

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln

Kapitel 2.33

Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

[Inhalte aus vorheriger BGV B6
(07/2006)]

1 Anwendungsbereich

1.1 Dieses Kapitel findet Anwendung auf

1. den Umgang mit Gasen,
2. das Betreiben von Anlagen, in denen mit Gasen umgegangen wird,
3. Bereiche im Freien oder in Räumen, in denen mit Gasen umgegangen wird.

Die Erläuterungen zu diesem Kapitel geben unter Berücksichtigung der sicherheitstechnischen Erfahrungen und Erkenntnisse unter anderem den Stand der Technik wieder.

Umgang erfasst das gesamte Betriebsgeschehen mit Gasen. Siehe auch § 3 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung in Verbindung mit § 3 Nr. 7 und 10 Chemikaliengesetz.

Bei der Gestaltung dieses Kapitels "Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen" wurde die Rangfolge der Schutzmaßnahmen nach § 19 Gefahrstoffverordnung berücksichtigt, wobei die Dichtheit der Anlagen zum Schutz der Versicherten vor Brand-, Explosions- und Gesundheitsgefahren im Vordergrund steht.

1.2 Dieses Kapitel findet keine Anwendung, soweit sein Gegenstand in staatlichen Rechtsvorschriften oder anderen Unfallverhütungsvorschriften geregelt ist.

Staatliche Rechtsvorschriften sind z.B.

- *Betriebssicherheitsverordnung,*
- *Gefahrstoffverordnung,*
- *Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter in Eisenbahn-, Straßen-, Wasser- und Luftfahrzeugen.*

Die sicherheitstechnischen Anforderungen der vorstehend genannten Rechtsvorschriften werden durch die Einhaltung der jeweils zugehörigen Technischen Regeln, die den ermittelten Stand der Technik enthalten, erfüllt. So ist z.B. bei Acetylenanlagen davon auszugehen, dass mit der Acetylenverordnung sowie den zugehörigen Technischen Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager (TRAC) das Sachgebiet abschließend geregelt ist.

Andere Unfallverhütungsvorschriften sind z.B.

- *Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren (BGV D1), (*)*
- *Kälteanlagen, Wärmepumpen und Kühleinrichtungen (BGV D4), (*)*
- *Verwendung von Flüssiggas (BGV D34),*
- *Hochöfen und Direktreduktionsschachtöfen (BGV C20),*
- *Heiz-, Flämm- und Schmelzgeräte für Bau- und Montagearbeiten (BGV D16), (*)*
- *Anlagen für Gase der öffentlichen Gasversorgung (BGV C6), (*)*
- *Sauerstoff (BGV B7), (*)*
- *Chlorung von Wasser (BGV D5).*

*Hinweis: Die mit *) gekennzeichneten Unfallverhütungsvorschriften sind zum 1. Januar 2005 außer Kraft gesetzt worden; erhaltenswerte Betriebsbestimmungen wurden hierbei in Kapitel zur BG-Regel "Betreiben von Arbeitsmittel" (BGR 500) überstellt.*

1.3 Dieses Kapitel findet auch keine Anwendung auf

1. den Umgang mit Gasen in Laboratorien,
2. das Betreiben von Gasverbrauchsanlagen für Brennzwecke,

Zu den Gasverbrauchsanlagen für Brennzwecke gehören z.B.

- *Gasgeräte ohne Verbrennungskammer,*
- *Gasfeuerstätten mit offener Verbrennungskammer oder*
- *Gasfeuerstätten mit geschlossener Verbrennungskammer, in denen z.B. folgende Gase zum Ge- und Verbrauchen zur Wärmeerzeugung verbrannt werden: Erdgas, Biogas, Flüssiggas, Stadtgas.*

Siehe auch

- *Arbeitsblätter des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW),*
 - *Technische Regeln Flüssiggas (TRF),*
 - *Technische Regeln Dampfkessel TRD 412 "Gasfeuerungen an Dampfkesseln",*
 - *DIN 4756 "Gasfeuerungsanlagen; Gasfeuerungen in Heizungsanlagen; Sicherheitstechnische Anforderungen",*
 - *DIN 4788-1 "Gasbrenner; Gasbrenner ohne Gebläse",*
 - *DIN EN 676 "Automatische Brenner mit Gebläse für gasförmige Brennstoffe",*
 - *DIN EN 298 "Feuerungsautomaten für Gasbrenner und Gasgeräte mit und ohne Gebläse".*
3. den Umgang mit Druckluft.

2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieses Kapitels werden folgende Begriffe bestimmt:

1. **Gas** sind Stoffe, deren kritische Temperatur unter 50 °C liegt oder deren Dampfdruck bei 50 °C mehr als 3 bar beträgt. Gasgemische sind in diesem Kapitel den Gasen gleichgestellt. Cyanwasserstoff (Blausäure) und Fluorwasserstoff gelten als Gase im Sinne dieses Kapitels.
2. **Inerte Gase** sind Gase, die unter den jeweiligen Betriebs- und Lagerbedingungen nicht reagieren.

Inerte Gase siehe Abschnitt "Sonstige Gase (I)" des Anhanges 2.

3. **Instabile Gase** sind Gase, die unter den jeweiligen Betriebs- und Lagerbedingungen durch Energieeinwirkung oder durch katalytische Einwirkung von Fremdstoffen - auch unter Ausschluss von Sauerstoff - zu einer spontanen exothermen Reaktion gebracht werden können.

Instabile Gase sind als solche in Anhang 2 aufgeführt.

4. **Flüssiggase** sind die brennbaren Gase Propan, Butan, Propen (Propylen) und Buten (Butylen) und deren Gemische.

Siehe auch DIN 51622 "Flüssiggase; Propan, Propen, Butan, Buten und deren Gemische; Anforderungen".

5. **Gas schwerer als Luft** sind solche, deren Dichte, bezogen auf den Zustand nach Austritt, d.h. bei der jeweiligen Temperatur des Gases und dem Druck der Umgebungsatmosphäre mehr als 1,3 kg/m³ beträgt.
6. **Gas leichter als Luft** sind solche, deren Dichte, bezogen auf den Zustand nach Austritt, d.h. bei der jeweiligen Temperatur des Gases und dem Druck der Umgebungsatmosphäre weniger als 1,2 kg/m³ beträgt.

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

7. **Gase gleichschwer wie Luft** sind solche, deren Dichte, bezogen auf den Zustand nach Austritt, d.h. bei der jeweiligen Temperatur des Gases und dem Druck der Umgebungsatmosphäre 1,2 bis 1,3 kg/m³ beträgt.

Die Dichte eines Gases ist abhängig von seiner Temperatur. Aus diesem Grunde kann sich das Dichteverhältnis zu Luft durch Erwärmung oder Abkühlung des Gases wesentlich ändern. Auch die Feuchte der Umgebungsluft kann sich auf den Zustand des Gases nach Austritt auswirken. Gasförmiger Wasserstoff ist im Rahmen dieses Kapitels bei jeder Temperatur leichter als Luft.

8. **Anlagen** sind die Gesamtheit aller dem Betrieb dienenden Einrichtungen und Bauten für die Durchführung von Vorgängen, die in derselben Art in einem engen betrieblichen oder räumlichen Zusammenhang stehen, bei denen mit Gasen umgegangen wird. Zu den Anlagen gehören auch Technikumsanlagen. Der Begriff "Anlage" schließt auch "Anlagenteile" mit ein.

Siehe auch DIN 28004-1 "Fließbilder verfahrenstechnischer Anlagen; Begriffe, Fließbildarten, Informationsinhalt".

9. **Anlagenteile** sind

- alle gasbeaufschlagten Einrichtungen,
- Bauten,
- Gebäude sowie Räume,

die für den Betrieb und die Sicherheit der Anlagen erforderlich sind.

Gasbeaufschlagte Einrichtungen sind z.B. Behälter, Rohrleitungen, Pumpen, Armaturen und deren Verbindungen.

Bauten sind z.B. Apparategerüste, Brandschutzwände.

10. **Explosionsgefährdete Bereiche** sind Bereiche, in denen Explosionsgefahr herrscht, d.h. in denen auf Grund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann.

Siehe "Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)" (BGR 104).

11. **Vollschlauchsystem** sind alle Umfüllsysteme, bei denen die Füllung der zugehörigen Umfüllleitungen (Schlauch oder Rohr) nach dem Umfüllen nicht in die Atmosphäre tritt.

12. **Stand der Technik** ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung von Maßnahmen zur Begrenzung von Gefahren durch Gase gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg im Betrieb erprobt worden sind.

3 Maßnahmen zur Verhütung von Gefahren für Leben und Gesundheit bei der Arbeit

3.1 Dichtigkeit von Anlagen

3.1.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass gasbeaufschlagte Anlagenteile sowie ihre Ausrüstungsteile einschließlich aller Rohrleitungsverbindungen nur in Betrieb genommen werden, wenn sie bei den auf Grund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen technisch dicht sind und technisch dicht bleiben.

Hinsichtlich der Dichtigkeit von Anlagen zur Vermeidung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (g.e.A.) siehe Abschnitt E 1.3.2 der "Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)" (BGR 104).

Hinsichtlich der Dichtigkeit von Anlagen zur Vermeidung von Gesundheitsgefahren siehe Technische Regeln für Gefahrstoffen (TRGS) "Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz; Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die betriebliche Arbeitsbereichsüberwachung" (TRGS 420).

3.1.2 Abschnitt 3.1.1 gilt nicht für betriebsbedingte Gasaustrittsstellen.

3.2 Betriebsanweisung

3.2.1 Der Unternehmer hat eine Betriebsanweisung in verständlicher Form und Sprache aufzustellen. Die Betriebsanweisung ist den Versicherten bekannt zu machen. Sie muss für die Versicherten am Betriebsort jederzeit zugänglich sein oder sie ist den Versicherten gegen Unterschrift auszuhändigen.

Die Betriebsanweisung umfasst außer den Angaben zur Betriebsweise auch Angaben über

- *In- und Außerbetriebnahme,*
- *Verhalten bei Auftreten und Beseitigen von Betriebsstörungen,*
- *technische oder organisatorische Maßnahmen zum Vermeiden von Verwechslung der Einsatzstoffe, die gefährlich miteinander reagieren können,*
- *Festlegung von Fristen und Maßnahmen für Überwachung und Instandhaltung sowie Dichtheitsüberwachung nach Abschnitt 3.10; siehe auch Abschnitt 3.4.4 und Abschnitt 4.2,*
- *Sicherheitsmaßnahmen bei der Instandhaltung,*
- *Erste-Hilfe-Maßnahmen.*

Hinsichtlich Betriebsanweisung siehe auch Technische Regeln Gefahrstoffe "Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV" (TRGS 555).

3.2.2 Die Versicherten haben die Betriebsanweisung zu beachten.

3.3 Unterweisung

3.3.1 Der Unternehmer hat die Versicherten, die in Anlagen beschäftigt werden sollen, vor der erstmaligen Aufnahme ihrer Tätigkeit und in angemessenen Zeitabständen, mindestens jedoch einmal jährlich, mündlich und arbeitsplatzbezogen, über

- die Betriebsanweisung,
- die besonderen Gefahren beim Umgang mit den Gasen der Anlage,
- die Sicherheitsbestimmungen
und
- die bei Unfällen und Betriebsstörungen zu treffenden Maßnahmen

zu unterweisen.

3.3.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung schriftlich festgehalten werden. Die Versicherten haben die Unterweisung durch Unterschrift zu bestätigen.

Dies wird für zeitweilig Beschäftigte, z.B. Monteure, erreicht, wenn diese den Erfordernissen entsprechend unterwiesen werden.

3.4 Betrieb von Anlagen

3.4.1 Der Unternehmer hat die für den Betrieb von Anlagen erforderlichen Schutzmaßnahmen festzulegen.

Schutzmaßnahmen sind z.B.

- *technische Dichtheit (Abschnitt 3.10),*
- *Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich Gasgefahr (Abschnitt 3.19),*
- *Brandschutzmaßnahmen (Abschnitte 3.15 und 3.16),*
- *Verhinderung kritischer Betriebszustände (Abschnitt 3.17),*
- *organisatorische Schutzmaßnahmen (Abschnitte 3.2, 3.3 und 3.4).*

3.4.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Anlagen ordnungsgemäß entsprechend der Betriebsanweisung betrieben und überwacht werden.

Dies wird z.B. erreicht, wenn der Unternehmer Anlagen nur von Versicherten, die nach Abschnitt 3.3 unterwiesen sind, und von denen zu erwarten ist, dass sie ihre Aufgabe zuverlässig erfüllen und die Betriebsanweisung nach Abschnitt 3.2 beachten, betreiben lässt.

3.4.3 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Anlagen in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand erhalten werden.

3.4.4 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Wartungs- und Inspektionsarbeiten fristgemäß, Instandsetzungsarbeiten unverzüglich vorgenommen werden.

Nach DIN 31051 "Grundlagen der Instandhaltung" versteht man unter Instandhaltung Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes von technischen Mitteln eines Systems.

Die Instandhaltung beinhaltet:

- *Wartung,*
- *Inspektion,*
- *Instandsetzung und*
- *Verbesserung.*

Die Forderung nach Instandhaltung gilt auch für Gaswarneinrichtungen, die außerdem regelmäßig zu kalibrieren sind.

3.4.5 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Arbeiten nach den Abschnitten 3.4.3 und 3.4.4 nur von Fachleuten durchgeführt werden.

Als Fachleute gelten Personen, die auf Grund ihrer fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihnen übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen können. Als fachliche Ausbildung kann auch eine mehrjährige Tätigkeit auf dem betreffenden Arbeitsgebiet gewertet werden.

3.5 Alarm- und Gefahrenabwehrplan

3.5.1 Der Unternehmer hat für Anlagen für brennbare oder gesundheitsgefährliche Gase einen Alarm- und Gefahrenabwehrplan aufzustellen, auf dem neusten Stand zu halten und den Versicherten bekannt zugeben.

Siehe auch § 55 Arbeitsstättenverordnung.

Im Alarm- und Gefahrenabwehrplan sind die Anforderungen an akustische Gefahrensignale nach DIN 33 404-3 "Gefahrensignale für Arbeitsstätten; Akustische Gefahrensignale; Einheitliches Notsignal; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung" zu berücksichtigen.

3.5.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass in Großanlagen für brennbare oder gesundheitsgefährliche Gase in regelmäßigen zeitlichen Abständen, mindestens jedoch halbjährlich, Übungen nach Alarm- und Gefahrenabwehrplan durchgeführt werden. Hierüber ist ein schriftlicher Nachweis zu führen.

Großanlagen im Sinne dieses Kapitels sind solche, bei denen die Summe der geometrischen Behälterinhalte 500 m³ überschreitet. Die Anforderungen der Störfallverordnung bleiben unberührt.

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

3.6 Sicherheitstechnische Kenngrößen

3.6.1 Der Unternehmer hat im Hinblick auf die zu treffenden Schutzmaßnahmen die zum sicheren Umgang mit Gasen erforderlichen sicherheitstechnischen Kenngrößen zu ermitteln. Er hat die sicherheitstechnischen Kenngrößen zu dokumentieren.

Die sicherheitstechnischen Kenngrößen der Gase sind Grundlage für das Betreiben von Anlagen. Dies gilt auch für den Umgang mit Gasgemischen; siehe Abschnitt 2 Nr. 1.

Sicherheitstechnische Kenngrößen können z.B. der Datenbank "CHEMSAFE", dem "Gase-Atlas", dem Handbuch von Nabert/Schön "Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe" entnommen werden.

Für die sicherheitstechnische Beurteilung der Anlage müssen die für die verwendeten Stoffe und Reaktionen wesentlichen Kenngrößen bekannt sein. Es ist für jeden Fall eine problemorientierte Auswahl aus dieser Auflistung zu treffen, eventuell können Ergänzungen sinnvoll sein.

Im Folgenden sind beispielhaft Kenngrößen aufgeführt:

- *Dampfdruckkurve/kritische Größen,*
- *Siedekurve,*
- *Verdampfungsenthalpie,*
- *Dichte,*
- *Zündtemperatur,*
- *Mindestzündenergie,*
- *Explosionsgrenzen,*
- *maximaler Explosionsdruck,*
- *Verbrennungswärme,*
- *Reaktionsenthalpie,*
- *Toxikologische Daten,*
- *MAK- und TRK-Werte.*

Werden mit Gasen chemische Umsetzungen in Anlagen vorgenommen, müssen darüber hinaus die die Reaktion kennzeichnenden Parameter, z.B.

- *Reaktionswärme,*
- *Beeinflussung der Reaktion durch Katalysatoren, Inhibitoren*

bekannt sein.

Nicht vorliegende Daten können nach anerkannten Prüfverfahren ermittelt werden.

Geeignete Prüfverfahren sind z.B. in der BG-Information "Sicherheitstechnische Kenngrößen" (BG 747) (Merkblatt R 003 der BG Chemie) beschrieben.

3.6.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass gasführende Anlagenteile nur in Betrieb genommen werden, wenn sie den auf Grund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen soweit genügen, dass Versicherte nicht gefährdet werden.

Ein sicherer Umgang mit Gasen im Betrieb ist gewährleistet, wenn Werkstoffe ausgewählt werden, die sich für die betreffende Gasart als geeignet erweisen, d.h. die Anlagenteile sind aus Werkstoffen herzustellen, die von dem Gas nicht in gefährlicher Weise angegriffen werden (Korrosionen) und mit diesem keine gefährlichen Verbindungen eingehen, sofern die Werkstoffe dem Gas ausgesetzt sind; Hinweise siehe Anhang 3.

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

Werkstoffe für gasbeaufschlagte Anlagenteile müssen solche Werte der Festigkeit (Festigkeitskennwerte) und der Zähigkeit haben, dass sie den Beanspruchungen beim Betrieb der Anlage genügen. Bei warmgehenden oder bei beheizten Anlagenteilen müssen solche Werte bei der Berechnungstemperatur vorhanden sein. Bei Anlagen mit nicht witterungsbedingter Betriebstemperatur unter -10 °C müssen entsprechende Werte bei der tiefsten Betriebstemperatur vorhanden sein.

Hinsichtlich der Werkstoffe, Bau und Ausrüstung von Anlagenteilen mit einem positiven Gasdruck von mehr als 0,5 bar oder einem negativen Druck von mehr als -0,3 bar siehe Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte (z. Zt. Entwurf).

Ein sicherer Betrieb beim Umgang mit Gasen setzt eine sachgemäße Herstellung der Anlagenteile voraus.

3.7 Schutzabstand

3.7.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Anlagen einen Schutzabstand

- zu anderen Anlagen,
- zu Gebäuden, die nicht dem Betrieb der Anlage dienen,
- zu Brandlasten außerhalb der Anlage und
- zu öffentlichen Verkehrswegen

aufweisen.

Schutzabstände sind Abstände zwischen Anlagen für Gase und benachbarte Anlagen, Einrichtungen, Gebäuden oder öffentlichen Verkehrswegen; siehe Darstellung in Anhang 4.

Durch die Schutzabstände wird

- die gegenseitige Beeinflussung in einem Schadensfall vermindert,
- die räumliche Voraussetzung zur Bekämpfung austretenden Gases geschaffen,
- eine kontinuierliche frei (natürliche) Lüftung erreicht,
- die Zugänglichkeit für Hilfsmaßnahmen gewährleistet; siehe auch Abschnitt 3.8,
- bei Anlagen mit brennbaren Gasen im Brandfall ein Übergreifen auf benachbarte Anlagen verhindert,
- bei vorhandenen Brandlasten außerhalb der Anlage ein Übergreifen eines Brandes auf die Anlage ausgeschlossen,
- eine Beschädigung durch mechanische Einwirkung vermieden.

Durch die Schutzabstände wird die Trennung in einzelne Anlagen erreicht. Sie sollten schon bei der Anlagenplanung berücksichtigt werden.

In der Regel gelten die Schutzabstände für Anlagen im Freien. In Sonderfällen können Schutzabstände auch in Räumen, z.B. sehr großen Hallen, erforderlich sein.

Diese Forderung ist erfüllt, wenn der Schutzabstand gemessen ab der senkrechten Projektion von gasführenden oberirdischen Anlagenteilen einschließlich der ersten dazugehörigen Absperreinrichtungen 10 m beträgt.

Für zur Anlage gehörende Rohrleitungen wird dies z.B. auch erreicht, wenn die Schutzabstände für die zur Anlage gehörenden Rohrleitungen in Abhängigkeit von den getroffenen Schutzmaßnahmen, z.B. Absperreinrichtungen, Wärmedämmung, Anfahrerschutz, im Einzelfall festgelegt werden.

Schutzabstände dürfen sich mit Abständen vergleichbarer Zweckbestimmung nach anderen Vorschriften überschneiden. Siehe z.B.

- Sicherheitsabstände und Schutzbereiche nach den Technischen Regeln Druckgase "Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Betreiben von Druckgasbehältern" (TRG 280),
- Schutzabstände nach den Technischen Regeln Druckbehälter "Druckbehälter; Aufstellung von Druckbehältern zum Lagern von Gasen" (TRB 610),
- Schutzstreifen außerhalb der Auffangräume nach den Technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten "Läger" (TRbF 110),
- Schutzzonen nach den Technischen Regeln Druckgase "Füllanlagen; Errichten von Füllanlagen" (TRG 401).

3.7.2 Schutzabstände sind nicht erforderlich

- zu Gebäuden und Einrichtungen, die dem Betrieb der Anlage dienen, sofern sie aus nichtbrennbaren oder schwer entflammaren Baustoffen bestehen,
- zu anderen brennbaren Stoffen, wenn von diesen Stoffen keine gefährliche Brandbelastung ausgeht,
- zu Verkehrswegen des nichtöffentlichen Verkehrs, sofern diese nur dem fließenden Verkehr dienen und durch Halteverbotsschilder gekennzeichnet sind,
- für erdgedeckte und zu erdgedeckten Anlagenteilen,
- für Anlagen mit Gasen, die weder brennbar noch gesundheitsgefährlich sind und die drucklos betrieben werden,
- um Verbindungsleitungen.

Schutzabstände bestehen nur um Anlagen, nicht zwischen Anlagenteilen. Zwischen Anlagenteilen einer Anlage sind Abstände nach Abschnitt 3.8 erforderlich.

Hinsichtlich nicht brennbarer oder schwer entflammbarer Baustoffe siehe DIN 4102-4 "Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile".

Eine gegenseitige Gefährdung von Anlagen und Fahrzeugen liegt dann nicht vor, wenn

- innerhalb des Schutzabstandes keine Fahrzeuge abgestellt werden; siehe auch Abschnitt 3.11.2
und
- die Anlagenteile gegen mechanische Beschädigung geschützt sind.

Anlagenteile sind erdgedeckt, wenn mindestens 0,5 m Erddeckung vorhanden ist.

Verbindungsleitungen sind Rohrleitungen für Gase, die den Bereich einer Anlage überschreiten und Anlagen verbinden, die im engen räumlichen oder betrieblichen Zusammenhang stehen. Zu den Verbindungsleitungen gehören auch die erforderlichen Armaturen.

3.7.3 Schutzabstände nach Abschnitt 3.7.1 dürfen durch geeignete Baulichkeiten oder durch andere Schutzmaßnahmen reduziert werden.

Der Schutzabstand darf durch eine Wand der Feuerwiderstandsklasse F 30 entsprechend der Anlagenhöhe, die auch einen ausreichenden mechanischen Schutz bietet, vermindert werden. Anstelle von Schutzwänden darf auch eine Gebäudewand den Schutzabstand vermindern, so weit die Gebäudewand zur Verminderung des Schutzabstandes aus nicht brennbaren Baustoffen nach DIN 4102 besteht und öffnungslos ist.

Beim Errichten von Schutzwänden ist darauf zu achten, dass der Abstand zu Anlagen und Anlagenteilen mindestens 1 m beträgt.

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

Andere Schutzmaßnahmen sind z.B. Schutzkonstruktion gegen mechanische Beschädigung, Wärmedämmung.

Reicht der Schutzabstand über die Grundstücksgrenze hinaus, kann die Einhaltung der eingeschränkten Verwendungsfähigkeit des angrenzenden Geländes, z.B. durch Eintragung von Grunddienstbarkeiten, gesichert werden.

3.7.4 Ein Schutzabstand nach Abschnitt 3.7.1 zu Bäumen muss abhängig von deren Größe und Art vorhanden sein, sofern keine anderen Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Eine Gefährdung der Anlage kann durch Umstürzen großer Bäume gegeben sein.

Andere Schutzmaßnahmen sind z.B. mechanische Schutzkonstruktionen.

3.7.5 Schutzabstände nach Abschnitt 3.7.1 müssen in einem Lageplan dargestellt werden.

Beispielhafte Darstellung siehe Anhang 4.

3.8 Abstände innerhalb der Anlagen

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Anlagenteile so aufgestellt werden, dass innerhalb der Anlage für die Zugänglichkeit, für Flucht- und Rettungswege sowie für die Brandbekämpfung ausreichende Abstände vorhanden sind.

Ausreichende Zugänglichkeit wird z.B. erreicht, wenn zur Durchführung von Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten genügend große Abstände, in der Regel 1 bis 3 m, eingehalten sind.

Hinsichtlich Flucht- und Rettungswege wird dies z.B. erreicht, wenn ausreichende Abstände nach § 19 Arbeitsstättenverordnung eingehalten werden.

Hinsichtlich der Brandbekämpfung wird dies z.B. erreicht, wenn jeder Punkt der Anlage mit Brandlast von der Feuerwehr und gegebenenfalls fest eingebauten Wasserwerfern zum Kühlhalten mit einer ausreichenden Wassermenge erreicht werden kann.

Für die Brandbekämpfung bei oberirdischen Behältern siehe auch Technische Regeln Druckbehälter "Druckbehälter; Aufstellung von Druckbehältern zum Lagern von Gasen" (TRB 610).

3.9 Inbetriebnahme der Anlagen

3.9.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass bei Inbetriebnahme brennbare Gase in Anlagen nur eingefüllt werden, wenn

- die in ihnen enthaltene Luft entfernt worden ist
oder
- die Anlagen dem maximalen Druck sicher standhalten, der beim Entzünden des beim Füllvorgang entstehenden Gas/Luft-Gemisches auftritt.

3.9.2 Kann keine der Forderungen nach Abschnitt 3.9.1 erfüllt werden, ist sicherzustellen, dass Zündquellen, die explosionsfähige Gas/Luft-Gemische in den Anlagenteilen entzünden können, nicht wirksam werden.

Das Entfernen von Luft aus den Anlagen kann durch Spülen mit Inertgas, z.B. Stickstoff, erfolgen.

Hinsichtlich Explosionsschutz siehe "Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)" (BGR 104).

Hinsichtlich Wiederinbetriebnahme einer Gasleitung nach Instandsetzungsarbeiten siehe Unfallverhütungsvorschrift "Arbeiten an Gasleitungen" (BGV D2).

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

3.9.3 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Feuchtigkeit aus Anlagen vor Inbetriebnahme ausreichend entfernt wird, wenn die Möglichkeit einer gefährlichen Eisbildung oder einer gefährlichen Reaktion mit dem Gas besteht.

3.9.4 Der Unternehmer hat Anlagen so in Betrieb zu nehmen, dass während einer Erwärmung oder Abkühlung unzulässig hohe Spannungen in den Anlagenteilen vermieden werden.

3.10 Dichtheitsüberwachung

Der Unternehmer hat Gasanlagen so zu betreiben, zu überwachen und instand zu halten, dass sie bei den auf Grund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen technisch dicht bleiben.

Hinsichtlich Dichtheitsüberwachung siehe Abschnitt E 1.3.2.1 der "Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)" (BGR 104)

3.11 Aufenthalt in Anlagen und in Schutzabständen

3.11.1 In Anlagen mit sehr giftigen Gasen dürfen sich Versicherte nur während der Dauer der ihnen übertragenen Arbeit aufhalten.

Die übertragenen Arbeiten sind Arbeiten zum bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage, wie in der Betriebsanweisung nach Abschnitt 3.2 als Betriebsweise beschrieben.

Besondere Arbeiten siehe Abschnitt 3.18.

3.11.2 Innerhalb des Schutzabstandes dürfen Fahrzeuge nicht abgestellt werden.

3.11.3 Abschnitt 3.11.2 gilt nicht für das Be- und Entladen von Fahrzeugen, so weit dies für den Betrieb der Anlage erforderlich ist und für Fahrzeuge, die zur Instandhaltung oder Montage benötigt werden.

3.12 Fahrzeuge in explosionsgefährdeten Bereichen

3.12.1 In explosionsgefährdeten Bereichen dürfen nur explosionsgeschützte Fahrzeuge verkehren.

3.12.2 Abweichend von Abschnitt 3.12.1 dürfen nicht explosionsgeschützte Fahrzeuge in explosionsgefährdeten Bereichen verkehren, wenn im Einzelfall festgestellt ist, dass keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist.

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre kann mit entsprechenden Gasmesseinrichtungen festgestellt werden.

Siehe auch Abschnitt 3.19.

3.12.3 Soweit Verkehrswege des nichtöffentlichen Verkehrs durch den zeitweiligen explosionsgefährdeten Bereich von Füllstellen führen, hat der Unternehmer diese Verkehrswege für die Zeitdauer des Füllvorganges zu sperren.

Hinsichtlich Füllstellen siehe auch Technische Regeln Druckbehälter "Einrichtungen zum Abfüllen von Druckgasen aus Druckgasbehältern in Druckbehälter; Betreiben" (TRB 852).

3.13 Fördern von Gasen im flüssigen Zustand mit Druckgasen

3.13.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass zum Fördern von Gasen in flüssigem Zustand keine Druckgase verwendet werden, die mit dem zu fördernden Gas reagieren oder dessen Eigenschaften in gefährlicher Weise verändern.

Dies wird z.B. bei brennbaren Gasen in flüssigem Zustand erreicht, wenn zur Förderung inerte Gase oder geeignete brennbare Gase, nicht aber Druckluft oder brandfördernde Gase verwendet werden.

3.13.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die zum Fördern verwendeten Gase keine unzulässige Drucksteigerung in der Anlage hervorrufen.

Eine unzulässige Drucksteigerung kann hervorgerufen werden, wenn die zum Fördern verwendeten Gase bei Entnahme des Gases nur aus der Flüssigphase sich im Gasraum der Anlagenteile ansammeln (Addition der Partialdrücke).

Eine unzulässige Drucksteigerung kann vermieden werden, wenn das Gas aus der Gasphase entnommen wird oder die Gasphase vor Erreichen eines unzulässigen Druckes entspannt wird.

3.14 Füllgrade

3.14.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass in Anlagenteilen mit Speicherfunktion für Gase in flüssigem Zustand die Einrichtungen zur Füllstandsbegrenzung so eingestellt werden, dass der Füllgrad bei der höchstmöglichen Temperatur 95 % des Gesamtrauminhaltes nicht überschreitet.

Die höchstmögliche Temperatur ist die Temperatur, die das Gas durch

- *Witterungseinflüsse (z.B. Sonneneinstrahlung) oder zusätzliche Erwärmung annehmen kann oder*
- *bei zusätzlicher Kühlung nicht überschreiten darf.*

Bei Gasen in flüssigem Zustand ist dies die Temperatur der Flüssigphase.

Als höchstmögliche Temperatur des Gases durch Witterungseinflüsse gelten:

- *bei oberirdischen Anlagenteilen ohne besonderen Schutz gegen Erwärmung, 50 °C,*
- *bei oberirdischen Anlagenteilen, die in Räumen aufgestellt sind oder einen besonderen Schutz gegen Erwärmung besitzen, 40 °C,*
- *bei erdgedeckten Anlagenteilen, bei denen die Erddeckung mindestens 0,5 m beträgt, 30 °C.*

Als Schutz gegen Erwärmung durch Sonnenstrahlung reicht in der Regel ein Anstrich mit wärmestrahlungsreflektierender Oberfläche aus. Wird das Gas in Anlagenteilen auf einer niedrigen oder höheren Temperatur gehalten oder auf eine höhere Temperatur erwärmt, gilt diese Temperatur als höchstmögliche Temperatur. Der zulässige Füllgrad ist der Volumenanteil der Flüssigphase bei der höchstmöglichen Temperatur.

Berechnungsbeispiele zur Bestimmung der maßgeblichen Größen zum Füllen von Anlagenteilen mit Gasen bei verschiedenen Gaszuständen können dem BG-Information "Füllen von Druckbehältern mit Gasen" (BGI 618) entnommen werden.

3.14.2 Abweichend von Abschnitt 3.14.1 darf bei Gasen, die weder brennbar noch sehr giftig, giftig, gesundheitsschädlich, ätzend oder reizend sind, der Füllgrad bei der höchstmöglichen Temperatur 98 % des Gesamtrauminhaltes nicht überschreiten.

Der Ausdruck "mindergiftig" ist in der aktuellen Fassung der Gefahrstoffverordnung durch die Bezeichnung "gesundheitsschädlich" ersetzt worden.

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

3.14.3 Die Füllgrade können abweichend von den Abschnitten 3.14.1 und 3.14.2 auf die Einfülltemperatur bezogen werden, wenn Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung vorhanden sind, deren Funktion durch die beim Austreten von Gasen auftretenden tiefen Temperaturen nicht beeinträchtigt wird und wenn die Gase gefahrlos austreten oder gefahrlos abgeleitet werden.

Gase, deren Füllgrad auf die Einfülltemperatur bezogen ist, sind in Anlage 1 und 2 der Technischen Regeln Druckgase "Druckgase; Flüssige tiefkalte Druckgase" (TRG 103) aufgeführt.

Auf Grund der guten Wärmedämmung bei der Speicherung verflüssigter Gase unterhalb der Umgebungstemperatur kann davon ausgegangen werden, dass die Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung nur bei außergewöhnlichen Betriebszuständen ansprechen.

3.15 Einrichtungen zur Brandbekämpfung

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass in Anlagen für brennbare Gase und in Anlagen für andere Gase, in denen neben den Gasen mit brennbaren Stoffen umgegangen wird, Feuerlöscheinrichtungen vorhanden sind, die nach Art und Anzahl auf die Größe der Anlage und die Art der brennbaren Stoffe abgestimmt sein müssen.

Die notwendigen Feuerlöscheinrichtungen sind mit der zuständigen Brandschutzbehörde abzustimmen. Ist eine Werksfeuerwehr vorhanden, wird die Abstimmung mit der zuständigen Brandschutzbehörde durch die Werksfeuerwehr vorgenommen.

Auf die behördlichen Brandschutzvorschriften wird hingewiesen.

Siehe auch BG-Regel "Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern" (BGR 133) und Technische Regeln Flüssiggas (TRF).

3.16 Sonstige Maßnahmen zur Verhinderung von Brand- oder Gasgefahr

3.16.1 Alle mit brandfördernden Gasen in Berührung kommenden Teile müssen frei von Öl und Fett gehalten werden.

Siehe auch Anhang 2.

3.16.2 Anlagenteile mit Gasen dürfen nur so angewärmt werden, dass der zulässige Betriebsüberdruck nicht überschritten wird. Während des Anwärmens sind Druck und Temperatur zu überwachen.

Dies gilt insbesondere für Anlagenteile mit Gasen in flüssigem Zustand.

Eine Überwachung der Temperatur oder des Druckes allein genügt, wenn zwischen Druck und Temperatur eine physikalische Gesetzmäßigkeit besteht.

3.16.3 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Anlagenteile mit Gasen nur so angewärmt werden, dass keine gefährlichen Reaktionen ausgelöst werden.

Dies gilt insbesondere für Anlagenteile mit zerfallsfähigen oder zu Polymerisation neigenden Gasen.

3.17 Kritische Betriebszustände

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass in Anlagen keine kritischen Betriebszustände entstehen.

Kritische Betriebszustände sind solche, bei denen

- *der zulässige Druck überschritten oder die zulässige Temperatur über- oder unterschritten werden können (Auslegungsdaten),*
- *Drücke oder Temperaturen auftreten, bei denen das Verfahren nicht mehr sicher beherrscht werden kann,*
- *mit Gasen in flüssigem Zustand der zulässige Füllgrad überschritten wird.*

Auch Vakuum kann ein kritischer Betriebszustand sein.

Kritische Betriebszustände können durch selbsttätige Regelungen, z.B. zum

- *Begrenzen von Druck und Temperatur,*
- *Unterbrechen der Stoffzufuhr,*
- *Zugeben von Inhibitoren (Stopper),*
- *Einschalten einer Zusatzkühlung,*
- *Abschalten einer Heizung*

verhindert werden.

Siehe auch AD-Merkblatt A 6 "Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung; MSR-Sicherheitseinrichtungen".

Es ist zweckmäßig Mess-, Regel-, Alarm- oder Abschaltssysteme in einem Leitstand oder einer Prozessleitwarte (Prozessleitsysteme) zusammenzufassen.

3.18 Besondere Arbeiten

3.18.1 Arbeiten, die nicht in der Betriebsanweisung nach Abschnitt 3.2 geregelt sind, gelten als besondere Arbeiten und dürfen nur auf besondere Anweisung des Unternehmers ausgeführt werden. Bei besonderen Arbeiten sind Art und Umfang der zu treffenden Schutzmaßnahmen vom Unternehmer festzulegen.

Zu besonderen Arbeiten gehören auch

- *Instandsetzungsarbeiten, die in Abschnitt 3.2 nicht geregelt sind,*
- *Arbeiten, die zwar nach Abschnitt 3.2.1 in der Betriebsanweisung geregelt sind, die jedoch nicht in der beschriebenen Art durchgeführt werden können.*

Hinsichtlich Arbeiten an Gasleitungen siehe Unfallverhütungsvorschrift "Arbeiten an Gasleitungen" (BGV D2).

3.18.2 Gehört zu den Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 3.18.1 das Entleeren von Anlagen oder Anlagenteilen für brennbare Gase, oder wird aus anderen Gründen entert, müssen die brennbaren Gase mit inerten Medien verdrängt werden. Ein Verdrängen mit Luft ist nur unter Einhaltung besonderer Schutzmaßnahmen, die der Unternehmer festzulegen hat, zulässig. Ein Verdrängen mit Luft ist jedoch nicht zulässig bei Gasen, die zur Peroxidbildung neigen.

Inerte Medien sind z.B. inerte Gase, Dampf oder Wasser.

Siehe auch Abschnitt 3.9.1.

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

Die Schutzmaßnahmen beim Verdrängen von brennbaren Gasen mit Luft sind erfüllt, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:

1. Die Anlagenteile sind so ausgelegt, dass sie einem auftretenden Explosionsdruck standhalten.
2. Der Spüldruck (Druck der Luft, mit der gespült wird) wird ausreichend niedrig, kleiner als 0,5 bar Überdruck, gehalten.
3. Die abströmenden Gase werden gefahrlos abgeführt.
4. Das Spülen wird so lange vorgenommen, bis die Analyse der abströmenden Gase ergibt, dass das brennbare Gas durch die Spülluft ausreichend entfernt worden ist. Auf Schichtenbildungen und das Verbleiben brennbaren Gases in Toträumen und dergleichen ist zu achten.
5. Das Spülen wird durch unterwiesene Versicherte unter Aufsicht vorgenommen. Die Arbeit kann auch allein vom Aufsichtführenden vorgenommen werden.

Nach Abschnitt 3.6.2 DIN 31 000 "Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse" gilt als unterwiesene Person, wer über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelehrt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde.

3.18.3 Der Unternehmer hat vor Beginn von Schweiß- und sonstigen Feuerarbeiten in der Anlage sowie für Arbeiten, bei denen mit Gasaustritt zu rechnen ist, eine schriftliche Freigabeerklärung zu erteilen, in der die anzuwendenden sicherheitstechnischen Maßnahmen anzugeben sind. Die Versicherten dürfen ohne die schriftliche Freigabeerklärung des Unternehmers, der die Anlagen betreibt, die Arbeiten nicht durchführen.

3.18.4 Ist bei Arbeiten an Anlagenteilen für brennbare Gase mit Gasaustritt zu rechnen, hat der Unternehmer einen entsprechenden explosionsgefährdeten Bereich für die Dauer der Arbeiten festzulegen.

Art und Größe des explosionsgefährdeten Bereiches ist z.B. abhängig von

- den Eigenschaften des Gases,
- der möglichen Menge des austretenden Gases und
- der Dauer des möglichen Gasaustrittes.

3.18.5 Vereisungen an Anlagenteilen dürfen nur so beseitigt werden, dass keine gefährliche Erwärmung der Anlagenteile oder Zündung von Gas auftreten kann.

Dies wird z.B. erreicht durch Anwärmen mit Warmwasser, Dampf, Warmbadöl, indirekter Beheizung oder warmem Inertgas, nicht aber durch offene Flamme; siehe auch Abschnitte 3.16.2 und 3.16.3.

3.19 Einrichtungen zum Erkennen und Melden von Gasgefahren

3.19.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass zum Melden von Gasgefahren Einrichtungen vorhanden sind.

Gasgefahren können durch Geruch, Geräusche, Nebel- und Eisbildung, Mess- oder Anzeigergeräte festgestellt werden. Gaswarneinrichtungen dienen der Erkennung und Warnung von Brand-, Explosions- oder Gesundheitsgefahr.

Siehe auch Abschnitt 3.10.

Dies wird z.B. erreicht, wenn in Anlagen ein Feuermelder, eine Funk- oder Fernsprechverbindung rasch erreichbar ist.

3.19.2 Der Unternehmer hat für Anlagen mit besonders gesundheitsgefährlichen Gasen selbsttätig wirkende Einrichtungen zum Erkennen, Warnen und Melden von Vergiftungsgefahr vorzusehen.

Solche Gase sind Phosphin (Phosphorwasserstoff), Schwefelwasserstoff, Cyanwasserstoff (Blausäure), Carbonylchlorid (Phosgen), Fluor.

Die genannten Gase sind insofern besonders gefährlich, da sie z.B. schon in geringen Konzentrationen zur Lähmung der Geruchsnerve führen oder durch Geruch nicht wahrzunehmen sind.

Selbsttätig wirkende Einrichtungen zum Erkennen, Warnen und Melden von Vergiftungsgefahr sind z.B.

- *tragbare Gaswarneinrichtungen, die von Personen im Gefahrenbereich getragen oder*
- *ortsfeste Gaswarneinrichtungen, die in der Anlage installiert*

werden.

Die Warnung kann sowohl akustisch als auch optisch durch Warnleuchten oder Farbumschlagssysteme, z.B. Anstriche, Plaketten, erfolgen.

3.20 Wärmedämmung

3.20.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass nur Wärmedämmung aus nicht brennbaren Dämmstoffen verwendet wird. Sind solche nicht verwendbar, müssen Dämmstoffe verwendet werden, deren Heizwert so gering ist, dass eine Gefährdung der Versicherten durch die Anlage im Brandfall nicht zu erwarten ist.

Als nicht brennbar gelten z.B. Schlackenwolle, Steinwolle, Glaswolle, Magnesiumkarbonat, wenn diese Dämmstoffe im Durchschnitt nicht mehr als 0,5 Gew.-% an organischen Stoffen, wie Schmelzmittel, enthalten.

Mit einer Gefährdung durch brennbare Dämmstoffe ist nicht zu rechnen, wenn deren Heizwert geringer als 2000 kJ/dm³ ist.

3.20.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Wärmedämmung für gasführende Anlagenteile aus nicht brennbaren Dämmstoffen besteht, wenn während des Betriebes oder bei Störungen die Kondensationstemperatur des Sauerstoffs mit minus 183 °C unterschritten werden kann. Dies gilt nicht, wenn der Zutritt von Luft in die Wärmedämmung sicher verhindert ist.

3.20.3 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Anlagenteile für heiße Gase im Arbeits- und Verkehrsbereich so abgedeckt oder wärmege-dämmt werden, dass Verbrennungsverletzungen sicher vermieden sind.

Mit Verbrennungsverletzungen ist bei unbeabsichtigter Berührung nicht zu rechnen, wenn die Oberfläche von Anlagenteilen bei

*metallisch blanker Oberfläche höchstens 60 C°,
Kunststoff höchstens 80 C°,
Holz höchstens 110 C°*

beträgt.

3.21 Mischen von Gasen

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass beim Mischen von Gasen Versicherte nicht gefährdet werden.

Gefährdungen können z.B. entstehen beim

- *Mischen von brennbaren Gasen mit Luft oder Sauerstoff,*
- *Rückströmen von Gasen oder Gasgemischen in die Zuführungsleitungen.*

Eine Gefährdung beim Mischen wird verhindert, wenn z.B.

- *durch MSR-Einrichtungen ein kritischer Betriebszustand vermieden wird; siehe Abschnitt 3.16,*
- *das Entstehen eines explosionsfähigen Gemisches durch selbsttätig wirkende Einrichtungen verhindert wird,*
- *wirksame Zündquellen vermieden werden,*
- *Druckentlastungseinrichtungen, z.B. Berstscheiben, Explosionsklappen, Knickstabsicherungen vorhanden sind,*
- *der Anlagenteil mindestens druckstoßfest ausgelegt ist oder*
- *Anlagenteile in besonderen Räumen oder hinter Schutzwänden aufgestellt sind.*

Eine Gefährdung durch Zurückströmen wird verhindert, wenn z.B.

- *eine Rückstromsicherung oder*
- *ein unterschiedliches Druckniveau*

vorhanden ist.

3.22 Windrichtungsanzeiger

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass für Anlagen im Freien mit sehr giftigen, giftigen, mindergiftigen, ätzenden und reizenden Gasen und außerdem bei Großanlagen im Freien mit brennbaren Gasen gut sichtbare Windrichtungsanzeiger aufgestellt werden.

Solche Windrichtungsanzeiger sind z.B. Windsäcke.

Sind in Anlagen durch die Bauweise Windrichtungsanzeiger nicht zweckdienlich, kann diese Forderung auch durch eine zentrale Anzeige in der Messwarte mit Information der Werkfeuerwehr erfüllt sein.

Hinsichtlich Großanlagen siehe auch Abschnitt 3.5.2.

Der Ausdruck "mindergiftig" ist in der aktuellen Fassung der Gefahrstoffverordnung durch die Bezeichnung "gesundheitsschädlich" ersetzt worden.

3.23 Instabile Gase

3.23.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass in Anlagen für instabile Gase keine kritischen Betriebszustände entstehen.

Instabile Gase sind im Anhang 2 aufgeführt.

Hinsichtlich kritischer Betriebszustände siehe Abschnitt 3.17.

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

Dies wird z.B. erreicht, wenn MSR-Einrichtungen vorhanden sind, die vor Erreichen der kritischen Betriebszustände selbsttätig Regelungen einleiten, die den kritischen Betriebszustand verhindern.

Selbsttätige Regelungen, z.B. Unterbrechen der Stoffzufuhr, siehe Abschnitt 3.17.

3.23.2 Abweichungen von Abschnitt 3.23.1 sind zulässig, wenn Anlagen betrieben werden, die so beschaffen oder aufgestellt sind, dass beim Auftreten kritischer Betriebszustände Versicherte nicht gefährdet werden.

Dies ist z.B. der Fall, wenn hinsichtlich der Beschaffenheit

- *die Anlagen möglichen Extremwerten von Druck und Temperatur standhalten oder*
- *die Anlagen mit einer wirksamen Druckentlastungseinrichtung, z.B. Berstscheiben, Explosionsschutzklappen, ausgerüstet sind.*

Dies ist auch der Fall, wenn die Anlagen in besonderen Räumen errichtet sind, in denen sich Versicherte während des Betriebes nicht aufhalten dürfen.

Die Aufstellung von Anlagen, in denen schnell verlaufende Drucksteigerungen, z.B. durch Zerfall oder Polymerisation, auftreten können, entsprechen dann dieser Voraussetzung, wenn

- *Räume eine Druckentlastungsfläche haben, so dass der Raum selbst und angrenzende Räume und Gebäude nicht gefährdet werden, und*
- *die entstehende Druckwelle in einen Bereich entweichen kann, in dem Versicherte nicht gefährdet werden können.*

Die Druckentlastungsfläche soll wenigstens 1/6 der Grundfläche des Raumes betragen. Dienen Dächer der Druckentlastung, ist leichtes Material, das nicht scharfkantig splittert, zu verwenden, z.B. Leichtabdeckungen (Stramit, schwer entflammbarer PU-Schaum), Folien oder Teilflächen von Dächern, die abklappbar zu befestigen sind.

Bei Anlagen für instabile Gase im Freien, von denen angenommen werden kann, dass sie kritischen Betriebszuständen nicht standhalten können, empfiehlt es sich, als Splitterschutz in der Gefährdungsrichtung

- *eine Betonwand,*
- *einen Erdwall,*
oder
- *eine Stahlseilgewebekonstruktion*

vorzusehen.

3.24 Anlagen mit brandfördernden Gasen

3.24.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Anlagenteile für brandfördernde Gase im flüssigen Zustand nur auf Böden aufgestellt werden, die frei von Öl, Fett und anderen brennbaren Verunreinigungen sind.

Brandfördernde Gase sind im Anhang 2 aufgeführt.

3.24.2 Überdruckmessgeräte für brandfördernde Gase dürfen nur betrieben werden, wenn sie öl- und fettfrei sind.

Siehe auch Abschnitt 3.16.1.

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

4 Prüfung

Nach § 3 Abs. 3 der Betriebssicherheitsverordnung hat der Arbeitgeber Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen der Arbeitsmittel zu ermitteln. Bei diesen Prüfungen sollen sicherheitstechnische Mängel systematisch erkannt und abgestellt werden.

Der Arbeitgeber legt ferner die Voraussetzungen fest, welche die von ihm beauftragten Personen zu erfüllen haben (befähigte Personen).

Nach derzeitiger Auffassung ist davon auszugehen, dass die Aufgaben der befähigten Personen für die nachstehend aufgeführten Prüfungen durch die dort genannten Personen wahrgenommen werden. Art, Umfang und Fristen der Prüfungen sind bisherige Praxis und entsprechen den Regeln der Technik.

4.1 Prüfung von Anlagen und Anlagenteilen

4.1.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die Aufstellung von Anlagen für Gase vor der ersten Inbetriebnahme geprüft wird.

Die Aufstellungsprüfung umfasst insbesondere

- *die Einhaltung der Schutzabstände,*
- *die Einhaltung der Abstände innerhalb der Anlagen,*
- *die Festlegung und Kennzeichnung von explosionsgefährdeten Bereichen,*
- *die Anordnung und Ausführung der Prozessleitwarten,*
- *Anforderung an die Umgebung von Gasanlagen hinsichtlich Öffnungen zu tiefer liegenden Räumen und Kanälen sowie Luftansaugöffnungen,*
- *vorbeugende Maßnahmen zum Schutz vor unzulässiger Erwärmung.*

4.1.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass sicherheitstechnisch erforderliche Anlagenteile in von ihm festzusetzenden, angemessenen Zeitabständen, mindestens jedoch einmal jährlich, auf Zustand und Funktion geprüft werden.

Die Zeitabstände sind insbesondere abhängig von der Betriebsweise, von der Art des Anlagenteiles und von den gasspezifischen Gegebenheiten. Solche Anlagenteile sind z.B. Armaturen, Pumpen, Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen.

Siehe auch Abschnitt 3.2.

4.1.3 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Anlagen für Gase in von ihm festzusetzenden, angemessenen Zeitabständen auf Korrosion geprüft werden. Bei erdgedeckten Anlagen oder Anlagenteilen und bei Anlagenteilen mit Wärme- oder Schalldämmung sowie Brandschutzisolierung muss die Prüfung auf Außenkorrosion stichprobenweise erfolgen. Prüfungen auf Korrosion sind nicht erforderlich, wenn Korrosion nicht zu erwarten ist.

Dies schließt ein, dass Auflagerungen, Aufhängungen und Verankerungen in die Prüfung einbezogen werden.

Die Prüfung auf Korrosion erfolgt in der Regel durch Inaugenscheinnahme. Gegebenenfalls können weitergehende Prüfungen, z.B. Wanddickenmessungen, erforderlich sein.

4.1.4 Die Prüfungen nach den Abschnitten 4.1.1 bis 4.1.3 dürfen nur von einer vom Unternehmer beauftragten Person durchgeführt werden. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die Ergebnisse der Prüfungen in ein Prüfbuch eingetragen werden.

Dies wird z.B. erreicht, wenn der Unternehmer Personen beauftragt, die mit dem jeweiligen Prüfumfang vertraut sind und von denen zu erwarten ist, dass sie die ihnen übertragenen Prüfungen zuverlässig durchführen.

In den Aufzeichnungen wird neben den Prüfergebnissen vermerkt, welche Anlagen oder Anlagenteile zu welchem Zeitpunkt, auf welche Weise und durch wen geprüft worden sind.

4.2 Dichtheitsprüfung

4.2.1 Der Unternehmer darf Anlagen erstmalig sowie nach einer Instandsetzung oder einer wesentlichen Änderung nur in Betrieb nehmen, nachdem sie auf Dichtheit geprüft worden sind.

Die Dichtheitsprüfung wird an gasführenden Anlagen zusätzlich zu den für Druckbehälter vorgeschriebenen Prüfungen und den beim Hersteller vorgenommenen Prüfungen an Rohren und Armaturen durchgeführt.

4.2.2 Die Dichtheitsprüfung ist mit einem Inertgas, mit Druckluft oder mit dem Betriebsgas durchzuführen. Das Gas muss so beschaffen sein, dass eventuelle Beimengungen nicht zu unzulässigen Reaktionen mit dem Betriebsgas oder mit dem Werkstoff der Anlagenteile führen.

Bei Verwendung von brennbaren oder gesundheitsgefährlichen Betriebsgasen sind Maßnahmen zum Schutz des Prüfpersonals notwendig.

Unzulässige Reaktionen können durch auskondensierte Stoffe, z.B. Wasser, ausgelöst werden.

4.2.3 Dichtheitsprüfungen sind mit einem Druck durchzuführen, der auf das Prüfverfahren abgestimmt ist; er darf den betriebsmäßig für die Anlage vorgesehenen Druck nicht überschreiten. Wird bei einer Dichtheitsprüfung nach Satz 1 der für die Anlage betriebsmäßig vorgesehene Druck nicht erreicht, so ist die Dichtheitsprüfung zu ergänzen durch -eine -besondere Dichtheitsüberwachung während des ersten Anfahrens der Anlage.

Siehe Dechema-Informationsblatt ZfP 1 "Dichtheitsprüfungen an Apparaten und Komponenten von Chemieanlagen".

4.2.4 Die Dichtheitsprüfung darf nur von einer vom Unternehmer beauftragten Person durchgeführt werden. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass das Ergebnis der Prüfung in ein Prüfbuch eingetragen wird.

Dies wird z.B. erreicht, wenn der Unternehmer Personen beauftragt, die mit den jeweiligen Prüfmethode und dem Prüfumfang vertraut sind und von denen zu erwarten ist, dass sie die ihnen übertragenen Prüfungen zuverlässig durchführen.

In den Aufzeichnungen wird neben den Prüfergebnissen vermerkt, welche Anlagen oder Anlagenteile zu welchem Zeitpunkt, auf welche Weise und durch wen auf Dichtheit geprüft worden sind.

4.3 Prüfung von Schlauchleitungen und Gelenkrohren

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Schlauchleitungen und Gelenkrohre für brennbare oder gesundheitsgefährliche Gase vor der ersten Inbetriebnahme und ferner nach Bedarf, mindestens jedoch in Abständen von einem Jahr, von einem Sachkundigen auf ihren betriebs sicheren Zustand geprüft werden.

Dies wird z.B. erreicht, wenn die Schlauchleitungen und Gelenkrohre auf der Außenseite und, so weit wie möglich, auch auf der Innenseite auf ihren Zustand untersucht und einer Druckprüfung unterzogen werden. Druckprüfungen sind mit Wasser oder mit anderen geeigneten Flüssigkeiten durchzuführen. Sie können auch im eingebauten Zustand erfolgen. Der Prüfdruck beträgt das 1,5fache des zulässigen Betriebsüberdruckes der Anlage und muss mindestens 10 Minuten stehen bleiben. Die Druckprüfung darf unter Beachtung der erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen auch mit einem Gas durchgeführt werden.

Schlauchleitungen bestehen aus Schläuchen und den mit den Schläuchen fest verbundenen Anschlussarmaturen.

Siehe auch Abschnitt 9.2 der Technischen Regeln Gase "Betreiben von Füllanlagen" (TRG 402) und Abschnitt 6.2 der Technischen Regeln Druckbehälter "Einrichtungen zum Abfüllen von Druckgasen aus Druckgasbehältern in Druckbehälter" (TRB 851).

Sachkundiger ist, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Prüfung von Schlauchleitungen und Gelenkrohren hat und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, BG-Vorschriften und allgemein anerkannten Regeln der Technik (z.B. BG-Regeln, DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, technische Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum) soweit vertraut ist, dass er die Dichtheit von Schlauchleitungen und Gelenkrohren beurteilen kann.

4.4 Prüfung von Gaswarneinrichtungen

4.4.1 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Gaswarneinrichtungen, die im Rahmen des Explosionsschutzes eingesetzt sind, von einem anerkannten Prüfinstitut auf Funktionsfähigkeit für den vorgesehenen Einsatzzweck geprüft werden. Das Ergebnis der Prüfung muss vom Hersteller durch ein auf dem Gerät angebrachtes Kennzeichen bestätigt sein.

Anerkannte Prüfinstitute sind z.B.

- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin,
- Prüfstelle für Grubenbewetterung der Westfälischen Berggewerkschaftskasse (PFG), Herner Straße 45, 44787 Bochum.

4.4.2 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Gaswarneinrichtungen nach Abschnitt 4.4.1 vor der ersten Inbetriebnahme der Gasanlage und nachfolgend in angemessenen Zeitabständen, von einem Sachkundigen auf Funktionsfähigkeit geprüft werden. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass das Ergebnis der Prüfung vom Sachkundigen in ein Prüfbuch eingetragen wird.

Hinsichtlich der Kalibrierung und der Prüfung in angemessenen Zeitabständen wird auf die BG-Information "Instandhaltung von nicht ortsfesten Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz" (BGI 559) verwiesen.

Sachkundiger ist, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Funktionsprüfung von Gaswarneinrichtungen hat und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, BG-Vorschriften und allgemein anerkannten Regeln der Technik (z.B. BG-Regeln, DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, technische Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum) soweit vertraut ist, dass er die Funktionsfähigkeit von Gaswarneinrichtungen beurteilen kann.

4.5 Prüfung von Einrichtungen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen

Der Unternehmer hat in explosionsgefährdeten Räumen oder Bereichen Einrichtungen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen, vor Inbetriebnahme und ferner nach Bedarf, mindestens jedoch in Abständen von drei Jahren, durch einen Sachkundigen auf Funktionsfähigkeit prüfen und warten zu lassen.

Sachkundiger ist, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Prüfung von Einrichtungen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung hat und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, BG-Vorschriften und anerkannten Regeln der Technik (z.B. BG-Regeln, DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, technische Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum) soweit vertraut ist, dass er das Ergebnis der Prüfung sicher beurteilen kann.

Siehe auch BG-Regel "Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen" (BGR 132).

Einschlägige Merkblätter der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie zum Thema "Gase"	Anhang 1
--	-----------------

Stoffmerkblätter

	Bestell-Nr. BG Chemie BGI-Nr.
Cyanwasserstoff, Cyanide	M 002
Reizende/Ätzende Stoffe	M 004
Fluorwasserstoff, Flusssäure und anorganische Fluoride	M 005
Salpetersäure, Stickstoffoxide	M 014
Phosgen	M 015
Chlor	M 020
Vinylchlorid	M 031
Fruchtschädigungen - Schutz am Arbeitsplatz	M 039
Schwefelwasserstoff	M 041
Ethylenoxid	M 045
1,3 Butadien	M 049
Umgang mit gesundheitsgefährlichen Stoffen	M 050
Gefährliche chemische Stoffe	M 051
Ozon	M 052
Allgemeine Arbeitsschutzmaßnahmen für den Umgang mit Gefahrstoffen	M 053
Wasserstoff	M 055

**BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33
Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen**

Technische Merkblätter

	Bestell-Nr. BG Chemie BGI- Nr.
Instandhaltung	T 003
Befüllen und Entleeren von Eisenbahnkesselwagen	T 015
Instandhaltung von ortsfesten Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz	T 023
Füllen von Druckbehältern mit Gasen	T 029
Instandhaltung von nicht ortsfesten Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz	T 031
Einsatz von ortsfesten Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz	T 032
Messprinzipien von ortsfesten Gaswarneinrichtungen für brennbare Gase und Dämpfe	T 032a
Beispielsammlung zu den Richtlinien "Statische Elektrizität"	T 033
Allgemeine Merkblätter	
Persönliche Schutzausrüstungen	A 008

Einstufung der Gase nach gefährlichen Eigenschaften	Anhang 2
--	-----------------

Beim Umgang mit Gasen sind hinsichtlich der zu treffenden sicherheitstechnischen Maßnahmen die gefährlichen Eigenschaften der Gase zu berücksichtigen. So enthält diese Unfallverhütungsvorschrift gasspezifische sicherheitstechnische Anforderungen insbesondere im Hinblick auf die Eigenschaften brennbar, gesundheitsgefährlich, brandfördernd, chemisch instabil und wassergefährdend.

Da bisher nur einige Gase in der EG endgültig eingestuft sind, diente ein im AGS/UA II erstellter Gasatlas als Vorlage einer Einstufung. In den nachfolgenden Tabellen sind die Gase in alphabetischer Reihenfolge einmal generell nach bestimmten Eigenschaften eingestuft (Tabelle I, generelle Einstufung), zum anderen nach dieser Einstufung in entsprechenden Gruppen - ebenfalls alphabetisch - zusammengefasst (Tabelle II, stoffspezifische Einstufung). Die Gasbezeichnungen sind wegen teilweise vorhandener Unterschiede sowohl nach den IUPAC-Regeln als auch nach den Technischen Regeln Druckgase TRG 100 "Druckgase; Allgemeine Bestimmungen für Druckgase" aufgeführt, wobei die alphabetische Reihenfolge nach der IUPAC-Bezeichnung gewählt wurde.

Sofern in der Gefahrstoffverordnung verbindliche Einstufungen von Gasen mit gefährlichen Eigenschaften enthalten sind, wurden die dort getroffenen Festlegungen übernommen. Verflüssigte Gase sind in den Tabellen nicht aufgeführt, da zum einen bei diesen Gasen aufgrund der möglichen tiefen Temperaturen generell eine gefährliche Einwirkung auf den Menschen möglich, zum anderen die gleiche Einstufung wie im gasförmigen Zustand gegeben ist. Ausgenommen hiervon ist verflüssigte Luft, die in der Tabelle II bei den brandfördernden Gasen aufgeführt ist, da bei Luft die brandfördernde Eigenschaft im flüssigen Zustand zum Tragen kommt.

Das Gas Ozon wurde abweichend vom Gas-Atlas und der Gefahrstoffverordnung in die Tabellen aufgenommen, da beim Umgang mit diesem Gas dessen gefährliche Eigenschaften zu beachten sind. Die Einstufung wurde aufgrund des Merkblattes M 052 "Ozon" der BG-Chemie vorgenommen.

In den Tabellen noch nicht aufgeführte Gase werden entsprechend der Fortschreibung der Einstufung in den Neufassungen dieser Unfallverhütungsvorschrift berücksichtigt.

Für die Einstufung der in den Tabellen aufgeführten Gase wurden folgende Kriterien herangezogen, die mit einem bestimmten Kennbuchstaben in der Tabelle I bezeichnet sind:

BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33 Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen

Brennbare Gase (F)

Alle Gase, die bei Normaldruck im Gemisch mit Luft einen Explosionsbereich (Zündbereich) haben, werden im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift als "brennbar" bezeichnet.

Abweichend vom Gas-Atlas und der Gefahrstoffverordnung wurde eine Differenzierung in "leicht entzündlich" bzw. "hochentzündlich" nicht vorgenommen, da einmal keine sicherheitstechnischen Kennzahlen bekannt sind, nach denen diese Differenzierung objektiv zu begründen wäre, zum andern die Unfallverhütungsvorschrift "Gase" im Vorschriftentext nur den Begriff "brennbare Gase" benutzt und keine differenzierten Schutzmaßnahmen für leicht entzündliche bzw. hochentzündliche Gase vorsieht.

Abweichend von den Festlegungen der Gefahrstoffverordnung wurden die Gase Ammoniak und Brommethan zusätzlich als brennbar eingestuft, da sie bei Normaldruck im Gemisch mit Luft einen Explosionsbereich haben. Sie wurden daher in der F-Spalte mit der **Nummer 8** versehen.

Gesundheitsgefährliche Gase

Gesundheitsgefährlich im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift sind Gase, die bei Einwirkung auf den Menschen Gesundheitsschäden bewirken können.

Bei diesen Gasen wird hinsichtlich der Einstufung entsprechend dem Gas-Atlas und der Gefahrstoffverordnung nach den unterschiedlichen Wirkungen auf den Menschen differenziert, da in dieser Unfallverhütungsvorschrift hinsichtlich dieser Wirkungen zum Teil unterschiedliche Schutzmaßnahmen vorgesehen sind.

Die gesundheitsgefährlichen Gase sind deshalb eingestuft in

- sehr giftige Gase (T+),
- giftige Gase (T),
- gesundheitsschädliche Gase (Xn),
- ätzend wirkende Gase (C),
- reizend wirkende Gase (Xi),
- krebserzeugende und fortpflanzungsgefährdende (fruchtschädigende) Gase (K).

Die Gase 1,3-Butadien, Ethylenoxid und Vinylchlorid sind eindeutig als krebserzeugende Arbeitsstoffe ausgewiesen (siehe TRGS 900 - Grenzwerte - (Ausgabe Februar 1993), Abschnitt 2) und in der Spalte K mit Stern gekennzeichnet. Gase, die im Verdacht stehen krebserzeugend zu sein, (siehe TRGS 905 "Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder und fortpflanzungsgefährdender Stoffe" (Ausgabe Juni 1994)) sind in der K-Spalte mit der **Nummer 2a** gekennzeichnet. Gase, bei denen der Verdacht einer Schädigung der Fortpflanzung besteht, sind in der K-Spalte mit der **Nummer 2b** versehen. Derzeit ist kein Gas in den vorgenannten Regelwerken als sensibilisierend oder erbgutverändernd eingestuft.

Abweichend vom Gas-Atlas sind einige Gase aufgrund der Einstufung in anderen Vorschriften vorläufig als giftig anzusehen. Diese Gase wurden in der T-Spalte mit der **Nummer 3** versehen.

Abweichend vom Gas-Atlas wird das Gas Distickstoffoxid im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift und in Übereinstimmung mit den Transportvorschriften als nicht giftig angesehen, da die in der Gefahrstoffverordnung für "giftig" bzw. "gesundheitsschädlich" genannten Kriterien für dieses Gas nicht zutreffen. Nach den verfügbaren Literaturangaben ist Distickstoffoxid für den Menschen nicht giftig, sondern wirkt nur narkotisch und erstickend. Aus der umfangreichen Anwendung von Distickstoffoxid als Narkosegas und Treibgas für Lebensmittel (Schlagsahne) und Kosmetika sind keine Erkenntnisse über seine toxische Wirkung auf den Menschen bekannt. Das Gas wurde deshalb in der T-Spalte mit der **Nummer 4** versehen.

Brandfördernde Gase (0)

Brandfördernd im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift sind Gase, die mit brennbaren Stoffen so reagieren können, dass die brennbaren Stoffe erheblich schneller abbrennen als in Luft.

Zusätzlich zu den im Gas-Atlas als brandfördernd eingestuftem Gasen sind einige Gase auf Grund praktischer Erfahrungen als brandfördernd unter gewissen Bedingungen eingestuft worden. Diese Gase sind in der O-Spalte mit der **Nummer 1** versehen.

Die Gase Chlor, Chlortrifluorid, Fluor und Tetrafluorhydrazin können zwar unter bestimmten Bedingungen mit anderen Stoffen stark exotherm reagieren, werden jedoch nicht als brandfördernde Gase im Sinne dieses Kapitels angesehen.

Luft im flüssigen Zustand wurde als brandförderndes Gas eingestuft, da die brandfördernde Eigenschaft im flüssigen Zustand zum Tragen kommt. Luft wurde deshalb in der O-Spalte mit der **Nummer 7** versehen.

Chemisch instabile Gase (CI)

Instabil im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift sind Gase, die unter den Lager- und Betriebsbedingungen durch Energieeinwirkung oder durch katalytische Einwirkung von Fremdstoffen - auch unter Ausschluss von Sauerstoff - zu einer exothermen Reaktion gebracht werden können. Bestimmte Gase werden erst bei vom Normalzustand abweichenden Bedingungen (erhöhte Temperatur oder erhöhter Druck) instabil. Diese Gase sind in der CI-Spalte mit der **Nummer 5** versehen.

Das Gas Distickstoffoxid kann im Normalzustand zum Zerfall angeregt werden. Die zur Einleitung der Zerfallsreaktion notwendige Aktivierungsenergie liegt jedoch höher als bei anderen chemisch instabilen Gasen. Distickstoffoxid gilt deshalb als ein schwer zum Zerfall anregbares instabiles Gas und ist in der CI-Spalte mit der **Nummer 6** versehen.

Wassergefährdende Gase (W)

Wassergefährdend im Sinne dieses Kapitels sind Gase, die im Katalog wassergefährdender Stoffe aufgeführt sind (Stand 26. April 1987).

Die Einstufung erfolgte aufgrund der Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 1. März 1985 (GMBI 1985 Nr. 11 S. 175) und vom 26. April 1987 (GMBI 1987 Nr. 17 S. 294). In der Tabelle II sind die wassergefährdenden Gase entsprechend den Wassergefährdungsklassen 3 (stark wassergefährdend), 2 (wassergefährdend) und 1 (schwach wassergefährdend) alphabetisch geordnet aufgeführt.

Sonstige Gase (I)

Sonstige Gase im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift sind Gase, die keinem der Kriterien brennbar, gesundheitsgefährlich, brandfördernd, chemisch instabil und wassergefährdend zuzuordnen sind. Die Einstufung in diese Rubrik folgt hier dem Gas-Atlas. Sonstige Gase sind zum Teil Gase, die als inert bezeichnet werden, die also unter den im jeweiligen System vorliegenden Betriebs- und Lagerbedingungen nicht reagieren.

Sonstige Gase sind auch keine Gefahrstoffe im Sinne der Gefahrstoffverordnung. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass auch diese Gase bei falscher Handhabung gefährlich sein können, da sie durch Verdrängung des Luftsauerstoffs erstickend wirken können (Sauerstoffmangel).

Noch nicht eingestufte Gase (N)

Bei Gasen, die dieser Rubrik zugeordnet wurden, ist eine Einstufung entsprechend der vorhergehend genannten Kriterien bisher noch nicht abschließend für alle Kriterien vorgenommen worden. Deshalb wird empfohlen, vor dem Umgang mit diesen Gasen im Hinblick auf mögliche zusätzliche gefährliche Eigenschaften sich an die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Abteilung 4, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin, zu wenden.

Tabelle I

siehe TRB 610 Anlage 1 **Tabelle 1**

Tabelle II

Brennbare Gase (F)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Acetylen, gelöst	Acetylen
Ammoniak (8)	Ammoniak
Arsin	
Brommethan (8)	Methylbromid (R 40B1)
Bromtrifluorethen	
Butadien-1,2	Butadien-1,2
Butadien-1,3	Butadien-1,3
n-Butan	Normal-Butan
Buten-1	Butylen-1
cis-Buten-2	Cis-Butylen-2
trans-Buten-2	Trans-Butylen-2
Butin-1	
Carbonylsulfid	
1-Chlor-1,1-difluorethan	Chlordifluoräthan (R142 b)
1-Chlor-1,2-difluorethan	
Chlorethan	Äthylchlorid (R 160)
Chlormethan	Methylchlorid (R 40)
Chlortrifluorethen	Chlortrifluoräthylen (R 1113)
Cyanwasserstoff	Cyanwasserstoff (Blausäure)
Cyclobutan	
Cyclopropan	Cyclopropan
Deuterium	Deuterium (Schwerer Wasserstoff)
Diboran	
Dichlorsilan	Dichlorsilan
Dicyan	Dicyan
1,1-Difluorethan	1,1-Difluoräthan (R 152 a)
1,1-Difluorethen	1,1-Difluoräthylen (R 1132 a)

Dimethylamin	Dimethylamin
Dimethylether	Dimethyläther
Dimethylsilan	Dimethylsilan
Ethan	Äthan
Ethen	Äthylen
Ethylamin	Äthylamin
Ethylenoxid	Äthylenoxid
Ethylmethylether	
Fluorethan	
Fluormethan	
German	
Isobutan	Iso-Butan
Isobuten	Iso-Butylen
Kohlenmonoxid	Kohlenoxid
Methan	Methan
Methylamin	Methylamin
Methylmercaptan	Methylmercaptan
Methylnitrit	
Methylsilan	Methylsilan
Methylvinylether	Vinylmethyläther
Neopentan	
Phosphin	Phosphorwasserstoff (Phosphin)
Propadien	
Propan	Propan - rein
Propen	Propylen - rein
Propin	
Schwefelwasserstoff	Schwefelwasserstoff
Selenwasserstoff	
Silan	Siliziumwasserstoff (Monosilan)
Stibin	
Tetrafluorethen	
1,1,1-Trifluorethan	1,1,1-Trifluoräthan (R 143 a)
Trimethylamin	Trimethylamin
Trimethylsilan	Trimethylsilan
Vinylbromid	Vinylbromid (R 1140B1)
Vinylchlorid	Vinylchlorid (R 1140)
Vinylfluorid	Vinylfluorid (R 1141)
Wasserstoff	Wasserstoff

(8) = abweichend von der Gefahrstoffverordnung als brennbar eingestuft; siehe Erläuterungen zur Einstufung.

Sehr giftige Gase (T+)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Bortrichlorid	Bortrichlorid
Bortrifluorid	Bortrifluorid
Carbonylchlorid	Chlorkohlenoxid (Phosgen)
Chlorcyan	Chlorcyan
Chlorpentafluorid	
Chlortrifluorid	
Cyanwasserstoff	Cyanwasserstoff (Blausäure)
Diboran	
Fluor	Fluor
Fluorwasserstoff	Fluorwasserstoff
German	
Ozon	
Perchlorylfluorid	
Phosphin	Phosphorwasserstoff (Phosphin)
Sauerstoffdifluorid	
Schwefeltetrafluorid	
Schwefelwasserstoff	Schwefelwasserstoff
Selenhexafluorid	
Selenwasserstoff	
Stibin	
Stickstoffdioxid	Stickstofftetroxid
Stickstoffmonoxid	Stickstoffoxid
Tellurhexafluorid	
Wolframhexafluorid	Wolframhexafluorid

Giftige Gase (T)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Ammoniak	Ammoniak
Arsin	
Bortrifluorid	Bortrifluorid
Bromchlorid	
Brommethan	Methylbromid (R 40B1)
Bromtrifluorethen (3)	
Carbonylfluorid (3)	
Carbonylsulfid	
Chlor	Chlor
Dicyan	Dicyan
1,1-Difluorethen (3)	1,1-Difluoräthylen (R 1132a)
Dimethylsilan (3)	Dimethylsilan
Distickstoffoxid (4)	Distickstoffoxid (Stickoxydul)
Ethylenoxid	Äthylenoxid
Hexafluoraceton	
Hexafluorpropen (3)	Hexafluorpropylen
Kohlenmonoxid	Kohlenoxid
Methylnitrit	
Methylsilan (3)	Methylsilan
Phosphorpentafluorid (3)	
Phosphortrifluorid (3)	
Schwefeldioxid	Schwefeldioxid
Siliciumtetrafluorid (3)	
Stickstofftrifluorid (3)	Stickstofftrifluorid
Sulfurylfluorid (3)	
Tetrafluorethen (3)	
Tetrafluorhydrazin (3)	
Trimethylsilan (3)	Trimethylsilan
Vinylfluorid (3)	Vinylfluorid (R 1141)

(3) = abweichend vom Gas-Atlas als giftig eingestuft; siehe Erläuterungen zur Einstufung.

(4) = abweichend vom Gas-Atlas als nicht giftig angesehen; siehe Erläuterungen zur Einstufung.

Gesundheitsschädliche Gase (Xn)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Chlormethan	Methylchlorid (R 40)
Chlortrifluorethen	Chlortrifluoräthylen (R 1113)
Hexafluorpropen	Hexafluorpropylen
Methylmercaptan	Methylmercaptan
Silan	Siliziumwasserstoff (Monosilan)

Ätzend wirkende Gase (C)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Bortrifluorid	Bortrifluorid
Bromwasserstoff	Bromwasserstoff
Chlorwasserstoff	Chlorwasserstoff
Dichlorsilan	Dichlorsilan
Fluor	Fluor
Fluorwasserstoff	Fluorwasserstoff
Jodwasserstoff	
Nitrosylchlorid	
Ozon	
Trifluoracetylchlorid	Trifluoracetylchlorid

Reizend wirkende Gase (Xi)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Dichlorfluormethan	Dichlorfluormethan (R 21)
Dimethylamin	Dimethylamin
Ethylamin	Äthylamin
Methylamin	Methylamin
Trimethylamin	Trimethylamin

Krebserzeugende und fruchtschädigende Gase (K)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Brommethan (2a)	Methylbromid (R 40B1)
Butadien-1,3	Butadien-1,3
Chlormethan (2a)	Methylchlorid (R 40)
1,1-Difluorethen (2a)	1,1-Difluoräthylen (R 1132 a)
Ethylenoxid	Äthylenoxid
Kohlenmonoxid (2b)	Kohlenoxid
Vinylchlorid	Vinylchlorid (R 1140)

(2a) = Verdacht auf krebserzeugendes Potenzial

(2b) = Verdacht auf fruchtschädigendes Potenzial

Siehe auch Erläuterung zur Einstufung.

Brandfördernde Gase (0)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Chlorpentafluorid	
Distickstoffoxid (1)	Distickstoffoxid (Stickoxydul)
Luft, tiefkalt verflüssigt (7)	Luft - tiefkalt
Ozon	
Perchlorylfluorid	
Sauerstoff	Sauerstoff
Sauerstoffdifluorid	
Stickstoffdioxid (1)	Stickstofftetroxid

(1) = brandfördernd unter gewissen Bedingungen; siehe Erläuterungen zur Einstufung.

(7) = brandfördernd eingestuft wegen dieser im flüssigen Zustand zum Tragen kommenden Eigenschaft; siehe Erläuterungen betreffend verflüssigte Gase und brandfördernde Gase.

Wassergefährdende Gase (W)

Stark wassergefährdende Gase (Wassergefährdungsklasse 3)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Arsin	
Brommethan	Methylbromid (R 40B1)
Cyanwasserstoff	Cyanwasserstoff (Blausäure)
Methylmercaptan	Methylmercaptan
Selenwasserstoff	

Wassergefährdende Gase (Wassergefährdungsklasse 2)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Ammoniak	Ammoniak
Chlor	Chlor
Chlormethan	Methylchlorid (R 40)
Dimethylamin	Dimethylamin
Ethylenoxid	Äthylenoxid
Methylamin	Methylamin
Nitrosylchlorid	
Phosphin	Phosphorwasserstoff (Phosphin)
Schwefelwasserstoff	Schwefelwasserstoff
Trimethylamin	Trimethylamin
Vinylchlorid	Vinylchlorid (R 1140)

Schwach wassergefährdende Gase (Wassergefährdungsklasse 1)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Bromwasserstoff	Bromwasserstoff
Butadien-1,3	Butadien-1,3
Chlorwasserstoff	Chlorwasserstoff
Ethylamin	Äthylamin
Fluorwasserstoff	Fluorwasserstoff
Iodwasserstoff	
Schwefeldioxid	Schwefeldioxid
Stickstoffdioxid	Stickstofftetroxid

Chemisch instabile Gase (CI)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Acetylen, gelöst	Acetylen
Bromtrifluorethen (5)	
Butadien-1,2 (5)	Butadien-1,2
Butadien-1,3 (5)	Butadien-1,3
Butin-1 (5)	
Chlorcyan (5)	Chlorcyan
Chlortrifluorethen (5)	Chlortrifluoräthylen (R 1113)
Cyanwasserstoff (5)	Cyanwasserstoff (Blausäure)
Diboran (5)	
Dicyan (5)	Dicyan
1,1-Difluorethen (5)	1,1-Difluoräthylen (R 1132a)
Distickstoffoxid (6)	Distickstoffoxid (Stickoxydul)
Ethen (5)	Äthylen
Ethylenoxid	Äthylenoxid
Iodwasserstoff (5)	
Methylnitrit	
Methylvinylether (5)	Vinylmethyläther
Ozon	
Propadien (5)	
Propin (5)	
Stibin	
Stickstoffmonoxid (5)	Stickstoffoxid
Tetrafluorethen (5)	
Tetrafluorhydrazin (5)	
Vinylbromid (5)	Vinylbromid (R 1140B1)
Vinylchlorid (5)	Vinylchlorid (R 1140)
Vinylfluorid (5)	Vinylfluorid (R 1141)

(5) = instabil bei vom Normalzustand abweichenden Bedingungen; siehe Erläuterungen zur Einstufung.

(6) = schwer zum Zerfall anregbares instabiles Gas; siehe Erläuterungen zur Einstufung.

Sonstige Gase (1)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
mmmmm	
Argon	Argon
Bromchloridfluormethan	Bromchlordifluormethan (R 12B1)
Bromtrifluormethan	Bromtrifluormethan (R 13B1)
Chlordifluormethan	Chlordifluormethan (R 22)
Chlorpentafluorethan	Chlorpentafluoräthan (R 115)
1-Chlor-1,1,2,2-tetrafluorethan	Chlortetrafluoräthan (R 124a)
1-Chlor-2,2,2-trifluorethan	Chlortrifluoräthan (R 133a)
Chlortrifluormethan	Chlortrifluormethan (R 13)
Dichlordifluormethan	Dichlordifluormethan (R 12)
1,2-Dichlor-1,1,2,2-tetrafluorethan	Dichlortetrafluoräthan (R 114)
Helium	Helium
Heptafluorpropan	Heptafluorpropan (R 227)
Hexafluorethan	
Kohlendioxid	Kohlendioxid (Kohlensäure)
Krypton	Krypton
Luft	Druckluft (Pressluft)
Neon	Neon
Octafluorbuten-2	
Octafluorcyclobutan	Octafluorcyclobutan (R C318)
Octafluorpropan	
Schwefelhexafluorid	Schwefelhexafluorid
Stickstoff	Stickstoff
1,1,1,2-Tetrafluorethan	Tetrafluorethan (R 134a)
Tetrafluormethan	Tetrafluormethan (R 14)
Trifluormethan	Trifluormethan (R 23)
Xenon	Xenon

Noch nicht abschließend eingestufte Gase (N)

Bezeichnung nach IUPAC-Regeln	Bezeichnung nach TRG 100
Bromchlorid	
Carbonylfluorid	
1-Chlor-1,2-difluorethan	
Chlorpentafluorid	
Hexafluorisobuten	Hexafluorisobuten
Hexafluorpropylenoxid	Hexafluorpropylenoxid
Phosphorpentafluorid	
Phosphortrifluorid	
Siliciumtetrafluorid	
Stickstofftrifluorid	Stickstofftrifluorid
Sulfurylfluorid	
Tetrafluorhydrazin	
Trifluoracetylchlorid	Trifluoracetylchlorid
Trimethylsilan	Trimethylsilan

In Gasanlagen werden an die Beschaffenheit der gasbeaufschlagten Anlagen- und Ausrüstungsteile bestimmte Anforderungen hinsichtlich der verwendeten Werkstoffe gestellt. So wird z.B. gefordert, dass die Werkstoffe von den Gasen nicht in gefährlicher Weise angegriffen werden und mit diesen keine gefährlichen Verbindungen eingehen dürfen; siehe Abschnitt 3.6.

In der folgenden Tabelle werden beispielhaft Werkstoffe aufgezählt, die zur Herstellung von Anlagen- und Ausrüstungsteilen bei Beaufschlagung mit den genannten Gasen nicht geeignet sind. Diese Aufzählung soll nur Hinweise geben und berechtigt nicht zu der Schlussfolgerung, dass alle anderen nicht genannten Werkstoffe geeignet sind. In jedem Fall ist zu prüfen, ob der für die Herstellung von Anlagen- oder Ausrüstungsteilen verwendete oder vorgesehene Werkstoff für die betreffende Gasart geeignet ist. Dies gilt insbesondere bei Einsatz von Gasgemischen und unter anderen als atmosphärische Bedingungen. Auf die DECHEMA-Werkstofftabellen wird hingewiesen.

Gasbezeichnungmmmmmmmm Nicht geeignete Werkstoffe

Acetylen (C ₂ H ₂)	Dimethylformamid- und acetonlöslicher Naturkautschuk und synthetischer Kautschuk (z.B. Neopren); Kupfer und Kupferlegierungen mit mehr als 70 Gew.% Kupfer (z.B. Messing, Bronze), Silber und silberhaltige Legierungen mit mehr als 46 Gew.-% Silber und mehr als 37 Gew.-% Kupfer, wobei beide Bestandteile maximal 76 % nicht überschreiten dürfen. Siehe auch Nummer 4 der Technischen Regeln für Acetylenanlagen und Calciumcarbidlager TRAC 204.
Ammoniak (NH ₃)	Kupfer und Kupferlegierungen, Zink und Zinklegierungen
Ammoniak feucht:	abhängig vom %-Gehalt: Kupfer und Kupferlegierungen, Nickel Nickellegierungen (z.B. Monel, Alloy); Polyester, Polyvinylchlorid
Brommethan (CH ₃ Br)	Aluminium
Bromwasserstoff (HBr)	Leichtmetalllegierungen, ferritischer Stahl, Kupfer, Zinn; synthetischer Kautschuk aus Polymerisaten auf Butadienbasis (z.B. Buna S, Buna N, Neopren); Schmiermittel: Öl und Fett
Butin-1	Kupfer, Silber
Carbonylchlorid (COCl ₂) (Phosgen)	Gummi, Polyvinylchlorid, Polyethylen, Polybutylen-1
Chlor (Cl ₂)	Zinn, Zinnlote; Schmiermittel: Wachse, Öle, Fette
Chlor feucht:	Aluminium, Kupfer, Kupferlegierungen, Eisen- Siliziumlegierungen, Magnesiumlegierungen, Nickel und Nickel-Chromlegierungen (z.B. Inconel)
Chlorethan (C ₂ H ₅ Cl)	Aluminium, Zink, Magnesium
Chlormethan (CH ₃ Cl)	Aluminium, Zink, Magnesium
Chlortrifluorethen (C ₂ ClF ₃)	Naturkautschuk
Chlortrifluorid (ClF ₃)	Glas, Quarz; Schmiermittel: Öl, Fett
Dimethylamin ((CH ₃) ₂ NH)	Blei, Kupfer und Kupferlegierungen, Zinn, Nickel, Zink, Zinklegierungen, Silber; Celluloseacetate
Distickstoffoxid (N ₂ O)	Schmiermittel: Öl, Fett
Ethylamin (C ₂ H ₅ NH ₂)	Blei, Kupfer und Kupferlegierungen, Zink und Zinklegierungen, Zinn, Nickel, Silber; Celluloseacetate
Ethylenoxid (C ₂ H ₄ O)	Kupfer, Silber
Flüssiggas nach DIN 51622	Synthetischer Kautschuk aus Butadien-Mischpolymerisaten (z.B. Buna S), Silikongummi, Naturkautschuk, Polyisobutylene, Ethylcellulose
Fluor (F ₂)	Aluminium und -legierungen, Chrom-Aluminium-Stähle und Chrom-Molybdän-Stähle Schmiermittel: Öl, Fett bei höheren Temperaturen: Kupfer
Fluor feucht:	Glas, Quarz
Fluorwasserstoff (HF)	Glas, Quarz

**BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln Kapitel 2.33
Betreiben von Anlagen für den Umgang mit Gasen**

Gasbezeichnungmmmmmmmm **Nicht geeignete Werkstoffe**

Kohlenmonoxid (CO)	Bei Drücken über 35 bar: Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan
Methylamin (CH ₃ NH ₂)	Silber, Kupfer und Kupferlegierungen, Zinn, Nickel, Zink und Zinklegierungen; Celluloseacetate, Naturkautschuk, synthetischer Kautschuk aus Butadien-Mischpolymerisaten (z.B. Buna S, Buna N)
Methylamin feucht:	Aluminium und Aluminiumlegierungen können angegriffen werden
Methylmercaptan (CH ₄ S)	Kupfer und Kupferlegierungen
Sauerstoff (O ₂)	Siehe §§ 8 und 13 Abs. 1 der Unfallverhütungsvorschrift "Sauerstoff" (BGV B7); diese Unfallverhütungsvorschrift wird voraussichtlich Ende 2004 außer Kraft gesetzt; ausgewählte Betriebsbestimmungen siehe Kapitel 2.32 dieser BG-Regel.
Schwefeldioxid (SO ₂)	Nickel, bei höheren Temperaturen: Molybdän, Nickel und Nickellegierungen (z.B. Monel, Hastelloy)
Schwefeldioxid feucht:	Kupfer-Zinklegierungen, Kupfer-Nickellegierungen
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	Feinsilber, Kupfer und Kupferlegierungen, Aluminium bei erhöhter Temperatur: Naturkautschuk
Stickstoffdioxid (NO ₂) (Stickstofftetroxid)	ferritischer Stahl; Kunststoffe (Elastomere) auf der Basis von Vinyliden- oder Ethen-Polymerisaten (z.B. Tygon, Hypalon, Viton, Kel-F); Schmiermittel: Öl, Fett
Stickstoffmonoxid (NO)	Kupfer und Kupferlegierungen
Tetrafluorhydrazin (N ₂ F ₄)	Schmiermittel: Öl und Fett
Trimethylamin ((CH ₃) ₃ N)	Kupfer, Kupferlegierungen, Blei, Zinn, Nickel, Silber, Zink und Zinklegierungen; Naturkautschuk, synthetischer Kautschuk aus Butadien-Mischpolymerisaten (z.B. Buna S, Buna N), Celluloseacetate
Vinylchlorid (C ₂ H ₃ Cl)	Kupfer und Kupferlegierungen
Vinylfluorid (C ₂ H ₃ F)	Kupfer, Silber
Wasserstoff (H ₂)	Titan, Palladium, Zirkon

Verfahrenstechnische Anlage in der Draufsicht. Schutzabstand: 10 m

