helium (LHe), Wasserstoff (LH_2) und Erdgas (LNG). Sie werden in Kryotanks gespeichert. Damit diese bei Verwendung einer Kryopumpe nicht überfüllt werden, haben sie Sicherheitseinrichtungen, die bei Erreichen des zulässigen Fülldruckes die Füllpumpe abschalten bzw. die Füllleitung absperren.

Druckgefahren durch kryogene Gase entstehen vor allem in nicht isolierten Anlagenteilen, z. B. Rohrleitungen. Hier verdampft die Flüssigkeit durch Wärmezufuhr aus der Umgebung. Wenn das Anlagenteil dicht abgesperrt ist, entsteht unzulässig hoher Druck. Um ein Bersten zu vermeiden, müssen Anlagenteile eine Möglichkeit des Druckausgleiches entweder nach innen (z. B. in den Tank) oder nach außen (Sicherheitsventil, Berstscheibe) haben.

Der Füllanschluss eines Kryotanks wird üblicherweise mit einer Blindkappe verschlossen. Diese muss eine offene Bohrung haben, um den in der Füllleitung durch verdampfende Flüssigkeit entstehenden Druck gefahrlos zu entspannen.

Tiefkalt verflüssigter Stickstoff wird unter anderem zum Verspröden von Materialien eingesetzt, die entgratet oder gemahlen werden sollen. Das dabei entstehende feinkörnige Produkt kann die Öffnung verstopfen, durch die der gasförmige Stickstoff entspannt werden soll. Wenn diese Möglichkeit besteht, muss eine Überdrucksicherung vorhanden sein, die gefährlichen Druckaufbau verhindert.



5. Sicherheitsmaßnahmen bei Arbeiten an Gasanlagen

Entspannen von Gasanlagen:
Reparaturen an Gasanlagen – z. B. Beseitigen einer Undichtheit oder einer Verstopfung, Austausch eines Bauteils – dürfen nur im drucklosen Zustand von sachkundigen Mitarbeitern ausgeführt werden. Vor Beginn der Reparatur muss absolute Gewissheit bestehen, dass die Gasanlage drucklos ist. Dabei darf man sich nicht auf bloße Vermutung oder unklare Tests verlassen, weil diese sich als tödlicher Irrtum erweisen können.

Um die Gasanlage zu entspannen, sind anhand des Schemas und/oder der Installation folgende Fragen zu klären:

- Wo ist die Gasanlage zu entspannen?
- Wo sind Ventile zu betätigen, Rohrleitungen zu trennen, Blindscheiben zu setzen, um zu verhindern, dass Druckgas in die entspannte Anlage eindringt?
- Wie ist der drucklose Zustand zu kontrollieren? (Eine zuverlässige Prüfmethode ist z. B. das Spülen der Anlage: Wenn Druckgas an einer Stelle A von außen eingeleitet wird und an einer anderen Stelle B wieder ausströmt, dann ist der Abschnitt A–B sicher drucklos).

Folgende Merkmale geben keine zuverlässige Aussage über den drucklosen Zustand:

- Ein geöffnetes Entspannungsventil oder ein teilweise gelöstes Bauteil. (Das Ventil oder die Rohrleitung vor dem Bauteil können verstopft sein.)
- Ein Manometer, das „Null" anzeigt. (Das Manometer kann defekt oder blockiert sein oder sein Messbereich kann so groß sein, dass ein geringer Restdruck nicht angezeigt wird.)
- Ein geschlossenes Ventil oder ein Rückschlagventil, das den entspannten Teil der Anlage gegen das Druckgas absperren soll. (Ventile und Rückschlagventile können undicht sein.)

6. Demontage von Bauteilen an der entspannten Gasanlage

- Während man ein Bauteil von einer Gasanlage löst, sollte man sich seitlich von der möglichen Flugrichtung des Bauteils aufhalten.
- Beim Lösen eines geschraubten Flanschdeckels an einer Gasanlage dürfen die Schrauben zunächst nur gelockert werden, sodass dieser noch sicher gehalten wird. Dann ist der Flanschdeckel probeweise von der Dichtfläche anzuheben. Erst wenn dabei kein Gas entweicht, dürfen die Schrauben vollständig gelöst werden.
- Diese Prüfung kann unzuverlässig sein, wenn z. B. ein Schieber demontiert wird, der geschlossen ist und an dem einseitig noch Druck ansteht. Deshalb dürfen Armaturen nur demontiert werden, wenn die Gasanlage auf beiden Seiten der Armatur nachweislich drucklos ist.
- Beim Lösen einer Gewindeverbindung sind zunächst nur einige Gewindegänge zu lockern. Dann ist durch Bewegen des gelockerten Bauteils festzustellen, dass kein Gas entweicht. Anschließend kann das Bauteil vollständig gelöst werden.
- Ein gelöstes Bauteil darf von der Anlage nur von Hand oder mit Hilfe von Werkzeug abgenommen werden. Keinesfalls darf man das Bauteil „pneumatisch" (das heißt mit Gas- oder Luftdruck) abdrücken.
- Keine Gewalt bei Demontagearbeiten an Gasanlagen!
  Keine Hammerschläge!

Bauteile von Gasanlagen:

- In eine Gasanlage dürfen nur solche Bauteile montiert werden, von denen sicher bekannt ist, dass ihr Nenndruck mindestens so groß ist, wie der zu erwartende Betriebsdruck. Der Nenndruck kann durch Herstellerzeugnis, Kennzeichnung des Bauteils, Berechnung oder Druckprüfung nachgewiesen werden. Provisorien oder Kompromisse beim Einbau eines Bauteils in eine Gasanlage können lebensgefährlich sein!

Manometer in Gasanlagen:

- Manometer haben sich wiederholt als Schwachpunkte in Gasanlagen erwiesen. Deshalb müssen Manometer so beschaffen oder angeordnet sein, dass Personen beim Undichtwerden oder Bersten des Manometers nicht verletzt werden können. Üblicherweise sind Sicherheitsmanometer zu verwenden.
- Beim Austausch eines Manometers ist darauf zu achten, dass das Instrument für das betreffende Gas geeignet ist. (Für Sauerstoff und Acetylen gibt es speziell gekennzeichnete Manometer!) Außerdem ist der richtige Messbereich zu wählen. Die Maßeinheiten bar und mbar dürfen nicht verwechselt werden. Manometer mit unbekannter oder nicht (mehr) vorhandener Maßeinheit dürfen nicht verwendet werden.

7. Schläuche in Gasanlagen

Einbaubedingungen:

- Schläuche müssen mit dem Nenndruck gekennzeichnet sein und dürfen nur verwendet werden, wenn dieser mindestens so groß ist wie der vorgesehene Betriebsdruck. Schläuche ohne Kennzeichnung des Nenndrucks sollten auch dann nicht verwendet werden, wenn sie durch andere Merkmale (Form des Anschlussgewindes, Farbe) anscheinend einem bestimmten Nenndruck zugeordnet sind.
- Schläuche müssen zuverlässig an der Gasanlage befestigt werden, z. B. mittels Schraubanschluss oder Steckkupplung. Adapter dürfen nur verwendet werden, wenn ihr Nenndruck mindestens so groß wie der vorgesehene Betriebsdruck ist. Ein Schlauch, der auf einen Rohrstutzen aufgesteckt wird, ist mit Schlauchschellen zu sichern.
- Schläuche dürfen in angeschlossenem Zustand nicht geknickt sein. Insbesondere Metallschläuche können bei Knickbeanspruchung aufreißen.
- Schläuche dürfen nicht undicht sein und keine erkennbaren äußeren Schäden haben.

Betrieb:

- Ein Schlauch darf nur mit Druck beaufschlagt werden, wenn er an beiden Enden zuverlässig mit der Gasanlage verbunden ist.
- Solange ein Schlauch nur einseitig an eine Gasanlage angeschlossen ist, sollte das freie Schlauchende an einen Blindanschluss angeschraubt oder mit einer Blindkappe verschlossen werden. Damit wird der gefährliche Peitscheneffekt vermieden, wenn der Schlauch versehentlich unter Druck gesetzt wird.
- Ein Schlauch darf von der Gasanlage nur gelöst werden, wenn er entspannt ist und der Druck abgesperrt ist.

8. Sicherheitsventile in Gasanlagen

Sicherheitsventile sollen Gasanlagen bei unzulässigem Druckanstieg rechtzeitig entspannen. Sicherheitsventile sind bauartgeprüft und arbeiten in der Regel zuverlässig. In Ausnahmefällen kann die Funktion jedoch gestört sein, z. B.:

- Die Ausblaseleitung kann durch „natürliche Einflüsse“ (Vogelnest, Insektennest) oder durch Eis verstopft sein.
- Die beweglichen Teile eines Sicherheitsventils können durch Rost, Fremdkörpfer, Eis oder durch zu große Reibung in ihrer Bewegung behindert sein.

Um derartige Fehler rechtzeitig zu erkennen und zu beseitigen, sind Sicherheitsventile regelmäßig, z. B. im Rahmen der planmäßigen Wartung der Gasanlage, zu überprüfen.

9. Schlussbemerkung

Die Errichtung und der Betrieb von Gasanlagen erfordern Sachkunde, Sorgfalt und regelmäßige Wartung. Wenn diese Bedingungen gegeben sind, erfüllen die Druckgase ihre Aufgabe. Unsere Gasespezialisten können Ihnen sagen, wie dieses Ziel zu erreichen ist.

Diese Veröffentlichung entspricht dem Stand des technischen Wissens zum Zeitpunkt der Herausgabe. Der Betreiber muss die Anwendbarkeit der Sicherheitshinweise auf seine spezielle Situation im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung prüfen und die Aktualität der vorliegenden Fassung in eigener Verantwortung sicher stellen.

10. Vorschriften und Regeln

- Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“
- Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“
- Technische Regeln für Betriebssicherheit/Gefahrstoffe TRBS 3145/TRGS 745, „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“

Linde GmbH
Gases Division, Seitnerstraße 70, 82049 Pullach
Telefon +49 89 7446-0, linde-gas.de

Das Linde Logo und das Wort Linde sind Marken oder registrierte Marken der Linde plc oder der mit ihr verbundenen Unternehmen. Copyright © 2017–2026. Linde plc.

Making our world more productive

LBSS03_0226