



Sicherheit von Flüssiggas- anlagen

(Propan und Butan)



**Internationale Sektion der IVSS
für die Verhütung von Arbeitsunfällen
und Berufskrankheiten in der
chemischen Industrie**

**Postfach
D-6900 Heidelberg
Deutschland**

Sicherheit von Flüssiggasanlagen

Propan und Butan

Kompendium für die Praxis

Herausgeber

Internationale Sektion für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten in der chemischen Industrie der Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS)
Postfach, D-6900 Heidelberg 1, Deutschland

Vorwort

Die Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) hat sich zum Ziel gesetzt, durch fachlich orientierte Sektionen die Risiken, die in der sozialen Sicherheit wahrgenommen werden, wie Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten, durch Informationsaustausch, Veröffentlichungen und Kolloquien aufzuzeigen und Vorschläge zu deren Verhütung zu machen.

Der Vorstand der «Sektion Chemie» der IVSS hat eine «Arbeitsgruppe Explosionschutz» eingesetzt, um den internationalen Erfahrungsaustausch unter Fachleuten zu fördern und für bestimmte Probleme gemeinsame Lösungen zu erarbeiten. Sie will auf diesem Weg einen Beitrag zu einem hohen und unter Industrieländern vergleichbaren Stand der Technik auf dem Gebiet leisten. Sie ist gewillt, ihr Wissen den industriell noch weniger entwickelten Ländern weiterzugeben.

Dieses Kompendium - das in enger Zusammenarbeit mit der Sektion «Maschinenschutz» der IVSS erarbeitet wurde - soll projektierenden Ingenieuren, Betriebsleitern, Sicherheitsfachkräften usw. die Möglichkeit geben, ohne spezielle Kenntnisse auf dem Gebiet Flüssiggas im eigenen Betrieb oder beim Bau, bei der Ausrüstung und Aufstellung von Flüssiggasanlagen zu beurteilen, ob Gefahren durch Flüssiggas entstehen können. Zur Lösung der Frage, ob Schutzmassnahmen erforderlich und möglich sind, ist das Kompendium nicht gedacht, da aufgrund der sehr unterschiedlichen nationalen Vorschriften häufig keine verbindlichen Aussagen gemacht werden können. Es werden vielmehr die Probleme aufgezeigt und Lösungen zur Erfüllung der Schutzziele formuliert.



Lauer
Vorsitzender des Vorstandes
der Sektion Chemie

Mitarbeiter und Autoren

Vorsitz

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA)
Dr. R.J. Ott

Unter Mitarbeit von

Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA), Wien (A)
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (BIA), St. Augustin (D)
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg (D)
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, Mannheim (D)
Ciba-Geigy AG, Basel (CH)
Institut national de recherche et de sécurité (INRS), Paris (F)
Directoraat-Generaal van de Arbeid, Voorburg (NL)
Stichting Sereb, Geldermalsen (NL)
Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA), Luzern (CH)
Stazione Sperimentale per i Combustibili (SSC), San Donato Milanese/Milano (I)

Die Autoren

Prof. Dr. A. Fiumara, San Donato Milanese (I)
H. Beck, St. Augustin (D)
Dipl.-Ing. **K.-H. Fischer**, Dortmund (D)
Dr. M. Glor, Basel (CH)
Ing. P. Gros, Paris (F)
Dipl. Ing. K. Isselhard, Heidelberg (D)
Ing. J. P. M. M. Meissen, Geldermalsen (NL)
Dr. **R. J. Ott**, Luzern (CH)
P. C. Parlevliet, Voorburg (NL)
Dr. S. Radandt, Mannheim (D)
Dipl. Ing. Rainbauer, Wien (A)
Dr. L. Rossinelli, Luzern (CH)
Dipl. Chem. **F. Scheller**, Luzern (CH)

Gestaltung und Grafik

Dipl.-Ing. K.-H. Fischer, Dortmund (D)
Dr. R. J. Ott, Luzern (CH)
Dipl. Chem. F. Scheller, Luzern (CH)
Dipl.-Designer **D. Settele**, Mannheim (D)

Inhalt

Begriffsbestimmungen	10
Eigenschaften und Risiken	15
Massnahmen für Bau, Ausrüstung und Aufstellung	
Allgemeines	28
Versorgungsanlagen	35
Verbrauchsanlagen	42
Betrieb und Instandhaltung	
Betrieb	48
Instandhaltung	54
Massnahmen bei Flüssiggasaustritt mit oder ohne Brand	57
Prüfung von Flüssiggasanlagen	60
Schriftenreihe IVSS	62

Begriffsbestimmungen

Was wird unter Flüssiggas verstanden ?

Als Flüssiggas (**LPG: Liquefied Petroleum Gas**) gelten im Sinne dieser Broschüre die brennbaren, unter Druck verflüssigbaren Gase wie Propan, Butan und deren Gemische.

In der Bezeichnung «Flüssiggas» liegt genau genommen ein Widerspruch. Entsprechend den physikalischen Gesetzen kann Materie bei bestimmten Temperaturen und Drücken nur entweder im festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand vorliegen. Da jedoch niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe in einem Druckbehälter in der flüssigen - wie auch in der gasförmigen - Phase vorhanden sind, hat sich im Sprachgebrauch der Ausdruck «Flüssiggas» für diese Zweiphasen-Zustandsform ergeben.

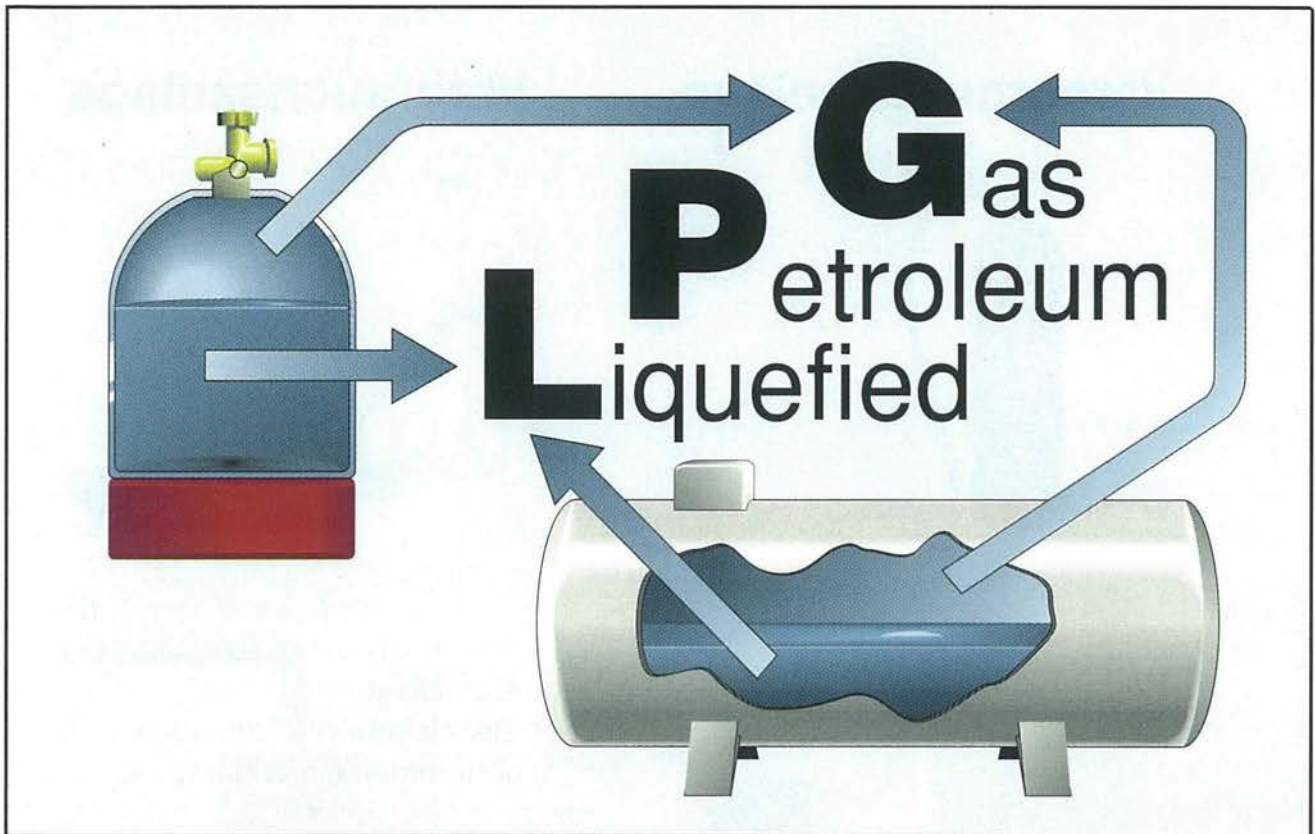


Bild 1: Zweiphasen-Zustandsform von Flüssiggas

Was wird unter Flüssiggasanlagen verstanden ?

Unter Flüssiggasanlagen werden - im Sinne dieser Broschüre - die als Einheit verbundenen Versorgungs- und Verbrauchsanlagen insbesondere für Brenn- und Treibgaszwecke von Flüssiggas verstanden (dazu gehören auch Geräte mit Einwegbehältern).

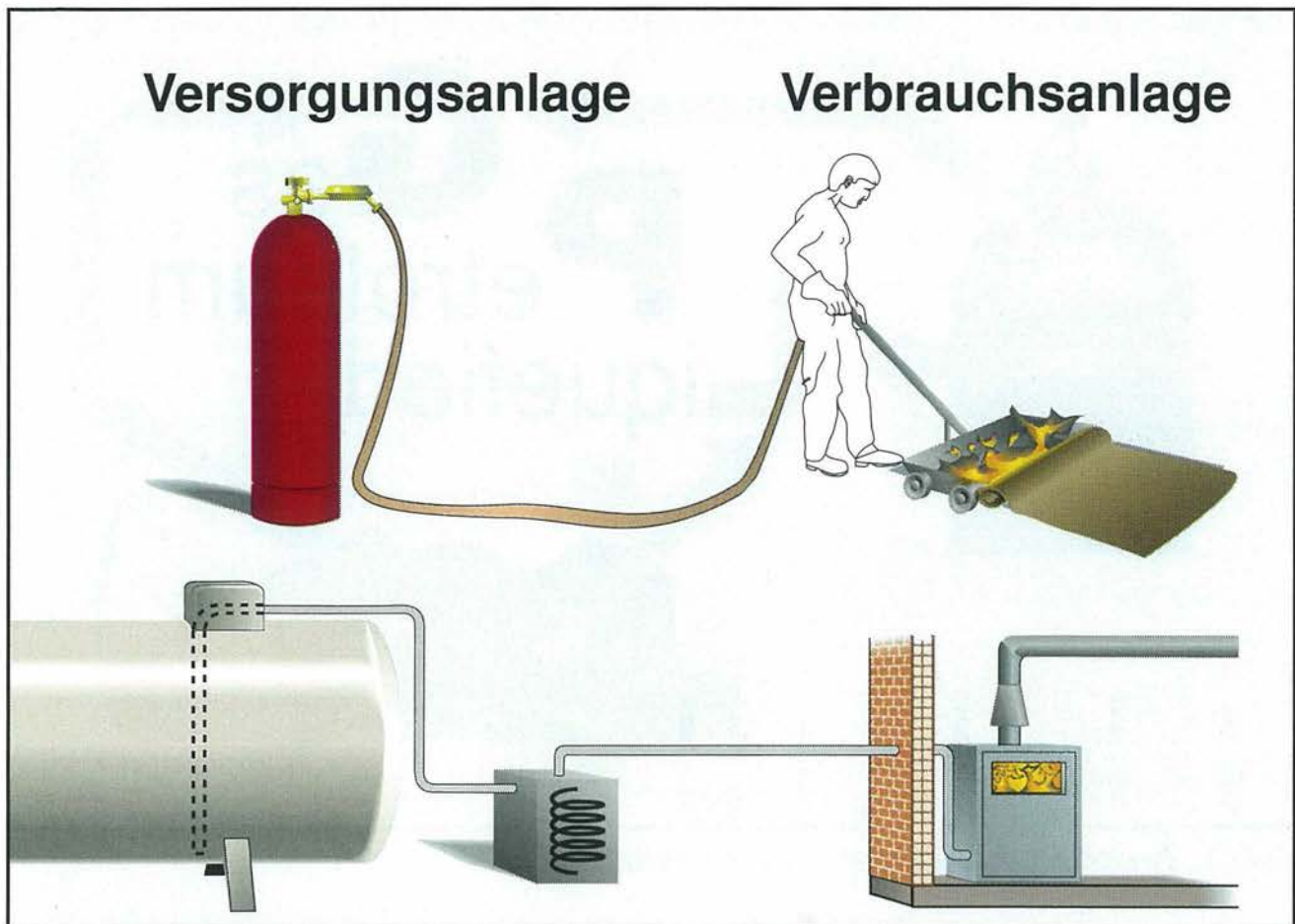


Bild 2: Versorgungs- und Verbrauchsanlagen

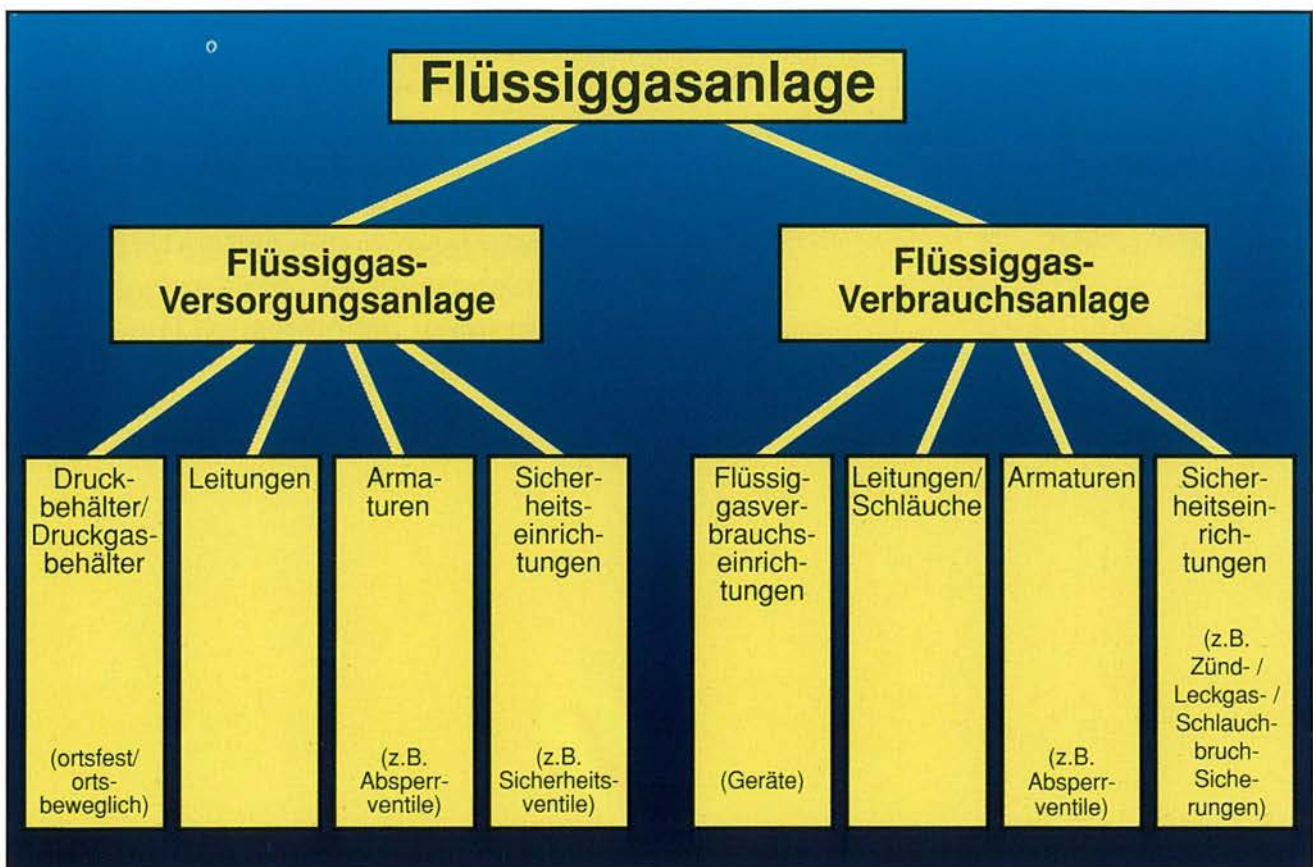


Bild 3: Teile von Flüssiggasanlagen

Was sind Versorgungsanlagen ?

Versorgungsanlagen umfassen - im Sinne dieser Broschüre - die zur Versorgung von Verbrauchsanlagen dienenden Behälter (z.B. Tanks, Flaschenbatterien bzw. Flaschen und deren Ausrüstungsteile) und das dazugehörige Leitungsnetz.

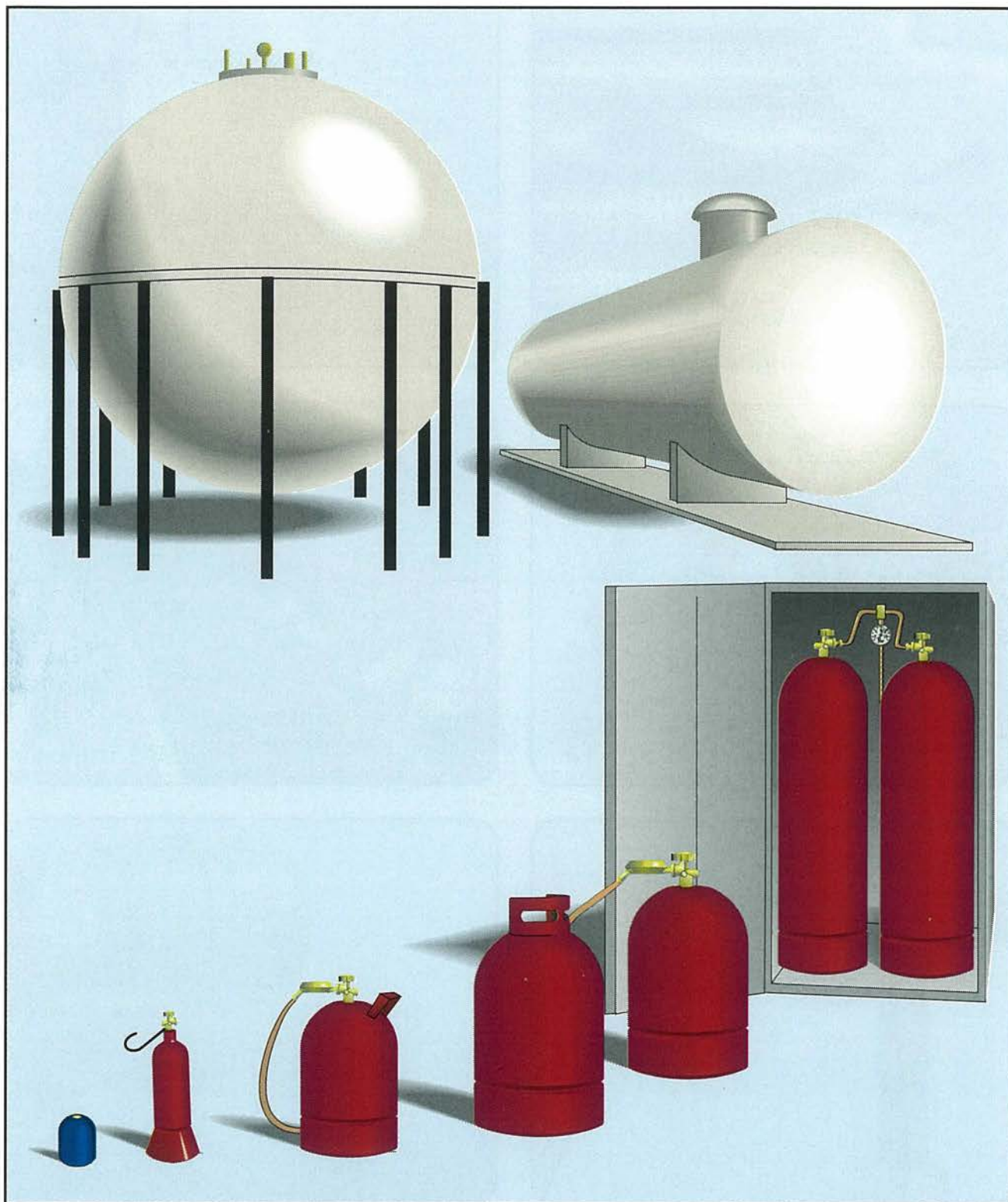


Bild 4: Flüssiggasversorgungsanlagen

Was sind Verbrauchsanlagen ?

Verbrauchsanlagen umfassen - im Sinne dieser Broschüre - die Verbrauchseinrichtungen (Geräte) mit deren Ausrüstungsteilen und das dazugehörige Leitungsnetz.

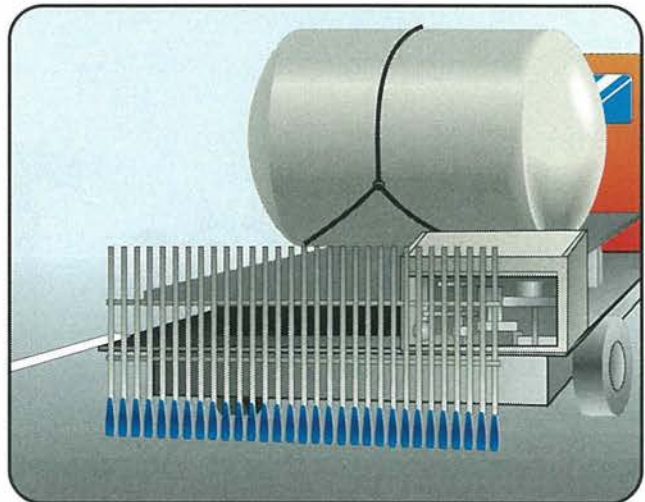
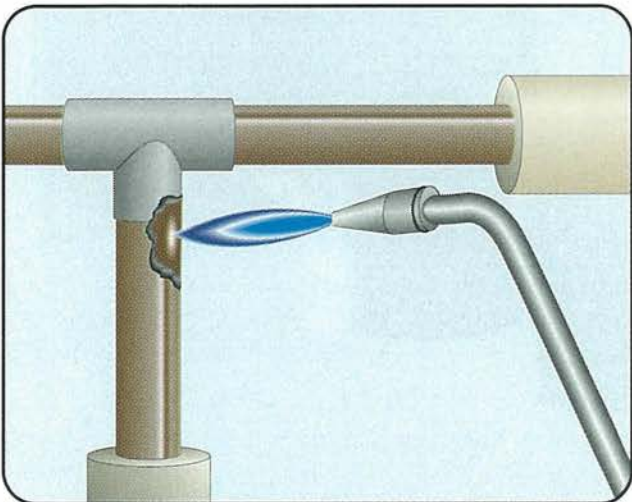
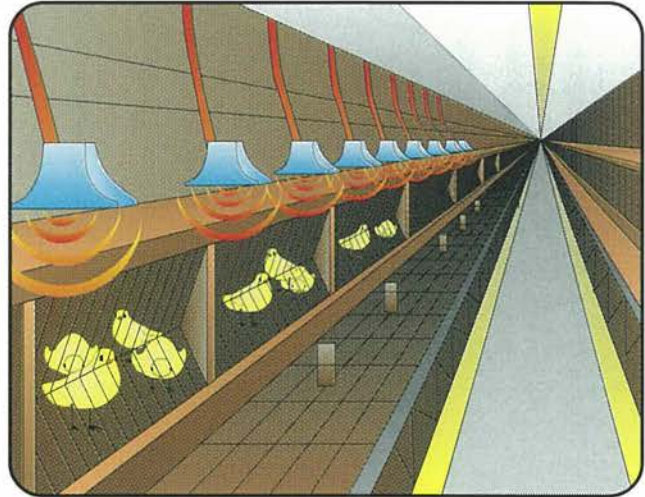
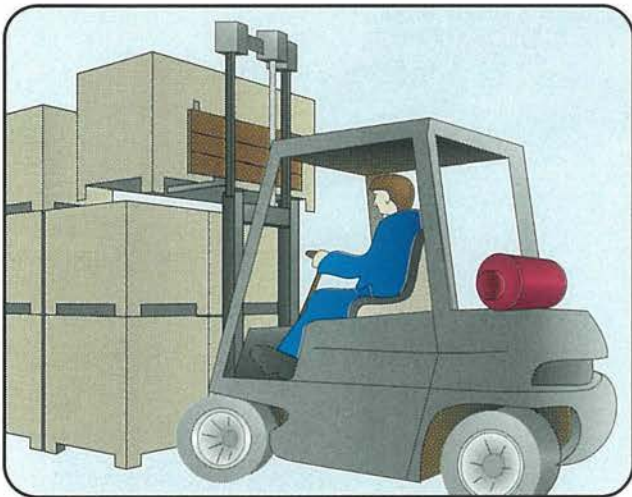
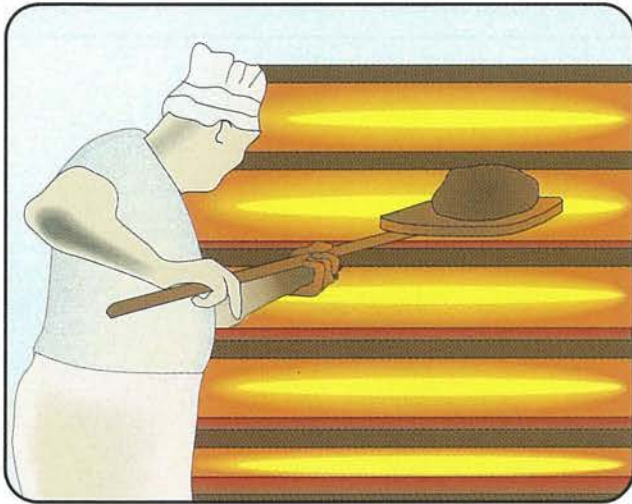


Bild 5: Flüssiggasverbrauchsanlagen

Eigenschaften und Risiken

Welche wesentlichen Eigenschaften hat Flüssiggas ?

Die sachgemäße und sichere Verwendung des Energieträgers Flüssiggas setzt die Kenntnis der wichtigsten chemischen und physikalischen Eigenschaften voraus.

Die für die Sicherheit relevanten Eigenschaften von Flüssiggas lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Flüssiggas ist in Gasphase ein brennbares Gas, das mit Luft bzw. Sauerstoff explosionsfähige Gemische bilden kann (Bild 6).
- Aus den Dichtezahlen von Propan, Butan und Luft geht hervor, dass Flüssiggas im gasförmigen Zustand ungefähr doppelt so schwer als Luft ist, damit zu Boden sinken und wie eine Flüssigkeit zur tiefsten Stelle, z.B. zu tiefer gelegenen Räumen fließen kann (Bild 7).

Aus diesem Grund dürfen z.B. Flüssiggasanlagen nur unter bestimmten Bedingungen unter Erdgleiche errichtet werden.

- Flüssiggas ist farblos und damit unsichtbar.
- Da reines Flüssiggas geruchlos ist, wird ihm eine geringe Menge eines Geruchsstoffes beigemischt, damit ausgeströmtes Gas leicht festgestellt werden kann.
- Flüssiggas lässt sich bei verhältnismässig niedrigem Druck vom gasför-

migen in den flüssigen Zustand überführen.

- Flüssiggas weist hinsichtlich seines Volumens ein besonderes Verhalten auf:
 - Die thermische Ausdehnung der Flüssigphase (gegenüber anderen Flüssigkeiten, z.B. Wasser) ist ausserordentlich hoch.
 - Auch die Volumenvergrößerung beim Verdampfen ist beachtlich: 1kg Propan hat im flüssigen Zustand ein Volumen von rund 2 Liter.
1 kg Propan hat im gasförmigen Zustand ein Volumen von etwa 500 Normalliter (Bild 10).

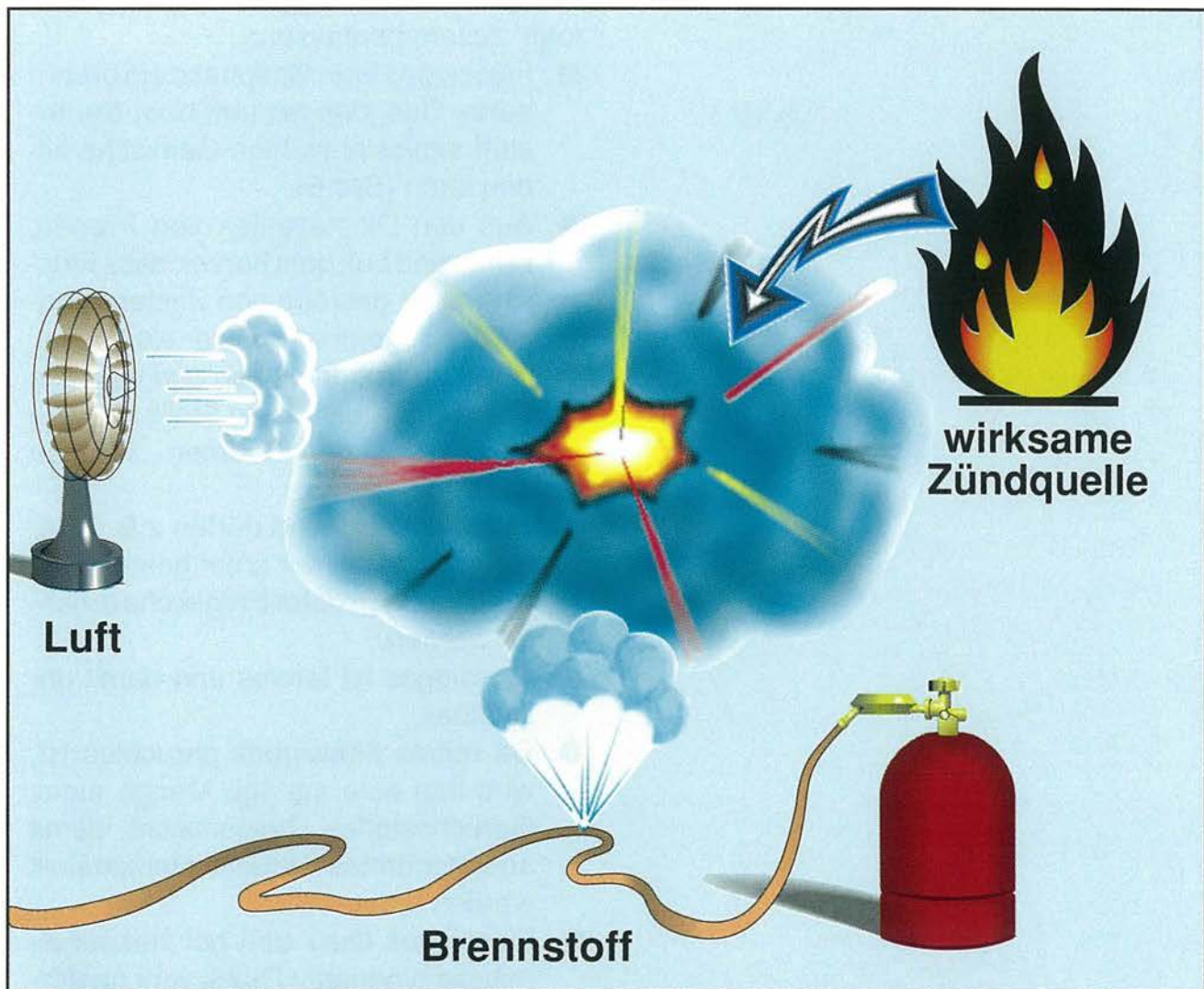


Bild 6: Voraussetzungen für das Zustandekommen von Flüssiggasexplosionen

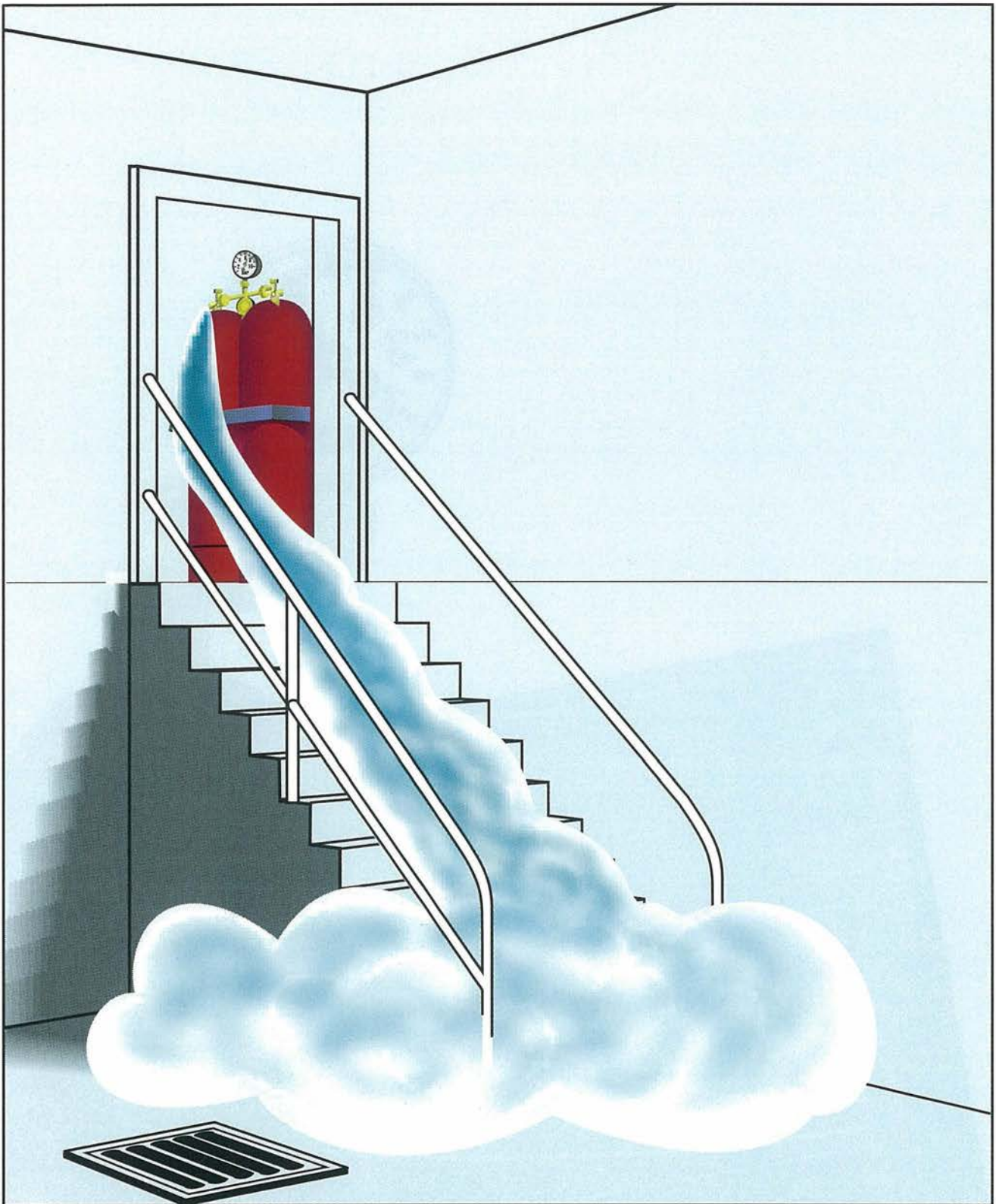


Bild 7: Ausbreitungsverhalten von Flüssiggas

Flüssiggase (Propan und Butan) sind unsichtbare, riechbare, leichtentzündliche Gase, die schwerer sind als Luft.

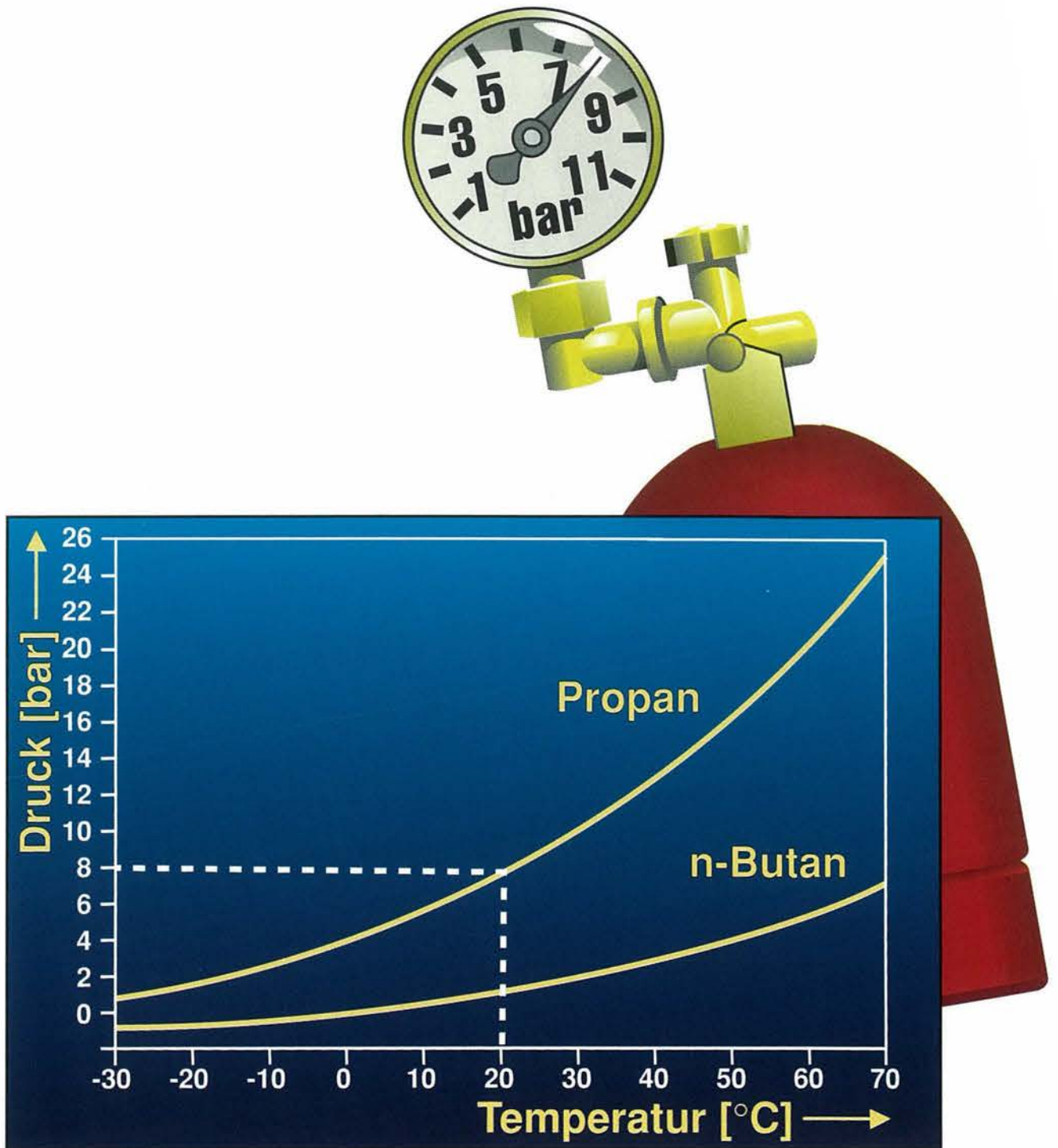


Bild 8: Dampfdruckkurven von Propan und Butan

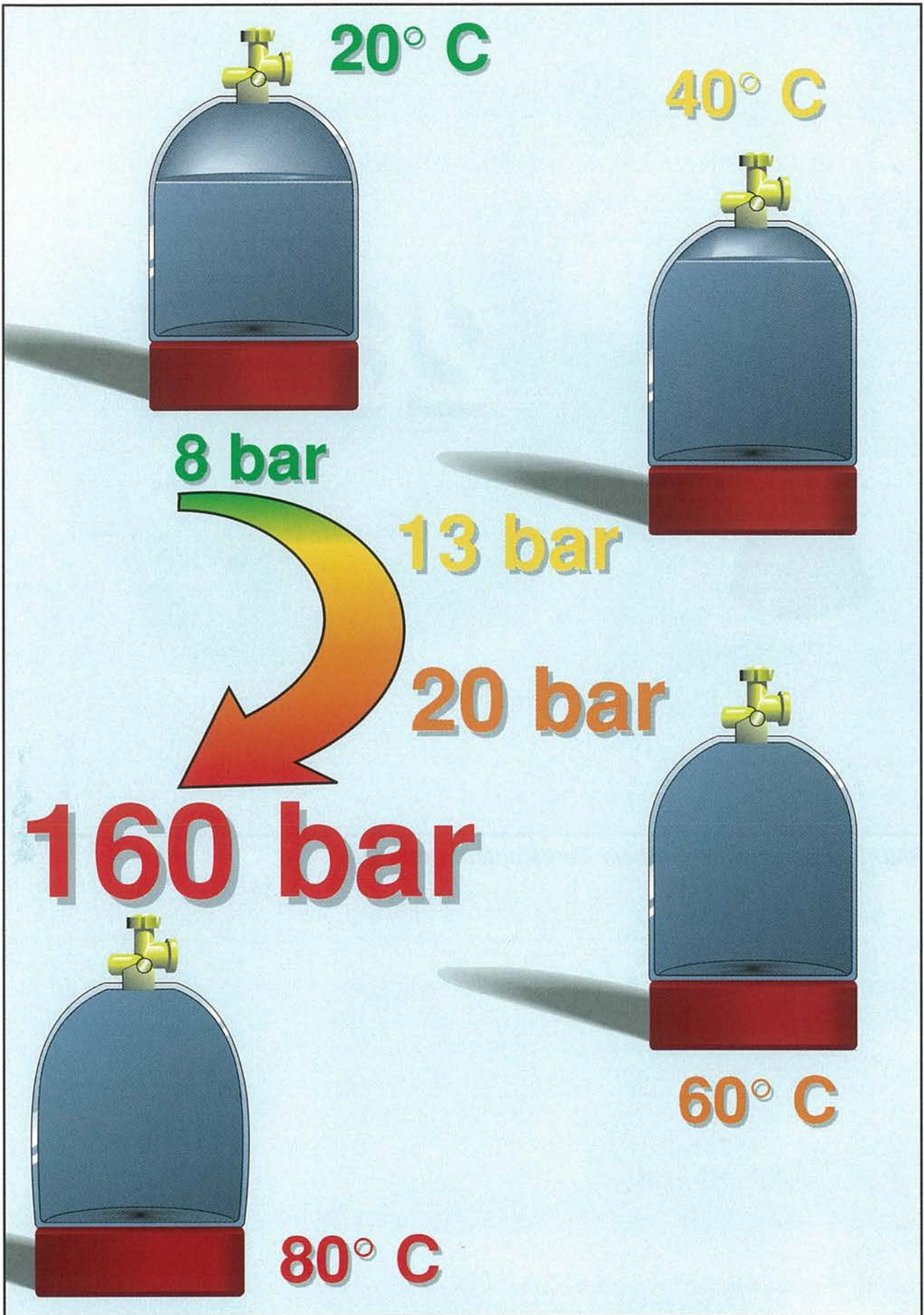


Bild 9: Volumenzunahme von flüssigem Propan bei steigender Temperatur



Bild 10: Volumenzunahme beim Verdampfen von Propan

Welche Risiken bestehen beim Lagern und Verwenden von Flüssiggas ?

Unkontrolliert in flüssiger oder gasförmiger Form ausströmendes Flüssiggas und unvollständige Verbrennung sind die beiden Hauptgefahrenquellen beim Lagern und Verwenden von Flüssiggas.

Die dabei auftretenden Gefahren sind:

- Explosions- und Brandgefahr,
- Vergiftungsgefahr insbesondere durch Kohlenmonoxid.

Daneben sind die sogenannte «Kälteverbrennung» (starker Wärmeentzug, der zu Hautverbrennungen führt) und die Erstickungsgefahr zu beachten.



Bild 11: Hauptgefahren beim Lagern und Verwenden von Flüssiggas: Explosions- und Brandgefahr, Vergiftungsgefahr

Wann muß mit Brand- und Explosionsgefahr gerechnet werden ?

Austretendes Flüssiggas kann durch eine wirksame Zündquelle entzündet werden. Das Risiko ist besonders gross, wenn sich Flüssiggas in Vertiefungen wie Keller, Gruben, Schächte oder Kanäle ansammeln kann.

- Der Druck in Flüssiggasbehältern wie Tanks oder Flaschen ist nur temperaturabhängig (vgl. Dampfdruckkurven, Bild 8); so z.B. für Propan ungefähr 8 bar bei 20° C. Starkes Erwärmen der Behälter (z.B. durch Brandeinwirkung von aussen; durch Behälterinnenheizung) führt zu einer massiven Druckerhöhung im Behälter (siehe Bild 9) und kann unter Umständen
 - einen großen Flüssiggasaustritt aus dem Sicherheitsventil bewirken
 - oder
 - zum Bersten des Behälters führen, was besonders gravierende Auswirkungen nach sich ziehen kann.
- Mit dem Temperaturanstieg nimmt auch das Volumen des flüssigen Mediums zu. Zur Sicherheit ist daher immer ein Gaspolster im Flüssiggasbehälter erforderlich (Bild 14).

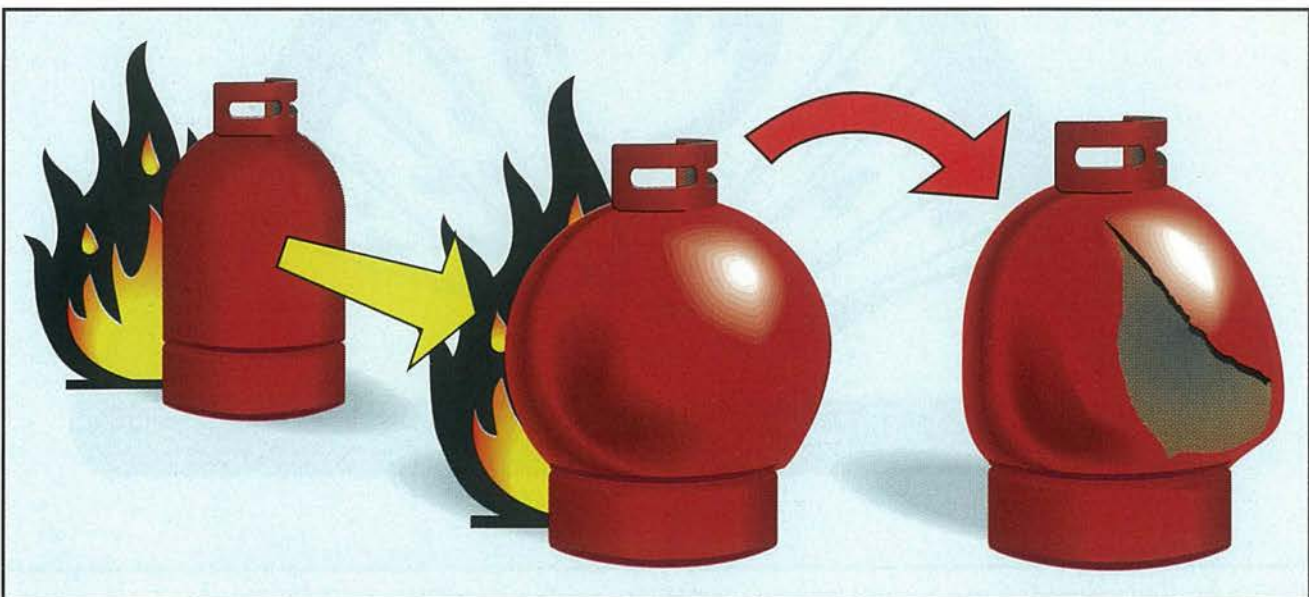


Bild 12: Brandeinwirkung auf eine Flüssiggasflasche

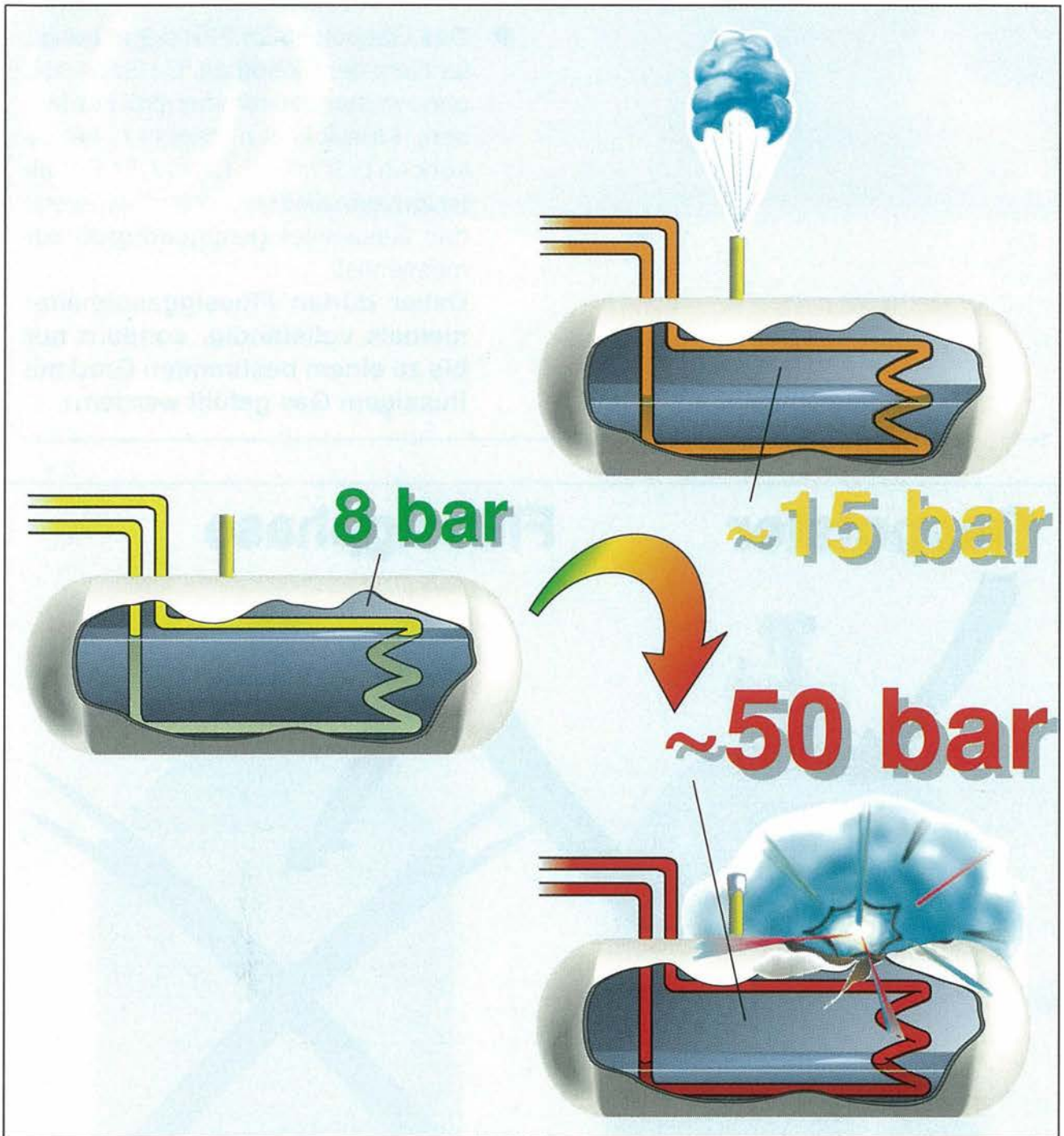


Bild 13: Zu starkes Erwärmen eines Flüssiggasbehälters (z.B. verfahrenstechnische Anlage) durch eine Innenheizung, Ansprechen des Sicherheitsventils, gegebenenfalls Vereisen des Sicherheitsventils, Bersten des Behälters

- Das Gaspolster im Flüssiggasbehälter dient der Sicherheit. Da Gase sich ohne weiteres zusammendrücken lassen, Flüssigkeiten dagegen kaum, können gefährliche Drücke im Behälter im Normalfall nicht entstehen, wenn das Gaspolster genügend groß bemessen ist.

Daher dürfen Flüssiggasbehälter niemals vollständig, sondern nur bis zu einem bestimmten Grad mit flüssigem Gas gefüllt werden.

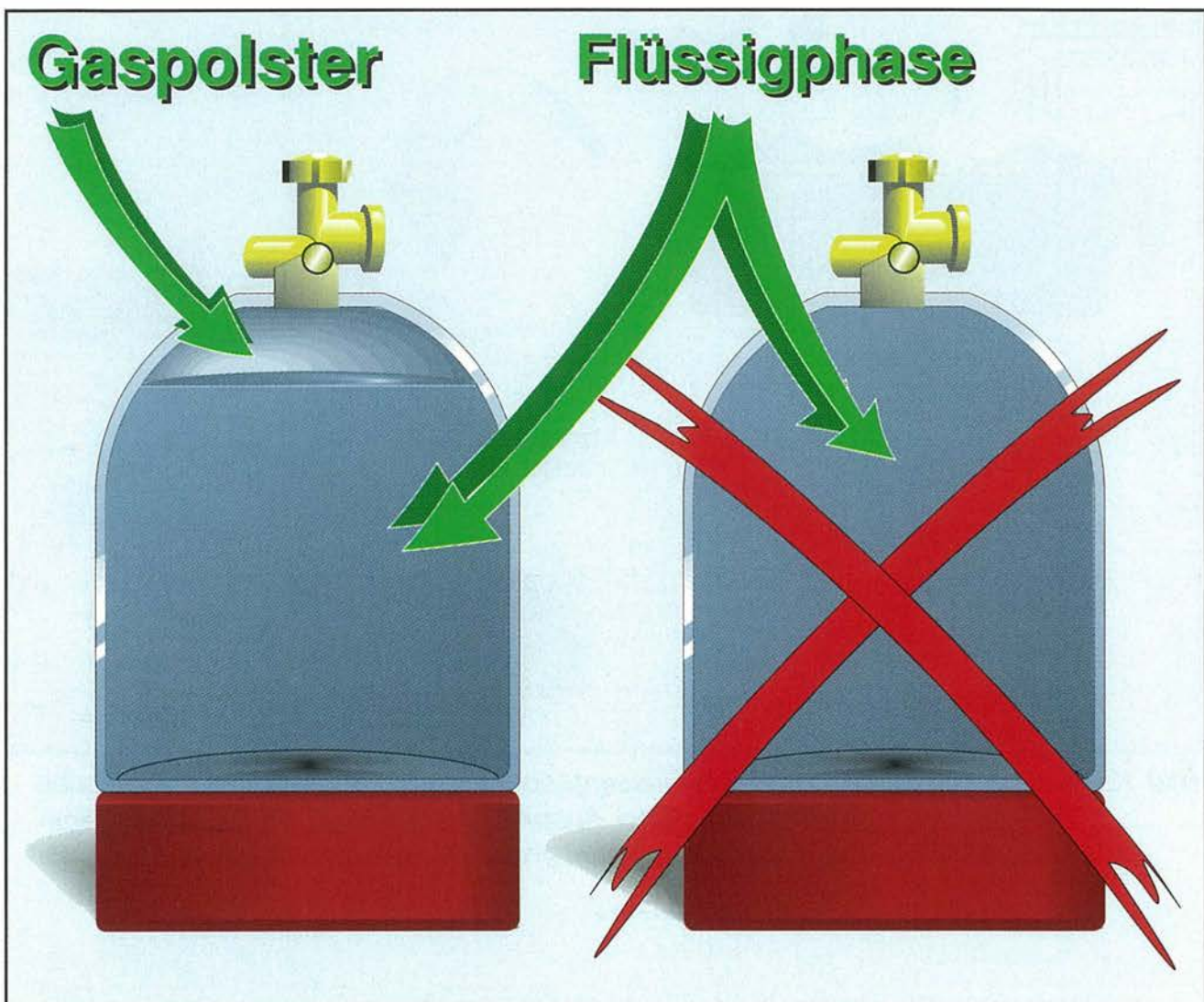


Bild 14: Gaspolster in Flüssiggasbehältern als Sicherheitsmassnahme (Füllgrad entsprechend den nationalen Vorschriften).

- Das Volumen von Flüssiggas in flüssiger Phase ist extrem temperaturabhängig. Ein Temperaturanstieg von 10° C führt in einem Behälter zum Druckanstieg von 70 - 80 bar. Wird aufgrund dieses Druckanstiegs ein Anlagenteil, z.B. eine Rohrleitung zerstört, so wird schlagartig eine große Menge Flüssiggas freigesetzt. Der anschließende Verdampfungsprozeß bewirkt eine Volumenvergrößerung um einen Faktor von etwa 260.
- Bei Verbrauchseinrichtungen (Geräte) ohne Züandsicherung kann Flüssiggas unverbrannt austreten und explosionsfähige Gemische bilden.
- Bei unsachgemäßer Handhabung von Verbrauchseinrichtungen (z.B. Transport von Verbrauchseinrichtungen mit brennender Flamme) kann bei brandgefährdeter Umgebung ein Brand ausgelöst werden.

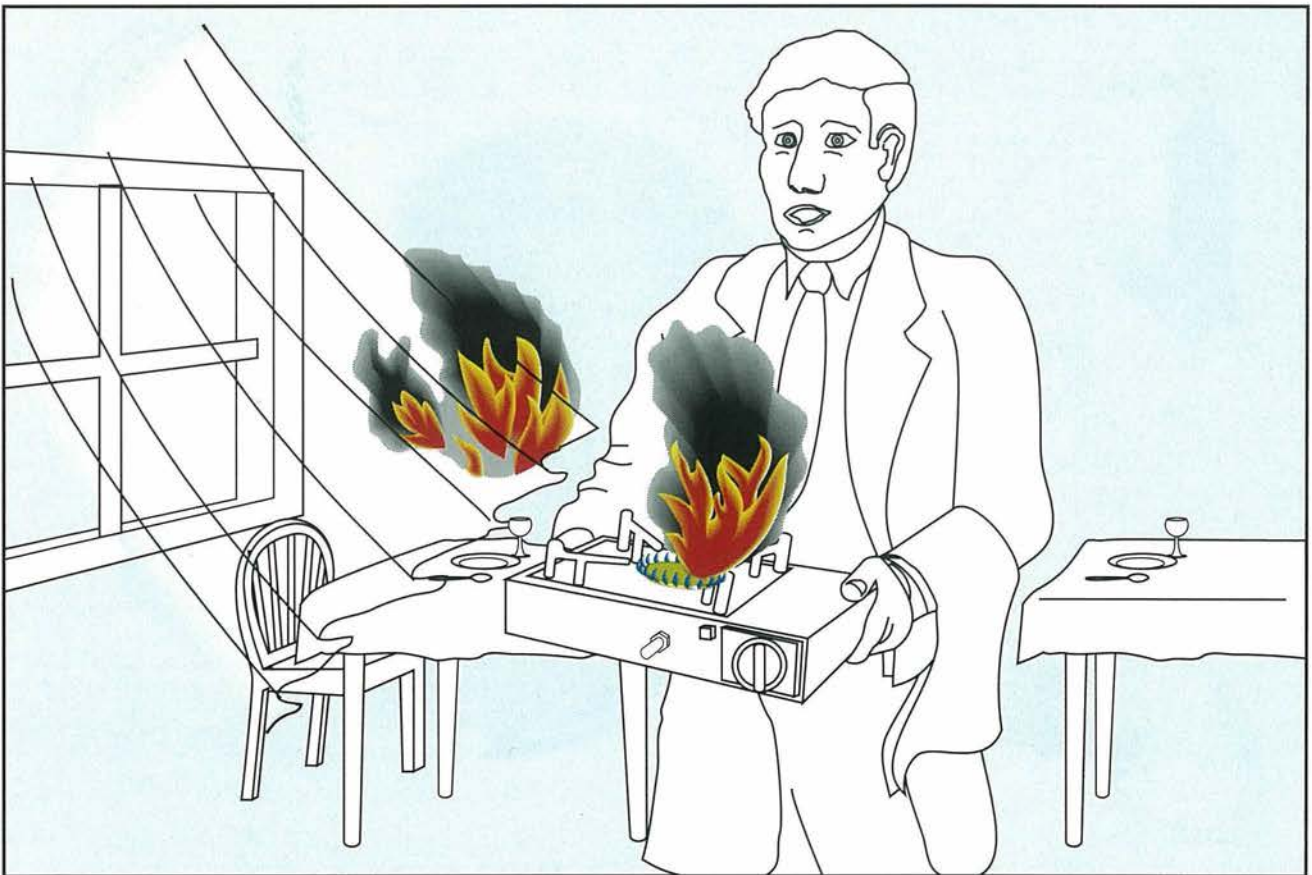


Bild 15: Unsachgemässer Transport von Verbrauchseinrichtungen

Wie kann es zur Vergiftungsgefahr kommen ?

Vergiftungsgefahr entsteht im allgemeinen nicht durch das Flüssiggas an sich, sondern durch seine unvollständige Verbrennung. Bei der Verbrennung von Flüssiggas werden grosse Mengen Luft benötigt (für 1 kg Flüssiggas ungefähr 12 m^3 Luft).

Das gefährliche Kohlenmonoxid (CO) kann sich in gefahrdrohender Menge bilden, wenn

- es bei Verbrauchseinrichtungen an ausreichender Luftzufuhr mangelt und keine Abgasleitung ins Freie vorhanden ist,
- keine ausreichende Be- und Entlüftung in den Aufstellungsräumen gegeben ist, bzw. die Verbrennungsprodukte nicht gefahrlos ins Freie abgeführt werden,
- verschmutzte, falsch eingestellte oder defekte Verbrauchseinrichtungen verwendet werden.

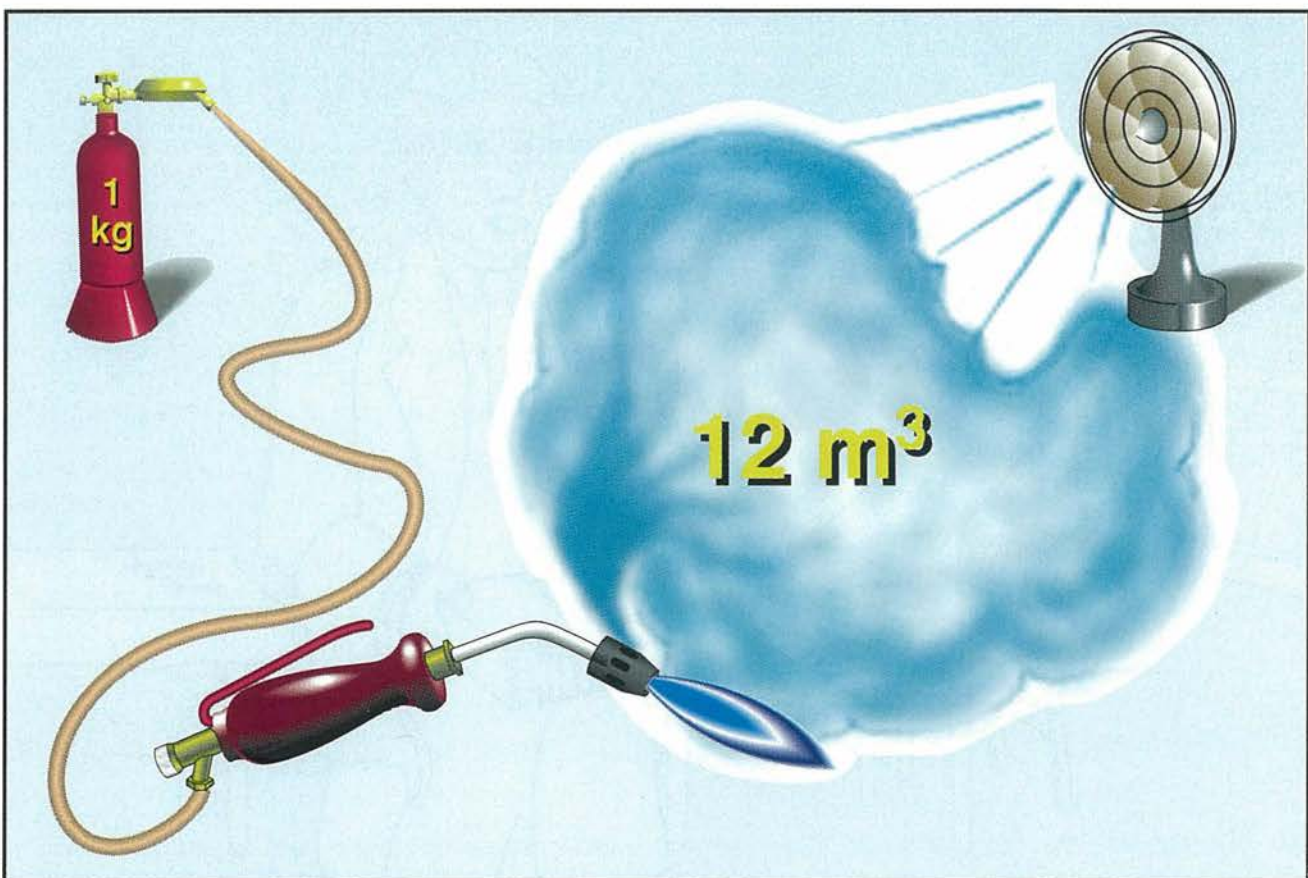


Bild 16: Luftbedarf beim Verbrennen von Flüssiggas



Bild 17: Entstehen von Kohlenmonoxid infolge verschmutzter Brenner

Explosionsgefahr durch unkontrolliert ausströmendes Gas und Vergiftungsgefahr durch unvollständige Verbrennung erfordern beim Umgang mit Flüssiggas ein sachgemäßes Vorgehen unter Beachtung der *Sicherheitsvorschriften*.

Massnahmen für Bau, Ausrüstung und Aufstellung

Allgemeines

Was ist bezüglich Dichtheit und Werkstoffwahl von Flüssiggasanlagen vorzukehren ?

Flüssiggasanlagen müssen so ausgeführt sein, dass sie den zu erwartenden Drücken und Beanspruchungen standhalten und aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise und der Eigenschaften von Flüssiggas ausreichend dicht sind.

Die Werkstoffe der Flüssiggasanlagen müssen möglichst aus nichtbrennbarem und nichtsprödem Material bestehen; Anlageteile, die mit Flüssiggas in Berührung kommen, müssen flüssiggasbeständig sein.

Was ist beim Aufstellen von Flüssiggasanlagen besonders zu beachten ?

Flüssiggasanlageteile wie Behälter, Batterien, Armaturen, Rohrleitungen oder Verbrauchseinrichtungen sind so aufzustellen bzw. mit geeigneten baulichen oder Lüftungstechnischen Massnahmen zu ergänzen, dass ausströmendes Flüssiggas nicht in Unterflurräume, Kanäle, Schächte, Gruben und dergleichen fliesen und sich dort ansammeln kann.

Welche Massnahmen müssen ergriffen werden, wenn Flüssiggasanlagen in Unterflurräumen eingerichtet werden ?

Beim Aufstellen von Flüssiggasanlageteilen wie Behälter, Rohrleitungen mit lösbaren Verbindungen, Armaturen und Gasverbrauchsgeräten in Unterflurräumen sind gemäss nationalen Vorschriften weitergehende Schutzmassnahmen zu treffen, z.B.:

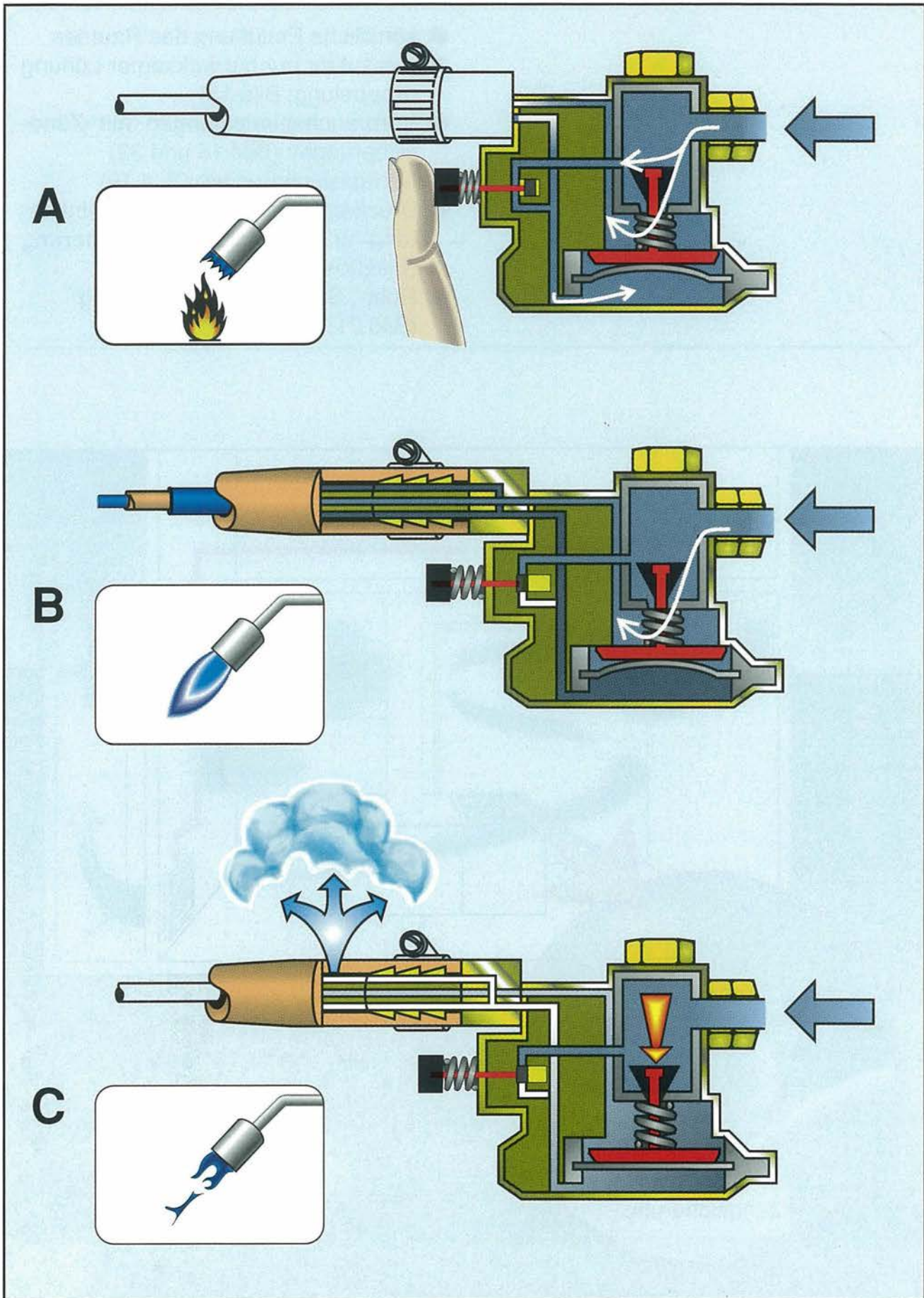


Bild 19: Funktionsweise einer Leckgassicherung (schematisch)
 A) Anzünden, B) Normalbetrieb, C) Gasaustritt

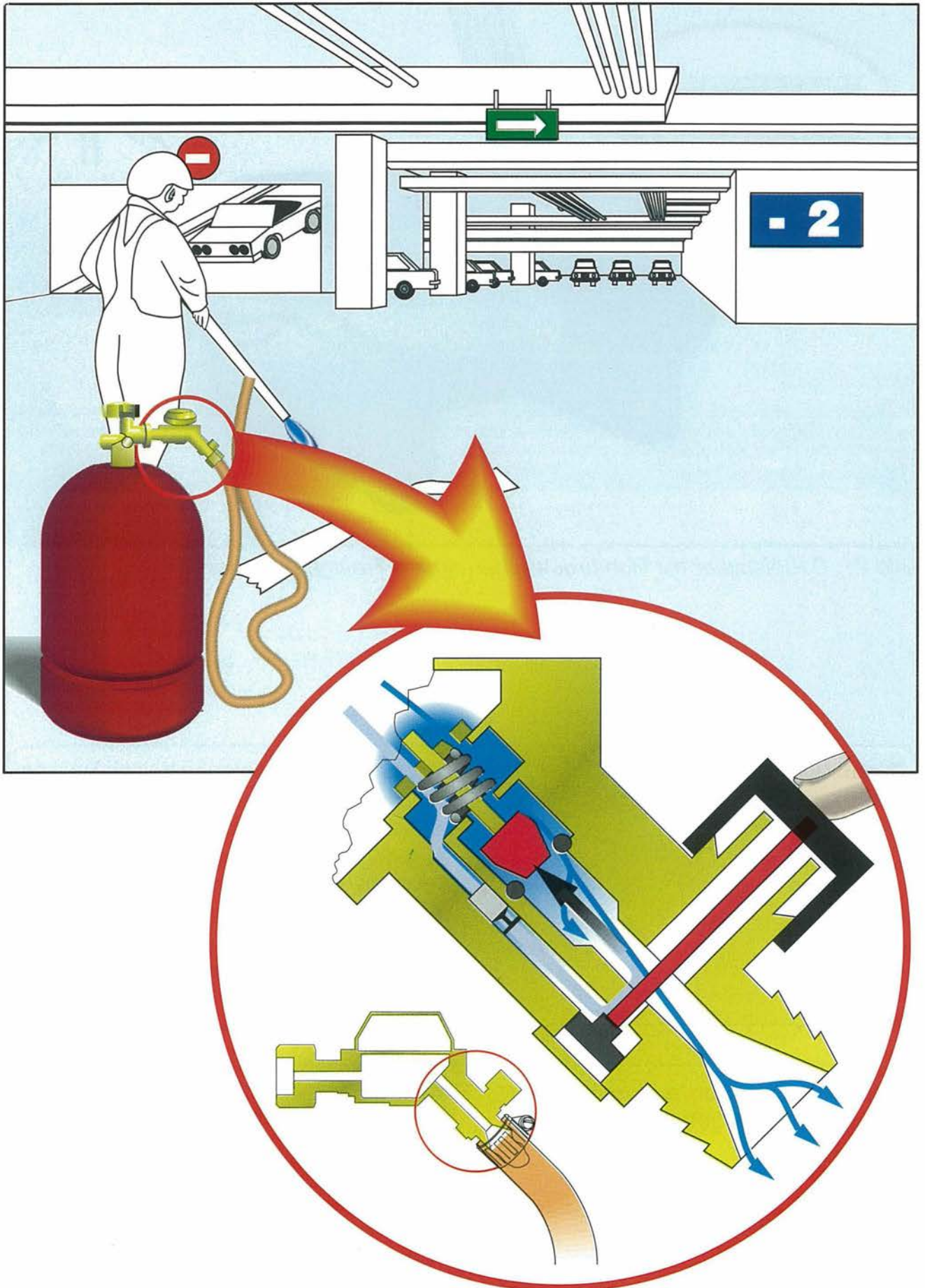


Bild 20: Verwenden von Druckreglern mit Dichtheitsprüfeinrichtung und Schlauchbruchsicherung an Verbrauchseinrichtungen in Unterflurräumen

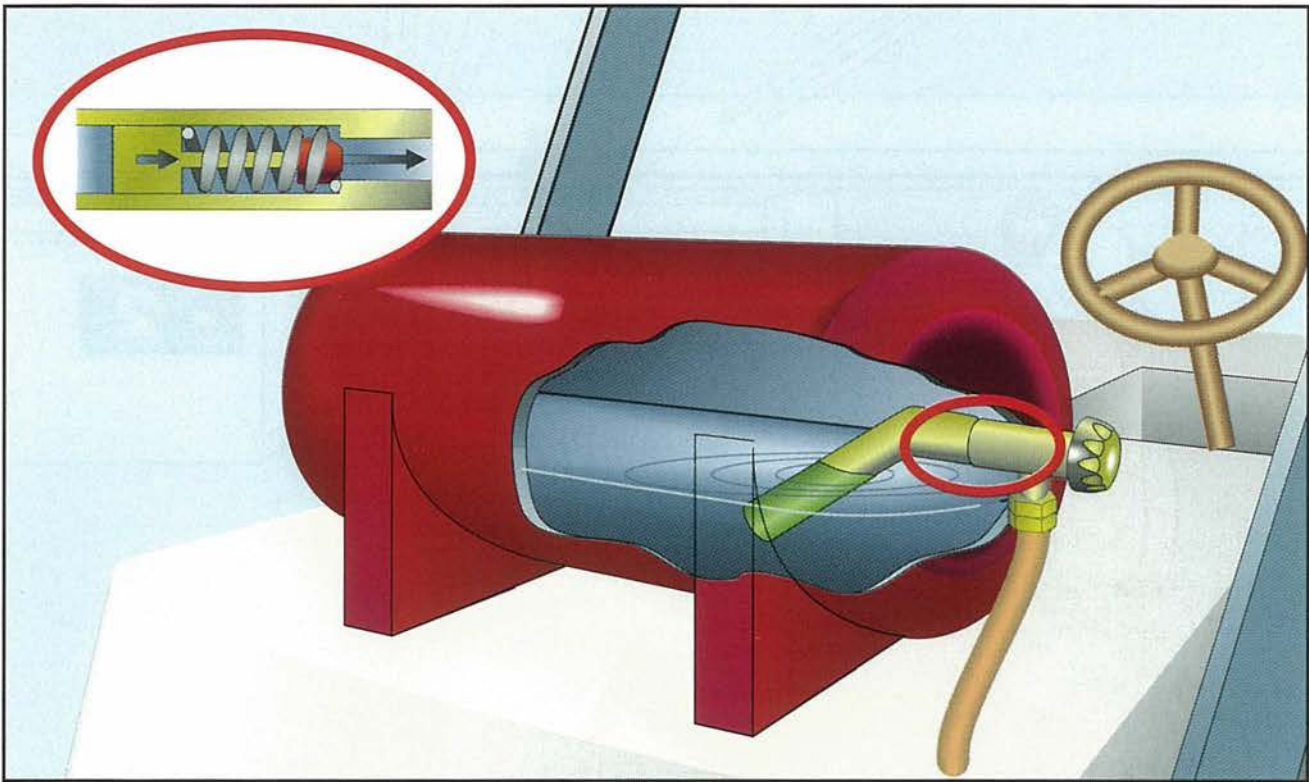


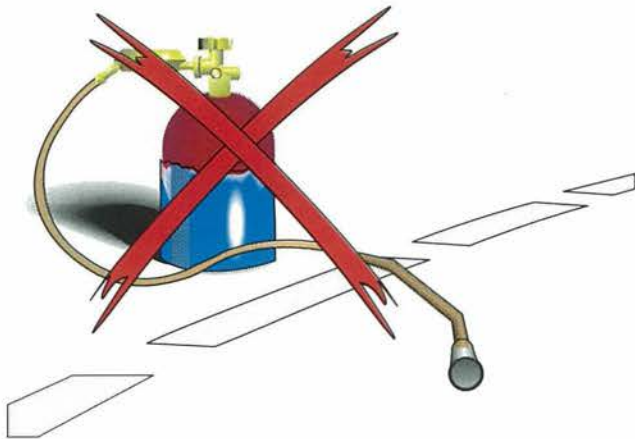
Bild 21: Gabelstapler mit Rohrbruchsicherung am Treibgasbehälter

Wann ist der Einsatz von Gasmeldeanlagen angezeigt ?

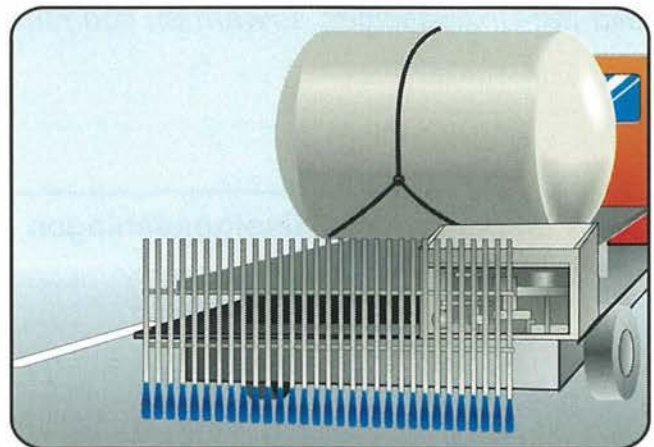
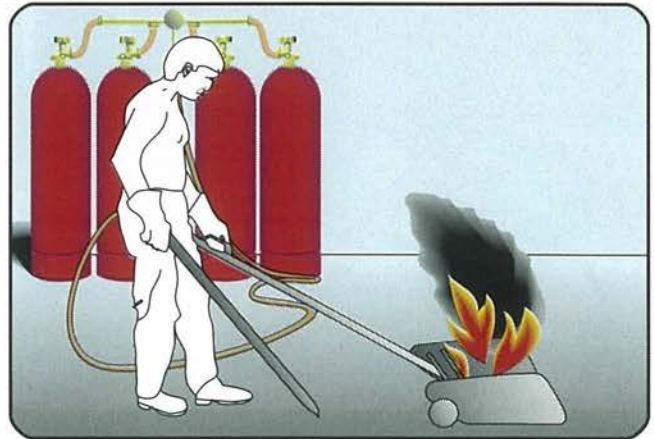
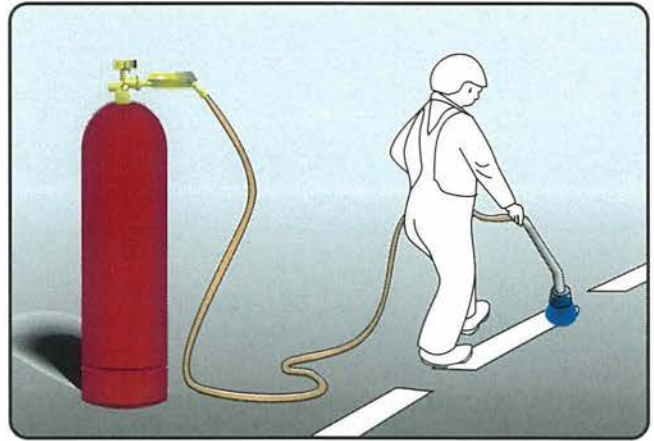
Bei Versorgungsanlagen beispielsweise mit grossen Lagerkapazitäten bzw. bei denen die technische Dichtheit nicht auf Dauer gewährleistet ist und Verbrauchsanlagen, die der ständigen Beobachtung entzogen sind (z.B. die in Unterflurräumen aufgestellt sind), sind als flankierende Massnahmen Gasmeldeanlagen angezeigt.

Wie kann die erforderliche Verdampfungsleistung gefahrlos sichergestellt werden?

Es ist stets eine auf die erforderliche Verdampfungsleistung ausgelegte Versorgungsanlage vorzusehen. Gegebenfalls ist ein Verdampfer zu installieren (Entnahme aus der Flüssigphase). Das Aufstellen von Behältern in unmittelbarer Nähe von Heizquellen oder ein punktförmiges Erhitzen z.B. durch Handbrenner ist auf keinen Fall zulässig.



Versorgungsanlage mit unzureichender Verdampfungsleistung



Versorgungsanlagen mit ausreichend groß ausgelegter Verdampfungsleistung

Bild 22: Massnahmen zum gefahrlosen Sicherstellen der Verdampfungsleistung

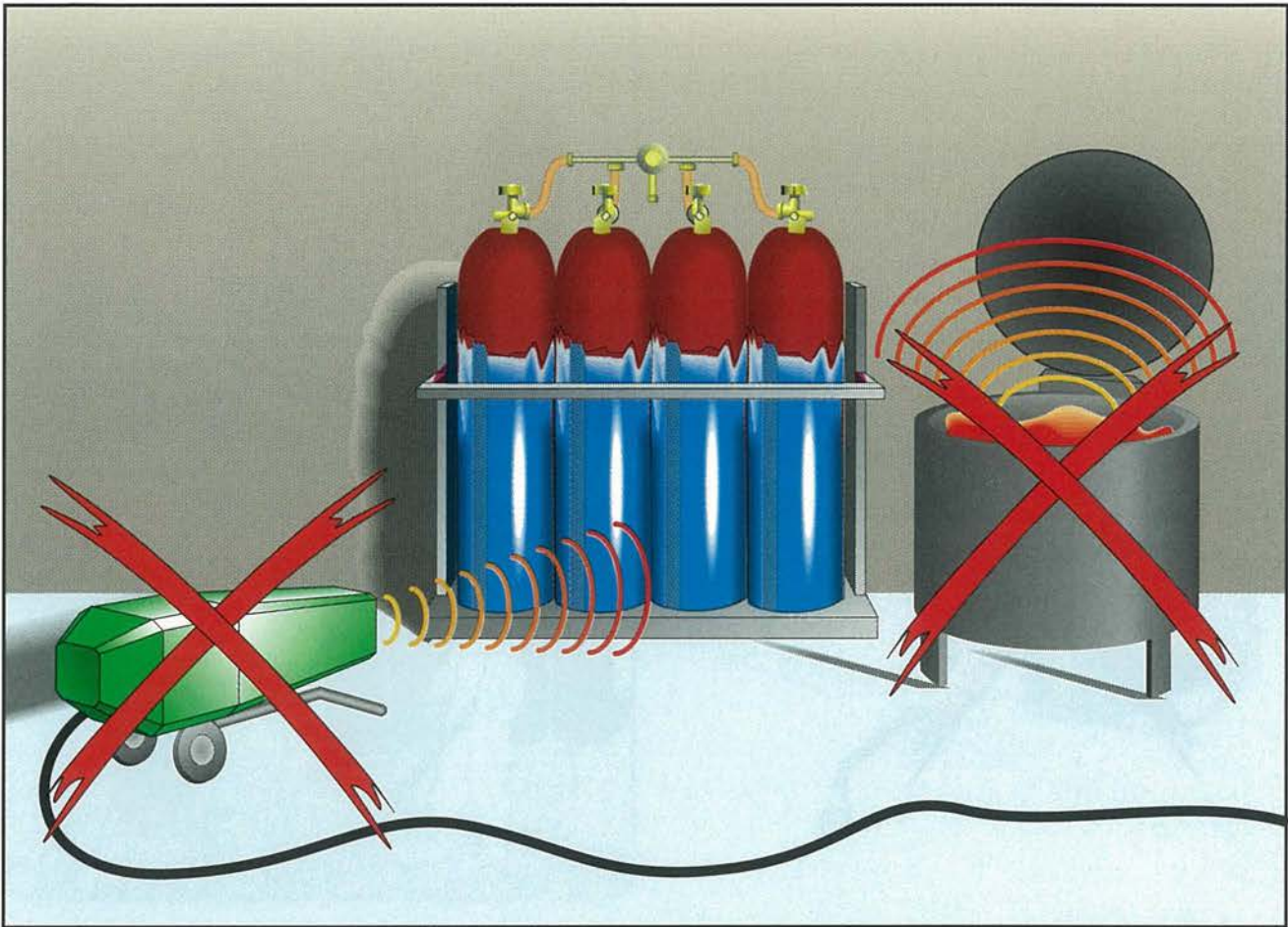


Bild 23: Unzulässiges Erwärmen von Flüssiggasbehältern

Wer ist berechtigt Flüssiggasanlagen zu installieren ?

Flüssiggasanlagen und die dazu erforderlichen Einrichtungen dürfen nur von Personen erstellt werden, die über ausreichende Kenntnisse der Eigenschaften von Flüssiggasen und der Installationstechnik verfügen. Der Ersteller von Flüssiggasanlagen ist dafür verantwortlich, dass durch die fachgemäße Ausführung die Sicherheit gewährleistet ist.

Wann ist die Melde- bzw. Bewilligungspflicht und/oder Zulassung notwendig ?

Basierend auf den nationalen Vorschriften sind die entsprechenden Bewilligungen für

- die Behälter und Geräte sowie
- deren Standort und
- die Installation einzuholen.

Versorgungsanlagen

Welchen Anforderungen müssen Behälter wie Tanks oder Flaschen genügen ?

Betreffend Konstruktion und Ausrüstung von Behältern sind die nationalen Vorschriften zu beachten, insbesondere, dass:

- die **Druckfestigkeit** entsprechend dem Gas und der zulässigen Temperatur gewährleistet sein muss.
- bei ortsfesten Behältern **leistungsfähige Sicherheitsventile** zu installieren sind, die bei zu hohen Drücken (Temperaturen) die Druckentlastung gewährleisten.

Was ist beim Aufstellen von Versorgungsanlagen bezüglich austretendem Gas zu berücksichtigen ?

Bei der Aufstellung von Versorgungsanlagen ist betreffend austretendem Gas folgendes zu berücksichtigen:

- Die Behälter bzw. deren Abblaseleitungen sind so aufzustellen, bzw. anzuordnen, dass ausströmendes Gas gefahrlos abgeführt werden bzw. sich nicht ansammeln (auch zum Vermeiden einer Unterfeuerung) kann.
- Bei Flüssiggasanlagen, bei denen ein Austritt unverbrannten Gases und die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre nicht sicher verhindert werden kann, müssen die möglichen Gasaustrittsstellen von einem ausreichend bemessenen Bereich ohne Zündquellen (Ex-Zonen) umgeben sein. Diese Bereichsabstände sind den nationalen Vorschriften zu entnehmen.

Sind die Randbedingungen nicht günstig und ist der explosionsgefährdete Bereich in der Nähe von Gebäude- und/oder Kanalöffnungen o.ä. kann eine Kombination von mehreren Schutzmassnahmen erforderlich sein, z.B.

- Hochführen der Lüftungskanäle oder
- gasdichte Mauern in Verbindung mit einem entsprechend gross bemessenen explosionsgefährdeten Bereich .

Entsprechend der Behälter- und Aufstellungsart sowie der gegebenen Situation sind die explosionsgefährdeten Bereiche festzulegen, in denen bestimmte Anforderungen zum Vermeiden von wirksamen Zündquellen erfüllt sein müssen.

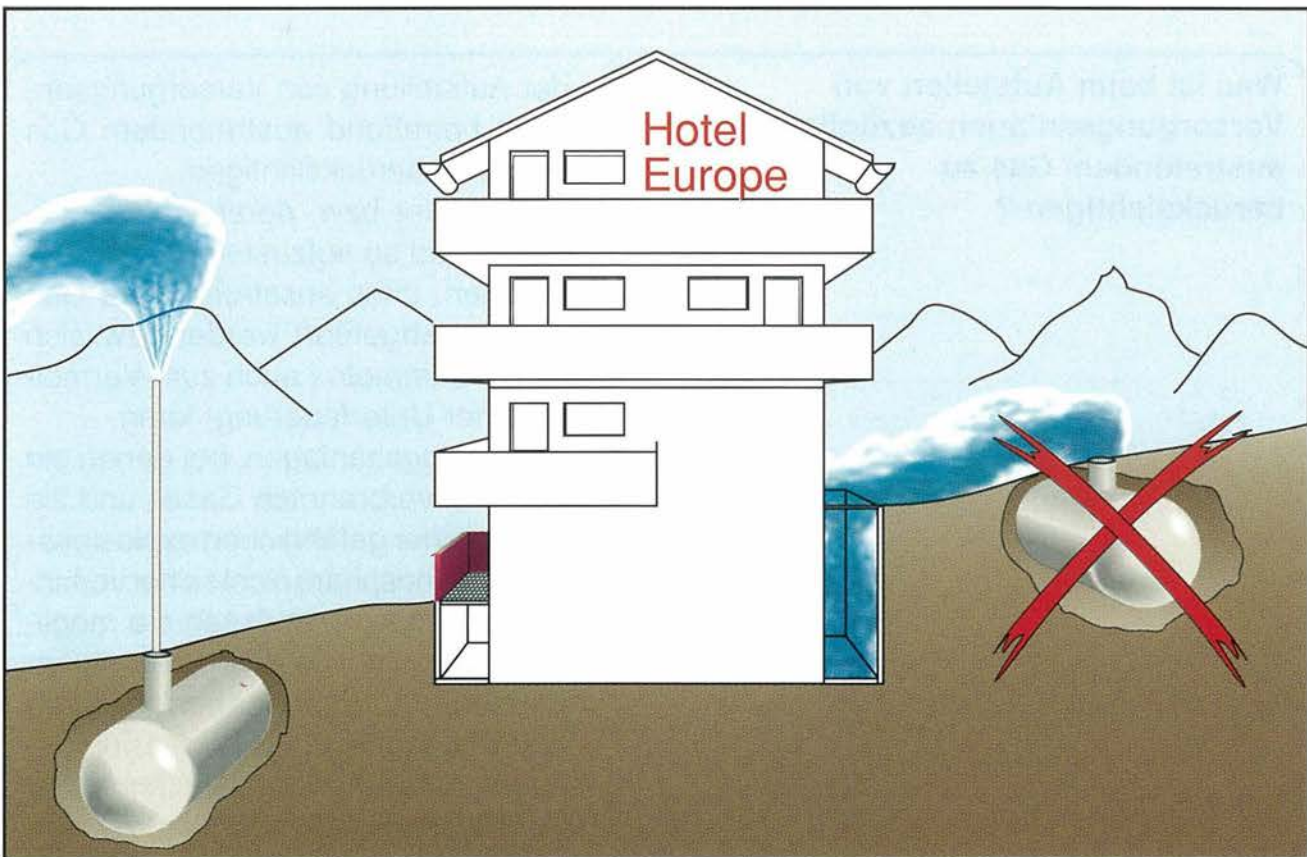


Bild 24: Anordnung der Behälter bzw. deren Abblaseleitungen

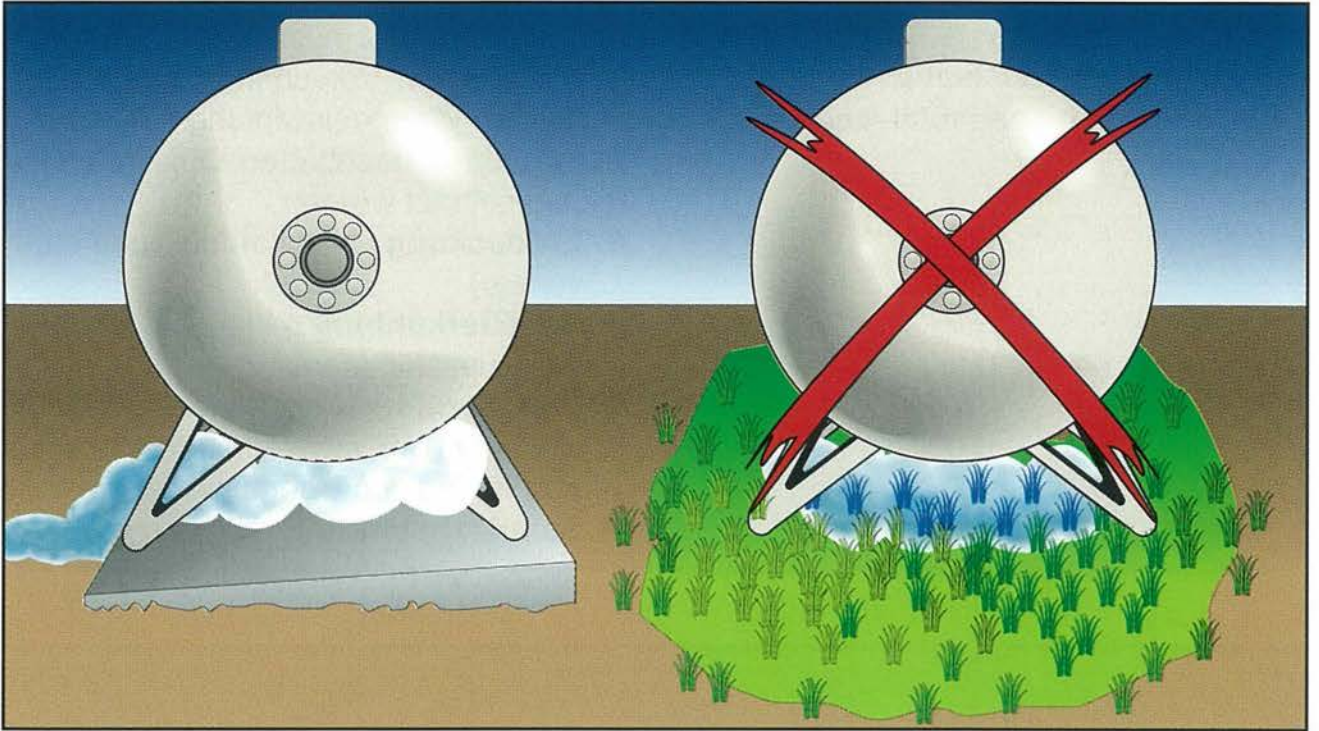


Bild 25: Verhindern der Unterfeuerung ortsfester Behälter z.B. durch Gefälle unter dem Tank in eine ungefährliche Richtung

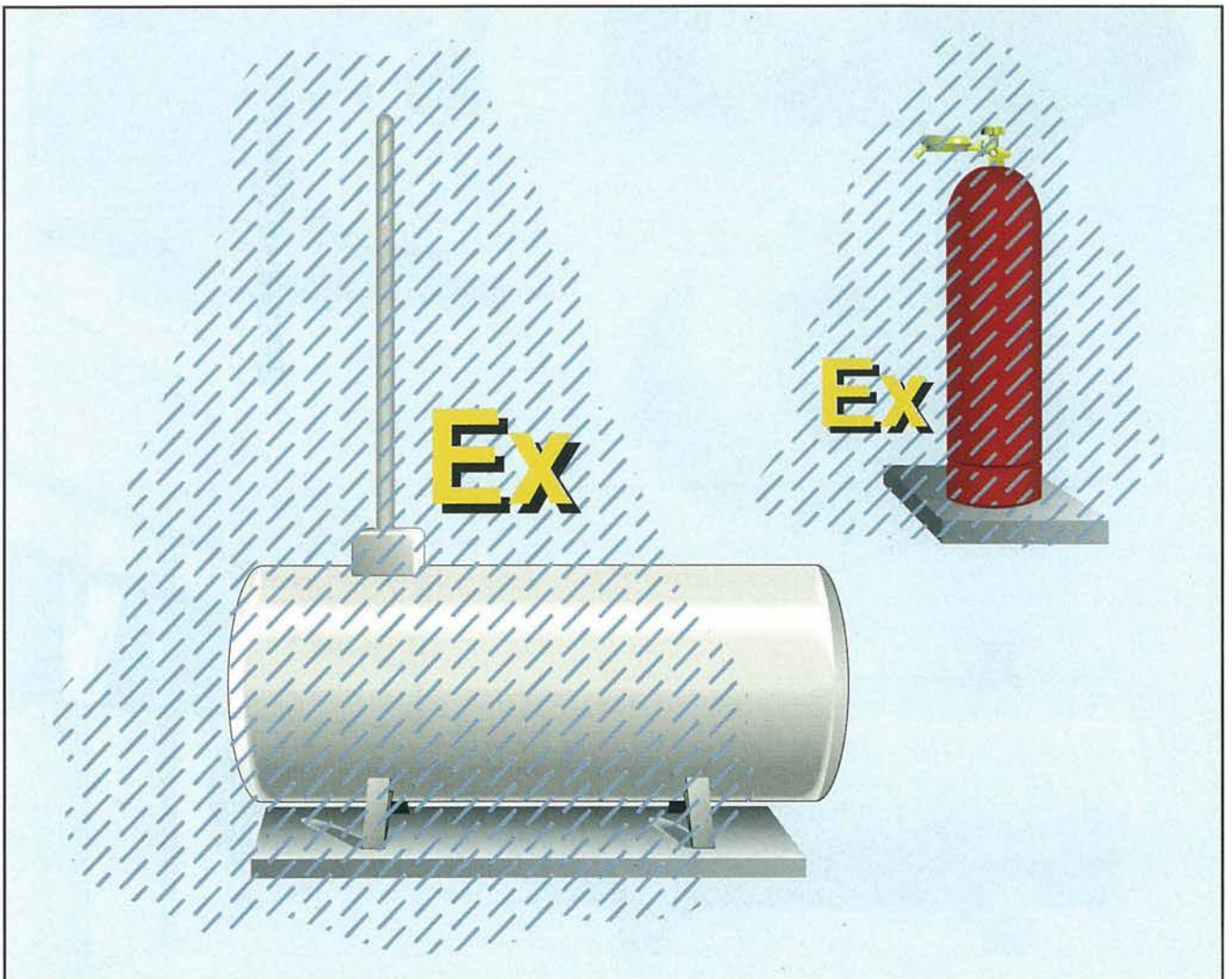


Bild 26: Explosionsgefährdete Bereiche um Versorgungsanlagen

Wie können ortsfeste Behälter gegen unzulässige thermische Einwirkungen geschützt werden ?

Ortsfeste Behälter müssen entsprechend den nationalen Vorschriften gegen unzulässige Wärmeeinwirkung z.B. durch Brand von benachbarten Objekten wie folgt geschützt werden:

- **Erddeckung** (erdüberdeckt und erdverlegt)
- **Behälterkühlung** mittels einer Wasserberieselungsanlage
- **Wärmedämmung** (Brandschutzisolierung) mit ausreichendem Feuerwiderstand von Überflurbehältern
- **Schutzabstände**

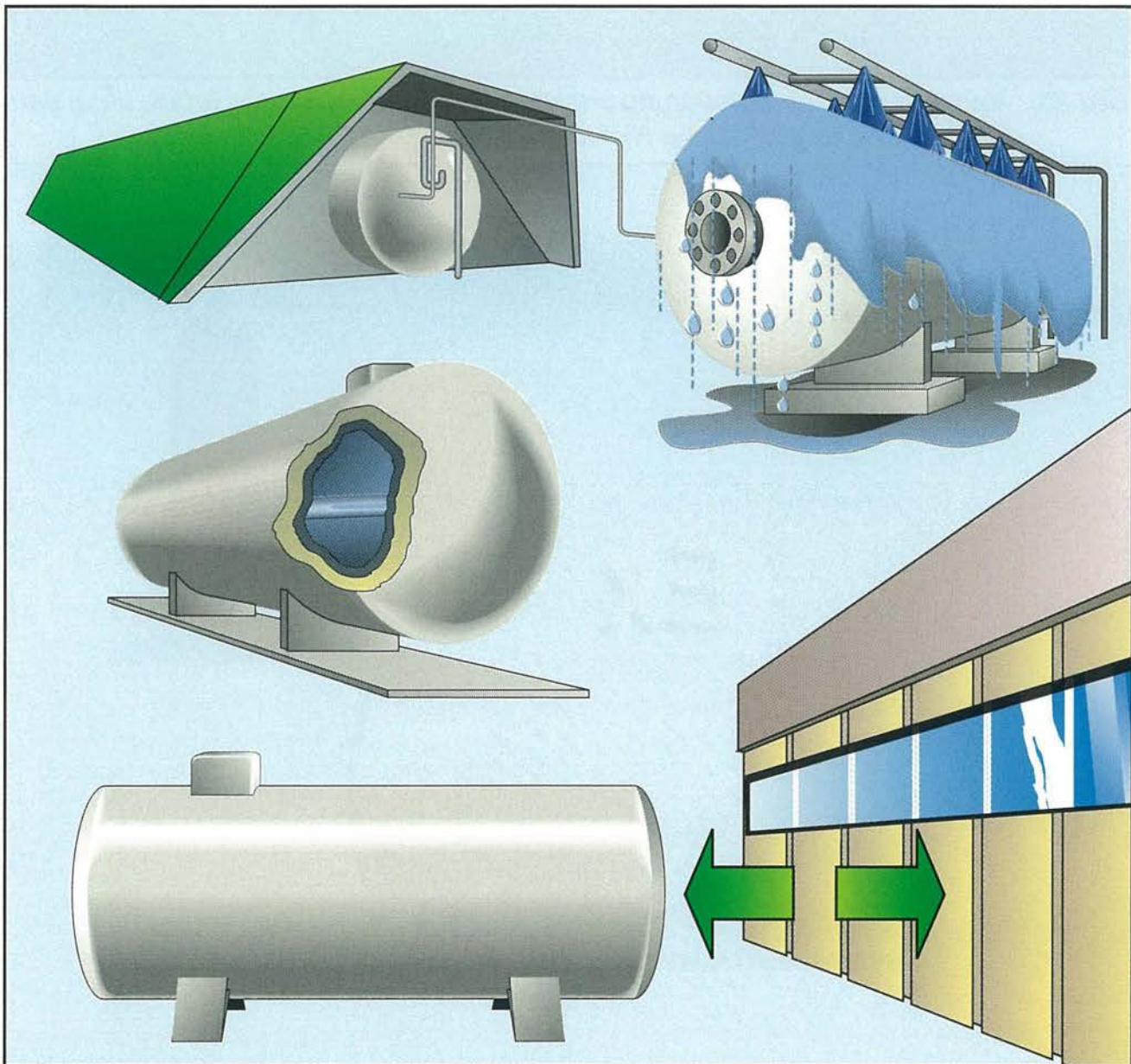


Bild 27: Schutzmassnahmen gegen thermische Einwirkung

Wie können die für den Brandschutz erforderlichen Schutzabstände bestimmt werden ?

Mögliche Kriterien sind:

- Je grösser die **Flüssiggas-Lagerkapazität** ist, desto grösser werden die Schutzabstände.
- Bei den benachbarten Objekten ist die **Bauart** von entscheidender Bedeutung: Je geringer deren Feuerwiderstand ist, desto grösser werden die Schutzabstände
- Zu berücksichtigen ist die **Nutzung benachbarter Gebäude oder Objekte**: Je grösser das Brandpotential und die Personenbelegung ist, desto grösser werden die Schutzabstände.

Welche Vorkehrungen können getroffen werden, wenn die notwendigen Schutzabstände nicht eingehalten werden können ?

Durch das Errichten von öffnungslosen Schutzwänden (Schirmmauern) mit ausreichendem Feuerwiderstand wird im Brandfall die Strahlungswärme auf das benachbarte Objekt massiv heruntergesetzt, womit auch die Schutzabstände entsprechend verringert werden können. Dabei ist zu beachten, dass die Höhe und Länge der Schutzwand (Schirmmauer) den Ausdehnungen von Behälter und benachbartem Objekt angepasst werden.

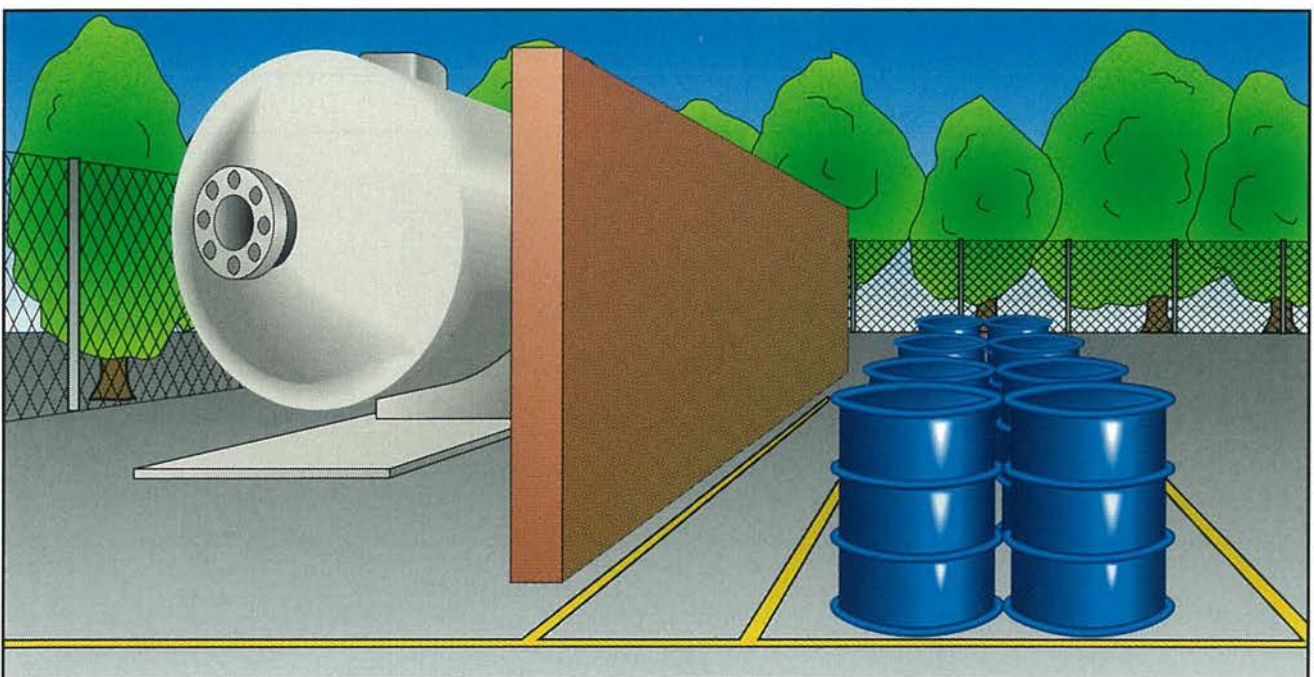


Bild 28: Schutzwand (Schirmmauer) zu benachbarten Objekten

Wie können Versorgungsanlagen gegen mechanische Einwirkung geschützt werden ?

Versorgungsanlagen wie Tanks, Batterien oder Flaschen, die an exponierten Stellen wie im Bereich von Verkehrswegen oder innerbetrieblichen Krananlagen aufgestellt werden, sind gegen das Anfahren, z.B. mittels Leitplanken, zu schützen.

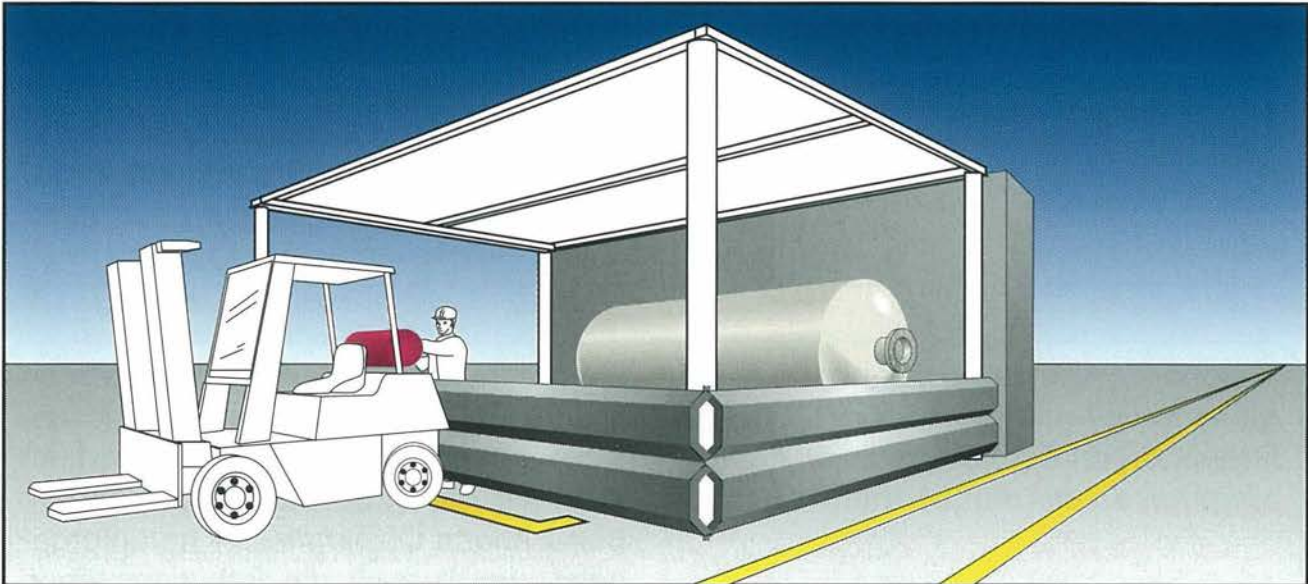


Bild 29: Schutz der Versorgungsanlage gegen mechanische Einwirkung

Wie ist der Zugriff durch Unbefugte zu verhindern ?

Die Armaturen von Tanks oder Batterien bzw. die Behälter selbst sind gegen unbefugten Zugriff zu schützen, z.B. durch eine

- verschliessbare Schutzhaube
- Umzäunung der Behälter
- Umzäunung des Betriebsareals
- Überwachung

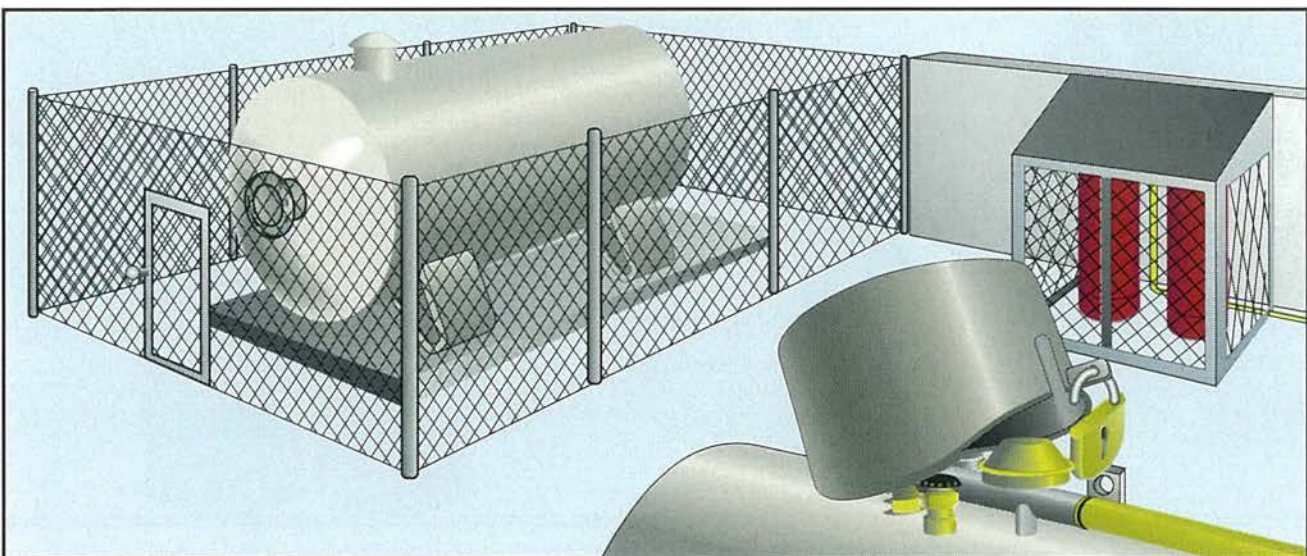


Bild 30: Schutz der Behälterarmaturen vor unbefugtem Zugriff

Welchen Anforderungen müssen Räume genügen, in denen Flüssiggas gelagert wird ?

- Lagerräume für Flüssiggas müssen u. a.
- von angrenzenden Räumen mit genügendem Feuerwiderstand getrennt sein,
 - Fluchtwege aufweisen, die so angeordnet oder ausgeführt sind, dass sie jederzeit rasch und sicher benützt werden können; sie sind erforderlichenfalls zu kennzeichnen,
 - ausreichend künstlich oder natürlich entlüftet werden können und
 - entsprechend den Anforderungen für explosionsgefährdete Bereiche ausgebildet sein.

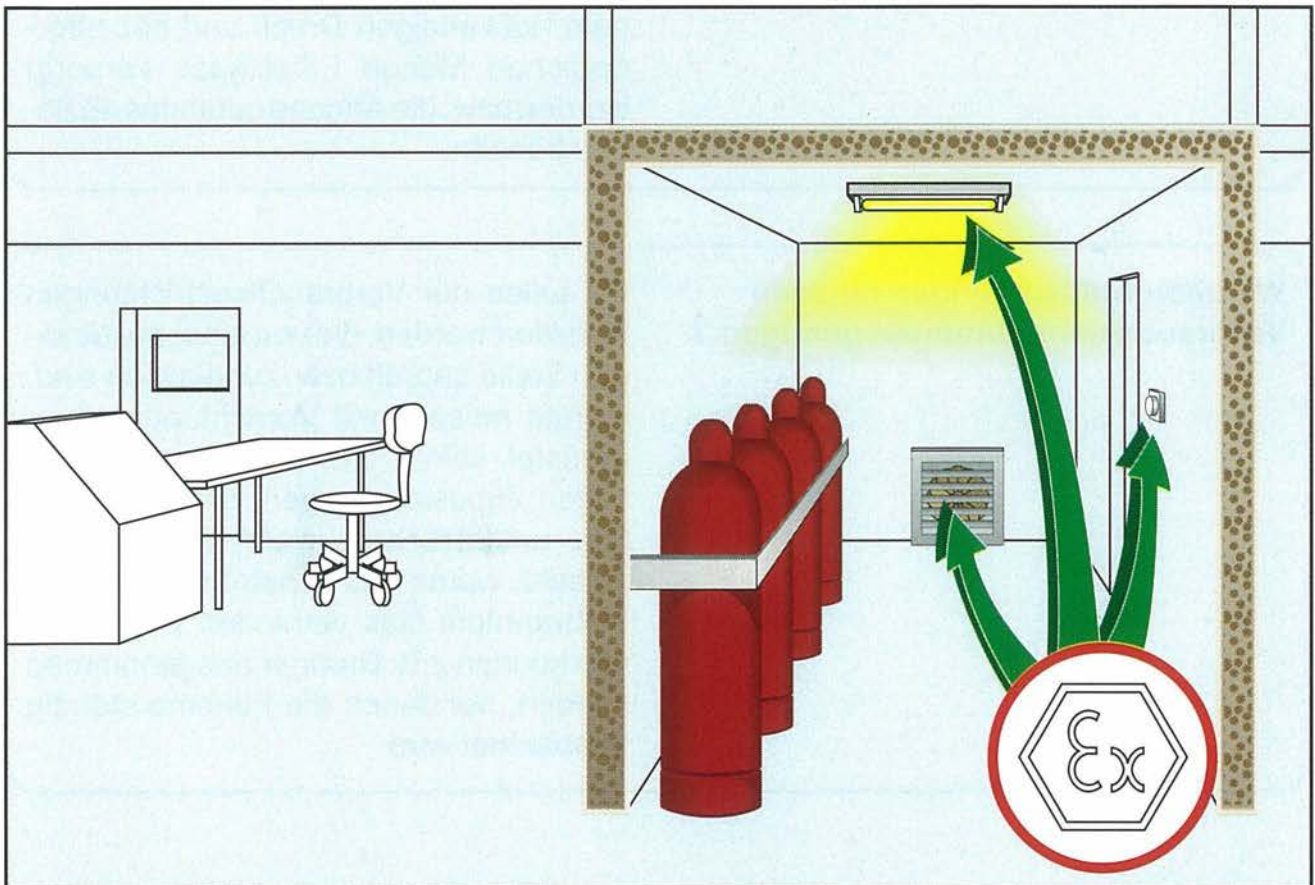


Bild 31: Anforderungen an Lagerräume

Wann sind im Hinblick auf mögliche Störfälle Risikoanalysen zu erstellen ?

Je nach Grösse und Komplexität der Anlage sind nach nationalen Vorschriften Risikoanalysen zu erstellen und gegebenenfalls Sicherheitskonzepte festzulegen und entsprechende technische und organisatorische Schutzmassnahmen zu treffen.

Verbrauchsanlagen

Was ist bei der Auslegung von Flüssiggasverbrauchsanlagen zu berücksichtigen ?

Bei der Auslegung von Flüssiggasanlagen sind die Weiten der Rohr- bzw. Abgasleitungen derart zu bemessen, dass die Verbrauchseinrichtungen mit dem notwendigen Druck und der erforderlichen Menge Flüssiggas versorgt werden bzw. die Abgase gefahrlos abziehen können.

Welchen Anforderungen müssen Verbrauchseinrichtungen genügen ?

Es sollen nur Verbrauchseinrichtungen installiert werden, die von einer zuständigen Stelle geprüft bzw. zugelassen sind. Geräte müssen mit Vorrichtungen ausgerüstet sein - z.B. mit thermoelektrischen Züandsicherungen, die die Gaszufuhr unterbrechen, wenn die Flamme erlischt, womit das Ausströmen von unverbranntem Gas verhindert wird. Hier von können z.B. Brenner ausgenommen werden, bei denen die Flamme ständig beobachtet wird.

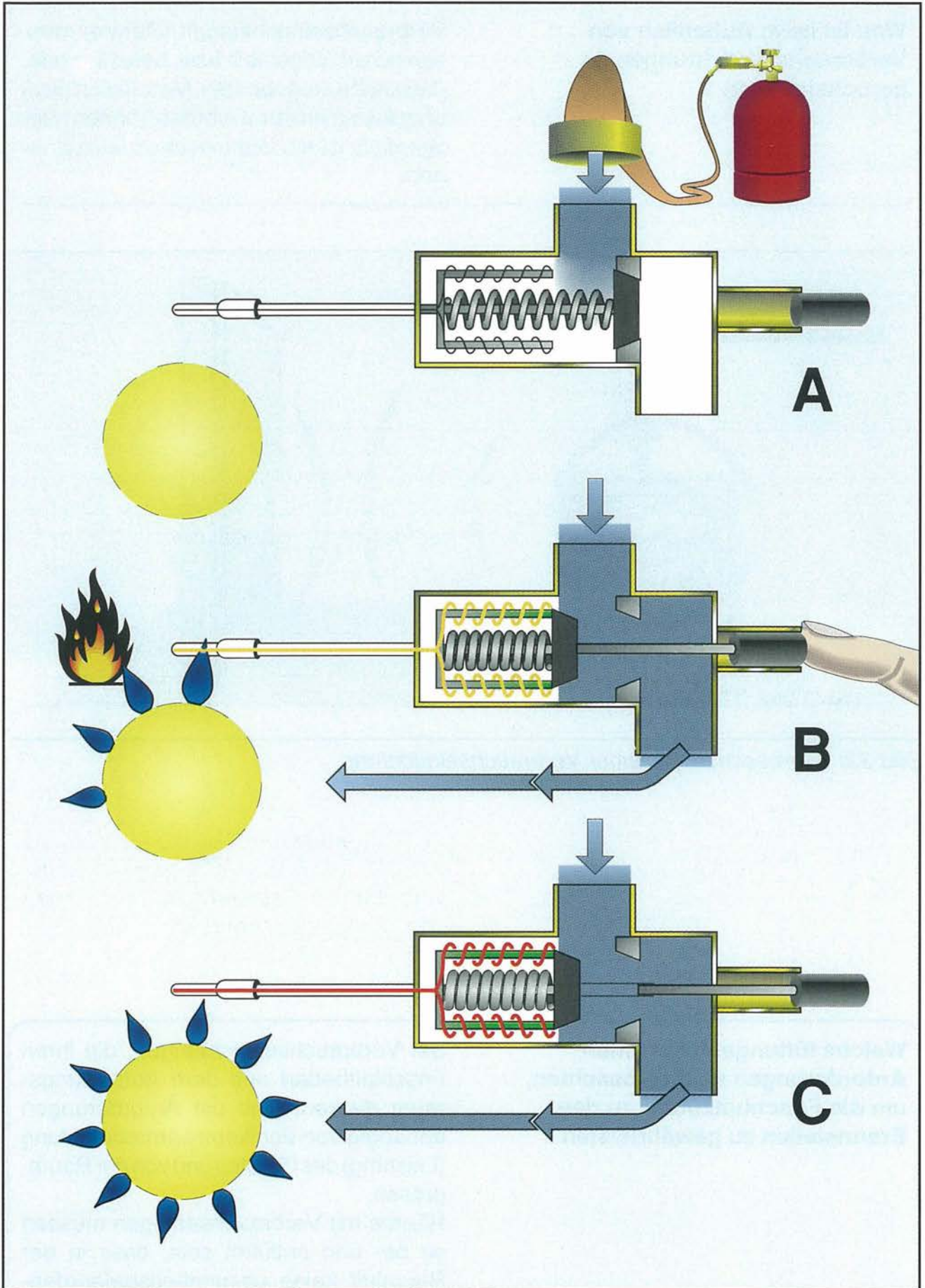


Bild 32: Funktionsweise einer thermoelektrischen Züandsicherung
 A) Ruhezustand, B) Zündphase, C) Dauerbetrieb

Was ist beim Aufstellen von Verbrauchseinrichtungen zu berücksichtigen ?

Verbrauchseinrichtungen (Geräte) müssen derart aufgestellt bzw. befestigt sein, daß die sie umgebenden Materialien nicht unzulässig erwärmt werden können. Nötigenfalls ist ein Wärmeschutz anzubringen.

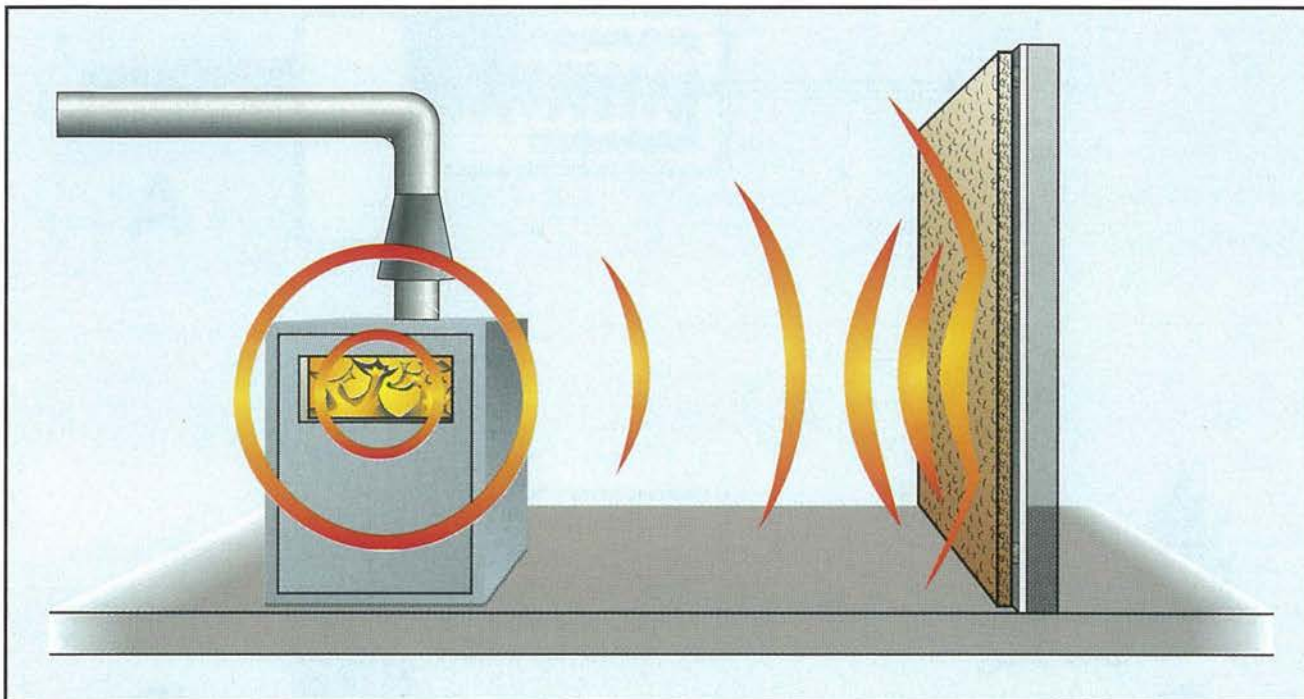


Bild 33: Wärmeschutz bei einer Verbrauchseinrichtung

Welche Lüftungstechnischen Anforderungen sind zu beachten, um die Frischluftzufuhr zu den Brennstellen zu gewährleisten ?

Bei Verbrauchseinrichtungen, die ihren Frischluftbedarf aus dem Aufstellungsraum decken, sind die Anforderungen abhängig von der Nennwärmebelastung (Leistung) des Gerätes und von der Raumgröße.

Räume mit Verbrauchsanlagen müssen so be- und entlüftet sein, dass in der Raumluft keine gesundheitsgefährdende Atmosphäre auftreten kann.

- Bei günstigen Verhältnissen kann eine natürliche Raumlüftung ausreichend sein. Solche günstigen Verhältnisse können z.B. vorliegen, wenn die Wände über zwei ständig offene, möglichst gegenüberliegende Lüftungsöffnungen verfügen, die oben und unten angeordnet sind.
- Liegen keine günstigen Verhältnisse vor, kann die Forderung nach ausreichender Lüftung durch technische Lüftungsmassnahmen erreicht werden.

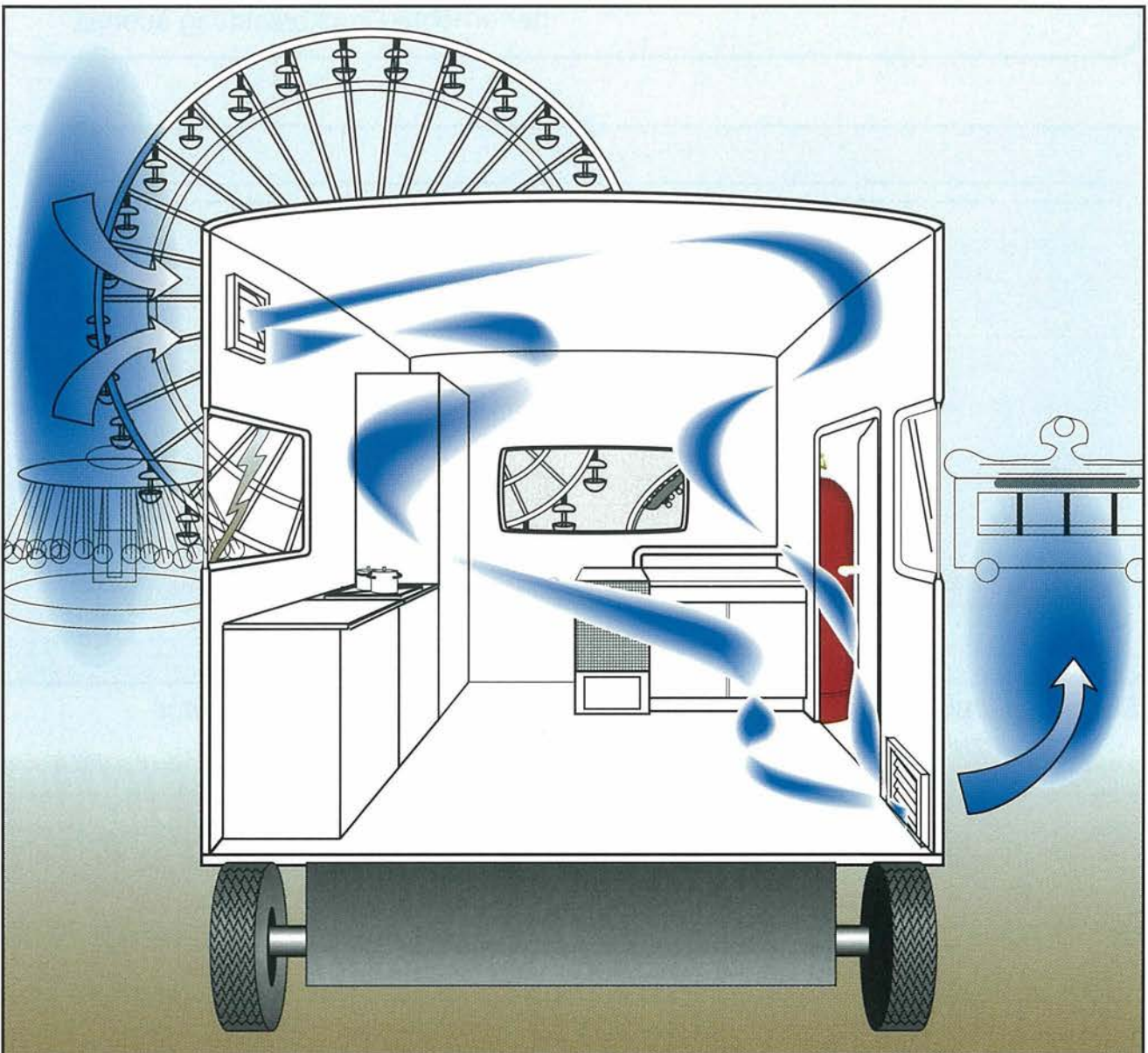


Bild 34: Lüftung von Räumen z.B. Wohnwagen mit Verbrauchseinrichtungen

Wann dürfen Schläuche verwendet werden und welchen Anforderungen müssen sie genügen ?

Schläuche dürfen bei ortsfesten Flüssiggasanlagen in der Regel nur als Verbindung zwischen der Versorgungsanlage (bzw. den Leitungen) und den festen Leitungen (bzw. Verbrauchseinrichtungen) montiert werden. Sie sind nur zulässig, wenn feste Leitungen wegen mangelnder Beweglichkeit oder aus anderen betrieblichen Gründen ungeeignet sind.

Schläuche müssen gasdicht, druckfest, flüssiggasbeständig und bei ortsveränderlichen Verbrauchseinrichtungen, bei denen Schlauchbeschädigungen nicht auszuschließen sind, armiert sein.

Bei Flüssiggas unter Hochdruck ist ein Schlauch mit Spezialeinlage unerlässlich, der erhöhte Druckbelastung aushält.

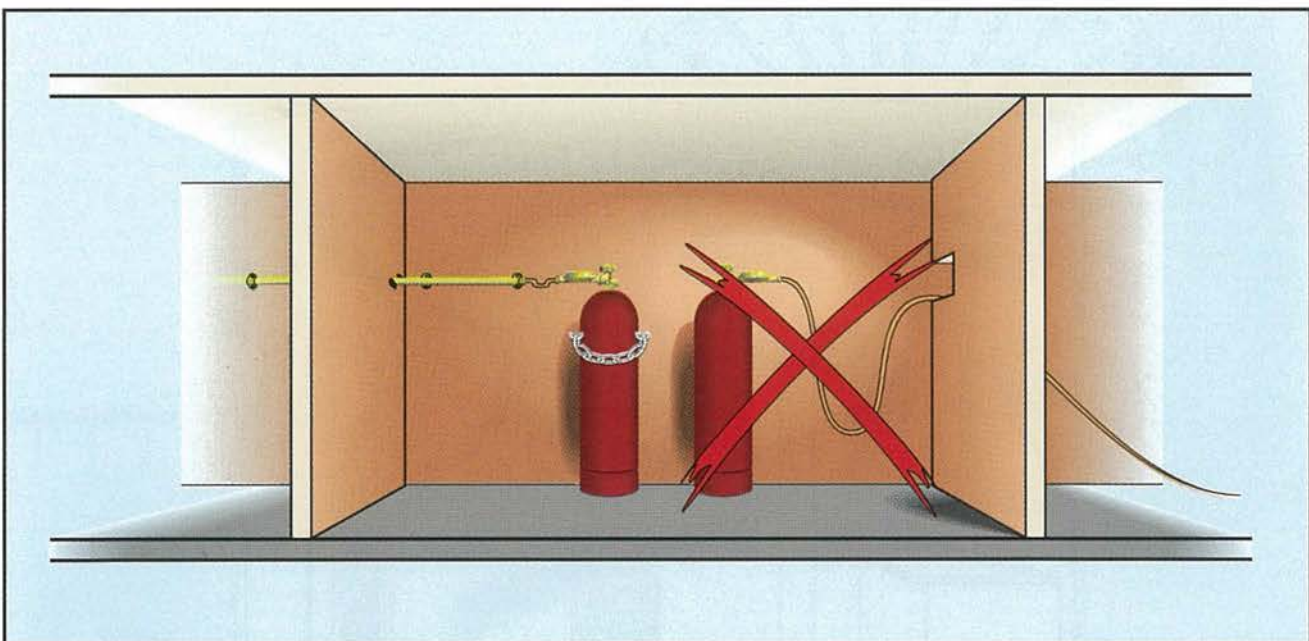


Bild 35: Verwenden von Schläuchen - Beispiel einer zulässigen und einer unzulässigen Anwendung

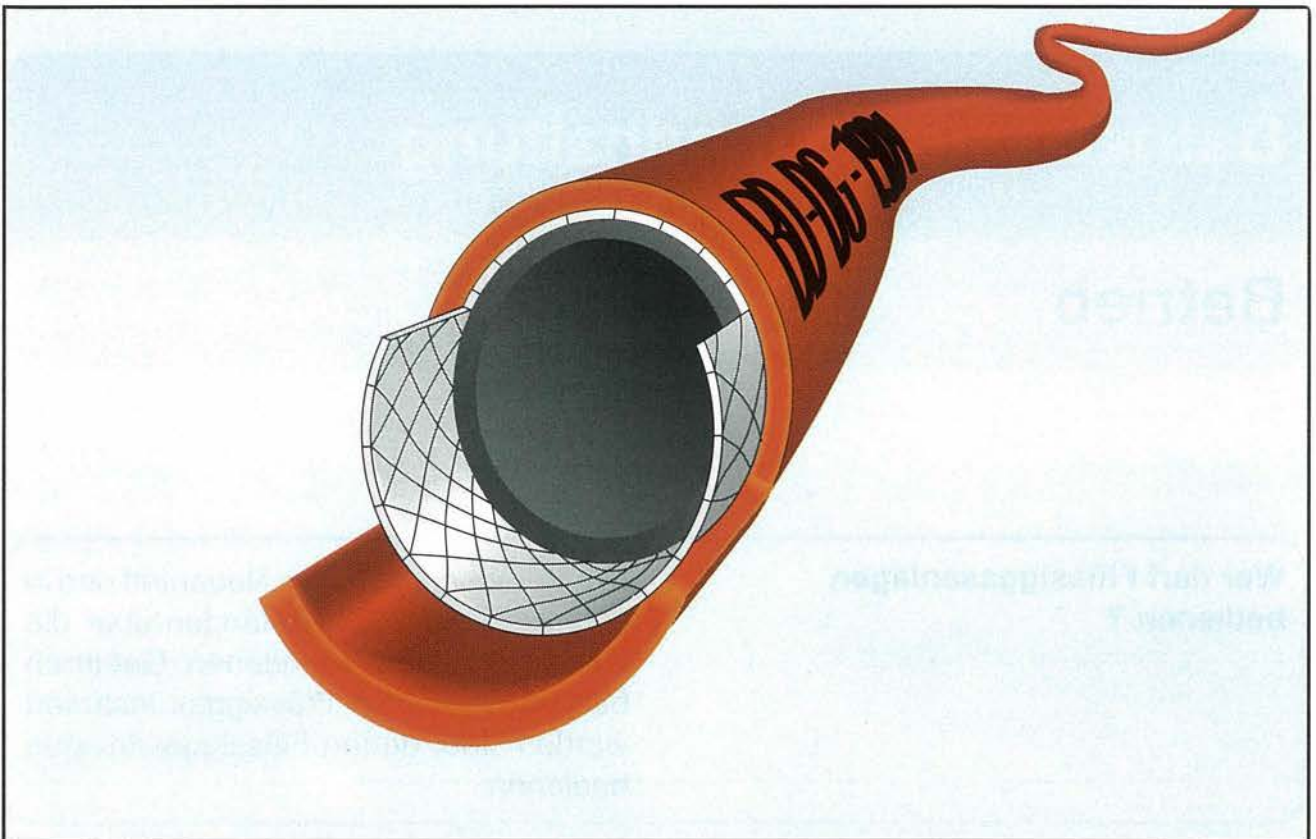


Bild 36: Armierter Flüssiggas-Schlauch entsprechend den nationalen Vorschriften gekennzeichnet

Betrieb und Instandhaltung

Betrieb

Wer darf Flüssiggasanlagen bedienen ?

Nur Personen, die beim Neuantritt und in angemessenen Zeitabständen über die mit der Arbeit verbundenen Gefahren beim Umgang mit Flüssiggas instruiert worden sind, dürfen Flüssiggasanlagen bedienen.

Was ist bei der Aufstellung von Flüssiggasflaschen zu beachten ?

- Das Aufstellen von Flüssiggasflaschen in Fluchtwegen ist unzulässig. Das Aufstellen in Durchgängen und Durchfahrten ist - sofern weitergehende Schutzmassnahmen getroffen werden - zulässig, wenn Fluchtwege nicht behindert werden.
- Flüssiggasflaschen dürfen nicht in Bereichen aufgestellt werden, in welchen ein hohes Brandpotential vorhanden ist (z.B. leichtbrennbare oder selbstentzündliche feste Stoffe).
- Flüssiggasflaschen sind mit dem Ventil nach oben aufzustellen und gegen Umkippen zu sichern.
- Unbenützte Anschlüsse an Flüssiggasanlagen sind mit Kappen, Stopfen und dergleichen dicht abzuschliessen. «Leere» Flaschen sind mit geschlossenen Ventilen aufzubewahren.

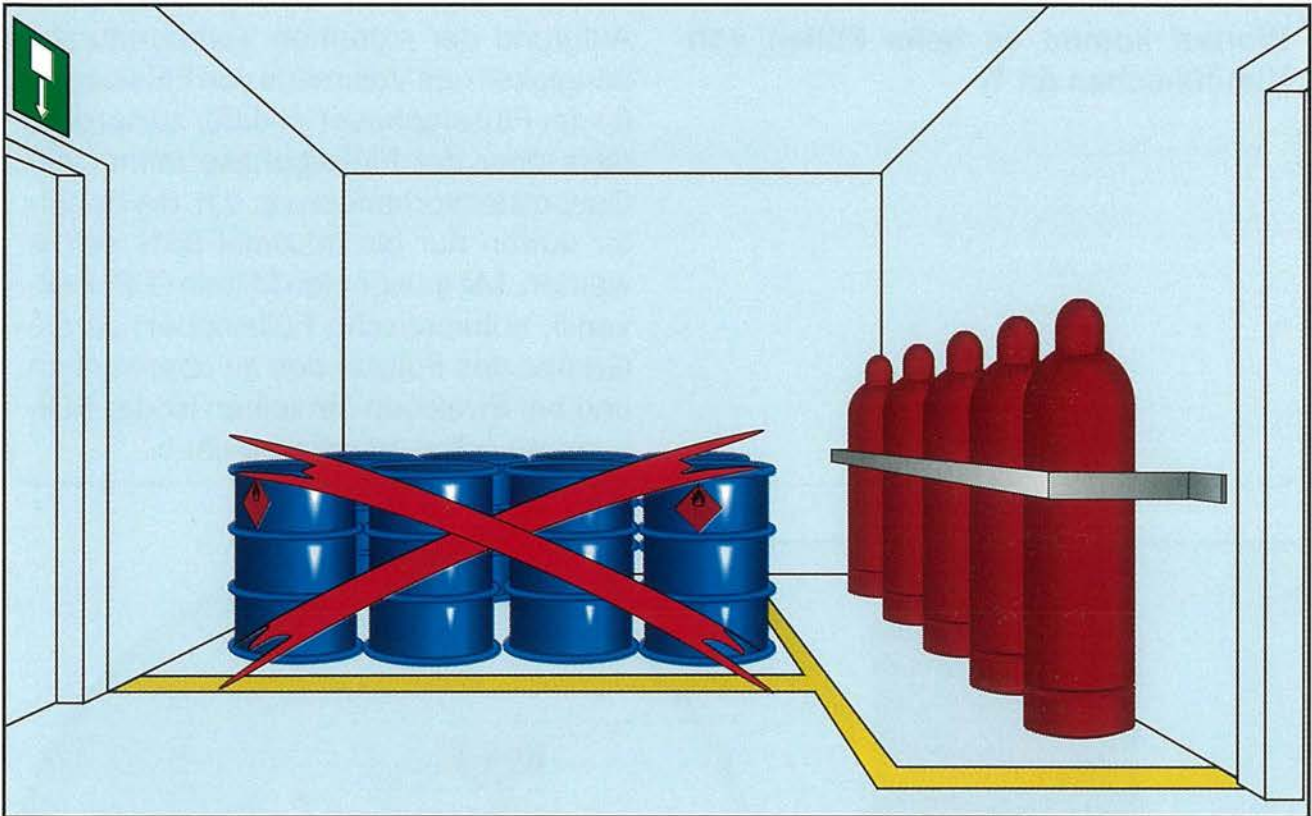


Bild 37: Aufstellen von Flüssiggasflaschen

Was ist beim Anschliessen von Flüssiggasflaschen zu berücksichtigen ?

Vor dem Anschliessen ist der Zustand der Dichtung am Druckregler zu prüfen und nach dem Abschrauben desselben sind Zustand und Sitz des Schlauches zu kontrollieren.

Wann müssen Behälter- (Flaschen-) Ventile geschlossen werden ?

Flaschenventile müssen geschlossen werden:

- vor längeren Arbeitsunterbrechungen
- nach dem Verbrauch des Flüssiggases
- vor dem Abschrauben des Druckreglers
- bei Störungen

Wie sind «leere» Flüssiggasbehälter zu behandeln ?

Entleerte oder vermeintlich leere Behälter dürfen niemals mit geöffnetem Ventil weggestellt oder gelagert werden, da beim Anstieg der Umgebungstemperatur mit erneutem Flüssiggasaustritt und den damit verbundenen Gefahren zu rechnen ist (vgl. Kapitel «Eigenschaften und Risiken» , S. 15).

Worauf kommt es beim Füllen von Kleinflaschen an ?

Aufgrund der extremen Temperaturabhängigkeit des Volumens von Flüssiggas (in der Flüssigphase) ist dafür zu sorgen, dass über der Flüssigphase immer ein Gaspolster vorhanden ist, d.h. die Behälter dürfen nur bis maximal 85% gefüllt werden. Mit geeigneten Mitteln (z.B. Peilventil, automatische Füllstopper) ist die Grenze des Füllstandes zu überwachen und bei Erreichen derselben ist der Füllvorgang sofort zu unterbrechen.

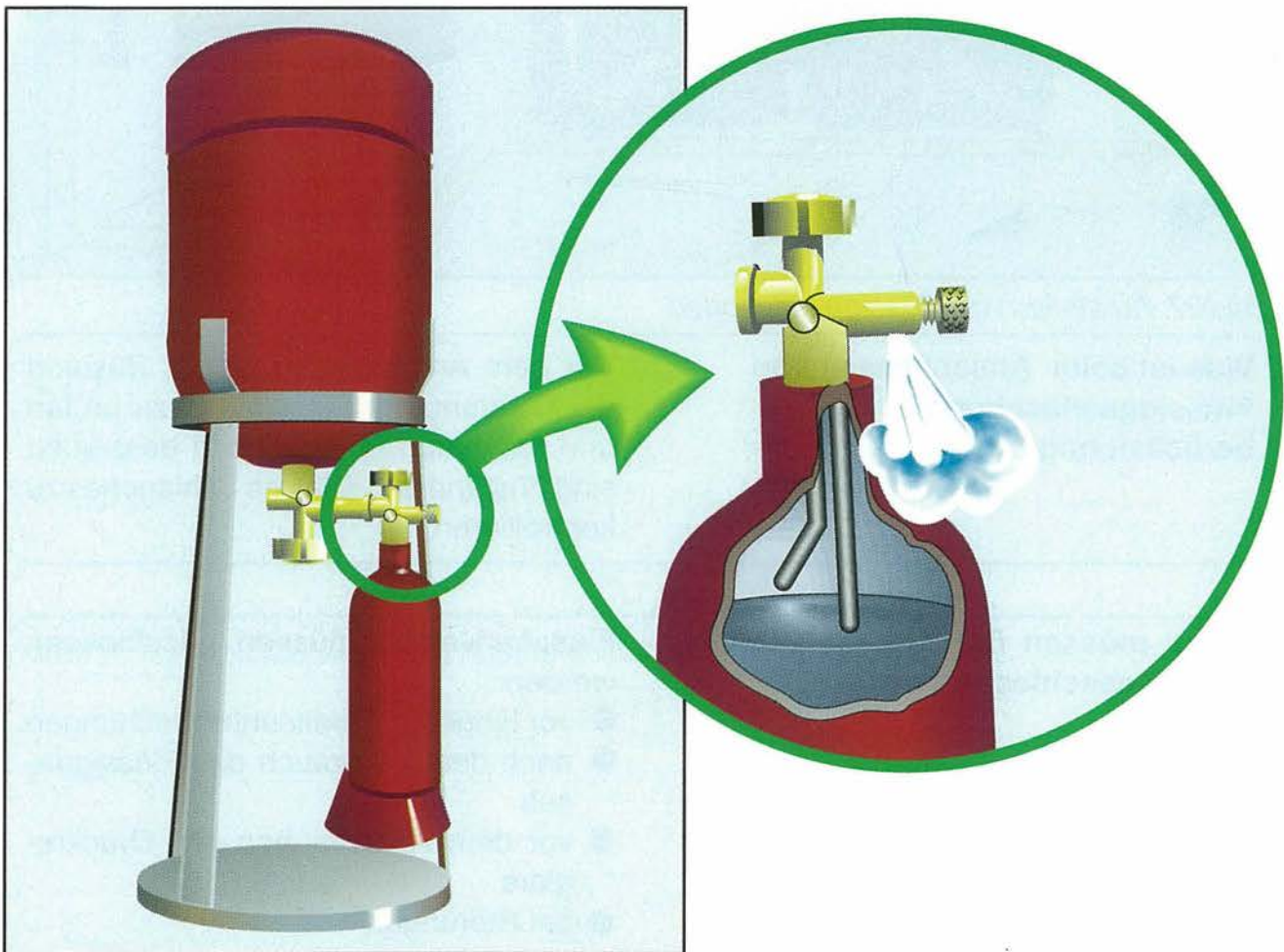


Bild 38: Abfüllen von Flüssiggas in kleine Flaschen

Was ist zum Vermeiden von Vergiftungen beim Einsatz von mobilen Verbrauchseinrichtungen zu unternehmen ?

Auch der Einsatz mobiler Verbrauchseinrichtungen erfordert gut durchlüftete Bereiche bzw. Räume. Das Öffnen der Fenster oder die andersweitige Zufuhr von immer genügend Frischluft bleibt die allerwichtigste Vorkehrung gegen die Vergiftungsgefahr.

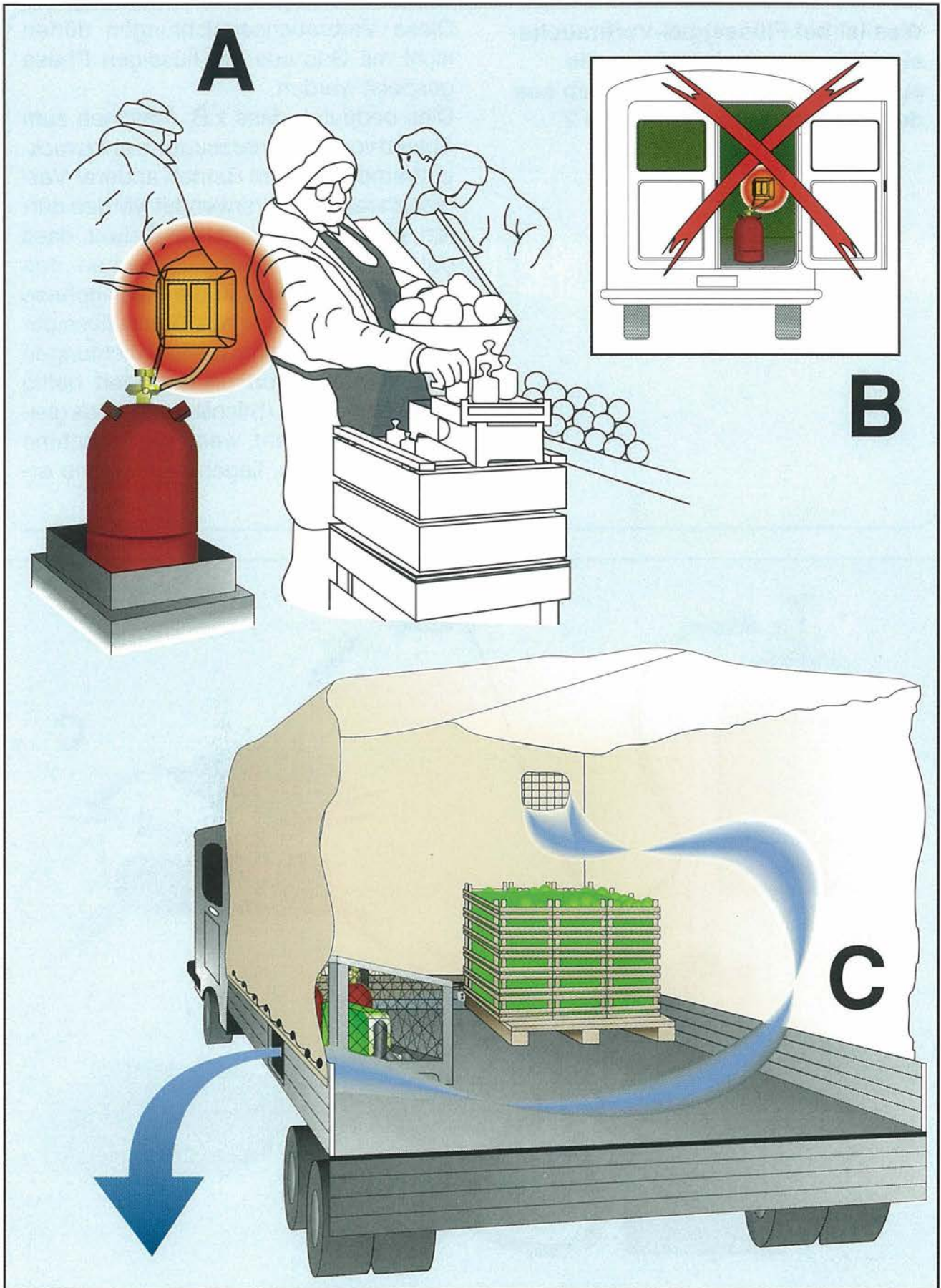
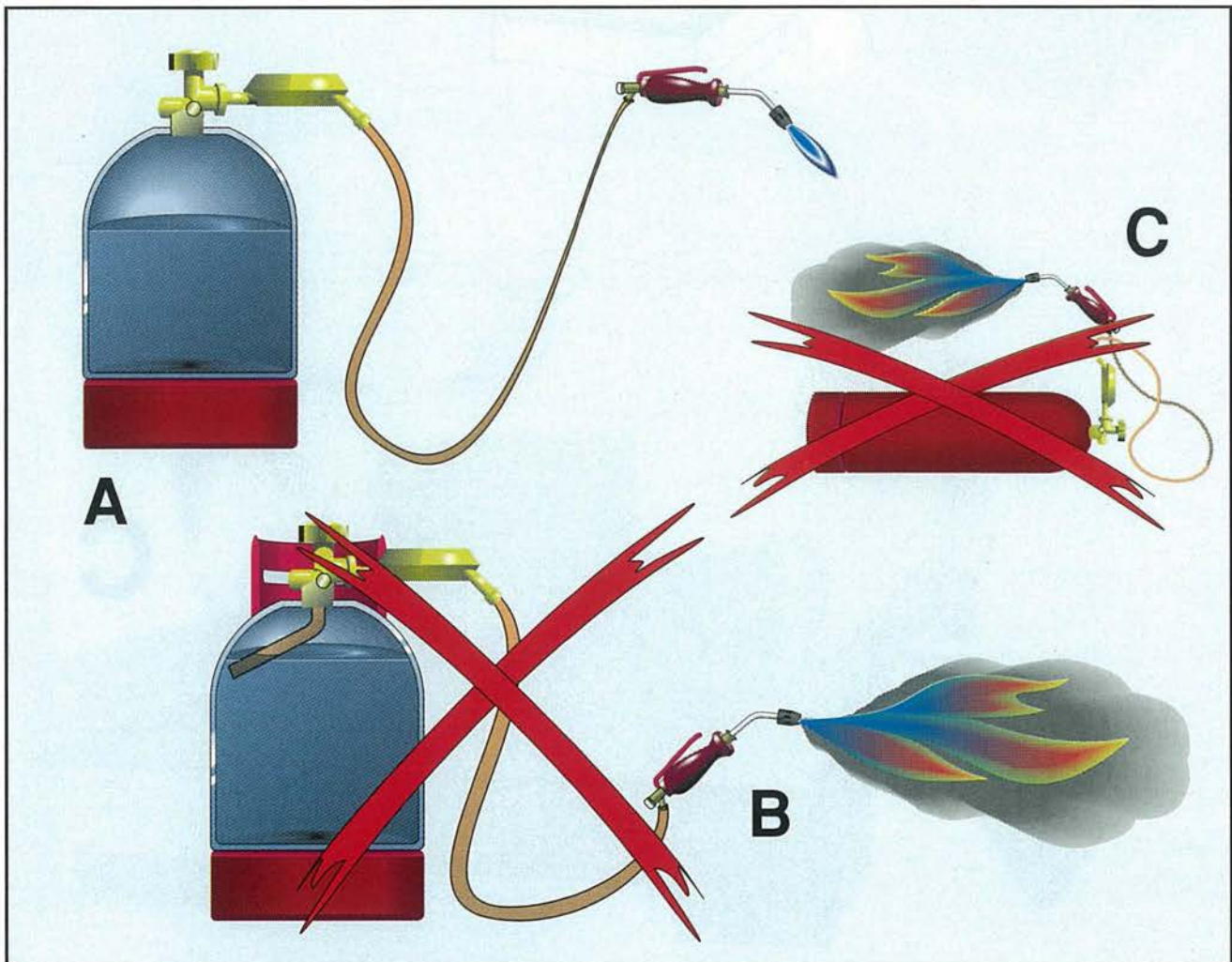


Bild 39: Verwenden von mobilen Verbrauchseinrichtungen
A) im Freien, B) in ungenügend gelüfteten Bereichen,
C) in gelüfteten Bereichen

Was ist bei Flüssiggas-Verbrauchseinrichtungen zu beachten, die ausschliesslich für den Betrieb aus der Gasphase ausgelegt sind ?

Diese Verbrauchseinrichtungen dürfen nicht mit Gas aus der flüssigen Phase gespeist werden.

Dies bedeutet, dass z.B. Flaschen zum Antrieb von Flurförderzeugen nicht zweckentfremdet (für den Betrieb anderer Verbrauchsanlagen) verwendet werden dürfen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass bei stehenden Treibgasflaschen das Entnahmeventilrohr in die Flüssigphase des Gases ragt, so dass Gas in flüssiger Form zu den Verbrauchseinrichtungen gelangen und dort unkontrolliert heftig verbrennen kann (Stichflamme). Das gleiche Risiko besteht, wenn die Entnahme aus einer vollen, liegenden Flasche erfolgt.



*Bild 40: Gefahr durch falsches Verwenden von Flüssiggasflaschen
A) richtiger Einsatz, B) falscher Einsatz: Treibgasflasche zu Brenngas-
zwecken verwendet, C) falscher Einsatz: Volle Flasche liegend verwendet*

Was ist beim Verwenden von Handbrennern zu beachten ?

In Betrieb stehende oder noch heisse Brenner dürfen nicht auf Flüssiggasbehältern bzw. Schläuchen oder in deren unmittelbaren Nähe abgelegt werden. Sie sind z.B. in besondere Aufhängevorrichtungen einzuhängen oder nur auf geeigneten Ablegevorrichtungen aus nicht-brennbaren Materialien abzulegen und zwar so, dass die Flamme auf keine brennbaren Stoffe treffen kann.

Bei grösseren Arbeitsunterbrechungen oder Pausen sind die Brenner in jedem Fall abzustellen.

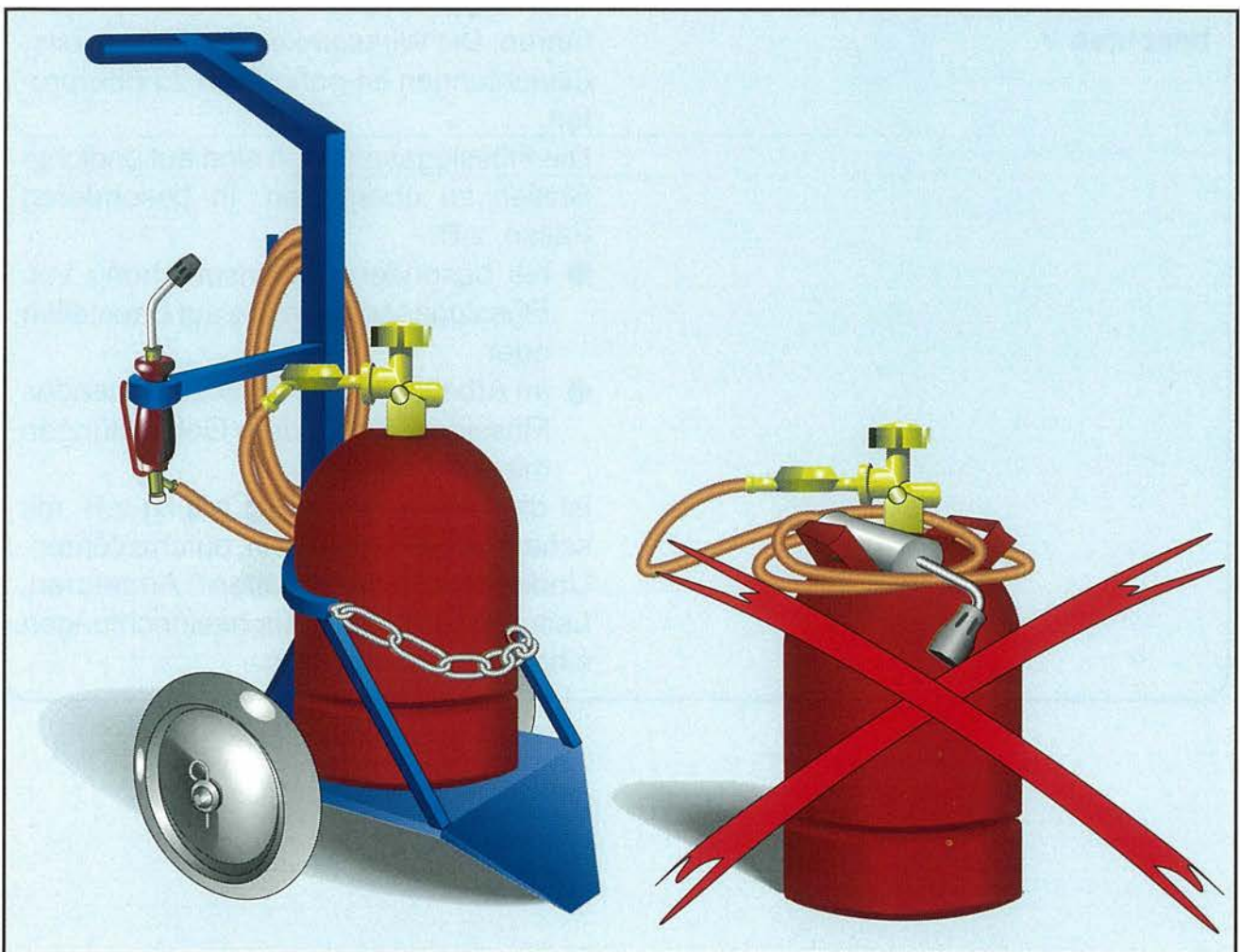


Bild 41: Ablegen von heissen Handbrennern

Die Sicherheitsanweisungen (z.B. auf dem Flaschenkragen) müssen beachtet werden.

Nach jeder Entnahme von Flüssiggas ist das Flaschenventil zu schliessen.

Instandhaltung

Was ist in Bezug auf die Instandhaltung von Flüssiggasanlagen zu beachten ?

Die Instandhaltung der Flüssiggasanlagen ist durch fachkundiges Personal nach den Angaben des Herstellers durchzuführen. Die Wirksamkeit der Sicherheitseinrichtungen ist periodisch zu überprüfen.

Die Flüssiggasanlagen sind auf undichte Stellen zu überprüfen. In besonderen Fällen, z.B.

- bei besonderer Beanspruchung von Flüssiggasanlagen wie auf Baustellen oder
- an Arbeitsplätzen, wo ausströmendes Flüssiggas besondere Gefährdungen mit sich bringt,

ist die Dichtheitsprüfung häufig z.B. mit schaubildenden Mitteln, durchzuführen. Undichtheiten an Behältern, Armaturen, Leitungen und Verbrauchseinrichtungen sind sofort zu beheben.

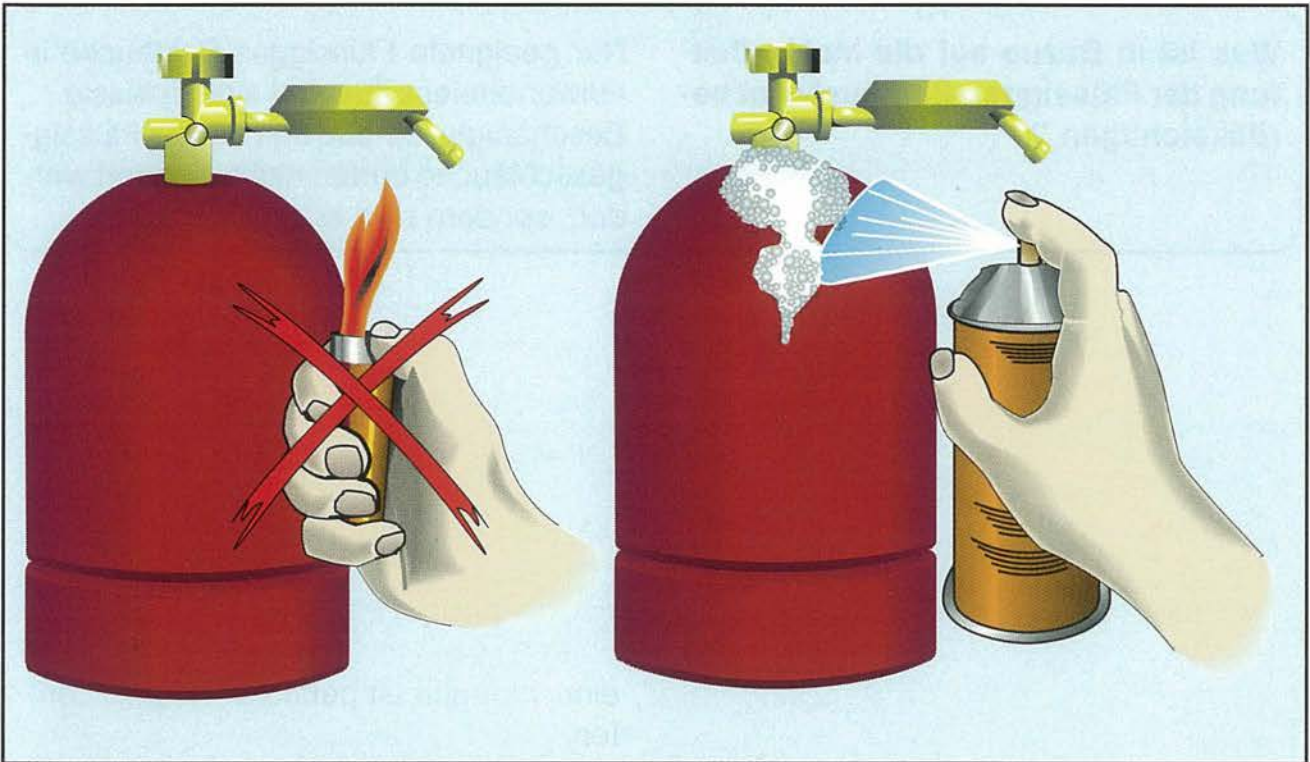


Bild 42: Dichtheitsprüfung an Flüssiggasanlagen

Was ist bei Unterhaltsarbeiten im Bereich von Flüssiggasanlagen zu beachten?

Für die Durchführung von Unterhaltsarbeiten wie Schweißen oder Schleifen in explosions- und brandgefährdeten Bereichen sind die erforderlichen besonderen Schutzmassnahmen zu treffen.



Bild 43: Besondere Schutzmassnahmen beim Schweißen in explosions- und brandgefährdeten Bereichen

Was ist in Bezug auf die Instandhaltung der Flüssiggas-Schläuche zu berücksichtigen ?

Nur geeignete Flüssiggas-Schläuche in einwandfreiem Zustand sind zulässig. Beschädigte, spröde und rissige Flüssiggasschläuche dürfen nicht repariert werden, sondern sind auszuwechseln.

Massnahmen bei Flüssiggasaustritt mit oder ohne Brand

Welche Massnahmen sind für den Brandfall vorzukehren ?

Zum Löschen von Bränden sind Vorkehrungen zu treffen. Flüssiggasanlagen bei denen mit dem Entstehen von Bränden zu rechnen ist, sind mit geeigneten Feuerlöscheinrichtungen auszurüsten. Die Feuerlöscheinrichtungen und Brandschutzanlagen (bzw. deren Auslösevorrichtungen) sind an geeigneter Stelle und so anzubringen, dass sie im Gefahrenfall sicher erreicht bzw. bedient werden können.

Was ist bei Flüssiggasaustritt ohne Brand zu unternehmen?

Als Sofortmassnahmen bei Flüssiggasaustritt ohne Brand sind zu veranlassen:

- Schliessen der Absperrarmaturen um den Gasaustritt zu unterbinden und
- Vermeiden von Zündquellen jeglicher Art. Keine elektrischen Schalter und dergleichen betätigen, gegebenenfalls - wenn sie ausserhalb des Gefahrenbereiches liegen - die elektrischen Hauptschalter betätigen und/oder die elektrischen Hauptsicherungen entfernen.

Offenes Feuer löschen, nicht rauchen. Bei Flüssiggasaustritt im Freien sind die Gefahrenbereiche weiträumig abzusperren und die Wehrdienste sowie Spezialisten zu alarmieren. Bei Flüssiggasaustritt in Räumen ist für eine wirksame Lüftung zu sorgen. Undichte Flaschen sind aus den Räumen zu entfernen und an einen sicheren Ort im Freien zu bringen.

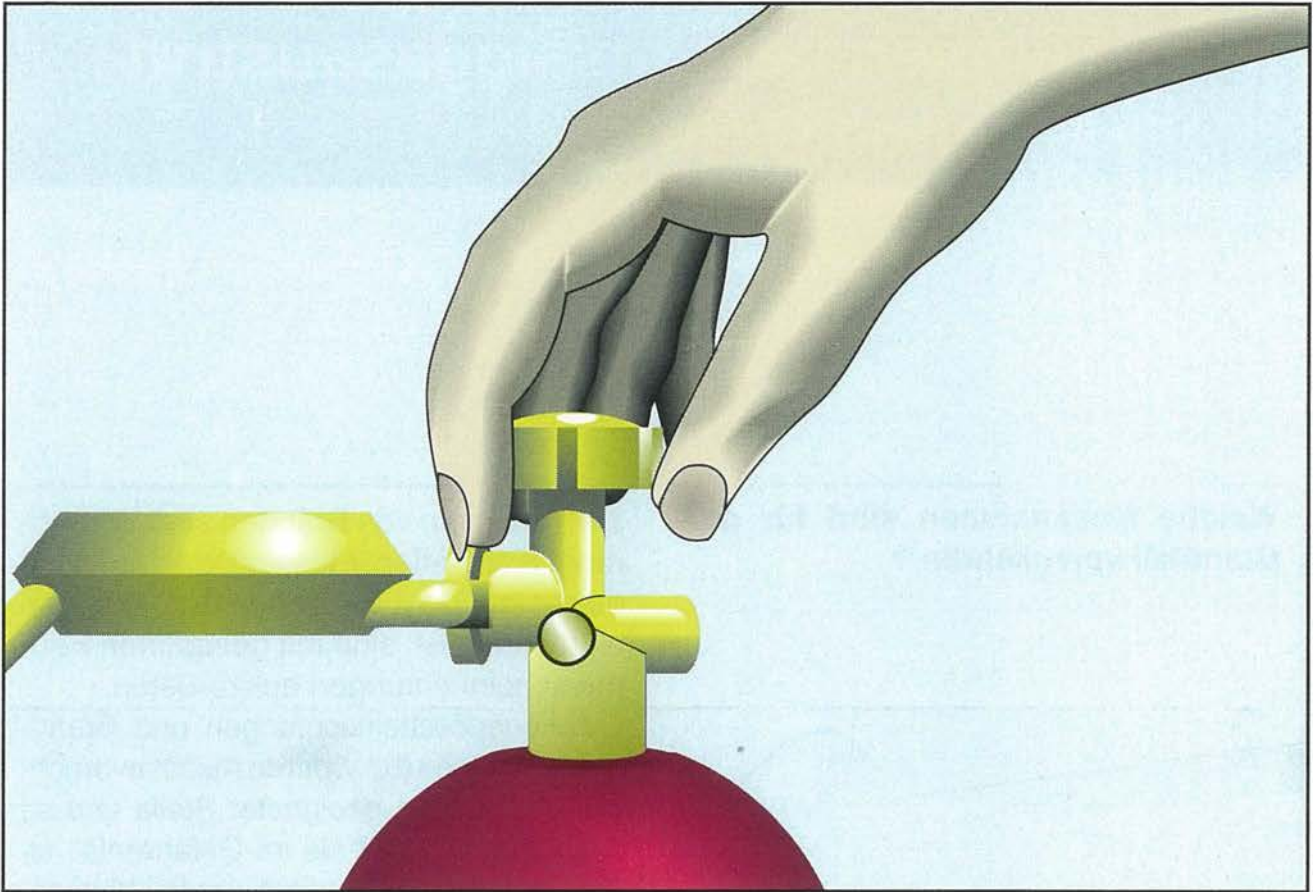


Bild 44: Schliessen der Absperrarmaturen bei Gasaustritt



Bild 45: Vermeiden von Zündquellen bei Gasaustritt

Was ist bei einem Gasaustritt mit Brand an der Flüssiggasanlage zu unternehmen?

Als Sofortmassnahme bei einem Gasaustritt mit Brand an der Flüssiggasanlage ist zu veranlassen, dass alle zugänglichen Absperrarmaturen geschlossen werden und dadurch die Gaszufuhr unterbrochen wird.

Ortsfeste Behälter und durch Brandeinwirkung gefährdete Objekte sind mit Wasser zu kühlen.

Brennende Flaschen, deren Ventile sich nicht mehr schliessen lassen, und/oder Reserveflaschen - wenn möglich - an einen sicheren Ort im Freien bringen. Wehrdienste und Spezialisten alarmieren.

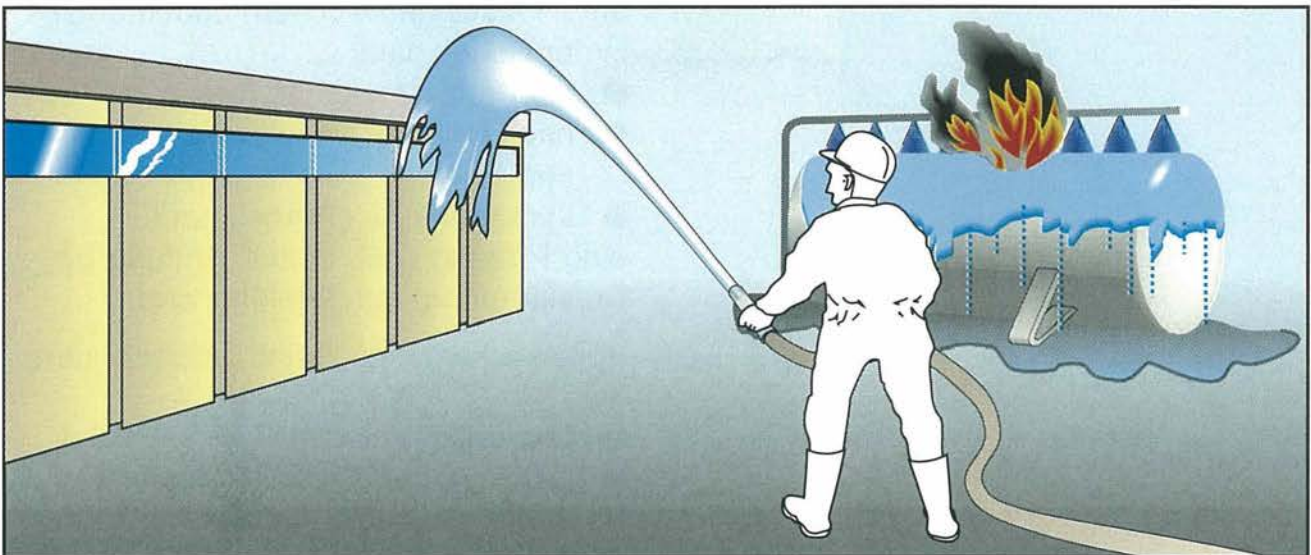


Bild 46: Kühlen von Behältern und gefährdeten Objekten bei Brandeinwirkung

Brennendes Flüssiggas an der Austrittsstelle nur löschen, wenn die Leckstelle abgedichtet werden kann (Vermeiden der Explosionsgefahr).

Welche Massnahmen sind zu treffen bei einem Brand im benachbarten Bereich von Flüssiggasanlagen ?

- Ortsfeste Behälter und Anlagen kühlen (z.B. mit stationärer Berieselungseinrichtung oder Wasserwerfer),
- Gasflaschen aus dem Gefahrenbereich entfernen oder, falls dies nicht möglich ist, kühlen,
- Alarmieren,
- Brand im benachbarten Bereich der Flüssiggasanlage löschen.

Prüfung von Flüssiggasanlagen

Wann müssen Flüssiggasanlagen geprüft werden ?

Flüssiggasanlagen sind entsprechend den **nationalen** Vorschriften zu prüfen.

Für Versorgungsanlagen (ortsfeste Behälter und deren Ausrüstungsteile, wie auch Flüssiggasflaschen) bedeutet dies in der Regel, dass

- vor der Erstinbetriebnahme,
- nach Instandsetzungsarbeiten und
- in regelmässigen Abständen eine Prüfung (z.B. innere Prüfung bzw. Druckprüfung) durchgeführt wird.

Verbrauchsanlagen sind insbesondere auf

- Dichtheit,
- ordnungsgemässe Beschaffenheit und
- Funktion zu prüfen.

Schriftenreihe IVSS

IVSS

Sektion für die chemische Industrie
Arbeitsgruppe «Explosionsschutz»:

Liste der Vorschriften über Explosionsschutz (dt.)
(1987)

Schutz vor Staubexplosionen(dt./engl./fr./it./span.)
(1987)

Schutz vor Explosionen durch brennbare Gase, Dämpfe oder
Nebel im Gemisch mit Luft (dt./engl./fr./it.)
(1988)

Dokumentation Flüssiggas (dt.)
(1988)

Sicherheit von Flüssiggasanlagen (Propan und Butan) (dt./engl./fr./it.)
(1992)

Bestelladresse: IVSS Sektion Chemie
Postfach 10 14 80
D-6900 Heidelberg, Deutschland

IVSS

Sektion Maschinenschutz
Arbeitskreis «Staubexplosionen»:

Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten

- Vorbeugende und konstruktive Schutzmassnahmen (dt./engl./fr.)
(1987)
- Beispielsammlung (dt./engl./fr.)
(1990)

Explosionsunterdrückung (dt./engl./fr.)
(1990)

Bestelladresse: IVSS Sektion Maschinenschutz
Dynamostrasse 7-9
D-6800 Mannheim1, Deutschland

**MINDESTENS EINE DIESER ARBEITSSCHUTZSEKTIONEN DER IVSS
ENTSPRICHT AUCH IHREM EIGENEN FACHBEREICH: ZÖGERN SIE NICHT,
MIT IHR KONTAKT AUFZUNEHMEN**



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für die LANDWIRTSCHAFT
Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften
Weissensteinstrasse 72
D-3500 KASSEL-WILHEIMSHÖHE
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für die CHEMISCHE INDUSTRIE
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
Postfach 10 14 80
D-6900 HEIDELBERG 1
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für den HOCH- UND TIEFBAU
Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBTB)
Tour Amboise
204, Rond-Point du Pont-de-Sèvres
F-925 16 BOULOGNE-BILLANCOURT
Frankreich



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für ELEKTRIZITÄZ
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektronik
Gustav Heinemann Ufer 130
D-5000 KÖLN 51
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für INFORMATION
Arbetarskyddsämnden
Sveavägen 21
Box 3208
S-103 64 STOCKHOLM
Schweden



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für die EISEN UND METALLINDUSTRIE
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
Adalbert-Stifter-strasse 65
A-1200 WIEN XX
Österreich



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für MASCHINENSCHUTZ
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten
Dynamostr. 7-9
D-6800 MANNHEIM 1
Deutschland



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für den BERGBAU
OKD - Rozvoj a projektování
(Steinkohlegruben von Ostrava - Karviná Entwicklung und Projektierung)
Havlickovo nábr. 38
CS-730 16 OSTRAVA 1
Tschechoslowakei



INTERNATIONALE SEKTION DER IVSS für FORSCHUNG
Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)
30, rue Olivier - Noyer
F-75680 PARIS CEDEX 14
Frankreich

ARBEITSGRUPPE DER IVSS für PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
Torrelaguna 73
E - MADRID 27
SPANIEN