

## Zu 7.:

Falschalarme sind nach Literaturangabe statistisch etwa je zur Hälfte in Fehlalarme und in Täuschungsalarme zu unterteilen. Fehlalarme liegen vor, wenn z. B. durch äußere elektrische Einwirkung, durch Feuchtigkeit u. a. in der Brandmeldezentrale eine Brandmeldung registriert wird, obwohl kein Melder angesprochen hat.

Außerdem kann die Kippstufe eines herkömmlichen Schwellwertmelders auch bei nur sehr kurzem Überschreiten der Ansprechschwelle gesetzt werden, so daß der Melder in den Alarmzustand geht. Das Ansprechen der Kippstufe infolge elektromagnetischen Einflusses ist eine häufige Fehlalarmursache.

Täuschungsalarme liegen vor, wenn dem Brandmelder eine Brandkenngröße vorgetauscht wurde (z. B. Zigarettenrauch, Fahrzeugabgase, Schweißqualm, Branddunst in der Küche), obwohl kein Schadenfeuer vorhanden ist.

Das Pulsmeldesystem hat keine Kippstufe im automatischen Melder oder in der Brandmeldezentrale, so daß aus dieser Ursache Fehlalarme nicht auftreten können. Auch werden in der Regel andere elektrische Einwirkungen, z. B. induktiver Art, auf die Übertragungswege als Fremdeinwirkungen vom Rechner erkannt. Dies ist durch kurzzeitige Zwischenspeicherung dreier Abtastzyklen mit anschließendem Vergleich der Regelwerte möglich.

Täuschungsalarmen kann das Pulsmeldesystem darüber hinaus ebenfalls begegnen, indem es das Ansprechverhalten der Brandmeldeanlage auf das Brandrisiko des Objektes abgestimmt wird. Dazu ist es notwendig „Brandmengen“ zu definieren, bei denen eine Meldung erfolgen soll. Die „Brandmenge“ stellt dabei eine Funktion von Rauchmenge und Zeit dar, die in den Mikroprozessor eingegeben werden können. In gewisser Weise stellt diese Maßnahme eine Verbesserung der Zweilinienabhängigkeit dar.

Natürlich muß sich das Pulsmeldesystem erst in der Praxis bewähren. Dazu ist eine wenigstens über ein Jahrzehnt reichende Erfahrung erforderlich, um letztlich auch die Frage der Zuverlässigkeit und Alterung von Mikroprozessoren beantworten zu können.

## Literatur

[1] „Aube 82: Probleme der automatischen Brandentdeckung“, Tagungsbericht der Universität Duisburg, Gesamthochschule

[2] ZVTI-Seminar: „Gefahrenmeldetechnik im Rahmen der security 82“

[3] Siemens: „Alarm Informationsfolge Nr. 1 aus dem Bereich Sicherheits- und Meldetechnik“

[4] T + N Presse- bzw. Neuheiteninformation

# Druckbehälter, Druckgase und Füllanlagen

Dr. Bestmann

Druckbehälter (Behälter, in denen ein höherer als der Atmosphärendruck vorhanden ist oder entstehen kann) sind potentielle Gefahrenquellen, ganz gleich, ob sie Gase, Flüssigkeiten oder andere Substanzen enthalten, denn durch den inneren Überdruck können sie bersten, wenn sie nicht den auftretenden Belastungen entsprechend gebaut sind, oder wenn der Überdruck über die vorgesehene Höhe steigt. Dies kann geschehen durch Versagen einer etwa vorhandenen Sicherheitseinrichtung, durch Bedienungsfehler oder durch Erwärmung. Eine solche Erwärmung wird z. B. regelmäßig im Brandfall eintreten. Die Größe der Gefahr ist naturgemäß abhängig von der Größe des Behälters, seinem Überdruck und seinem Inhalt.

Zur Vermeidung oder Verminderung der von solchen Druckbehältern ausgehenden Gefahren sind deshalb besondere Maßnahmen notwendig. In erster Linie müssen die Behälter so hergestellt sein, daß sie den zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen sicher genügen, sie müssen, um es kurz auszudrücken, ausreichende Wandstärken haben und aus geeignetem Werkstoff sein, also den Regeln der Technik entsprechen. Sie müssen mit Armaturen ausgerüstet sein, die ihrer Aufgabe genügen, also mit geeigneten Ventilen, evtl. auch Sicherheitseinrichtungen wie Sicherheitsventilen oder Berstscheiben. Sie müssen stets in betriebssicherem Zustand gehalten werden. Die Einhaltung solcher Voraussetzungen kann nur durch gesetzliche Vorschriften gewährleistet werden. Bei Dampfkesseln hat man diese bereits vor 110 Jahren durch ein „Gesetz, den Betrieb der Dampfkessel betreffend, vom 3. Mai

1872“ geregelt. Dampfkessel sollen in den folgenden Ausführungen nicht behandelt werden; für sie gilt heute eine besondere Gesetzgebung.

Das Gebiet der eigentlichen Druckbehälter ist durch die Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Füllanlagen – Druckbehälterverordnung vom 27. 2. 1980 – BGBl. S. 184 – abweichend von der früheren Handhabung geregelt. Unter Druckbehältern im Sinne der Verordnung sind alle Druckbehälter zu verstehen, in denen ein Betriebsdruck von 0,1 bar und mehr besteht oder eintreten kann; es gehören dazu nicht die Dampfkessel und die im II. Abschnitt der Verordnung behandelten ortsbeweglichen Behälter für Druckgase, die Druckgasbehälter. Für die erstgenannten Druckbehälter wird im I. Abschnitt der Verordnung je nach Behältergröße, Behälterart und Betriebsdruck eine Prüfung vor der Inbetriebnahme durch den Hersteller bzw.

eine Abnahmeprüfung durch einen Sachverständigen vorgeschrieben. Durch wiederkehrende Prüfungen soll der betriebs-sichere Zustand der Druckbehälter sichergestellt werden. Die Notwendigkeit solcher inneren Untersuchungen oder Druckproben richtet sich nach Art und Größe der Behälter; sie sind zwischen 5 und 10 Jahren durchzuführen. Eine Reihe von Druckbehältern fällt nach § 2 nicht unter den Geltungsbereich der Verordnung (z. B. Zylinder von Motoren, Lagerbehälter als Bestandteile einer Getränkeschankanlage u. a.). Einzelheiten über Ausrüstung, Aufstellung und Betrieb von Druckbehältern sind in den zur Zeit noch in Arbeit befindlichen Technischen Regeln Druckbehälter – TRB – enthalten, die inhaltlich etwa mit der bisher geltenden Unfallverhütungsvorschrift „Druckbehälter“ – VBG 17 – übereinstimmen werden. Auch aus der UVV „Gase“ – VBG 61 – werden Bestimmungen und Erläuterungen in die TRB übernommen werden. (Bisher wird in den TRB nur auf die entsprechenden Paragraphen in den Unfallverhütungsvorschriften verwiesen!) Zu den Druckbehältern gehören aber auch die ortsfesten Gasbehälter für Druckgase, so zum Beispiel die Vorratsbehälter für Flüssiggasanlagen. Für den Brandschutz interessieren da vor allem die Schutzzonen um derartige Behälter, in denen nicht mit offenem Feuer oder Licht umgegangen und keine leicht brennbaren Gegenstände gelagert werden dürfen. Die Größe der Schutzzone richtet sich natürlich nach der Größe und der Art des Behälters; die Vorschriften darüber finden sich in den UVV – Gase – VBG 61 § 5. Die Abbildung zeigt ein Beispiel.

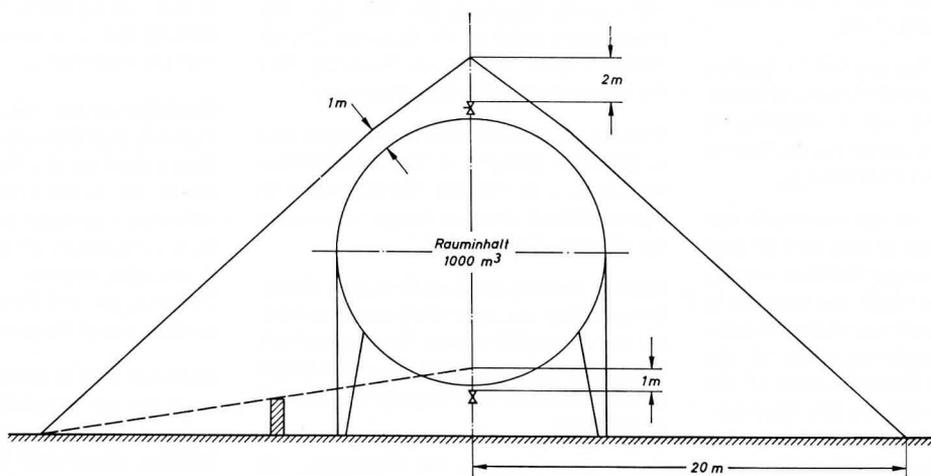
Der Abschnitt II der Verordnung gilt für ortsbewegliche Druckgasbehälter, also für alle Behälter für Gase, die zwecks Füllung und Verbrauch ihren Standort wechseln. Die gebräuchlichste Form sind die Druckgasflaschen, die man überall in Industrie und Gewerbe antrifft. Es gibt auch größere Behälter, die befahrbar und zum Teil auf Eisenbahnwaggons fest montiert sind. Bei größerem Verbrauch sind bei einigen Gasarten auch Flaschenbündel gebräuchlich. Die Anforderungen, die an Druckgasbehälter in der Verordnung gestellt werden, entsprechen denen für Druckbehälter im Abschnitt I, sind aber etwas schärfer. So schreibt § 15 u. a. vor: „Ein Druckgasbehälter darf mit Druckgasen nur gefüllt werden,

1. wenn er mit dem Prüfzeichen und dem Prüfdatum des Sachverständigen sowie der Angabe der Prüffrist versehen ist,
2. wenn die auf dem Behälter angegebene Prüffrist noch nicht verstrichen ist und
3. wenn er keine Mängel aufweist, durch die Beschäftigte oder Dritte gefährdet werden können.

Ein Druckgasbehälter darf nur mit den Druckgasen gefüllt werden, die auf ihm angegeben sind und nur in der Menge, die sich aus den Angaben auf dem Behälter über Druck, Volumen oder Gewicht ergibt.“ Die dafür notwendigen Daten müssen am Behälter angegeben sein; bei Flaschen sind sie an der Flaschenschulter eingestempelt. Die einzelnen Vorschriften über die Ausführung, die Ausrüstung und die zulässige Füllung von Druckgasbehältern sind auch hier in den

Technischen Regeln Druckgase – TRG – enthalten, die bereits im Zusammenhang mit der alten Druckgasverordnung herausgegeben worden waren und nun vorläufig weitergelten.

Vor der Betrachtung der wichtigsten technischen Druckgase sei zunächst die Frage geklärt, was als „Gas“ bezeichnet werden kann. Es ist bekannt, daß man drei Aggregatzustände unterscheidet: fest, flüssig und gasförmig. Wasser ist zum Beispiel bei Temperaturen unter 0°C fest (Eis); wird es erwärmt, wird es flüssig und fängt bei normalem Luftdruck bei 100°C zu kochen an. Aus Wasser wird dann Dampf. Dampf ähnelt in seiner Zustandsform dem Gas. Der Unterschied liegt darin, daß beim Dampf eine Abkühlung zur Kondensation führt: der Dampf wird wieder zur Flüssigkeit. Bei Gasen ist eine solche Verflüssigung nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen möglich. Gase müssen auf eine für jedes Gas spezifische Temperatur abgekühlt werden, bevor die Verflüssigung durch Druckerhöhung gelingt. Man nennt diese Temperatur die kritische Temperatur und den dazugehörigen niedrigsten Druck den kritischen Druck. Hat ein Gas eine kritische Temperatur, die höher liegt als die normale Außentemperatur, so wird dies Gas je nach Höhe des im Behälter vorhandenen Überdrucks teilweise als Gas und teilweise als Flüssigkeit vorliegen. Das hat für den Umgang mit Druckgasen eine erhebliche sicherheitstechnische Bedeutung. Man muß nämlich solche Gase nicht unter Zugrundelegung des Fülldruckes in die Behälter füllen, sondern nach dem zulässigen Füllgewicht, denn sonst würde bei einer Erhöhung der Außentemperatur eine weitere



Schutzzone und Höhe der Schutzwand für Kugelbehälter nach Durchführungsanweisungen zu § 5 Abs. 1 Nr. 1

Steigerung über den Fülldruck hinaus durch „Vergasen“ des flüssigen Gasanteiles eintreten. Die Verordnung unterscheidet daher Druckgase mit kritischen Temperaturen bis  $-10^{\circ}\text{C}$ , zwischen  $-10^{\circ}\text{C}$  und  $70^{\circ}\text{C}$  und über  $70^{\circ}\text{C}$ . Die Technische Regel TRG 100 enthält ein Verzeichnis der bisher bekannten Druckgase.

**1. Wasserstoff**  $\text{H}_2$  ist das leichteste Gas. Es ist brennbar; sein Heizwert beträgt  $10.800 \text{ kJ/m}^3$ . Das Gas bildet mit Luft in sehr weiten Grenzen explosionsfähige Gemische – Explosionsgrenzen ca. 4 bis 75,6 Vol% –, die besonders leicht gezündet werden können. Die erforderliche Zündenergie ist kleiner als für alle anderen zündfähigen Gas-Luftgemische. Mit Sauerstoff bildet Wasserstoff das explosive Knallgas.

Wasserstoff wird in Stahlflaschen aufbewahrt und befördert. Die Behälter können – je nach Bauart – mit einem Fülldruck bis zu 300 bar gefüllt werden. Für die gebräuchlichen Stahlflaschen ist meist ein Druck von 150 oder 200 bar üblich. Die Flaschen haben zur Kennzeichnung einen roten Anstrich oder einen grauen Gesamtanstrich mit einem roten Ring. Der Behälteranschluß hat wie bei allen brennbaren Gasen Linksgewinde.

Wasserstoff wird als Brenngas zum Löten und Schweißen verwendet, für besonders hohe Temperaturen als Knallgasgebläse, ferner als Schutzgas in Glühöfen. In der chemischen Industrie braucht man viel Wasserstoff für Synthesen, z. B. für die Ammoniaksynthese, ferner für die Erdöl- bzw. Kohlehydrierung; es entstehen dabei aus schweren Ölen Leichtöle wie Benzin. Man benutzt es u. a. für die Herstellung von Methanol, das neuerdings auch als Autotreibstoff dient, weiter für die Fetthärtung, wobei Wasserstoff an die Doppelbindungen der ungesättigten Fettsäuren angelagert wird.

Hergestellt wird Wasserstoff in großen Mengen durch die Elektrolyse verdünnter Alkalilaugen, durch die Konvertierung von Wassergas und durch die Zerlegung von Kokereigas und Tiefkühlung.

**2. Acetylen**  $\text{C}_2\text{H}_2$  ist ein Brenngas mit einem hohen Heizwert von fast  $57.000 \text{ kJ/m}^3$ , es ist nur unwesentlich leichter als Luft. Das Acetylen bildet mit Luft ein in weiten Grenzen explosionsfähiges Gas-Luftgemisch. Explosionsgrenzen ca. 2,4 bis 83 Vol%, nach Nabert-Schön 1,5 bis 82,0 Vol% – d. h. praktisch, alle Acetylen-Luftgemische sind explosionsfähig. Bei Mischung mit Sauerstoff liegen die Grenzen noch weiter. Acetylen neigt unter Druck, und zwar ab etwa 2 bar, zu einem detonationsartigen Zerfall, d. h., es kann eine Zersetzung unter starker Druckstei-

gerung erfolgen, ohne daß es der Anwesenheit von Sauerstoff oder Luft und einer Zündquelle bedarf. Man begegnet dieser Zerfallneigung durch Aufteilung des Volumens in kleinste Räume. Die Behälter für Acetylen sind deshalb mit einer porösen Masse und mit Aceton gefüllt. Das Aceton löst das Gas und verteilt sich über die gesamten Hohlräume in der porösen Masse. Acetylen kommt so als „unter Druck gelöstes Gas“ – nicht Flüssiggas – in den Verkehr. Die üblicherweise benutzten Stahlflaschen müssen nach Gewicht gefüllt werden. Der Druck in der gefüllten Flasche beträgt bei normaler Temperatur etwa 18 bar. Die Flaschen sind mit einem besonderen Anschluß versehen (Bügelanschluß), um Verwechslungen zu verhüten. Der Farb-anstrich ist gelb.

Acetylen wird zum Schweißen benutzt, da sich mit der Acetylenflamme besonders hohe Temperaturen erreichen lassen. Die Flammentemperatur beträgt bei der Verbrennung mit Luft etwa 2.000, bei der Verbrennung mit Sauerstoff bis zu  $3.200^{\circ}\text{C}$ . In der chemischen Industrie ist Acetylen ein Vorprodukt für die Herstellung von Kunststoffen. Acetylen wird hergestellt aus Calciumcarbid und Wasser; ersteres wird aus Kalk und Kohle im Elektrofen gewonnen. Die früher allgemein übliche Herstellung von Niederdruckacetylen in Entwicklern in der Werkstatt ist durch das Hochdruckacetylen in Flaschen verdrängt. Im großen wird es auch auf petrochemischer Basis aus Erdgas mit Hilfe der Lichtbogenpyrolyse gewonnen.

**3. Methan**  $\text{CH}_4$  ist ein leichtes brennbares Gas mit einem verhältnismäßig hohen Heizwert von  $36.000 \text{ kJ/m}^3$ . Die Explosionsgrenzen bei der Mischung mit Luft liegen mit 5,0 bis 15 Vol% wesentlich enger als bei den vorgenannten Gasen. Methan wird geliefert in Stahlflaschen mit einem Fülldruck bis 300 bar. Der Flaschenanstrich ist rot, bzw. der Grundanstrich grau mit rotem Farbring. Der Flaschenanschluß hat Linksgewinde.

Methan wird verwendet als Heizgas und in großem Umfang in der chemischen Industrie, z. B. für die Herstellung von Formaldehyd, das ein Ausgangsprodukt für Kunststoffe darstellt.

Methan kommt als Grubengas in Kohlebergwerken vor; es ist der Hauptbestandteil der meisten Erdgase. Es findet sich als Beimengung in fast allen Heizgasen. Man gewinnt es auch aus Abgasen der Erdöldestillation.

**4. Propan**  $\text{C}_3\text{H}_8$  ist ein Flüssiggas. Es kommt meist mit mehr oder weniger großen Anteilen an Butan in den Handel. Wegen der hohen kritischen Temperatur ist Propan bereits unter verhältnismäßig

geringem Druck in den Stahlflaschen flüssig oder teilweise flüssig vorhanden. Die Füllung erfolgt nach Gewicht. Der Druck in einer gefüllten Flasche beträgt bei  $20^{\circ}\text{C}$  etwa 7,8 bar. Die Dichte des gasförmigen Propanes ist erheblich höher als die der Luft. Im freien Raum sammeln sich die Propangase deshalb am Boden. Dies ist beim Benutzen propangasbetriebener Geräte in Räumen unter Erdgleiche zu beachten; denn ausgetretenes Gas ist aus solchen Räumen durch natürliche Lüftung kaum zu entfernen. Der Heizwert von Propan liegt mit ca.  $90.000 \text{ kJ/m}^3$  am höchsten von allen Brenngasen. Der Flaschenprüfdruck liegt bei 30 bar. Dieser Druck würde bei einer gefüllten Flasche bei einer Temperatur von  $80^{\circ}\text{C}$  erreicht werden. Der Explosionsbereich liegt bei 2,1 bis 9,5 Vol%.

Propan oder Flüssiggas wird in Industrie und Haushalt als Heizgas dort verwendet, wo eine zentrale Gasversorgung nicht besteht. Wegen seines hohen Energiegehaltes läßt es sich unter dem geringen Druck vorteilhaft lagern. Es darf allerdings andererseits nicht übersehen werden, daß dieser hohe Energiegehalt im Brandfall eine erhebliche Erhöhung des Brandrisikos bedeutet. Bei der Verwendung sind die Technischen Regeln Flüssiggas TRF 1969 (i. d. Fass. 1976) zu beachten.

Propan fällt in großen Mengen bei der Erdöldestillation in den Ölraffinerien an sowie bei der Verarbeitung von Kohle zu Treibstoffen.

**5. Kohlenmonoxid**  $\text{CO}$  ist ebenfalls ein brennbares Gas, aber mit einem verhältnismäßig geringen Heizwert. Es ist etwas leichter als Luft und hat einen weiten Explosionsbereich.  $\text{CO}$  wird vom Hämoglobin des Blutes schneller und fester gebunden als Sauerstoff und blockiert daher den Sauerstofftransport im Menschen. Schon 0,2% in der Atemluft sind tödlich. Der Explosionsbereich liegt bei 12,5 bis 74,0 Vol%.

Kohlenmonoxid wird als Brenngas in Technik und Gewerbe wenig gebraucht. Man findet es als Flaschengas deshalb nur selten. In der chemischen Großindustrie wird es jedoch für die Synthese vielfach verwendet, so zum Beispiel für die Kraftstoffsynthese nach Fischer-Tropsch, bei der Herstellung von Ameisensäure und Gewinnung von Methanol.

Kohlenmonoxid entsteht vielfach ungewollt bei der unvollkommenen Verbrennung, d. h. bei Mangel an Verbrennungsluft bzw. -sauerstoff. Für die Verwendung in der chemischen Industrie wird meist ein stark  $\text{CO}$ -haltiges Brenngemisch als Synthesegas in Gasgeneratoren hergestellt.

**6. Sauerstoff**  $O_2$  ist ein außerordentlich reaktionsfreudiges Gas. Das Vorhandensein dieses Gases ist für alles Leben eine Voraussetzung. Der Sauerstoff ist etwas schwerer als Luft und kommt in Druckgasflaschen mit einem Fülldruck bis 300 bar in den Verkehr. Die Flaschenfarbe ist blau. Großverbraucher beziehen auch tiefgekühlten flüssigen Sauerstoff, eine hellblaue Flüssigkeit, die drucklos in Thermosgefäßen geliefert wird. Der flüssige Sauerstoff wird dann an Ort und Stelle in sogenannten Kaltvergasern in gasförmigen Zustand gebracht. Beim Umgang mit Sauerstoff müssen die stark oxidierenden, d. h. einen Brand fördernden Eigenschaften beachtet werden. So dürfen an Sauerstoffventilen und -leitungen keine leicht brennbaren Dichtungsmaterialien verwendet werden und Öl ist fernzuhalten (Ausbrennen von Reduzierventilen an Flaschen).

Sauerstoff wird verwendet beim Schweißen und autogenen Brennen, um eine hohe Flammentemperatur zu erzielen. Aus dem gleichen Grunde werden bei der Herstellung von Stahl in neuerer Zeit große Mengen Sauerstoff verbraucht (LD-Verfahren). In der chemischen Industrie wird  $O_2$  für die Druckvergasung fester Brennstoffe zur Erzeugung von Stadtgas und Synthesegas verwendet. Sauerstoff wird ferner benötigt für medizinische Zwecke sowie für Tauch- und Rettungsgeräte.

Die Herstellung von Sauerstoff erfolgt nach dem Lindeverfahren durch Verflüssigung der Luft, die dann wegen der verschiedenen Siedepunkte von Stickstoff und Sauerstoff zerlegt werden kann. Die Gewinnung von Sauerstoff durch Elektrolyse hat geringere Bedeutung und ist nur dort wirtschaftlich, wo elektrischer Strom billig zur Verfügung steht.

**7. Stickstoff**  $N_2$  ist ein sehr reaktionsträges Gas. Sein spezifisches Gewicht ist nur wenig größer als das der Luft. Er ist farb- und geruchlos. Stickstoff kommt in Stahlflaschen mit grünem Anstrich in den Verkehr. Der Fülldruck beträgt bis 300 bar.

Stickstoff wird verwendet als Schutzgas beim Glühen und in Behältern mit leicht entzündlichen Stoffen, in der chemischen Industrie zur Synthese verschiedener Stickstoffverbindungen (Ammoniak, Kalkstickstoff u. a.). Stickstoff fällt in den Luftzerlegungsanlagen zur Sauerstoffherstellung an. Zur Synthese werden stark stickstoffhaltige Synthesegase verwendet.

**8. Luft** ist ein Gemisch von ca. 79 Vol% Stickstoff und ca. 21 Vol% Sauerstoff und wird als Druckluft oder Preßluft in Stahlflaschen mit einem Fülldruck bis 300 bar in den Verkehr gebracht. Die Flaschenfarbe ist grau. Großverbraucher stellen die Preßluft meist im Betriebe selbst her.

Das Betreiben der dafür notwendigen Kompressoren erfordert, sofern es sich um Kolbenkompressoren mit Ölschmierung handelt, besondere Aufmerksamkeit. In Rohrleitungen und Behältern abgesetzte Ölnebel und Ölkohle haben schon in Verbindung mit der durch die Kompression erhitzten Druckluft zu schweren Explosionen und Bränden geführt.

Druckluft wird verwendet für den Betrieb von Preßluftwerkzeugen aller Art; auch große Hämmer werden damit betrieben. Druckluft dient auch zur Durchführung von Steuervorgängen, zum Bremsen, zum Anlassen von Großmotoren und zur Förderung von Getreide und anderen körnigen und staubförmigen Stoffen.

Druckluft wird hergestellt mit Hilfe von Kolbenkompressoren und Turboverdichtern; bei hohen Drücken mittels Kolbenkompressoren mit bis zu drei Stufen und Zwischenkühlung. Sauerstoffwerke, in denen die Luft zwecks Verflüssigung ohnehin verdichtet werden muß, liefern ebenfalls Preßluft.

**9. Kohlendioxid**  $CO_2$  (auch als Kohlen-säure bezeichnet) ist ein schweres Gas; es setzt sich auf dem Boden ab und ist daher aus Kellerräumen schwer zu entfernen. Durch die hohe kritische Temperatur ist es schon bei niedrigen Drücken zu verflüssigen; bei  $-20^\circ C$  und einem Druck von 20 bar ist in einem Kohlendioxid-Druckbehälter der Inhalt flüssig.

Man macht von dieser Eigenschaft Gebrauch bei der Lagerung von tiefkalter Kohlendioxid für ortsfeste Löschanlagen. Man kann dann für die Lagerung einen gekühlten und isolierten Druckbehälter leichter Bauart (Prüfdruck 30 bar) vorsehen statt einer großen Menge von Stahlflaschen (Prüfdruck 190 bzw. 250 bar). Die Behälter werden nach Gewicht gefüllt. Die Flaschenfarbe ist grau, wie für alle nicht brennbaren Gase.

Kohlensäure wird u. a. verwendet als Schutzgas in Behältern für leicht entzündliche Stoffe, außerdem als Löschmittel in Feuerlöschern und ortsfesten Löschanlagen, ferner in Kälteanlagen und in der Getränkeindustrie. Die Herstellung von Kohlendioxid erfolgt durch vollständige Verbrennung von Koks ( $C + O_2 = CO_2$ ), durch Auswaschen von kohlendioxidhaltigen Abgasen, als Abfallprodukt beim Brennen von Kalk.

**10. Argon**  $Ar$  ist ein Edelgas, etwas schwerer als Luft. Als Edelgas ist es praktisch reaktionsunfähig. Es kommt in Stahlflaschen mit einem Fülldruck bis zu 300 bar in den Handel. Die Flaschenfarbe ist grau.

Argon wird verwendet als Schutzgas beim Schweißen, wo es den Zutritt von Luftsauerstoff zur Schweißstelle verhindert, und für die Füllung von Glühlampen.

Gewonnen wird Argon in den Luftzerlegungsanlagen zur Herstellung von Sauerstoff durch fraktionierte Kondensation und Destillation.

**11. Halone 1211 und 1301:** Halone gehören zu den fluorierten Kohlenwasserstoffen. Sie sind unbrennbar und wegen ihrer hohen kritischen Temperaturen leicht zu verflüssigen. In der Bundesrepublik Deutschland sind für Löschzwecke die Halone 1211 und 1301 zugelassen. Ersteres könnte sogar in Glasflaschen aufbewahrt werden. Der Prüfdruck für Druckgasbehälter für Halon 1211 beträgt daher nur 10 bar, der für Halon 1301 aber 42 bzw. 250 bar. Halon 1211 ist deshalb für Feuerlöschern besser geeignet als Halon 1301; letzteres hat aber etwas günstigere toxikologische Eigenschaften. Die Verwendung von Halonen in ortsfesten Löschanlagen ist durch DIN 14 496 (Okt. 79) geregelt.

### Kennfarben für Druckgasbehälter

gelb	Acetylen
rot	alle anderen brennbaren Gase
blau	Sauerstoff
grün	Stickstoff
grau	alle anderen nichtbrennbaren Gase

Die Behälter können auch einen grauen Gesamtanstrich erhalten mit einem deutlichen Farbring in der Kennfarbe.

Die Gefahren durch Druckbehälter liegen, wie eingangs erwähnt, einmal in der Möglichkeit der Zerstörung der Behälter durch den in ihnen herrschenden Überdruck, zum anderen aber auch in der Wirkung der in ihnen vorhandenen Substanzen, die im Schadenfall oder bei Undichtigkeiten unter Umständen die Umgebung gefährden und Brände auslösen können. Dabei ist der Zerreißvorgang je nach Inhalt des Druckbehälters verschieden: So wird ein mit Wasser gefüllter Behälter bei Überschreitung der Zerreißfestigkeit seiner Wandungen einfach einen Riß bekommen, aus dem etwas Wasser austritt, ohne eine weitere Gefährdung von Personen oder Sachen. Anders aber, wenn z. B. in einem Heißwasserbehälter mit  $140^\circ C$  Wassertemperatur die gleiche Überbeanspruchung eintritt: Durch das Aufreißen der Behälterwandungen tritt ein Druckabfall ein; die im Heißwasser vorhandene Wärmemenge für die Erhitzung des Wassers von 100 auf  $140^\circ C$  verursacht eine schlagartige Verdampfung eines Teils des Wasserinhaltes. Es tritt eine starke Druckwelle auf, und der Behälter wird mehr oder weniger zerrissen. Haben wir eine Gasfüllung im Behälter, so wird im Scha-

denfall die „Sprengwirkung“ des Inhaltes noch verheerender. Beispielsweise steigt der Druck in einer Druckgasflasche für Druckluft von 200 bar auf über 560 bar, wenn diese Flasche etwa durch einen Brand auf eine Temperatur von 500 °C erhitzt wird. Solcher Drucksteigerung ist diese Flasche, die mit einem Druck von 300 bar geprüft wird, nicht gewachsen; sie zerknallt. Beim Aufreißen von Druckbehältern von Wärmeträgeröl-Heizanlagen kommt es fast immer zur Entzündung des auslaufenden heißen Wärmeträgeröles, wodurch schon häufiger große Schadenfeuer entstanden sind. Bei Druckgasbehältern, die brennbare Gase enthalten, besteht schon bei Undichtigkeiten die Gefahr, daß sich mit der Raumluft explosive Gas-Luftgemische bilden. Bei diesen ortsbeweglichen Behältern ist die Gefahr einer Beschädigung ohnehin schon größer als bei ortsfesten Anlagen. Es kommt hinzu, daß diese Behälter ständig von neuem an die Füll- bzw. Verbraucheranlagen angeschlossen werden müssen. Dabei besteht nicht nur die Gefahr des Austritts von Gasen, sondern auch die Möglichkeit einer Verwechslung. Durch derartige Fehler haben sich schon schwere Explosionen ereignet. Wenn zum Beispiel an eine Wasserstoff-Anlage ein Sauerstoffbehälter irrtümlich angeschlossen wird, entsteht das empfindliche und hoch explosive Knallgas. Oder wenn zum Anlassen eines Dieselmotors statt Druckluft Sauerstoff aus einer Sauerstoffflasche entnommen wird, kommt es zu einer Explosion im Motorzylinder. Um derartigen Möglichkeiten vorzubeugen,

werden folgende Maßnahmen vorgeschrieben:

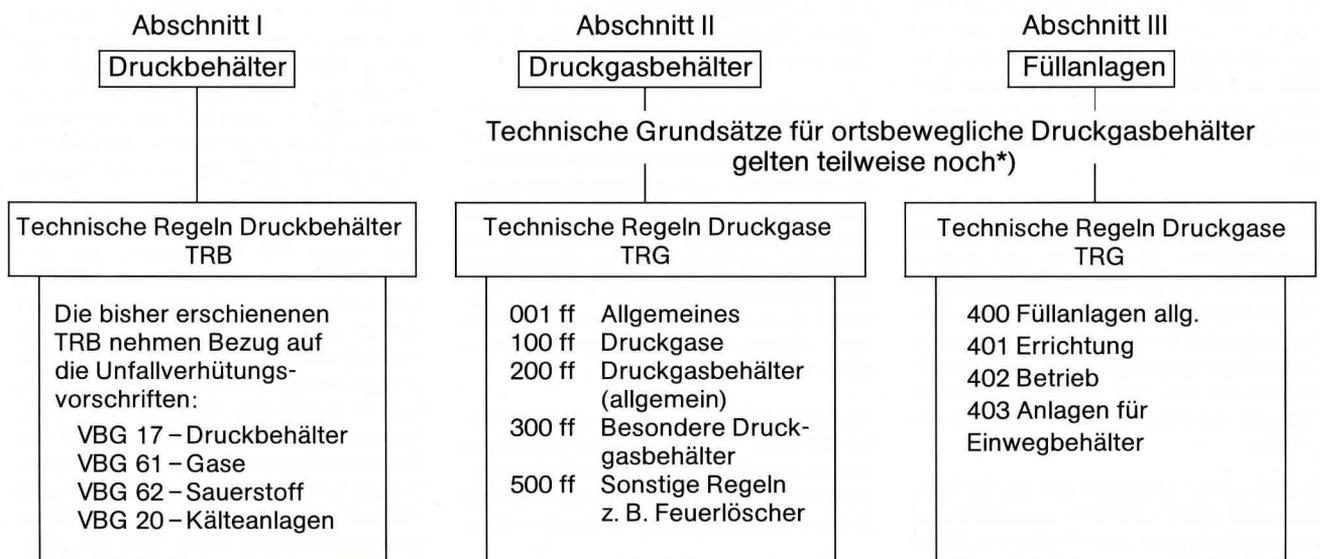
1. Der Behälter muß mit der Bezeichnung des einzufüllenden Gases, mit dem Prüfstempel und Angabe des Prüfstermins, des Fülldruckes und des Herstellers versehen sein.
2. Der Behälter muß mit einem seinem Inhalt entsprechenden Anstrich versehen sein.
3. Der Anschluß muß mit der für das Gas vorgeschriebenen Anschlußvorrichtung ausgerüstet sein.

Der Grad der Gefährdung ist natürlich in hohem Maße auch von der Menge der gelagerten Druckgase abhängig. Daher müssen Vertriebs-Läger bei der zuständigen Behörde angezeigt werden, weil sie u. U. auch eine Gefährdung der Nachbarschaft bedeuten können. Dazu wird gefordert, daß Druckgasbehälter für brennbare Gase nicht mit leicht entzündlichen Stoffen zusammengelagert werden. Die Lagerräume müssen sich insbesondere bei Lagerung brennbarer Gase gut lüften lassen. Die Lagerung verschiedenartiger Gase muß in gesonderten Stapeln erfolgen. Im Freien müssen die Behälter gegen Sonneneinstrahlung geschützt sein. Für die Lagerung von Flüssiggas sind die Sicherheitstechnischen Richtlinien für die Lagerung von Behältern für Propan und Butan zu beachten.

Eine größere Gefährdung kann auch von den Füllanlagen ausgehen, denn auf den Grundstücken dieser Betrieblagern

stets größere Mengen von Gasen, sei es in ortsfesten Behälteranlagen oder in Flaschenlagern. Hinzu kommt die Notwendigkeit, die Behälter zwecks Füllung oder Ergänzung der Lagervorräte ständig neu anzuschließen, ein Vorgang, bei dem Undichtigkeiten leicht zum Austritt von Füllgasen führen können. Füllanlagen bedürfen der Erlaubnis der zuständigen Behörde, die bei der Genehmigung alle notwendigen Schutzmaßnahmen als Bedingungen in die Erlaubnisurkunde aufnehmen kann. Einzelheiten über die Errichtung und den Betrieb von Füllanlagen sind in den Technischen Regeln Druckgase TRG 400 bis 403 enthalten. Für den Brandschutz sind die folgenden Forderungen von Bedeutung: Füllräume dürfen nur zum Füllen benutzt werden. Bei Flüssiggasen müssen die tragenden und raumabschließenden Bauteile dieser ebenerdigen Räume mindestens feuerhemmend sein; von angrenzenden Räumen müssen Füllräume feuerbeständig abgetrennt sein. Die Räume gelten als explosionsgefährdet, die Elt.-Anlage muß entsprechend ausgeführt sein, Schutzbereiche müssen beachtet werden. Bei brennbaren Gasen müssen Einrichtungen zum Melden von Bränden vorhanden und in der Nähe von gefährdeten Stellen geeignete Brandschutzeinrichtungen bereitgestellt sein. Besondere Vorsicht ist beim Füllen bzw. Entleeren von Fahrzeugbehältern geboten (vergl. TRG 402 Ziff. 7), denn es haben sich dabei spektakuläre Brände ereignet, wenn durch Auffahrunfälle die beweglichen Leitungen abgerissen oder durch sonstige Beschädigungen die Anschlüsse undicht wurden.

## Druckbehälterverordnung



\*) siehe Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Druckbehälterverordnung