

Sicherheitshinweise 18

09.03

Umgang mit Gasen unter Druck

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. Letzterer beträgt in der Regel das 1,5fache des maximal zulässigen Betriebsdruckes. 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, sind Herstellung und Betrieb der Gasanlagen in der Druckbehälterverordnung und der Acetylenverordnung und der sichere Umgang mit Druckgasen in den Unfallverhütungsvorschriften „Gase“ und „Sauerstoff“ geregelt. Diese Sicherheitshinweise sollen die genannten Vorschriften nicht ersetzen sondern ergänzen. Sie enthalten **Erkenntnisse aus Schadensfällen**, deren Anwendung zur Unfallverhütung beitragen kann.

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 Sonneneinstrahlung 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 Feuer geschützt werden**.

Die Festigkeit von Gasanlagen kann durch **Korrosion** beeinträchtigt werden. So können z.B. Sauerstoffflaschen, wenn sie Wasser enthalten, soweit korrodieren, daß sie bei dem Betriebsdruck bersten. Deshalb sind Gasflaschen gegen das Eindringen von **Fremdstoffen** 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 zusammenschaltet werden, da ihre **Betriebsdrücke unterschiedlich** sind. Wenn dies im Ausnahmefall dennoch geschieht (z.B. zur Herstellung eines Gemisches), muß ein Druckminderer zwischen geschaltet 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 Dichtigkeitsprüfungen** 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.

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 mäßig **überfüllt** ist und geringfügig **erwärmt** wird oder normal gefüllt ist und erheblich erwärmt 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 sprengt.

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. 8 „(Um-) Füllen von Gasen“ und Nr. 14 „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.

Propanflaschen sind gegen die Berstgefahr durch ein in das Flaschenventil integriertes **Sicherheitsventil** geschützt. Die meisten 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 führt gelegentlich zum Bersten einer CO₂-Flasche. In der Vergangenheit geschah das vor allem mit CO₂-Flaschen, die in Getränkeschankanlagen benutzt und dabei mit wässriger Flüssigkeit „verunreinigt“ wurden. Dieser Fehler ist durch eine Rückströmsperre zwischen Flüssigkeitsbehälter und CO₂-Flasche zu verhindern. Das Eindringen von Regenwasser wird vermieden, indem CO₂-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 **CO₂-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.

Druckgefahren durch kryogene Gase

Hierzu zählen im wesentlichen die tiefkalt verflüssigten Gase Sauerstoff (LOX), Stickstoff (LIN), Argon (LAR), Helium (LHe), Wasserstoff (LH₂) 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 **Fülleitung 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 nicht isolierte 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 Fülleitung durch verdampfende Flüssigkeit entstehenden Druck gefahrlos zu entspannen.

Rohrleitungen für kryogene Gase sind zuweilen mit einem Mantel aus Mineralwolle wärmeisoliert. Wenn die Rohrleitung undicht ist (z.B. an einer Flanschverbindung), verursacht die auslaufende Flüssigkeit einen Druckaufbau in dem Isoliermantel, so daß dieser bersten kann. Aus diesem Grund sollten an Rohrleitungen für kryogene Gase **unlösbare Verbindungen**, insbesondere in nicht zugänglichen Bereichen, bevorzugt werden.

Tiefkalt verflüssigter Stickstoff wird unter anderem zum Versprühen

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.

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.)

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, so daß 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 Demontearbeiten 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.

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.

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, Fremdkörper, 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**.

Schlußbemerkung

Die Errichtung und der Betrieb von Gasanlagen erfordern Erfahrung, Sachkunde und Sorgfalt. Wenn diese Bedingungen gegeben sind, erfüllen die Druckgase ihre Aufgabe, und der Druck wird sich nicht negativ bemerkbar machen. Unsere **Gasespezialisten** können Ihnen sagen, wie dieses Ziel zu erreichen ist.