



# CODE OF PRACTICE ACETYLEN

IGC Doc 123/04/D

Ersetzt frühere Dokumente 3/92, Doc 9/78, Doc 19/84 and Doc 22/87

**EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION**

Avenue des Arts 3-5 • B-1210 BRUSSELS  
Tel: +32 2 217 70 98 • Fax: +32 2 219 85 14  
E-mail: [info@eiga.org](mailto:info@eiga.org) • Internet: <http://www.eiga.org>

**INDUSTRIEGASEVERBAND e.V.**

Komödienstr. 48 • D-50667 KÖLN  
Tel: +49 221 9125750 • Fax: +49 221 91257515  
E-mail: [Kontakt@Industriegaseverband.de](mailto:Kontakt@Industriegaseverband.de)  
Internet: [www.Industriegaseverband.de](http://www.Industriegaseverband.de)



# CODE OF PRACTICE FÜR ACETYLEN

## ANLEITUNG ZUM SICHEREN UMGANG MIT ACETYLEN

Übersetzung des EIGA-IGC-Dokumentes 123/04/E (Code of Practice Acetylene (CPA))

Hinweis: Aus dem englischen Text für den deutschen Nutzer nicht klar ersichtliche Inhalte wurden fachlich ergänzt.

### Stichwörter

- ACETYLEN
- CALCIUMCARBID
- ROHRLEITUNGSSYSTEM
- SICHERHEIT
- LAGERUNG

Dieses Dokument ist die deutsche Übersetzung des Original-EIGA-Dokumentes IGC 123/04/E (in englischer Sprache), die mit Erlaubnis der EIGA erstellt wurde.

Sollte der Text der deutschen Übersetzung teilweise unklar sein, so gilt in jedem Fall verbindlich der englischsprachige Text des EIGA-Originaldokumentes.

Die Informationen, die vom IGV herausgegeben werden, wurden mit größter Sorgfalt auf Basis der zur Zeit der Herausgabe vorhandenen Kenntnisse zusammengestellt. Der IGV schließt sich voll inhaltlich den nachfolgenden Haftungsausschlussklauseln der EIGA an.

### Haftungsausschlussklauseln

Alle technischen Veröffentlichungen der EIGA oder im Namen der EIGA einschließlich Verfahrensbestimmungen, Sicherheitsvorschriften und aller sonstigen technischen Informationen, die in den Veröffentlichungen enthalten sind, stammen aus Quellen, die als zuverlässig betrachtet werden, und basieren auf technischen Informationen und Erfahrungen, die zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung von EIGA-Mitgliedern und anderen erhältlich waren.

Zwar empfiehlt die EIGA ihren Mitgliedern die Bezugnahme auf ihre Veröffentlichungen oder deren Verwendung, aber die Bezugnahme auf EIGA-Veröffentlichungen oder deren Verwendung durch EIGA-Mitglieder oder durch Dritte ist rein freiwillig und nicht bindend..

Daher übernehmen die EIGA und ihre Mitglieder keine Garantie für die Ergebnisse, und sie übernehmen keine Haftung oder Verantwortung hinsichtlich der Bezugnahme auf Informationen oder Vorschläge, die in Veröffentlichungen der EIGA enthalten sind, oder deren Verwendung.

Die EIGA hat keinerlei Kontrolle über die Tauglichkeit oder Untauglichkeit, Fehldeutungen, korrekte oder falsche Verwendung von in EIGA-Veröffentlichungen enthaltenen Informationen oder Vorschlägen durch Personen oder Instanzen (einschließlich EIGA-Mitgliedern), und die EIGA schließt ausdrücklich jegliche Haftung in diesem Zusammenhang aus.

EIGA-Veröffentlichungen werden regelmäßig überarbeitet, und den Anwendern wird dringend empfohlen, sich stets die neueste Ausgabe zu beschaffen.



**Inhaltsverzeichnis**

1	Vorwort.....	1
2	Geltungsbereich.....	1
3	Definitionen und Bestimmungen.....	1
3.1	Allgemeine Definitionen.....	1
3.2	Spezifische Definitionen (wegen der Zugehörigkeit sind nicht alle Definitionen in der alphabetischen Reihenfolge aufgeführt, z. B. Detonation - Explosion).....	2
3.3	Europäische und internationale Bestimmungen.....	4
4	Allgemeines.....	5
4.1	Schulung der Mitarbeiter.....	5
4.2	Durchführung von Änderungen.....	5
5	Acetylen-Eigenschaften.....	6
5.1	Physikalische und chemische Eigenschaften.....	6
5.2	Physiobiologische Eigenschaften.....	6
5.3	Tabellen von Acetylen-Eigenschaften.....	7
5.4	Acetylenzerfall.....	8
5.5	Polymerisation.....	9
5.6	Flüssiges Acetylen.....	9
5.7	Acetylenhydrat.....	10
5.8	Acetylide.....	10
5.9	Adiabatische Verdichtung.....	10
6	Komponenten von Acetylenanlagen.....	11
6.1	Konstruktionserwägungen.....	11
6.2	Konstruktionswerkstoffe.....	11
6.3	Reinigung.....	12
6.4	Ventile, Ausrüstungsteile, Druckregler, Schläuche und Sicherheitseinrichtungen.....	13
6.4.1	Druckregler.....	13
6.4.2	Hochdruckschlauchleitungen.....	13
6.4.3	Druckentlastungseinrichtungen.....	13
6.4.4	Flammensperren.....	13
6.4.5	Druckaufnehmer und Anzeigegerät.....	13
6.4.6	Ventile und Rohrleitungsverbindungen.....	14
6.5	Bedienungsvorschriften, Wartung und Instandhaltung.....	14
6.6	Reinigung, Wartung, Instandhaltung und Reparatur.....	14
6.6.1	Allgemeines.....	14
6.6.2	Wiederinbetriebnahme.....	16
7	Sicherheitsanforderungen für die Anlage.....	16
7.1	Gelände und Gebäude.....	16
7.1.1	Lage der Anlage.....	16
7.1.2	Planung und Ausstattung der Anlagen und Gebäude.....	17
7.1.3	Sicherheits- und Schutzabstände.....	18
7.2	Explosionsschutz.....	19
7.2.1	Anforderungen für Belüftung / Gasdetektion.....	19
7.2.2	Anforderungen an die Ausrüstung.....	20
7.2.3	Einsatz von Gabelstaplern.....	20
7.3	Brandschutzsysteme.....	20
7.3.1	Feuerlöscher.....	20
7.3.2	Notberieselungsanlage.....	21
7.4	Lagerung – allgemeine Anforderungen.....	23
7.4.1	Lagerung des Calciumcarbids.....	23
7.4.2	Lagerung von Lösemitteln.....	24
7.4.3	Aceton.....	24
7.4.4	Dimethylformamide, DMF.....	25

7.4.5	Flaschenlagerung.....	25
7.4.6	Lagerung von Chemikalien.....	26
7.5	Umweltschutzanforderungen.....	26
8	Produktion.....	26
8.1	Acetylenentwickler.....	26
8.1.1	Herstellungsmethode.....	26
8.1.2	Entwicklereinteilung.....	26
8.1.3	Anforderungen und Empfehlungen.....	27
8.2	Gasometer.....	28
8.2.1	Allgemeines.....	28
8.2.2	Anforderungen.....	28
8.3	Gaspuffer.....	29
8.3.1	Allgemeines.....	29
8.3.2	Anforderungen.....	29
8.4	Reinigung und Trocknung.....	29
8.4.1	Quellen für Verunreinigungen.....	29
8.4.2	Ausrüstungen zur Entfernung von Verunreinigungen.....	31
8.4.3	Anforderungen.....	33
8.5	Handhabung und Speicherung von Carbidkalk.....	33
8.5.1	Allgemeines.....	33
8.5.2	Carbidschlammaufbereitung und Handhabung.....	33
8.5.3	Transport.....	34
8.5.4	Anforderungen.....	34
9	Flaschen und Armaturen.....	35
9.1	Konstruktion von Acetylenflaschen.....	35
9.2	Konstruktion von Acetylenflaschenbündeln.....	35
9.3	Acetylene cylinder trailer design.....	35
9.4	Poröse Massen und Lösemittel.....	36
9.5	Füllbedingungen.....	36
9.6	Instandhaltung und wiederkehrende Prüfung.....	36
9.7	Entsorgung von Acetylenflaschen.....	37
9.8	Acetylenflaschenventile.....	37
9.9	Acetylenflaschenzubehör.....	37
9.10	Acetylenflaschenkennzeichnung.....	37
10	Füllung.....	38
10.1	Verdichtung/Verdichter.....	38
10.1.1	Auslegungsgrundlagen.....	38
10.1.2	Ausrüstung.....	38
10.1.3	Betrieb von Acetylenverdichtern.....	39
10.2	Acetylen – Kühler, -Trockner und Reiniger.....	40
10.2.1	Auslegungsgrundlagen.....	40
10.2.2	Ausrüstung.....	40
10.2.3	Auslegung und Prüfung.....	41
10.2.4	Betrieb und Wartung.....	41
10.2.5	Regenerierung von Trocknungsmitteln.....	42
10.3	Auffüllen von Lösemitteln.....	43
10.3.1	Inspektion vor dem Auffüllen von Acetylenflaschen.....	43
10.3.2	Inspektion vor dem Auffüllen von Acetylenbündeln und Batterieanlagen.....	43
10.3.3	Warum ist ein Wiederauffüllen notwendig?.....	44
10.3.4	Verlust an Lösemitteln.....	44
10.3.5	Grundsätze zum Wiederauffüllen.....	45
10.3.6	Verfahrensweise bei der Lösemittelbefüllung.....	46
10.3.7	Ausrüstung und Lösemittelbeschaffenheit.....	47
10.4	Befüllen der Acetylenflaschen mit Acetylen.....	49
10.4.1	Allgemeines.....	49
10.4.2	Kühlung der Flaschen.....	49
10.4.3	Weitere Empfehlungen.....	49

10.4.4	Kontrolle nach dem Füllen mit Acetylen .....	50
10.5	Füllstände und Rohrleitungssystem - Konstruktionsanleitung .....	50
10.5.1	Allgemeines .....	50
10.5.2	Flammensperren .....	51
10.5.3	Manometer .....	53
10.5.4	Schläuche .....	54
10.5.5	Rückschlagventile .....	54
11	Rohrleitungen .....	54
11.1	Arbeitsbereiche .....	54
11.1.1	Grenzdruck für Deflagration und Detonation .....	54
11.1.2	Definition der Arbeitsbereiche .....	54
11.1.3	Methoden zur Bestimmung der Arbeitsbereiche .....	55
11.2	Einteilung in Arbeitsbereiche .....	56
11.3	Werkstoffe .....	56
11.3.1	Empfohlene Werkstoffe .....	56
11.3.2	Nicht erlaubte oder nur unter bestimmten Bedingungen verwendbare Werkstoffe .....	57
11.3.3	Anforderungen an Rohrleitungen .....	57
11.4	Wandstärke .....	57
11.4.1	Allgemeines .....	57
11.4.2	Rohrleitungen im Arbeitsbereich I .....	58
11.4.3	Rohrleitungen im Arbeitsbereich II .....	58
11.4.4	Rohrleitungen für den Arbeitsbereich III .....	59
11.5	Verbindungen .....	60
11.6	Ventile und Dichtungen .....	60
11.7	Druckprüfungen .....	61
11.7.1	Allgemeines .....	61
11.7.2	Prüfdrücke .....	62
11.7.3	Dichtheitsprüfung .....	62
11.8	Abmessungen und Ausführung .....	62
11.8.1	Herstellung .....	62
11.8.2	Ausrüstung .....	63
11.8.3	Betrieb .....	65
12	Versorgungseinrichtungen .....	66
12.1	Einzelflaschenversorgungseinrichtungen .....	66
12.1.1	Definitionen .....	66
12.1.2	Allgemeines .....	67
12.1.3	Ausrüstung .....	67
12.1.4	Aufstellung .....	67
12.1.5	Betrieb .....	68
12.1.6	Instandhaltung .....	68
12.2	Batterieversorgungsanlagen .....	69
12.2.1	Definitionen .....	69
12.2.2	Allgemeines .....	69
12.2.3	Ausrüstung .....	70
12.2.4	Aufstellung .....	71
12.2.5	Betrieb .....	73
12.2.6	Instandhaltung .....	74
12.3	Lagerung und Handhabung .....	75
12.3.1	Lagerung von Acetylenflaschen .....	75
12.3.2	Lagerung im Freien .....	76
12.3.3	Handhabung .....	76
12.3.4	Binnenbeförderung .....	77
13	Verhalten gegenüber Gefahren .....	78
13.1	Maßnahmen gegen Gefahren beim Transport und bei der Lagerung von Calciumcarbid .....	78
13.1.1	Heiße Calciumcarbidfässer und -container .....	78
13.1.2	Spülen voller Calciumcarbidfässer .....	78
13.1.3	Gefahrenmaßnahmen bei heißen Carbidgroßcontainern .....	79

---

13.1.4	Verschüttetes Carbid.....	79
13.1.5	Carbidfeuer.....	80
13.2	Verschütteter Carbidschlamm.....	81
13.3	Die Feuerbekämpfung in Acetylenanlagen.....	82
13.3.1	Allgemeine Anforderungen.....	82
13.3.2	Feuerlösch-Ausrüstung.....	82
13.3.3	Feuerlöschtechnik.....	83
13.3.4	Heiße Acetylenflaschen.....	83
14	Normen, Anleitungen und Richtlinien, auf die in diesem Dokument Bezug genommen wird....	86

## 1 Vorwort

Diese Veröffentlichung vom Europäischen Industriegaseverband (EIGA) stellt das Fachwissen und die Erfordernisse für die Harmonisierung zur Sicherheit bei der Produktion, der Abfüllung und Handhabung des Acetylens dar.

Das Dokument beinhaltet das zusammengefasste Fachwissen der Acetylenexperten innerhalb der europäischen Gasindustrie.

## 2 Geltungsbereich

Das Dokument umfasst die Grundanforderungen für die Sicherheit, die korrekte Errichtung und Instandhaltung einer Acetylenanlage. Es bezieht sich nicht auf Einzelheiten der Gestaltung und Auslegung einer Acetylenanlage. Die Inhalte sind nicht dafür vorgesehen, vorhandene Hersteller- und Betreiberinstruktionen zu ersetzen, sondern sollen in Verbindung mit diesen genutzt werden.

Dieser Standard gilt für Anlagen, die sich mit der Acetylenherzeugung aus Calciumcarbid, der Verdichtung und Abfüllung des Acetylens in Acetylenflaschen befassen.

Eine vorhandene Anlage, welche nicht exakt mit den Bestimmungen dieses Standards übereinstimmt, kann weiterhin betrieben werden, wenn sie dabei kein unakzeptables Risiko für Leben und Gesundheit und angrenzende Einrichtungen darstellt.

## 3 Definitionen und Bestimmungen

### 3.1 Allgemeine Definitionen

#### **müssen**

Modalverb, mit dem eine unbedingt zu befolgende Anforderung angezeigt wird.

#### **nicht dürfen**

Modalverb, mit dem ein Verbot angezeigt wird.

#### **sollen**

Modalverb, mit dem eine bevorzugte Vorgehensweise angezeigt wird.

#### **nicht sollen**

Modalverb, mit dem eine unerwünschte Vorgehensweise angezeigt wird.

#### **dürfen**

Modalverb, mit dem eine zulässige Vorgehensweise angezeigt wird.

#### **nicht brauchen**

Modalverb, mit dem eine nicht erforderliche Vorgehensweise angezeigt wird.

#### **können**

Modalverb, mit dem eine mögliche Vorgehensweise angezeigt wird.

#### **nicht können**

Modalverb, mit dem eine nicht mögliche Vorgehensweise angezeigt wird.

### 3.2 Spezifische Definitionen (wegen der Zugehörigkeit sind nicht alle Definitionen in der alphabetischen Reihenfolge aufgeführt, z. B. Detonation - Explosion)

#### **Acetylenflaschenbündel**

System aus normalerweise nicht mehr als 16 Flaschen, die aneinander befestigt und durch eine Leitung auf der Hochdruckseite miteinander verbunden sind und das als unlösbare Einheit transportiert wird.

#### **Acetylenanlage**

Anlage, in der Acetylen aus Calciumcarbid hergestellt oder in Acetylenflaschen gefüllt wird.

#### **-Acetylenentwickler**

Anlage, in der Acetylen aus Calciumcarbid hergestellt wird.

#### **-Acetyलगasspeicher**

Einrichtung für die separate Speicherung von Acetylen.

#### **-Acetylenkühler**

Einrichtung für die Senkung der Temperatur des die Einrichtung durchströmenden Acetylens.

#### **-Acetylentrockner**

Einrichtung für die Verminderung des Wasserdampfgehaltes des die Einrichtung durchströmenden Acetylens.

#### **-Acetylenreiniger**

Einrichtung für die Verminderung von Verunreinigungen des die Einrichtung durchströmenden Acetylens.

#### **-Acetylenverdichter**

Einrichtung zur Verdichtung von Acetylen auf einen maximalen Druck von 25 bar (26 bar abs).

#### **-Acetylenfüllanlage**

Anlage, in der Acetylen in Acetylenflaschen gefüllt wird.

#### **Batterieanlage**

System von zwei oder mehr Flaschen, die auf der Hochdruckseite für die gemeinsame Gasentnahme zusammengeschlossen sind.

#### **Batteriefahrzeug**

System von mehreren Flaschen oder Flaschenbündeln, die auf der Hochdruckseite für die gemeinsame Gasentnahme zusammengeschlossen und permanent an einem Fahrzeug befestigt sind.

#### **Deflagration**

Explosion, bei der sich die chemische Reaktion mit Unterschallgeschwindigkeit ausbreitet.

#### **Detonation**

Explosion, bei der sich die chemische Reaktion mit Überschallgeschwindigkeit ausbreitet und die durch eine Schockwelle charakterisiert ist.

**Explosion**

Abrupte Oxidations- und Zerfallsreaktion, die einen Anstieg von Temperatur oder Druck oder von beiden gleichzeitig bewirkt.

**Druckeinheiten**

Zum einfacheren Lesen verwendet dieses Dokument bar als Druckeinheit (1 bar = 0,1 MPa = 10 hPa), obwohl es keine SI-Einheit ist. Falls nicht anders angegeben, wird der Druck als Überdruck angegeben (entspricht der Manometeranzeige).

**Druckbereich**

Acetylenanlagen werden in die folgenden Druckbereiche unterteilt:

**-Niederdruck**

Druck von nicht mehr als 0,2 bar

**-Mitteldruck**

Druck von mehr als 0,2 bar (aber nicht mehr als 1,5 bar)

**-Hochdruck**

Druck von mehr als 1,5 bar (aber nicht mehr als 25 bar).

**Restgas**

In Verbindung mit Tara A oder Tara F: Der gesamte Acetylengehalt in einer Acetylenflasche, die zur Befüllung zurückgesandt wurde.

In Verbindung mit Tara S: Der gesamte Acetylengehalt in einer Acetylenflasche, die zur Befüllung zurückgesandt wurde, abzüglich Sättigungsgas.

**Sättigungsgas**

Die Menge Acetylen, die benötigt wird, um das Lösemittel bei Atmosphärendruck und 15 ° C zu sättigen.

**Lösemittelergänzung**

Verfahren für die Befüllung von Acetylenflaschen mit Lösemittel bis zum festgelegten Lösemittelgehalt.

**Taragewicht****Tara A**

Summe der Gewichte des leeren Flaschenmantels, der porösen Masse, des festgelegten Lösungsmittelgehaltes, des Ventils und aller anderen Teile, die permanent mit der Flasche verbunden sind (z. B. durch Klemmen oder Bolzenbefestigung).

**Tara S**

Tara A plus Gewicht des Sättigungsgrades.

**Tara F**

Tara A minus Gewicht des Lösemittels.

**Tara BA<sub>max</sub>**

Summe der Tara A der Acetylenflaschen in einem Bündel, gefüllt mit dem maximalen Lösemittelgehalt, des Gewichts des Rahmengestells und aller Ausrüstungsteile.

**Tara BS<sub>max</sub>**

Summe der Tara S der Acetylenflaschen in einem Bündel, gefüllt mit dem maximalen Lösemittelgehalt, des Gewichts des Rahmengerüsts und aller Ausrüstungsteile.

**Tara BA<sub>min</sub>**

Summe der Tara A der Acetylenflaschen in einem Bündel, gefüllt mit dem minimalen Lösemittelgehalt des Gewichts des Rahmengerüsts und aller Ausrüstungsteile.

**Tara BS<sub>min</sub>**

Summe der Tara S der Acetylenflaschen in einem Bündel, gefüllt mit dem minimalen Lösemittelgehalt des Gewichts des Rahmengerüsts und aller Ausrüstungsteile.

**Tara BF**

Summe der Tara F der Acetylenflaschen in einem Bündel, des Gewichts des Rahmengerüsts und aller Ausrüstungsteile.

**3.3 Europäische und internationale Bestimmungen****Richtlinie 2001/2/EG**

Richtlinie 2001/2/EG der Kommission vom 4. Januar 2001 zur Anpassung der Richtlinie 1999/36/EG des Rates über ortsbewegliche Druckgeräte an den technischen Fortschritt.

**Richtlinie 1999/92/EG**

Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können.

**Richtlinie 1999/36/EG (TPED)**

Richtlinie 1999/36/EG des Rates vom 29. April 1999 über ortsbewegliche Druckgeräte.

**Richtlinie 98/37/EG**

Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen.

**Richtlinie 97/23/EG (PED)**

Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte.

**Richtlinie 96/49/EG**

Richtlinie 96/49/EG des Rates vom 23. Juli 1996 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für die Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter.

**Richtlinie 94/55/EG**

Richtlinie 94/55/EG des Rates vom 21. November 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für den Gefahrguttransport auf der Straße.

**Richtlinie 94/9/EG (ATEX)**

Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.

**ADR**

Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße.

**RID**

Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter.

**UN Orange Book**

Empfehlungen für den Transport gefährlicher Güter.

**4 Allgemeines****4.1 Schulung der Mitarbeiter**

Alle Mitarbeiter sind vollständig theoretisch und praktisch über Acetylen zu schulen und über die folgenden Bereiche zu informieren:

- Die allgemeinen Anforderungen dieser Richtlinie
- Die Eigenschaften der Gase, Chemikalien und Verunreinigungen, die mit der Produktion von Acetylen verbunden sind.
- Wirkungsweise der entsprechenden Abschnitte der Acetylenherstellung
- Notfallmaßnahmen und Notfalleinrichtungen
- Persönliche Schutzeinrichtungen
- Anforderungen und Eigenschaften der Acetylenflaschen.

Mitarbeiter, die zur Schulung in einem Acetylenbetrieb eingesetzt werden, sind von einer Sachverständigen Person zu unterweisen. Weitere Informationen sind in dem IGC-Dokument 23/00 enthalten.

**4.2 Durchführung von Änderungen**

Acetylanlagen sind nach genau festgelegten Ingenieurstandards ausgelegt und konstruiert. Veränderungen an der Anlage oder dem Verfahren können zu ernsthaften Gefahren führen.

Jede Veränderung der Anlage oder der Betriebsweise des Verfahrens ist gründlich zu bewerten und zu genehmigen durch eine sachverständige Person mit einem Verfahren für die ingenieurmäßige Behandlung von Änderungen. Solche Verfahren sollen eine Bewertung jeder Änderung an der Anlage oder des Verfahrensschrittes beinhalten, z. B. durch Anwendung von Verfahren, die dafür geeignet sind, wie HAZOP (Gefährdungs- und Machbarkeitsstudie), Risikoanalyse, FMEA (Failure Mode Effects Analysis – Fehler-, Möglichkeit- und Einfluss- Analyse). Weitere Informationen sind in dem IGC-Dokument 51/02 enthalten.

## 5 Acetylen-Eigenschaften

### 5.1 Physikalische und chemische Eigenschaften

Acetylen ist eine chemische Verbindung aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff, seine Zusammensetzung wird durch das chemische Symbol  $C_2H_2$  beschrieben. Das Verhältnis der Gewichtsanteile der einzelnen Elemente in Acetylen beträgt etwa zwölf Teile Kohlenstoff zu einem Teil Wasserstoff, beziehungsweise 92,3 % zu 7,7 %. Bei Umgebungstemperatur und atmosphärischem Druck ist Acetylen ein farbloses Gas, das ein bisschen leichter als Luft ist. Reines Acetylen ist geruchlos, aber Acetylen von normaler handelsüblicher Reinheit, hat einen typischen, knoblauchartigen Geruch. Einige physikalische Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Acetylen brennt in Luft mit einer sehr heißen, leuchtenden und rußenden Flamme. Die Zündtemperatur von Acetylen, von Mischungen von Acetylen mit Luft und von Acetylen mit Sauerstoff hängt von der Zusammensetzung, dem Druck, Wasserdampfgehalt und der Anfangstemperatur ab. Ein Beispiel ist ein Gemisch mit einem Volumenanteil von 38 % Acetylen in Luft, das sich bei atmosphärischem Druck bei einer Temperatur von 305 °C entzündet. Die Entzündbarkeitsgrenze (bzw. Explosionsgrenze) von Mischungen von Acetylen mit Luft oder mit Sauerstoff hängt von Anfangsdruck, Temperatur und Wasserdampfgehalt ab. Bei atmosphärischem Druck in Luft liegt die obere Grenze der Entzündbarkeit bei einem Gehalt von etwa 82 % Acetylen. Die untere Grenze liegt bei einem Gehalt von 2,3 % Acetylen.

Acetylen kann verhältnismäßig leicht verflüssigt und verfestigt werden, beide Phasen sind instabil. Mischungen von gasförmigem Acetylen mit Luft oder Sauerstoff können bei bestimmten Mischungsverhältnissen bei Zündung explodieren. Gasförmiges Acetylen kann unter Druck ohne Gegenwart von Luft oder Sauerstoff explosiv zerfallen. Dies kann unter bestimmten Bedingungen auch bei niedrigem Druck geschehen.

### 5.2 Physiobiologische Eigenschaften

Reines Acetylen wird als nicht giftig klassifiziert, es handelt sich aber um ein erstickendes Gas mit leicht betäubenden Eigenschaften. In Experimenten wurde gezeigt, dass reines Acetylen keine chronisch schädlichen Auswirkungen hat, auch nicht bei hohen Konzentrationen. Acetylen in unreiner Form, das aus Calciumcarbid erzeugt wird, enthält giftigen Phosphorwasserstoff in Konzentrationen von 300 ppm bis 500 ppm. Aus Calciumcarbid von minderer Qualität können Phosphorwasserstoff-Konzentrationen von mehr als 1000 ppm erzeugt werden. Wie die meisten anderen Gase wirkt Acetylen erstickend, falls es in so hoher Konzentration vorhanden ist, dass den Lungen die notwendige Menge an Sauerstoff entzogen wird. In solchen Fällen erfolgt Erstickung. Dabei muss aber angemerkt werden, dass die untere Entzündbarkeitsgrenze von Acetylen erreicht wird, bevor Erstickung droht, und dass die Explosionsgefahr eher auftritt als irgendeine andere Gesundheitsgefährdung.

## 5.3 Tabellen von Acetylen-Eigenschaften

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften von Acetylen

Chemische Formel	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	
Molekulargewicht	26,04	g/mol
Dichte (0 °C, 1,013 bar)	1,172	kg/m <sup>3</sup>
Relative Dichte (Luft = 1)	0,908	
Kritische Temperatur	35,2	°C
Kritischer Druck	61,9	bar
Kritische Dichte	231	kg/m <sup>3</sup>
Temperatur am Tripelpunkt	-80,6	°C
Druck am Tripelpunkt	1,282	bar
Sublimationspunkt (1,013 bar)	-83,8	°C
Dampfdruck der Flüssigkeit (0 °C)	26,7	bar
Viskosität (0°C)	95	µPa*s
Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck (0 °C, 1,013 bar)	1637	J/(kg*K)
Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen (0 °C, 1,013 bar)	1309	J/(kg*K)
Wärmeleitfähigkeit (0 °C, 1,013 bar)	18,4	kJ/(s*m*K)
Bildungswärme ΔH <sub>f</sub> <sup>°</sup> (25 °C, 1,013 bar)	227,4	kJ/mol
Verbrennungswärme ΔH <sub>c</sub> <sup>°</sup> (25 °C, 1,013 bar)	1301,1	kJ/mol
Explosionsgrenzen (in Luft) (s. Bem. 1)	2,3 bis 82*	% Volumenanteil
Explosionsgrenzen (in Sauerstoff) (s. Bem. 1)	2,5 bis 93*	% Volumenanteil
Mindestzündenergie in Luft	0,019	mJ
Selbstentzündungstemperatur in Luft	305	°C
Selbstentzündungstemperatur in Sauerstoff	296	°C
Stabilitätsgrenzdruck	0,8	bar

**Bemerkung 1:** Diese Zahlen sind theoretisch, weil sie sich nur auf die Reaktion von Acetylen mit Sauerstoff beziehen. Die obere Explosionsgrenze von Acetylen beträgt aufgrund seiner chemischen Instabilität tatsächlich 100 %.

Tabelle 2: Löslichkeit von Acetylen in Wasser in g/kg

(Literatur: S. A. Miller: ACETYLENE Its Properties Manufacture and Uses)

Temp. in °C	Partialdruck von Acetylen in bar						
	1,013	5,065	10,13	15,195	20,26	25,325	30,39
1	1,97	9,43	Bildung von Acetylenhydrat				
10	1,56	7,40	14,2	20,3	Bildung von Acetylenhydrat		
20	1,23	5,82	11,4	16,6	21,2	25,0	28,7
30	1,01	4,70	9,5	14,0	17,9	21,5	25,0

**Tabelle 3: Löslichkeit von Acetylen in Aceton in g/kg** (Literatur: Miller)

Temp. in °C	Partialdruck von Acetylen in bar								
	1,013	2,026	3,039	5,065	10,13	15,195	20,26	25,325	30,39
0	58,0	109,5	158	241	526	912			
5	48,7	95,3	137	208	447	754	1157		
10	41,1	83,0	122	182	384	636	958		
15	34,0	72,0	107,2	161	335	546	811	1146	
20	27,9	62,4	94,2	142,3	293	472	689	960	1297
25	22,4	53,5	82,2	126,6	259	413	597	822	1099
30	17,9	45,7	72,1	113,0	230	364	521	710	940
40	10,4	33,0	54,0	92,5	185	289	408	546	709
50		22,7	41,2	75,2	150,5	234	327	432	554

**Tabelle 4: Löslichkeit von Acetylen in DMF (Dimethylformamid) in g/kg** (Literatur: Miller)

Temp. in °C	Partialdruck von Acetylen in bar						
	1,013	5,065	10,13	15,195	20,26	25,325	30,39
0	77,3	258	521	736			
5	66,6	224	447	649			
10	57,3	196	391	582	728		
15	49,5	173	341	509	653	742	
20	42,7	154	301	452	593	702	
25	37,2	138	269	404	536	654	739
30	32,3	125	241	362	485	602	701
40	24,4	103	197	295	398	504	607
50	18,8	86	164	245	331	421	514

#### 5.4 Acetylenzerfall

Der Zerfall von Acetylen, die Reaktion zu elementarem Kohlenstoff und Wasserstoff, kann bei niedrigem oder mittlerem Druck ablaufen, entweder als Deflagration mit relativ niedriger Reaktionsgeschwindigkeit oder als Detonation mit Überschallgeschwindigkeit. Die Deflagration führt durch die bei der Reaktion freigesetzte Energie zu einem Enddruck, der zehnfach bis elfmal größer ist als der Anfangsdruck. Die Detonation von Hochdruck-Acetylen kann einen Druck zur Folge haben, der bis zu 50mal höher als der ursprüngliche Druck ist. Der maximale Druck einer Detonation ist von kurzer Dauer, muss aber bei der Planung einer sicheren Hochdruck-Acetylenanlage berücksichtigt werden.

Konventionelle Druckentlastungseinrichtungen bieten keinen Schutz, da die Detonation mit Überschallgeschwindigkeit verläuft und sie nicht rechtzeitig reagieren können.

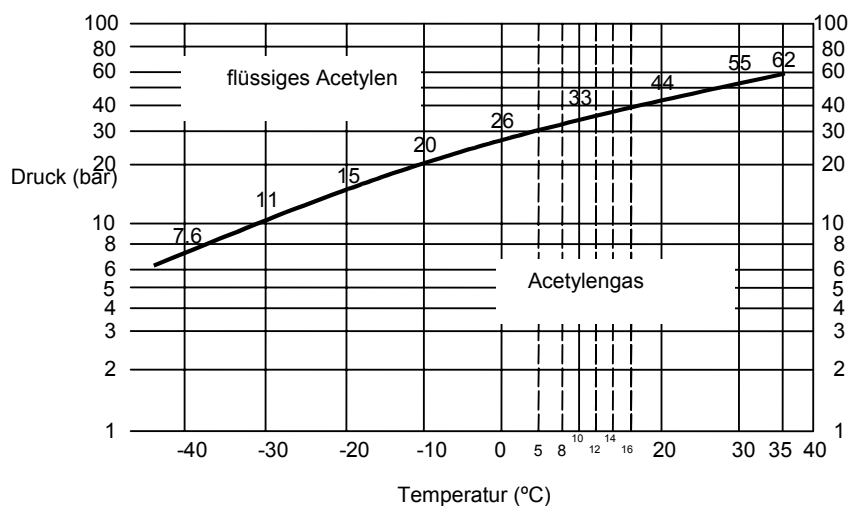
## 5.5 Polymerisation

Acetylen kann mit anderen Acetylenmolekülen reagieren und so größere Kohlenwasserstoffmoleküle bilden, z.B. Benzol. Dieser Prozess wird Polymerisation genannt. Zum Start der Reaktion wird Wärme benötigt. Wenn die Reaktion gestartet ist, wird Wärme freigesetzt, und die Reaktion unterhält sich selbst (oberhalb atmosphärischem Druck). Das könnte den explosiven Zerfall von Acetylen in seine Bestandteile, Kohlenstoff und Wasserstoff auslösen. Die Polymerisation fängt bei atmosphärischem Druck bei 400 °C an, und kann auch bei niedrigeren Temperaturen erfolgen, falls ein Beschleuniger wie Rost, Silikagel, Kieselgur, Aktivkohle, usw., anwesend ist.

## 5.6 Flüssiges Acetylen

Flüssiges Acetylen kann leicht explosiv zerfallen. Es hat eine höhere Stoßempfindlichkeit und Energiedichte als verdichtetes, gasförmiges Acetylen. Deshalb muss die Verflüssigung von Acetylen während seiner Handhabung unbedingt vermieden werden. Abb. 1 zeigt den Dampfdruck von Acetylen. Zu beachten ist, dass sich Acetylen bei niedriger Temperatur verflüssigen kann.

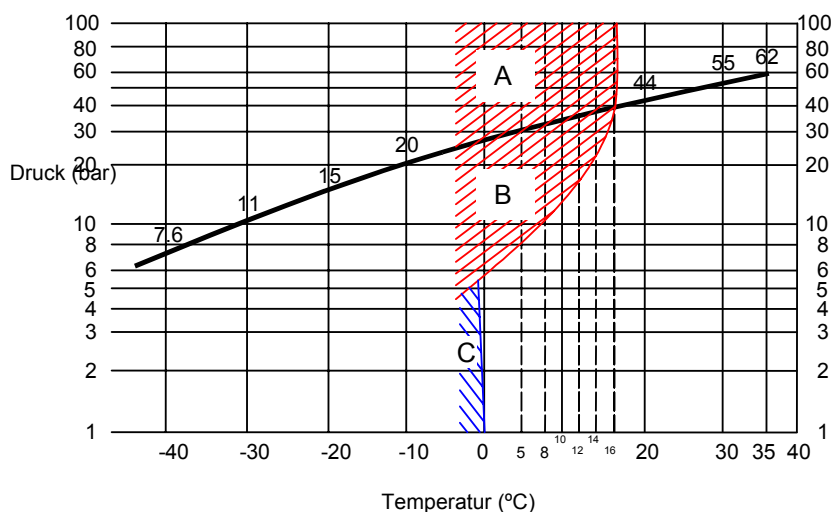
Abb. 1: Bildung von flüssigem Acetylen



## 5.7 Acetylenhydrat

Das Acetylenhydrat  $C_2H_2 \times 5,75 H_2O$  als eine Acetylenverbindung muss bei der Kondensation von Acetylen beachtet werden. Das Hydrat ist nicht so gefährlich wie flüssiges Acetylen, es kann aber zerfallen. Festes Acetylenhydrat kann Verstopfungen in Acetylenrohrleitungen, Ventilen, Zersperren und anderen Teilen verursachen. Wenn sich feuchtes Acetylen unter steigendem Druck abkühlt, kann Acetylenhydrat gebildet werden. Die Bedingungen für die Bildung von Acetylenhydrat sind in der Abb. 2 dargestellt.

**Abbildung 2: Bildung von Acetylenhydrat**



A - Flüssiges Acetylen + Hydrat  
 B - Acetylen gasförmig + Hydrat  
 C - Acetylen gasförmig + Eis

Zur Verringerung der Gefahr von Hydratbildung muss Folgendes vermieden werden:

- Arbeiten mit feuchtem Acetylen unter hohem Druck.
- Arbeiten mit Acetylen bei Temperatur- und Druckbedingungen, die in Abb. 2 dargestellt sind.
- Raue Flächen, die die Bildung von Acetylenhydraten fördern und Verstopfungen in engen Passagen verursachen können.

## 5.8 Acetylide

Wenn Acetylen mit Kupfer, Silber, Quecksilber oder Salzen dieser Metalle in Berührung kommt, können explosive Acetylide gebildet werden. Diese Acetylide sind sehr empfindlich gegen Stoß oder Reibung. Siehe Kapitel 6.2 für Einzelheiten zu den Werkstoffen.

## 5.9 Adiabatische Verdichtung

Die adiabatische Verdichtung von Gasen führt zur Temperaturerhöhung, die ausreichend sein können, um einen Acetylenzerfall auszulösen. Reines Acetylen kann seine Zündtemperatur nicht erreichen, wenn es aber mit anderen Gasen wie Stickstoff oder Luft gemischt wird, kann es zum Zerfall kommen.

Der mögliche Zerfall in Acetylenrohrleitungen und Schläuchen, der durch adiabatische Verdichtung von Acetylen ausgelöst wird, ist besonders zu beachten. Es gab zahlreiche Unfälle, bei denen durch adiabatische Verdichtung der Zerfall von Acetylen in Rohrleitungen und Schläuchen von Flaschenbündeln verursacht wurde.

Die Anwesenheit von Stickstoff oder Luft in Acetylenrohrleitungen und -schläuchen erhöht die Gefahr des Zerfalls in Folge von adiabatischer Verdichtung wegen der höheren Endtemperatur, die Stickstoff bei adiabatischer Verdichtung erreicht.

Aus diesen Gründen müssen folgende Sicherheitsmaßnahmen beachtet werden:

- Verhinderung von Lufteintritt in Rohrleitungen und Schläuche für Hochdruck-Acetylen, d.h. bei Flaschen, die mit einer Sammelleitung verbunden sind. Dies kann durch Verwendung von Rückschlagventilen, richtiges Spülen usw. erzielt werden.
- Verwendung von Sicherheitseinrichtungen wie z. B. Flammensperren, um die Weiterleitung des Zerfalls durch das System zu verhindern.

## **6 Komponenten von Acetylenanlagen**

### **6.1 Konstruktionserwägungen**

Acetylenproduktions- und Füllanlagen müssen so nach Standards entworfen, konstruiert und betrieben werden, dass maximale Zuverlässigkeit der Anlagen und Sicherheit für das Personal gewährleistet werden. Design und Konstruktion der Anlagen und der Ausrüstung muss in Übereinstimmung mit der Maschinenrichtlinie 89/392/EG, der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG und der Explosionsschutzrichtlinie (ATEX) 94/9/EG erfolgen.

Sicherheitseinrichtungen, die gewährleisten, dass Druck, Temperatur, Durchflussraten etc. innerhalb sicherer Grenzen bleiben, müssen vorhanden sein.

Die Anlagen müssen so gestaltet und ausgerüstet sein und so betrieben und gewartet werden, dass während normaler Betriebsbedingungen:

- Keine Luft oder Sauerstoff in die Anlage gelangen kann,
- Unterdruck in den Anlagen vermieden wird, um Luft- oder Sauerstoffeintritt zu verhindern,
- der Luftgehalt nicht größer als 2 Vol.% im Acetylen ist,
- Luft oder Acetylen/Luft-Mischungen durch Spülen vor und nach der Wartung verhindert werden,
- übermäßiger Druck- oder Temperaturanstieg verhindert wird.

### **6.2 Konstruktionswerkstoffe**

Die verwendeten Ausrüstungsteile müssen den mechanischen, chemischen und thermischen Belastungen widerstehen. Die verwendeten Werkstoffe dürfen nicht mit den Substanzen, mit denen sie in Kontakt kommen, reagieren.

Die Materialien sollen keine ungünstigen Reaktionen mit Acetylen, Lösemitteln, Carbid und anderen Produkten, die aus Carbid entstehen, eingehen.

Da Acetylen mit Kupfer, Silber und Quecksilber explosive Verbindungen bilden kann, ist die Verwendung dieser Metalle in Acetylenanlagen weder in der Konstruktion noch in der Wartung zulässig. Einige Legierungen mit beschränkten Bestandteilen dieser Metalle dürfen jedoch verwendet werden.

Stahl ist der bevorzugte Werkstoff für die Herstellung der Acetylenanlagen.

Kunststoffe und Kunststofffasern sind wegen der Gefahr der elektrostatischen Aufladung in Acetylenanlagen für Werkzeuge oder Ausrüstungsteile nicht zu verwenden, es sei denn, das Risiko der elektrostatischen Aufladung besteht nicht.

Werkstoffe für Packungen, Dichtungen, Membranen, etc., müssen gegen Aceton und andere Lösemittel beständig sein.

Folgende Werkstoffe sind nicht für den direkten Kontakt mit Acetylen geeignet.

**Tabelle 5: Nicht geeignete und unter bestimmten Bedingungen zulässige Werkstoffe**

<b>Werkstoff</b>	<b>Bedingungen für die Anwendung</b>
Kupfer und Kupferlegierungen mit mehr als 70 % Kupferanteil	nicht zulässig
Legierungen mit einem Kupferanteil bis 70%	zulässig Besondere Überlegungen verlangt die Verwendung von Kupferlegierungen für Filter, Siebe und sonstige Teile mit großer Oberfläche, die mit Acetylen in Kontakt kommen oder in feuchtem, ungereinigtem Acetylen eingesetzt werden. (wird in Deutschland nicht empfohlen)
Silber und Quecksilber	nicht zulässig
Silberlegierungen	Kann als Silberlot verwendet werden, wenn der Silbergehalt nicht mehr als 43 %, der Gehalt an Kupfer nicht mehr als 21 % beträgt und der Lötspalt, der mit Acetylen in Kontakt kommt, nicht mehr als 0,3 mm beträgt. Es ist sicherzustellen, dass der Bereich, der mit Acetylen in Kontakt kommenden Lotoberfläche minimal ist und soweit wie möglich alle Reste von Flussmittel entfernt werden.
Aluminium, Zink, Magnesium und deren Legierungen	Nicht empfohlen für Bauteile, die mit ungereinigtem Acetylen in Berührung kommen (z.B. Entwicklungsgas mit Kalk oder Ammoniak verunreinigt).
Zink	verwendbar als Korrosionsschutz
Glas	Verwendbar nur als Schauglas, Wasserstandsanzeiger und U-Rohr-Manometer, wenn diese gegen äußere Beschädigungen sicher dimensioniert oder geschützt sind, bzw. die Konstruktion Folgeschäden eines Bruches ausschließt.
Organisches Material	Kann verwendet werden, wenn nachgewiesen ist, dass sie gegen Acetylen, Lösemittel und Verunreinigungen ausreichend beständig sind.

### 6.3 Reinigung

Ein hoher Reinigungs- oder Entfettungsgrad ist in Acetylenanlagen normalerweise nicht nötig.

Nach Montagearbeiten an Acetylenanlagen, insbesondere im Hochdruckbereich, müssen diese vor der Inbetriebnahme gründlich gereinigt und gespült werden, um Schmutz und lose Teile (Staub, Elastomerrückstände, Schweißprodukte, etc. ) aus dem Inneren zu entfernen, z. B. durch Ausblasen mit Druckluft.

Vor der ersten Inbetriebnahme und nach Wartungs- und Reparaturarbeiten soll das System mit inertem Gas, z. B. Stickstoff, gespült werden. Die Verwendung von Kohlendioxid ist wegen der Gefahr der elektrostatischen Aufladung an Tröpfchen oder Trockeneispartikeln nicht zu empfehlen.

Es wird ebenso dringend empfohlen, Partikel wie Staub, Kunststoff oder Schweißrückstände usw. zu entfernen, um Reibungseffekte im Gasstrom zu vermeiden.

## 6.4 Ventile, Ausrüstungsteile, Druckregler, Schläuche und Sicherheitseinrichtungen

### 6.4.1 Druckregler

Druckregler müssen EN ISO 7291 entsprechen.

### 6.4.2 Hochdruckschlauchleitungen

Schlauchleitungen müssen EN ISO 14113 entsprechen.

Schläuche sollen nur verwendet werden, wenn Rohrleitungen nicht einzusetzen sind. Länge und Durchmesser der Schlauchleitungen sollen nicht größer sein als notwendig.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Ausführung der Anschlussstücke beizumessen. Besonders ist eine plötzliche Änderung des inneren Durchmessers zu vermeiden. Bei einer Änderung des Durchmessers ist ein abgestufter Konus zu verwenden.

Zum Schutz gegen elektrostatische Aufladungen darf der Widerstand zwischen den Anschlussstücken  $10^6$  Ohm nicht übersteigen.

### 6.4.3 Druckentlastungseinrichtungen

Druckentlastungseinrichtungen müssen diesen Zweck geeignet sein und das Acetylen so außerhalb des Gebäudes führen, dass keine Gefährdung für Personen und Anlagen entstehen kann. Sie sind so auszuführen, dass ein unbeabsichtigtes Drosseln oder Verschließen verhindert ist und dass die Funktion jederzeit einfach zu prüfen ist. Mehrere Druckentlastungsvorrichtungen sollen nicht zusammengeführt werden.

### 6.4.4 Flammensperren

Der Einbauort von Flammensperren ist abhängig vom Typ, der Größe und dem Arbeitsdruck der Anlage. Flammensperren können zur Abtrennung von Anlagenteilen, welche in verschiedenen Druckbereichen liegen, erforderlich sein.

Alle Teile der Flammensperren müssen den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen standhalten können (siehe auch Kapitel 10.5.2.).

### 6.4.5 Druckaufnehmer und Anzeigergerät

Alle Einzelteile sind aus Stahl, Edelstahl und anderen Legierungen herzustellen, die weniger als 70 % Kupfer enthalten.

Druckaufnehmer und Anzeigergeräte müssen mit einem festen Gehäuse, einer Rückwandentlastung oder Sicherheitsabblaseöffnung ausgerüstet und für den maximalen Betriebsdruck geeignet sein.

Die Anzeige soll die Aufschrift "Acetylen" enthalten.

Druckaufnehmer und Anzeigergeräte für Mittel- oder Hochdruck müssen eine der folgenden Bedingungen erfüllen:

- Der Anschluss ist mit einer Drossel mit einem Durchmesser von max. 0,5 mm auszurüsten, um bei Bruch des Messelements die entweichende Gasmenge zu reduzieren und das Messelement gegen pulsierende Druckstöße zu schützen.
- Der Druckaufnehmer wird mit einer Flammensperre geschützt.

Druckanzeigergeräte müssen der EN 837-1 entsprechen.

### 6.4.6 Ventile und Rohrleitungsverbindungen

Stahlgussflanschverbindungen und Schmiedestahlschweißverbindungen werden in allen Rohr-abmessungen empfohlen. Geschraubte Verbindungen dürfen nur in Nieder- und Mitteldruckanwen-dungen bis einschl. 75 mm Rohrdurchmesser genutzt werden.

Geflanschte oder mit Anschweißstutzen versehene Ventile werden allgemein empfohlen.

Die Festigkeit der Ventile muss dem Rohrleitungssystem entsprechen.

Hochdruckventile sollen mit den Anforderungen von EN ISO 15615 übereinstimmen.

Die Bauart des Ventils und die Einbaumethode sind so zu wählen, dass die Gefahr der Zündung durch Reibung ausgeschlossen ist. Es können Filter eingesetzt werden, die ein Verschmutzen des Ventilsitzes verhindern.

Dichtungen und Packungen aller Art können verwendet werden, wenn sie mit Kapitel 6.2 überein-stimmen.

### 6.5 Bedienungsvorschriften, Wartung und Instandhaltung

Die Bedienung von Anlagen zur Herstellung und Abfüllung von Acetylen darf nur kompetenten Personen anvertraut werden, die bzgl. der Bedienung und Wartung der Anlagen und Ausrüstung sowie der Gefahren ausgebildet sind und ihre Sachkunde nachgewiesen haben.

Ein vorbeugender Wartungs- und Instandhaltungsplan für die Anlagen muss vorhanden sein, so dass die Ausrüstung in gutem Zustand erhalten bleibt. Die Hinweise des Herstellers sind zu berück-sichtigen.

Geeignetes (funkenarmes Werkzeug) und eine geeignete Ausrüstung müssen verwendet werden.

Es dürfen entweder nur Originalersatzteile oder als geeignet befundene andere Ersatzteile eingesetzt werden.

### 6.6 Reinigung, Wartung, Instandhaltung und Reparatur

Die Durchführung dieser Maßnahmen erfolgt in vier Phasen: Abschaltung, Spülen, Reparatur/ Reinigung und Wiederinbetriebnahme der Anlage.

Der für die Maßnahmen verantwortliche Leiter muss während der Hauptarbeiten anwesend sein.

#### 6.6.1 Allgemeines

- Alle Anlagen müssen regelmäßig gewartet sowie instand und funktionsfähig gehalten werden.
- Die Anlage darf nicht verändert und Anlagenteile (elektrische oder mechanische Ausrüstung, flexible Schläuche, Sicherheitseinrichtungen, Schmiermittel, etc.) dürfen ohne korrekte Gefährdungsbeurteilung und Genehmigung nicht entfernt oder verändert werden. Siehe IGC Doc. 51/02.
- Die Betriebsanleitungen des Herstellers, die Anlagendokumentation, Zeichnungen und die RI-Fließbilder sind zu beachten.
- Das Personal hat eine geeignete persönliche Schutzausrüstung zu tragen. Sicherheitsschuhe, Handschuhe, Schutzbrillen, schwerentflammbare, antistatische Kleidung, etc. Die Arbeitskleidung soll nicht aus solchen synthetischen Fasern hergestellt sein, die im Brandfall schwere Verbrennungen verursachen. Das trifft auch für Unterwäsche zu.
- Die Ausrüstung ist regelmäßig zu überprüfen, und die Prüf Fristen müssen festgelegt werden (täglich, wöchentlich, jährlich, etc.). Es ist zu überprüfen, dass
  - die Sicherheitsvorrichtungen richtig funktionieren (z. B. Prüfung von Rückschlagventilen auf Sicherheit gegen das Rückströmen von Gas, Sicherheitsventile, etc.);

- die Anschlussleitungen und die flexiblen Schläuche nicht beschädigt sind;
- die Ventile korrekt öffnen und schließen;
- das System innerhalb normaler Parameter arbeitet (es wird gemeldet, wenn ein erhöhter Gasverbrauch, ein ungewöhnlicher Druckabfall und Gasgeruch festgestellt wird, die auf eine Störung oder Leckage in der Anlage schließen lassen);
- die Druckregler nicht beschädigt sind, und ihre Einstellung und Arbeitsweise zufrieden stellend ist;
- der äußere Zustand von Rohrleitungen und deren Korrosionsschutz in Ordnung ist.
- usw.
- Der Abschaltvorgang muss entsprechend den Herstelleranweisungen erfolgen. Z. B.:
  - Der Entwickler läuft so lange, bis das Carbid vollständig verbraucht ist (Carbid im Entwickler und in den Vorfüllbehältern).
  - Die Kompressoren laufen so lange, bis die Unterdrucküberwachung auf der Saugseite diese abschaltet.
  - Abschalten der Maschinen, Stromversorgung abschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
  - Apparate und Rohrleitungen vom System hydraulisch trennen und mit Blindflanschen sichern.
  - Schließen der Absperrventile.
  - Abkühlen lassen und Spülen der Anlagenteile (z.B. Entwickler).
  - Entfernen des Kalkschlammes aus dem Entwickler.
  - Wechseln des Gasometerwassers.
  - usw.
- Wenn Arbeiten über die beschriebenen Verfahren und Anleitungen hinausgehen, wird eine gesonderte Arbeitserlaubnis erforderlich (siehe IGC Doc. 40/02). Diese Erlaubnis muss alle Maßnahmen regeln, die notwendig sind, um die Arbeiten (Abläufe, Notfallplan, persönliche Schutzausrüstung, Brandschutzmaterial, etc.) sicher durchzuführen. Die Maßnahmen der Arbeitserlaubnis sind zu befolgen. Eine Arbeitserlaubnis ist z. B. bei folgenden Arbeiten erforderlich:
  - Nicht routinemäßige Arbeiten: Änderungen bzw. Austausch oder Ersatz am Rohrleitungssystem und Schweißen und Schneiden etc.
  - Wartungs- und Reinigungsarbeiten in Behältern und engen Räumen, Gruben und Kanälen.
  - Wartung bzw. Ausbau von Anlagenteilen (Gasometer, Kompressor, Generator, etc.).
  - usw.
- Wasser aus acetylenführenden Anlagenteilen (Gasometer, Entwickler, usw.) muss an einen sicheren Platz (Kalkgrube) entleert werden, damit gelöstes Acetylen entweichen kann. Das direkte Ableiten in Abwasserleitungen ist verboten.
- Bevor mit der Wartung begonnen wird, muss die Anlage drucklos gemacht und mit Stickstoff gasfrei gespült werden. Kohlendioxid soll wegen der Gefahr der elektrostatischen Aufladung nicht verwendet werden.
- Die Prozedur für das Acetylenfreispülen ist festzulegen, auf ihre Eignung zu überprüfen und strikt anzuwenden (Gasdurchsatz, Spüldauer, Anzahl der Spülzyklen etc.).
- Das Spülgas ist sicher nach Außen abzuleiten.

- Es sind alle notwendigen Sicherheitsmaßnahmen gegen Zündgefahren zu treffen und ausreichende Belüftung während der Spülvorgänge sicherzustellen solange die Bildung eines Acetylen-Luft-Gemisches möglich ist. Vorhandene Fenster und Türen sind zu öffnen.
- Die Atmosphäre in den Anlagen ist zu überwachen um:
- Die Bildung von explosionsfähiger Atmosphäre ist zu verhindern. Dazu ist die Atmosphäre mit einem Detektor für brennbare Gase (Explosimeter) zu prüfen. Es wird empfohlen, die Atmosphäre bei den Arbeiten kontinuierlich zu messen. Die Gasdetektoren/Explosimeter sind dafür vorgesehen, brennbare Gase in Luft zu bestimmen. Zur Messung von brennbaren Gasen in einer Gasatmosphäre mit geringem Sauerstoffanteil sind sie nicht geeignet.
- Die Atemluft innerhalb der Behälter ist mit einem Sauerstoffmessgerät auf zulässige Werte zu überprüfen, bevor diese von Personal begehrt werden können.
- Die gesamte Ausrüstung zur Messung der Gaskonzentrationen in der Atmosphäre (Explosimeter, Sauerstoffmessgeräte) ist zu warten. Wiederkehrende Prüfungen und Kalibrierungen müssen durchgeführt werden. Explosimeter müssen spezifisch für Acetylen kalibriert werden.

### 6.6.2 Wiederinbetriebnahme

Nach Wartungs-, Reinigungs- und Reparaturarbeiten sind vor der Inbetriebnahme Maßnahmen durchzuführen, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Zum Beispiel:

- Prüfen, ob in den Anlagen keine Reste fester Partikel (Metall, Kunststoffe) verblieben sind, die durch Reibung im geschlossenen System zur Zündgefahr werden können.
- Wasserdruckprobe an neuen/instandgesetzten Ausrüstungen bei Prüfdruck.
- Inbetriebnahme der Versorgungsanlagen für Stickstoff und Druckluft.
- Öffnen aller Türen und Fenster im Raum.
- Füllen der Anlage bis zum zulässigen Betriebsüberdruck mit Stickstoff.
- Durchführen von Dichtheitsprüfungen.
- Prüfen auf Leckagen mit speziellen Prüfmitteln beim maximal zulässigen Betriebüberdruck. (Bei Leckagen Reparaturarbeiten nicht unter Druck ausführen.)
- Ausreichend mit Stickstoff spülen (kein Kohlendioxid verwenden), anschließend die Sauerstoffkonzentration in der Anlage messen.
- Entfernen der Warnschilder, Einschaltsperrn.
- Aufheben der Arbeitserlaubnis für die Reparaturarbeiten.
- Einschalten der elektrischen Energie.
- Spülen mit Acetylen gemäß Betriebsanleitung unter Berücksichtigung der Anweisungen des Ausrüstungsherstellers.
- Anfahren der Anlage.

## 7 Sicherheitsanforderungen für die Anlage

### 7.1 Gelände und Gebäude

#### 7.1.1 Lage der Anlage

Acetylenanlagen und deren Gebäude müssen in sicherer Entfernung von öffentlichen Geländen und von angrenzenden Grundstücken, die bebaut werden könnten, errichtet werden. Der erforderliche Abstand muss mit einer detaillierten Gefährdungsanalyse ermittelt werden, die sowohl die Gefahr von

der Acetylenanlage ausgeht als auch die Gefahren von außerhalb, die auf die Anlage wirken können, bewertet. Die in Kapitel 7.1.3 angegebene minimale Entfernung darf nicht unterschritten werden, falls die Gefährdungsanalyse keine geringere Entfernung zulässt. Acetylenanlagen müssen von Anlagen zur Herstellung und Abfüllung von anderen Gasen entsprechend dem Gefahrenpotential räumlich getrennt sein. Sie sollen sich nicht in unmittelbarer Nähe von Luftzerlegungsanlagen befinden, weil die Gefahr besteht, dass freierwerdendes Acetylen in die Ansaugluft solcher Anlagen gelangen kann.

### 7.1.2 Planung und Ausstattung der Anlagen und Gebäude

Das Grundstück der Acetylenanlage muss durch einen Zaun gegen den Zutritt von unbefugten Personen geschützt sein.

Anlagen zur Herstellung und Abfüllung von Acetylen müssen eingeschossig errichtet werden und dürfen keine Untergeschosse haben. Dieses gilt auch für Flächen zur Instandhaltung und Lagerung der Acetylenflaschen.

Die Gebäude müssen aus leichtgewichtigen, nicht brennbarem oder schwer entflammbarem Material hergestellt werden und sind so zu konstruieren, dass sie bei einem Innendruck von 0,12 bar nachgeben. Die Bauart muss so gewählt werden, dass die Beschädigung bei einer Explosion begrenzt wird. Es ist eine Berstfläche von mindestens 0,05 m<sup>2</sup> pro m<sup>3</sup> Raumvolumen erforderlich. Es wird ein leichtgewichtiges Druckentlastungsdach, getragen von Wänden, die einer Innenexplosion standhalten, empfohlen.

Gebäude oder Räume, in denen mit Acetylen gearbeitet wird, müssen leicht erreichbare Ausgangstüren haben, die nach außen zu öffnen sind. Es müssen mindestens zwei Fluchtwege vorhanden sein. Die Notausgänge sollen so angeordnet sein, dass der Fluchtweg an jeder Stelle in der Anlage nicht länger als 25 Meter ist. Solche Notausgangstüren dürfen nicht verschlossen werden, z. B. ausgerüstet mit Gefahren-Drucköffnungsbügeln. Der Notausgang muss immer für den Notfall freigehalten werden.

Acetylenanlagen müssen mit einer geeigneten Blitzschutzanlage ausgestattet sein.

Alle Acetylenanlagen und Gebäudeteile müssen gegen elektrostatische Aufladungen geschützt sein. Der Ableitwiderstand darf nicht mehr als 10<sup>6</sup> Ohm betragen.

Es ist gute Praxis, die verschiedenen Produktionsabschnitte, wie Carbidlagerung, Acetylenherzeugung und Reinigung, Verdichtung und Trocknung, Abfüllung, Flaschenprüfung, Wartungseinrichtungen, etc., räumlich voneinander zu trennen.

Heizungsanlagen sollen mit warmer Luft, Dampf oder heißem Wasser betrieben werden. Der Standort solcher Räume muss außerhalb der Schutzzonen gewählt werden. Siehe Richtlinie 1999/92/EG.

Räume, in denen sich elektrische Einrichtungen und Schaltanlagen befinden, die nicht mit der oben genannten Richtlinie übereinstimmen, müssen von der Acetylenproduktion durch eine gasdichte Wand getrennt sein. In Gebäuden oder Räumen, die der Acetylenproduktion dienen, müssen Temperaturen eingehalten werden, die ausreichen, um die Bildung von flüssigem Acetylen oder Acetylenhydrat in Rohrleitungen und Apparaten zu verhindern. Alternativ müssen geeignete Regeleinrichtungen vorhanden sein, die den Betrieb der Anlage unter klimatischen Bedingungen, bei denen Acetylenhydrat entstehen kann, verhindern.

Einfach erreichbare und erkennbare Not-Aus-Taster müssen unmittelbar an der Außenseite der Hauptnotausgänge vorhanden sein, damit im Gefahrenfall die Anlage und die nicht unmittelbar erforderlichen elektrischen Einrichtungen abgeschaltet werden können.

Der Not-Aus-Taster muss folgende Komponenten abschalten:

- Kompressoren
- Entwicklerantriebe zur Carbidzuführung
- Pumpen
- Fernbetätigte Ventile in Acetylenleitungen in "fail-safe" Stellung.

Der Not-Aus-Taster darf folgende Einrichtungen nicht abschalten:

- Feuerlöschpumpen
- Notbeleuchtungen
- Wasserpumpen zum Abkühlen der Flaschen an den Füllständen
- Notwassereinspeisung für Entwickler falls vorhanden
- Alarmer und erforderliche Sicherheitseinrichtungen.

Hochdruckentlastungssysteme müssen im Notfall den Druck in der Anlage entlasten.

### 7.1.3 Sicherheits- und Schutzabstände

Das IGC Doc 75/01 beschreibt Methoden zur Berechnung der Sicherheitsabstände. Diese Methoden erfordern einen Experten und können genutzt werden, um Abweichungen von der Norm zu begründen.

Gebäude zur Acetylenabfüllung dürfen nicht für Abfüllung, Lagerung oder Handhabung anderer Gase verwendet werden. Der Abstand zwischen Acetylenanlagen und anderen Anlagen muss anhand der Gefährdungsanalyse bestimmt werden.

Gebäudeteile, die nicht den Anforderungen an eine Acetylenanlage entsprechen, müssen durch eine gasdichte Wand von der Acetylenanlage getrennt werden. Die Trennwände müssen aus nicht brennbaren oder schwer entflammenden Materialien hergestellt sein und müssen eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 1 Stunde haben. Alle tragenden Bauteile in der Anlage müssen eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 1 Stunde besitzen (Brandabschnittsmauern müssen in Deutschland als F 90 ausgeführt sein).

Gasometer dürfen innerhalb oder außerhalb der Gebäude aufgestellt werden. Falls diese innerhalb der Gebäude aufgestellt sind, muss die Belüftung ein sicheres Abführen von gelegentlich austretendem Acetylen gewährleisten. Eine Aufstellung im Freien ist zu bevorzugen, vorausgesetzt dass extreme Wetterbedingungen berücksichtigt und Frostschutzmaßnahmen und / oder ein Sonnenschutzanstrich vorhanden sind.

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht von Sicherheitsabständen, die beachtet werden sollen. Die angegebenen Werte sind Hinweise und müssen durch eine sachgerechte Risikoanalyse ergänzt werden. Diese Abstände dürfen nicht verringert werden, wenn nicht eine quantitative Risikoanalyse durchgeführt und angemessene Schutzmaßnahmen festgelegt worden sind, die einen gleichwertigen Schutz gewähren.

von	bis	Entfernung in m
Acetylenanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öffentliche Gebäude, wie Schulen, Krankenhäuser, Bahnhöfe, usw.</li> </ul>	200
Acetylenanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geländegrenzen oder öffentliche Wege</li> <li>Gebäude von anliegenden Grundstücken</li> <li>Bürogebäude auf dem Gelände</li> </ul>	15
Acetylenanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Andere Flaschenfüllanlagen</li> </ul>	6
Gebäudeöffnungen in der Acetylenanlage (Fenster, Türen, Lüftungsöffnungen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Druckbehälter für leicht entzündbare, toxische und oxidierende Gase</li> <li>Gasflaschenlagerbereiche</li> </ul>	6
Acetylenflaschenlager	<ul style="list-style-type: none"> <li>Druckbehälter</li> <li>Cryogene Druckbehälter</li> <li>Lagerbehälter für brennbare Flüssigkeiten</li> </ul>	6

## 7.2 Explosionsschutz

### 7.2.1 Anforderungen für Belüftung / Gasdetektion

In Räumen, die der Acetylenherstellung dienen, müssen mit mindestens  $0,3 \text{ m}^3 / \text{Min. m}^2$  der Deckenfläche mechanisch belüftet werden. Eine natürliche Belüftung erfordert Belüftungsöffnungen von mindestens  $1 \text{ m}^2$  im Dachbereich und  $1 \text{ m}^2$  im unteren Wandbereich je  $300 \text{ m}^2$  Bodenfläche. Falls das Dach flach ausgeführt ist, muss die Dachöffnung entweder auf dem oberen Dachende oder am oberen Ende der höheren Wand angeordnet sein. Die natürliche Belüftung hängt stark von den regionalen meteorologischen Bedingungen ab. Die oben genannten Zahlen müssen wesentlich erhöht werden, falls geringe Luftbewegungen vorliegen.

Gassensoren (Explosimeter) können eingesetzt werden, um entweichendes Acetylen in der Luft nachzuweisen.

Falls eine Gaswarnanlage installiert ist, muss diese oberhalb angeordnet sein und bei 25 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) einen Alarm auslösen, bei 50 % der UEG muss die Anlage abschalten.

Gaswarnanlagen sollen in Flaschenabfüllräumen und Räumen zur Flascheninstandhaltung installiert sein.

Die Anordnung der Gassensoren soll in der Nähe der wahrscheinlichsten Leckagen erfolgen. Die Vorgaben des Gerätheherstellers sind zu beachten, um den gewünschten Schutz zu erreichen.

### 7.2.2 Anforderungen an die Ausrüstung

Elektrische Anlagen und Einrichtungen in Räumen, die der Acetylenproduktion dienen, müssen den Anforderungen der Europäischen Richtlinie 94/9/EG entsprechen.

Nicht zertifizierte, tragbare und batteriebetriebene Geräte, wie Mobiltelefone, Pager, Laptops, Taschenrechner, Taschenlampen, Radioapparate usw. sind in bestimmten Bereichen der Acetylenanlage nicht erlaubt. Quarzuhren sind hiervon ausgenommen.

Alle mechanischen Geräte und Werkzeuge, die in der Acetylenproduktion verwendet werden, müssen funkenarm sein und dürfen keine elektrostatischen Aufladungen erzeugen können.

Neue mechanische Geräte, Schutzsysteme usw., die potentielle Zündquellen darstellen und in den Schutzzonen eingesetzt werden, müssen das Ex- und/oder das CE-Kennzeichen der Europäischen Richtlinie 94/9 EG tragen. Geräte, die bereits auf dem Markt sind, müssen bis 1. Juli 2006 durch den Betreiber mit einer Gefährdungsanalyse bewertet werden.

### 7.2.3 Einsatz von Gabelstaplern

Beim Einsatz von normalen Gabelstaplern in Ex-Zonen kann ein vorhandenes Acetylen-Luftgemisch durch Funkenbildung gezündet werden.

Beim Einsatz von Gabelstaplern in Acetylenanlagen müssen die elektrischen Systeme des Gabelstaplers und die heißen Oberflächen berücksichtigt werden.

Der Einsatz von explosionsgeschützten Gabelstaplern ist in folgenden Bereichen erforderlich:

- Transport des Calciumcarbids vom Lieferwagen in den Lagerbereich (nicht bei Verwendung von gasdichten Carbidbehältern)
- Transport des Calciumcarbids in den Entwicklerbereich
- Transporte der Flaschen/Paletten zwischen dem Lager- und Abfüllbereich
- Transporte der Flaschen/Paletten innerhalb der Füllanlage.

Einige der genannten Tätigkeiten finden auch außerhalb der markierten Ex-Zonen (explosionsgefährdeter Bereich) statt, in solchen Fällen kann ein normaler Gabelstapler eingesetzt werden.

Falls es notwendig ist, dass ein Gabelstapler in markierte Ex-Zonen fährt, muss ein explosionsgeschütztes Modell eingesetzt werden, welches den Anforderungen der ATEX Richtlinie entspricht. Manuelle Stapler wie Gabelstapler mit Selbstantrieb, die in explosionsgefährdeten Bereichen benutzt werden, müssen EN 1755 und den Unternormen entsprechen.

Steht kein explosionsgeschützter Gabelstapler zur Verfügung, so muss durch geeignete Maßnahmen (Messung, Belüftung usw.) sichergestellt sein, dass keine explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist.

## 7.3 Brandschutzsysteme

### 7.3.1 Feuerlöscher

CO<sub>2</sub>-Löscher sind zum Löschen von leicht entzündlichen Gasen nicht zu empfehlen, weil durch das CO<sub>2</sub> die Gefahr der elektrostatischen Aufladung besteht. Weitere Informationen hierzu sind in EIGA SAG NL 76/02 zu finden.

- ABC-Pulverfeuerlöscher sollen an folgenden Orten aufgestellt sein:
- Ausgänge der Calciumcarbidlager
- Ausgänge der Entwicklerräume
- Ausgänge von Gasometerräumen Reinigungsanlagen

- Ausgänge von Verdichterräumen
- Ausgänge des Flaschenprüfraums
- Aceton- (oder DMF-)pumpen und Tankanschlüsse der Acetonbehälter
- Ausgänge von Aceton- (oder DMF-)Fasslagerplätzen
- Umfüllplätze von Aceton (oder DMF-)Fässern
- Entwicklerbühne
- Flaschenabfüll- und -vorbereitungsräume zum Bekämpfen von kleinen Bränden (z.B. Entzündung an undichten Flaschenventilen).

### 7.3.2 Notberieselungsanlage

Es gibt keine spezifischen nationalen oder internationalen Normen für Berieselungsanlagen in Acetylenanlagen. Folgende Referenzen bieten aber allgemeine Informationen für die Planung solcher Systeme.

- BS 5306 (UK)
- NFPA 51A (USA)
- NFPA 15 (USA)
- VdS-Richtlinie 2109 (Deutschland)

Es wird empfohlen, dass bei der Planung solcher Systeme ein Brandschutzsachverständiger beteiligt wird. Die grundsätzlichen Anforderungen für die Hersteller der speziellen Brandschutzgeräte und die Anforderungen für die Lieferung und Installation der Brandschutzanlagen sind zu beachten.

Grundsätzliche Anforderungen:

- Ausreichende Kühlwasserversorgung an einzelnen Füllständen, um heiße Flaschen ausreichend kühlen zu können, bis diese abgekühlt sind und sicher in ein Wasserbad transportiert werden können.
- Kühlwasserversorgung für alle Füllstände, mit der im Falle eines Großbrandes die Flaschen gekühlt und eine Flaschenexplosion verhindert werden kann. Das Feuer soll hiermit nicht gelöscht werden.
- Brandschäden anderer Anlagenteile sollen minimiert werden.

Berieselungsanlagen werden nicht installiert in:

- Carbidlagerräumen
- Carbidlade- und -umfüllbereichen
- Entwicklerräumen
- Acetylen-Verdichterräumen (um eine Kontamination des Löschwassers mit Öl zu vermeiden).

Anforderungen an die Leistung der Berieselungsanlage:

- Wasserdichte von  $10 \text{ l/m}^2 \text{ min}$  bezogen auf die Bodenfläche der Füllstände (Grundfläche, die von Flaschen eingenommen wird) ist sicherzustellen. Angrenzende Stellflächen mit Flaschen sollen mit der Berieselungsanlage ebenfalls erfasst werden. Ziel ist, die Flaschen gleichmäßig mit Wasser zu benetzen.
- Die oben genannte Wasserdichte ist für die oben genannten Bereiche für mindestens zwei Stunden im Falle eines Großbrandes zu gewährleisten.

- Die oben genannte Durchflussrate soll auch für einzelne abtrennbare Abschnitte für mindestens 12 Stunden gewährleistet werden können, um heiße Flaschen zu kühlen.

Eine zuverlässige und sichere Wasserversorgung für den oben genannten Fall muss aus einer der folgenden Quellen gespeist werden:

- Aus den örtlichen Löschwasserleitungen
- Vorratstank mit der Menge für mindestens eine Stunde, wenn sichergestellt ist, dass der Vorratstank durch die Feuerwehr nachgefüllt wird.
- Versorgung mit Pumpen aus einem Fluss oder einem Speicherbecken, mit der Möglichkeit, das Wasser in die Entnahmestelle zurückzuführen.
- Versorgung aus den örtlichen Hydranten mit einer Zusatzverbindung zur Notberieselungsanlage. (Nur mit dem Einverständnis der Feuerwehr und wenn die Zugriffszeit weniger als 5 Minuten beträgt.)

Das System kann wie folgt betrieben werden:

- Automatisch ferngesteuerte Ventile, die von einer Alarmanlage oder Feuermeldeanlage mit Wärmesensoren, Infrarotsensoren oder durch Fühler mit Schmelzsicherungen usw. ausgelöst werden.
- Manuell zu bedienende Ventile an geschützten Standorten - außerhalb der Abfüllgebäude - die eindeutig gekennzeichnet sind.
- Zusätzlich können weitere manuelle Ventile an sicheren Stellen vorhanden sein, damit einzelne Füllstationen und andere Teile von der Berieselungsanlage abgetrennt werden können, um Wasser zu sparen und es konzentriert für den gefährdeten Bereich einsetzen zu können. Die Ventile der Berieselungsanlage müssen in Offenstellung sein, um sicher zu stellen, dass alle Bereiche in Gefahrensituationen sofort mit Wasser versorgt werden können.
- Die Berieselungsanlage sollte ein trockenes Steigleitungssystem sein.
- Die Düsenanordnung muss so ausgeführt sein, dass das Wasser an den Acetylenflaschen herunterfließt, um einen maximalen Kühleffekt zu erreichen.
- Löschwasser darf nicht in die Ölauffangwannen der Kompressoren gelangen, um eine mögliche Verschmutzung des Kanalsystems zu verhindern.
- Das anfallende Löschwasser muss von Kalkgruben, Kompressoren, Ölbehältern, Acetonbehältern, Carbidgehältern und aus allen umweltempfindlichen Bereichen weggeleitet werden.
- Das abfließende Löschwasser darf keine Überflutung verursachen.
- Das abfließende Löschwasser darf keine Erwärmung der Flüsse und Bäche verursachen (Wassertemperatur und Konsistenz darf keine Fische töten usw.).
- Alle Teile des Systems, die gewöhnlich Wasser beinhalten (z. B. bis zum Hauptabsperrenteil), müssen gegen Frost und Einfrieren geschützt werden.
- Es dürfen keine Absperrventile zwischen der Wasserversorgung und dem Hauptabsperrenteil angeordnet sein.
- Alle Aktivierungsstellen und Ventile sollen eindeutig gekennzeichnet sein.
- Bei Fluchtwegen für das Personal im Füllgebäude muss berücksichtigt werden, dass die Sichtverhältnisse bei aktivierter Notberieselung stark verschlechtert werden.

Das System muss in regelmäßigen Abständen ausgelöst werden, um die Funktionsfähigkeit zu gewährleisten. Eine monatliche Prüfung wird empfohlen.

Eine Feuerlöschübung muss mindestens einmal pro Jahr durchgeführt werden, um sicher zu stellen, dass das Personal mit Maßnahmen im Brandfall und heißen Flaschen vertraut ist.

## 7.4 Lagerung – allgemeine Anforderungen

### 7.4.1 Lagerung des Calciumcarbids

Lagerräume sollen sich nicht in der Nähe von anderen Gebäuden und belebten Plätzen befinden.

Die Lagerräume dürfen neben anderen einstöckigen Gebäuden liegen, sofern die Gebäude aus nicht brennbaren oder schwer entflammbar Materialen gebaut sind. Die Wände müssen einen Feuerwiderstand von wenigstens einer Stunde haben.

Bei der Planung von Calciumcarbidlagerräumen müssen Schutzmaßnahmen vorgesehen werden, damit das Calciumcarbid nicht feucht werden kann.

Die Lagerräume müssen

- trocken sein, die Ansammlung von Wasser am Boden verhindern, und ein regendichtes Dach haben,
- hoch genug gelegen sein, um bei Überflutungen Wasserzutritt zu verhindern,
- einen Vorraum haben, in dem Wasser oder Schnee von der Oberfläche der Container/Trommel vor dem Transport in das Lager entfernt werden kann,
- so ausgeführt sein, dass kein Wasser und/oder Schnee mit dem Calciumcarbid in Kontakt kommt.

Alle Ein- und Ausgänge der Calciumcarbidlagergebäude müssen immer frei gehalten werden, um im Notfall den Rettungskräften den freien Zugang zu gewähren.

Carbidcontainer, die wasserdicht sind, dürfen draußen gelagert werden. Ein Wetterschutz wird empfohlen.

Das Calciumcarbidlager muss mindestens 3 Meter von angrenzendem Bauland entfernt liegen.

Jeder Bereich, in dem Calciumcarbid gelagert oder verwendet wird, muss mit Schildern versehen werden, die auf die Gefahren hinweisen:

**"CALCIUMCARBID –  
VOR NÄSSE SCHÜTZEN –  
IM BRANDFALL NICHT MIT WASSER LÖSCHEN"**

- oder mit entsprechendem Text.

Die maximal zulässige Lagermenge ist auf einem Hinweisschild anzugeben.

In Calciumcarbidlagerräumen muss eine ausreichende Menge trockener Sand, Pulverlöscher oder beides vorgehalten werden.

Wasser-, Kalk-, Kondensat- oder Dampfrohre dürfen nicht durch diese Lagerräume führen.

Die Calciumcarbidräume dürfen nicht zum Lagern von brennbaren Stoffen oder Druckgasflaschen mit verdichtetem oder verflüssigtem Gas genutzt werden.

Beim Lagern der Calciumcarbidbehälter ist sicherzustellen, dass ausreichend Platz für Gabelstaplerbewegungen vorhanden ist. Carbidtrommel und Container sollen so gelagert werden, dass kein Schaden auftreten kann.

Carbidfässer und Container müssen so gelagert werden, dass Schaden verhindert, visuelle Sichtkontrolle ermöglicht wird und die einfache Entfernung von beschädigten oder undichten Gefäßen möglich ist.

Die Gefäße sollen nicht übermäßig hoch gestapelt werden, um eine Verformung der Gefäße durch das Stapelgewicht zu vermeiden.

Das Lager muss so organisiert sein, dass das älteste Carbid zuerst verarbeitet wird (First-in, first-out).

Die Lagerräume müssen regelmäßig gereinigt werden, damit die Anhäufung von Carbidstaub vermieden wird.

#### 7.4.2 Lagerung von Lösemitteln

##### Allgemeine Anforderungen:

Die Hauptforderungen sind:

- Die Lagerung im Freien, abgetrennt von Gebäuden und unverträglichen Materialien und Druckgasflaschen.
- Die Fässer sind kühl zu lagern (vorzugsweise nicht über 25 °C Umgebungstemperatur).
- Container und Fässer müssen in einer Auffangwanne stehen, um bei einer Leckage eine Verschmutzung des Grundwassers und des Bodens zu vermeiden. Diese muss so groß sein, dass 110 % eines vollen Containers aufgefangen werden können.
- Nicht genutzte Gefäße sind dicht verschlossen zu halten.
- Die Einrichtung ist gegen elektrostatische Aufladung zu schützen.
- Beim Entleeren sind die Gefäße zu verbinden und gegen elektrostatische Aufladungen zu erden.
- Gefäße (Tanks oder Fässer) sind vor mechanischen Schäden zu schützen.
- Gut sichtbare Schilder müssen auf die Identität und die gefährlichen Eigenschaften des Lösemittels hinweisen.
- Funkenarme Werkzeuge und Ausrüstung sind zu verwenden, einschließlich explosionsgeschützter, elektrischer Einrichtungen.
- Eine ausreichende Belüftung ist jederzeit sicherzustellen.
- Lager- und Arbeitsbereiche sollen mit Schildern "Rauchen verboten und keine offenen Flammen" gekennzeichnet sein.
- Atemschutzgeräte für DMF sind für den Noteinsatz bereitzustellen.
- Ein Gesichtsschutz oder eine Schutzbrille ist zu tragen, wenn mit diesem Material umgegangen wird.
- Die Bildung von Aerosol ist zu verhindern.
- EG-Sicherheitsdatenblätter und Betriebsanweisungen müssen vorhanden sein, um Informationen über die Lösemiteleigenschaften und die Gesundheitsgefahren zu geben.
- Lösemittelgefäße sind auch gefährlich, wenn sie leer sind, da diese Produktreste (Dämpfe, Flüssigkeiten) enthalten. Zu beachten sind alle Warnungen und Hinweise, die für das Produkt gelten.
- Auffangwannen müssen zur Verfügung stehen, um alle verschütteten Lösemittel aufzunehmen und sachgerecht zu entsorgen.

#### 7.4.3 Aceton

Aceton kann in metallischen Behältern gelagert werden, die aus Kohlenstoffstahl, Edelstahl oder Aluminium bestehen. Bestimmte Kunststoffmaterialien können ebenfalls benutzt werden, sofern die Beständigkeit gegenüber Aceton überprüft ist.

##### Lagertanks

In der Regel wird Aceton in erdgedeckten Behältern oder Behältern, die in einer Betonwanne aufgestellt sind, gelagert.

Um den äußeren Zustand der Behälter überprüfen zu können, dürfen neue Tanks nicht erdgedeckt sein (außer sie sind doppelwandig). Sie müssen entweder außen oberirdisch in einer Tanktasse aufgestellt sein, die 110 % der Lagerungskapazität aufnehmen kann, oder in einer abgedichteten, unterirdischen Grube stehen. In diesem Fall darf keine Sand- oder Erddeckung vorhanden sein, damit die Behälter auf Korrosion und mögliche Leckagen untersucht werden können.

Es müssen Einrichtungen zum Erkennen von Acetonleckagen installiert sein.

Die Lagerbehälter können entweder atmosphärisch belüftet sein (wie bei der Lagerung von Kraftstoffen) oder sie sind als Druckbehälter ausgeführt, in denen das Aceton mit einem Stickstoffpolster überlagert wird. Die nationalen Vorschriften für die Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten sind zu beachten.

Atmosphärisch belüftete Tanks müssen mit einer Vorrichtung ausgestattet sein, die verhindert, dass bei einem Brand der Acetondämpfe ein Flammenrückschlag in den Tank erfolgt. Diese Vorrichtungen sind in der Regel Flammendurchschlagsicherungen für Aceton.

Fernbediente Notabsperrentile, die die Acetonlagertanks von der Abfüllanlage trennen, müssen für den Notfall (Feuer oder Überfüllung) vorhanden sein.

Ein Füllstandsalarm für den minimalen und maximalen Füllstand des Lagerbehälters soll vorhanden sein.

Entleerstellen für Tanklastzüge müssen mit einem Anfahrerschutz versehen sein. Beim Entladen ist eine Trennung vom sonstigen Fahrzeugverkehr erforderlich.

Es müssen Wegfahrsperren oder Sicherungssysteme vorhanden sein.

Die Umgebung um die Entleerstellen ist so auszuführen, dass Acetonleckagen aufgefangen und sicher abgeleitet werden können und nicht in die Kanalisation gelangen. Es dürfen Schutzmatten eingesetzt werden, mit denen die Einlässe von vorhandenen Abflusssystemen vorübergehend verschlossen werden können.

Für Tanklastzüge müssen Erdungsanschlüsse zur Verfügung stehen.

#### **7.4.4 Dimethylformamide, DMF**

DMF wird normalerweise in Fässern gelagert und erfordert ähnliche Vorkehrungen wie die Acetonfasslagerung.

Die toxischen Eigenschaften von DMF erfordern eine zusätzliche persönliche Schutzausrüstung für den Noteinsatz (siehe "Anforderungen - Persönliche Schutzausrüstungen für DMF").

#### **Behälterlagerung**

Die Menge von DMF, die in Acetylenfüllanlagen gebraucht wird, ist gewöhnlich gering. Aus diesem Grund wird DMF normalerweise nicht in Tanks gelagert.

Falls trotzdem Tanks verwendet werden, so müssen die Anforderungen für die Acetonlagerung angewendet werden (s. oben).

#### **7.4.5 Flaschenlagerung**

Im Abfüllbereich für gelöstes Acetylen sollen keine anderen Druckgasflaschen gelagert werden.

Es wird empfohlen, dass große Bestände von gefüllten Acetylenflaschen auf abgetrennten Flächen gelagert werden, mit nicht mehr als 200 Flaschen in jedem Flaschenblock und einem Abstand von 1,5 Meter zwischen den Blöcken (Lagerung siehe 12.3).

### 7.4.6 Lagerung von Chemikalien

Die Lagerung von Chemikalien kann einschließen: Reinigungschemikalien – Säure, Natronlauge - Schmieröl, Trocknungsmittel - Molekularsieb, Calciumchlorid oder Silikagel.

Bei der Lagerung von Chemikalien für die Acetylenherstellung ist folgendes zu berücksichtigen:

- Trennung der Chemikalienlagerräume vom Acetylenflaschenlager und sonstigen Zündquellen.
- Auffangwannen für Leckagen sollen so bemessen sein, dass das Volumen des größten Behälters aufgefangen werden kann.
- EG-Sicherheitsdatenblätter müssen zur Verfügung stehen.

Angemessene PSA muss zur Verfügung stehen.

### 7.5 Umweltschutzanforderungen

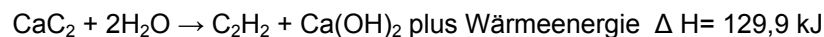
Siehe IGC Doc 109/03 – Umweltauswirkungen der Acetylenanlagen.

## 8 Produktion

### 8.1 Acetylenentwickler

#### 8.1.1 Herstellungsmethode

Acetylen wird durch die Reaktion von Calciumcarbid mit Wasser hergestellt. Diese Reaktion wird durch folgende chemische Reaktionsgleichung wiedergegeben:



Reines Calciumcarbid setzt 2082 kJ je kg Carbid bei 18° C und 1 bar Druck frei. Handelsübliches Carbid (typisch mit ca. 80 % Reinheit) hat eine Ausbeute von 300 l Acetylen und erzeugt 1793 kJ je kg Carbid. Die stöchiometrische Reaktion würde ohne Kühlung das Acetylen so erhitzen, dass es unter starker Wärmeabgabe in Wasserstoff und Kohlenstoff zerfallen würde. Mischt man Carbid und Wasser mit ungenügender Kühlung, können Explosionsbedingungen erreicht werden, besonders wenn Luft anwesend ist.

Die Reaktionswärme wird im Herstellungsprozess mit verschiedenen Maßnahmen gesteuert. Unterschiedlichste Typen von Carbid zu Wasser-Entwicklern steuern den Reaktionsablauf so, dass die Wärme abgeführt werden kann. "Nassentwickler" arbeiten mit enormem Wasserüberschuss, wobei die Reaktionswärme mit dem Schlamm abgeführt wird. Dahingegen arbeiten "Trockenentwickler" mit vergleichsweise wenig Wasserüberschuss. Hierbei wird die Reaktionswärme durch die beinahe vollständige Verdampfung des überschüssigen Wassers kompensiert.

Die Acetylenherzeugung zur Verdichtung und Abfüllung in Dissousgasflaschen erfolgt normalerweise mit Nassentwicklern, die das Carbid in eine Überschussmenge Wasser zugeben.

#### 8.1.2 Entwicklereinteilung

##### Nach dem Arbeitsdruck

Acetylenentwickler müssen gemäß Standards und Betriebsanweisungen so gestaltet, konstruiert und bedient werden, dass die Vollständigkeit und Integrität der Ausrüstungen sowie die Sicherheit für das Personal gewährleistet sind. Im System sollten Sicherheitsausrüstungen vorgesehen sein, die Drücke, Temperaturen, Durchflüsse, Füllstände und so weiter in sicheren Grenzen halten.

- Entwickler arbeiten entweder im Niederdruck- oder im Mitteldruckbereich.

- **Niederdruck (ND)** Entwickler dieses Typs erfordern einen Gasometer zur Anpassung der Gaserzeugungsmenge an die Verdichterfördermenge. Der maximale Betriebsüberdruck beträgt 0,2 bar.
- **Mitteldruck (MD)** Entwickler dieses Typs erfordern einen Gaspuffer zur Anpassung der Gaserzeugungsmenge an die Verdichterfördermenge. Der maximale Betriebsüberdruck beträgt > 0,2 bar bis 1,5 bar.
- Hochdruckentwickler mit Arbeitsdrücken über 1,5 bar sind nicht zulässig.

#### Nach dem Arbeitsprinzip:

- **Diskontinuierlich:** Diese Entwickler werden nach Ausgasung jeder Calciumcarbidcharge abgeschaltet, entleert und mit frischem Wasser gefüllt.
- **Halbkontinuierlich:** Diese Entwicklertypen haben eine automatische Wasserversorgung und geregelte Schlammabfuhr. Es ist unnötig, den Entwickler dafür anzuhalten. Dennoch ergibt sich eine kurze Unterbrechung zum Auffüllen der leeren Beschickungskammer.
- **Kontinuierlich:** Diese Entwicklertypen haben eine automatische Wasserversorgung und geregelte Schlammabfuhr. Ein Carbidcontainer füllt die Beschickungskammer über eine verbindende gasdichte Schleuse auf. Die Beschickungskammer hat gewöhnlich am Oberteil eine dichte Verschlussklappe. Andere kontinuierlich arbeitende Acetylenentwickler sind mit umschaltbaren doppelten Beschickungskammern ausgerüstet, um die kontinuierliche Carbidzufuhr zu ermöglichen. Bedienung und Sicherheitsregelkreise hängen vom Hersteller und vom Typ des Entwicklers ab.

#### 8.1.3 Anforderungen und Empfehlungen

- Die Einspeiseleitung zum Acetylenentwickler für sauberes und/oder zurückgewonnenes Wasser bedarf einer Vorrichtung zur Verhinderung des Rückströmens von Acetylen aus dem Entwickler.
- Die Konstruktion der Wassereinspeisung muss eine Überfüllung des Entwicklers ausschließen. Das dient der Vermeidung eines unerwünschten Wasserkontaktes mit dem unreaktierten Carbid im Carbidförderer.
- Das Wassereinspeisesystem muss die Mitschleppung von Luft- oder Chloranteilen verhindern (Gasabscheider).
- Bei kombinierter Frisch- und Brauchwassernutzung darf das Wassereinspeisesystem keinen Rückfluss von Brauchwasser in die Trinkwasserleitung ermöglichen.
- Steuerluftsysteme zur Steuerung des Entwicklers sind mit einer Trennvorrichtung zu versehen, die die Außerbetriebnahme der Steuerung für Instandhaltungszwecke (Einschaltsperr/Ausschild) und längere Stillstandsperioden ermöglicht.
- Bei Ausfall der Steuerluft muss die Entwicklersteuerung in den sicheren Anlagenzustand fahren (die Hersteller-Konstruktions-Standards sind dafür anwendbar).
- Der Entwickler muss mit Einrichtungen zur Verhinderung von unzulässigem Überdruck ausgerüstet sein. Zusätzliche Drucksteuerungen können installiert werden, um normale Entwicklerarbeitsschritte sicher zu unterbrechen oder abzuschalten. Ein Warnsignal vor Erreichen der Abschaltbedingungen kann für einen effizienten Betrieb ergänzt werden.
- Temperaturregler sind zu installieren, um abzusichern, dass die Acetylentemperatur 110° C nicht erreicht. Abhängig von der Konstruktion des Herstellers kann das durch Überwachung der Gas- und/oder der Wassertemperatur erreicht werden. Eine Temperatur-Hoch-Warnung muss den Entwickler abschalten. Ein Warnsignal vor Erreichen der Abschaltbedingungen kann für einen effizienten Betrieb ergänzt werden.
- Der Hoch- und Niedrigwasserstand des Entwicklers ist zu regeln. Ein Warnsignal vor Erreichen der Abschaltbedingungen kann für einen effizienten Betrieb ergänzt werden. Eine Niedrig-Wasserdruck-Abschaltung ist in der Wassereinspeisung des Entwicklers vorzusehen.

- Ergänzend können Wasserdurchflussmesser zur Regelung des Wasserstandes installiert werden.
- Wasserstandsregelung und Niedrig-Wasserdruck-Abschaltung sind an diskontinuierlich arbeitenden Entwicklern nicht erforderlich.
- Wo Schaugläser für die Füllstandsanzeigen genutzt werden, sind diese äußerlich gegen Bruch zu schützen (Gehäuse, Schild, Gitter). Sie sollten mit Optionen zur Reinigung, z. B. Reinigungsstutzen oder Spülvorrichtungen, ausgestattet sein.
- Entwickler mit maschinell angetriebenen Schlammrührwerken müssen mit einer Laufmeldung versehen sein.
- Zwischen Entwickler und öffentlicher Abwasserleitung darf es keine Verbindung geben.
- Acetylenentwickler müssen an Stickstoff-Spülsysteme angeschlossen sein, die dem Löschen eines Feuers beim Carbidnachfüllen unter Nutzung offener Nachfüllgefäße oder zum Spülen von an die Beschickungskammer angeschlossen Containern sowie der Vermeidung weiteren Gefahren am Entwickler dienen.
- Stickstoffspülsysteme sind auf Durchfluss und Spülzeit zu überwachen, um eine angemessene Spülung abzusichern.
- Schlammablassventile sollen eine zweite Absperrmöglichkeit für den Fall einer Leckage oder des Versagens besitzen.
- Mehrfachaufstellungen parallel betriebener Niederdruckentwickler sind mit einem System auszustatten, das den unbeabsichtigten Rückfluss des Acetylens aus dem Gasometer in jeden der Entwickler verhindert.

## 8.2 Gasometer

### 8.2.1 Allgemeines

Acetyलगasometer bestehen aus einem Wasser/Öl-gefüllten Außenbehälter mit einer innen schwimmenden Glocke, die mit wechselndem Gasinhalt unter Aufrechterhaltung eines konstanten Innendruckes auf- oder absteigt. Die verschiedenen Gasometerstellungen werden zur Steuerung der Carbidzufuhr genutzt.

Gasometer dienen in Niederdruckanlagen der Anpassung der Gaserzeugungsmenge an die Verdichterfördermenge.

### 8.2.2 Anforderungen

#### Gasometersteuerungen

- Der Gasometer ist mit einem Absperrventil am Gasein- und Austritt auszustatten.
- Der Gasometer muss mit einem Höchststandalarm, der die Carbidzufuhr stoppt, ausgerüstet sein. Manche Gasometer können mit einem Schalter versehen sein, der vor Erreichen der Höchststandmarke die Carbidzufuhr stoppt und vor Erreichen der Niedrigstandmarke die Carbidzufuhr wieder einschaltet.
- Der Gasometer muss einen Niedrigstand-Ausschalter haben, der die Verdichter abschaltet.
- Der Gasometer muss mit einer Füllstandsanzeige für den Wasserstand ausgerüstet sein.

Die Kapazität der (des) Gasometer(s) muss für die Nachvergasung des abgeschalteten Entwicklers sowohl im Normalbetrieb als auch im Gefahrenfall ausreichend bemessen sein.

## Beschaffenheit für tiefe Umgebungstemperaturen

Gasometer in Freiluftaufstellung unter Winterbedingungen sind mit Frostschutzeinrichtungen auszustatten. Während extremer Kaltwetterperioden soll der Gasometer häufiger auf Eisansätze kontrolliert werden, um eine Blockierung der Glocke auszuschließen.

### 8.3 Gaspuffer

#### 8.3.1 Allgemeines

Gaspuffer sind in Mitteldruckentwickleranlagen zur Anpassung der Gaserzeugungsmenge an die Verdichterfördermenge installiert. Der Gaspuffer ist ein Behälter mit einer innenliegenden Wasservorlage. Die Wasservorlage hat eine Flamm Sperrenfunktion, nicht die des Sicherheitsventils. Im Oberteil des Behälters ist ein Kontaktmanometer installiert, das mit einem oberen und einem unteren Grenzwert die Carbidzufuhr des Entwicklers steuert.

#### 8.3.2 Anforderungen

Folgende Anforderungen sind zu beachten:

- Der Gaspuffer ist mit einem Ein- und einem Auslassventil auszurüsten.
- Ergänzend zum Kontaktmanometer für die Carbidzufuhrsteuerung muss ein zusätzliches Manometer installiert sein, das bei Erreichen des niedrigsten zulässigen Betriebsdruckes den Verdichter abschaltet.
- Der Gaspuffer ist mit einem Sicherheitsventil auszustatten.
- Die Wasservorlage ist mit einer Wasserstandskontrolle auszurüsten.

### 8.4 Reinigung und Trocknung

Die Reinheit des in Flaschen gefüllten Acetylens beträgt normalerweise 99,6 % oder mehr. Verunreinigungen, die auftreten können, enthalten Luft, Wasserdampf, Phosphorwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Öl und Stickstoff. Wenn die Konzentration der Verunreinigungen nicht verringert wird, können diese dazu beitragen, dass die Kapazität der Flasche reduziert wird, der Sättigungsdruck ansteigt, "Lösemittelspucken" auftritt und die Bildung unerwünschter Polymerisate die Poren der Masse verstopft. Da Luft schlechter im Aceton löslich ist als Acetylen, konzentriert sie sich im Kopf der Acetylenflasche. So können aus geringen Luftanteilen Anreicherungen oberhalb der unteren Explosionsgrenze im Flaschenkopf entstehen, die eine große Gefahr der Selbstentzündung darstellen.

#### 8.4.1 Quellen für Verunreinigungen

##### Luft

- Luft kann mit dem Carbid bei jeder Entwicklerbeschickung in das System gelangen. Spülen der Carbidcontainer und/ oder der Beschickungskammer kann das reduzieren.
- Unterlassen des Spülens bzw. Versagen der Spüleinrichtung bei Aufnahme des Entwicklerbetriebes kann den Luftgehalt erhöhen bzw. eine Anreicherung des Spülgases im Entwickler verursachen.
- Wenn das Unterdruckschutzsystem des Entwicklers nicht ordentlich funktioniert, kann bei Abkühlung des ausgeschalteten, abgesperrten Entwicklers Luft eindringen.
- Ein Versagen der Unterdruckabschaltung in der Saugleitung des Verdichters kann bei erhöhten Druckverlusten in der Saugleitung das Eindringen von Luft, zum Beispiel an der Stopfbuchse der Kolbenstange, verursachen.

- Luft kann direkt in eine drucklose Flasche dringen, wenn das Ventil aufgelassen wurde oder wenn es bei Reparaturen längere Zeit herausgeschraubt war.
- Neue Acetylenflaschen, die beim Hersteller evakuiert und erstacetoniert wurden, können Luft aufnehmen, wenn das Ventil undicht ist oder unabsichtlich vor Anschluss an den Füllstand geöffnet wurde.
- Luft kann auch im Leitungswasser in gelöster Form in den Entwickler eingetragen werden.
- Es wurde ermittelt, dass mit jedem Anstieg der Luftverunreinigung in der Acetylenflasche um 0,1 % der Sättigungsdruck um 0,4 bar ansteigt.

### **Wasser**

- Carbiderzeugtes Acetylen ist entsprechend den Druck- und Temperaturbedingungen der Anlage bis zum Trockner mit Wasserdampf gesättigt. Die Wasserdampfmenge, welche letztendlich in die Acetylenflasche gelangt, ist von den Leistungsdaten des Trocknersystems abhängig.
- Wasser kann ebenfalls in die Flasche gelangen, wenn das Ventil der drucklosen Flasche geöffnet ist. Das gilt besonders, wenn die Ventilöffnung durch Niederschlagswasser beaufschlagt wird (z.B. bei liegender Flasche mit nach oben zeigender Ventilöffnung).
- Das Eindringen von Wasser in die Acetylenflasche sollte aus folgenden Gründen verhindert werden:
  - Es mischt sich mit dem Lösemittel und senkt sein Lösevermögen für Acetylen.
  - Es kann die poröse Masse zerstören.
  - Es kann Korrosion des inneren Flaschenmantels verursachen.

### **Phosphorwasserstoff**

- Phosphorverbindungen im Calciumcarbid reagieren mit dem Entwicklerwasser während der Acetylenherzeugung zu Phosphorwasserstoff. Der Gehalt an Phosphorwasserstoff im Acetylen ist von der Reinheit der vom Carbidhersteller genutzten Rohstoffe abhängig (siehe Abschnitt 5.2) und beträgt normalerweise weniger als 500 ppm Vol.
- Eine Reinigung zur Erfüllung der Acetylenverbraucheransprüche kann erforderlich sein. Der Phosphorwasserstoffgehalt gereinigten Acetylens liegt üblicherweise unter 15 ppm Vol.
- Phosphorwasserstoff ist ein sehr giftiges Gas und die Exposition des Personals mit zu hohen Konzentrationen ungereinigten Acetylens muss strikt vermieden und überwacht werden.

### **Schwefelwasserstoff**

- Schwefelverbindungen im Calciumcarbid reagieren mit dem Entwicklerwasser während der Acetylenherzeugung zu Schwefelwasserstoff. Der Gehalt an Schwefelwasserstoff im Acetylen ist von der Reinheit der vom Carbidhersteller genutzten Rohstoffe abhängig, wobei jedoch der Entwicklerwäscher und Wassersprühtürme oder die Ammoniakwäsche die überwiegenden Anteile entfernen.
- Der Schwefelwasserstoffgehalt gereinigten Acetylens liegt üblicherweise unter 10 ppm Vol.

### **Ammoniak**

- Der Ammoniakgehalt des erzeugten Acetylens resultiert aus der Reaktion des im Carbid enthaltenen Kalkstickstoffs ( $\text{Ca}(\text{CN})_2$ ) mit dem Entwicklerwasser. Der Kalkstickstoff wird in der Reaktion des atmosphärischen Stickstoffs mit der heißen Oberfläche des frisch abgegossenen Calciumcarbids erzeugt.

- Ammoniak begünstigt die Bildung unerwünschter Polymerverbindungen innerhalb der Acetylenflasche und sollte mittels Wassersprühturm oder Ammoniakwäscher geregelt entfernt werden.

## Öl

- Die Entfernung des überschüssigen Verdichteröls wird normalerweise im Kondensatabscheider oder im Trockner erreicht. In Anlagen, in denen Trockner installiert wurden, ist der Eintrag von Öl normalerweise geringer, als für einen erwünschten schwachen Ölfilm in Hochdruckleitungen und -Füllrampen erforderlich ist. Der schwache Ölfilm vermindert wahrscheinlich das Risiko eines Acetylenzerfalls.
- Ölverunreinigungen in Acetylenflaschen treten nur dann auf, wenn die Kondensatabscheider und -abstreifer nicht regelmäßig entleert oder ausgeblasen werden. Dann können Wasser und Öl in die Acetylenflaschen eingetragen werden.

## Stickstoff

- Stickstoff gelangt hauptsächlich durch Spülprozesse oder undichte Ventile der Stickstoffspülung in das Acetylen.

### 8.4.2 Ausrüstungen zur Entfernung von Verunreinigungen

#### Wäscher

- Der Wäscher ist in den meisten Niederdruck- und Mitteldruck-Acetylenentwicklern vorgesehen, um das austretende Gas zu waschen und zu kühlen. Er reduziert den Ammoniak-/Schwefelwasserstoffgehalt auf akzeptable Konzentrationen. Gleichzeitig beugt der Wäscher einem Kalkaerosolaustrag vor.
- Einige Niederdruckentwickler haben Wasservorlagen (Gas tritt blasenförmig durch eine Wassersperre). Der Hauptzweck dieser Wasservorlage ist, einen Gasrückfluss aus dem Gasometer oder einem anderen Entwickler zu verhindern, jedoch zusätzlich auch einen Teil des Kalks, Ammoniaks und Schwefelwasserstoffs zu entfernen. Diese Methode des Gaswaschens ist nicht so effektiv wie ein direkter Wäscher und kann den Ammoniak nicht in allen Fällen akzeptabel reduzieren. Separate Ammoniakwäscher können noch in Niederdruck-Entwickleranlagen genutzt werden.

#### Reiniger

Acetylen wird hauptsächlich gereinigt, um die giftigen Stoffe Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff zu entfernen. Reinigungserfordernisse sind auf der Grundlage der Carbidreinheit, des Verfahrens und der Acetylenpezifikation zu bestimmen.

Zwei Reinigungsmethoden sind im Gebrauch - trockene und nasse Reinigung.

- **Nasse Reinigung.** Im nassen Reinigungsprozess durchläuft das Acetylen einen mit Füllkörpern (z. B. "Raschigringe") gefüllten Turm. Konzentrierte Schwefelsäure wird in den Kopf des Turmes gepumpt und fließt im Gegenstrom zum Acetylen nach unten. Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff werden bei dem Kontakt der Schwefelsäure mit dem Acetylen entfernt. Im Gasstrom mitgerissene Säure wird in einem nachgeschalteten Laugewaschturm neutralisiert. Es ist wichtig, das System zu kühlen, weil die Reaktion exotherm ist. Die Einhaltung einer hohen Reinheit der Schwefelsäure ist kritisch. Kleine Verunreinigungsmengen von Quecksilber oder Eisen verursachen Polymerisation des Acetylens. Die Polymerisationsprodukte ähneln Teer und verstopfen die Zwischenräume der Füllkörper. Das Endergebnis könnte eine Blockade des Gasdurchgangs oder ein Acetylenzerfall sein. Dieses Problem ist eher bei erhöhten Temperaturen zu erwarten. Die Aufrechterhaltung der korrekten Säurekonzentration ist wichtig, andernfalls kann Phosphorwasserstoff im Wäschersumpf desorbieren und sich beim Ablassen der verbrauchten Säure im Kontakt mit Luft selbst entzünden.

- **Trockene Reinigung.** Trockene Reinigung ist aus Umweltgründen (Entsorgung des verbrauchten Reinigungsmittels) nicht mehr die bevorzugte Reinigungsmethode. In der Trockenreinigung durchläuft das Acetylen einen Behälter mit verschiedenen Lagen einer Reinigungsmischung, welche die Verunreinigungen entfernen. Alle Reinigungsmischungen sind säurehaltig und haben ätzende Effekte auf menschliche Gewebe. Sobald das Rohacetylen die Reinigungsmasse durchströmt, werden Phosphorwasserstoff und die verbliebenen Spuren des Schwefelwasserstoffs und Ammoniaks oxidiert oder adsorbiert und aus dem Gasstrom entfernt. Das Reinigungsmittel wird nach Ablauf einer befristeten Standzeit weniger wirksam und ist dann zu regenerieren oder in freier Luft wieder zu oxidieren. Danach kann es erneut genutzt werden. Das Reinigungsmittel kann einige Male regeneriert werden, bis es verworfen werden muss. Einige der Trockenreinigungsmittel enthalten Quecksilberchlorid, welches freies Quecksilber freisetzen kann, das sich zu einer gefährlichen Menge anreichern kann. Es ist notwendig, die Reinigerwirkung zu überwachen und rechtzeitig das Reinigungsmittel zu wechseln, wenn sich die Reinigungsleistung zu verschlechtern beginnt.

### Trockner

Das Grundprinzip für Acetylen-Trocknungsprozesse ist das Durchströmen eines Behälters, der Trocknungsmittel enthält. Das Trocknungsmittel kann ein sich auflösendes, Feuchte adsorbierendes Material (zum Beispiel Calciumchlorid) oder ein adsorbierendes Material sein, das regenerierfähig ist (wie Aluminiumgel oder Molekularsieb). Es sind Niederdrucktrockner (ND) und Hochdrucktrockner (HD) in Gebrauch. HD-Trockner sind wirksamer. Niederdrucktrockner vermeiden Acetylenhydratbildung in der Hochdruckleitung. (Zusätzliche Anmerkung: Dieser Vorteil der ND-Trocknung ist nur für den HD-Rohrabschnitt zwischen Verdichter und HD-Trockner bei Gastemperaturen unter 13 °C zutreffend.)

Die **Trocknung bei niedrigem Druck** (bis zu einem maximalen Überdruck von 0,2 bar) erfordert große Behälter zur Aufnahme des Trocknungsmittels. Im Gefahrenfalle brauchen Behälter und Rohrleitungen nicht mehr als dem Druck des Acetylenzerfalles zu widerstehen. Ein abschließender Feuchtigkeitsgehalt von ca. 70 ppm kann mit der ND-Trocknung erreicht werden.

Typische Trockenverfahren nutzen:

- Calciumchlorid
- Silicagel
- Koaleszenzfilter (Faserpakete)
- Kondensatoren.

**Hochdrucktrocknungen** (bis zu einem Überdruck von 25 bar) werden direkt von den Verdichtern, in denen das meiste Wasser durch die druckbedingte Taupunktabsenkung entfernt wurde, mit Acetylen gespeist. Der verbleibende Wasserübertrag ist klein, folglich kann auch der Behälter für das Trockenmittel kleiner ausgelegt werden. Alle Druckbehälter und Rohrleitungen müssen so ausgelegt sein, dass sie dem Detonationsdruck standhalten. Das erfordert höhere Investitionskosten als bei der ND-Trocknung, jedoch die niedrigeren Betriebskosten refinanzieren den Mehraufwand nach kurzer Betriebszeit. Die Hochdrucktrocknung erreicht Restfeuchten bis 2 ppm. In Hochdrucksystemen ist es üblich, vor dem Trocknungsmittel-Behälter einen Kondensatabscheider zu installieren, um anfallende Öl-Wasser-Gemische vom Gasstrom zu separieren und eine Kontamination des Trocknungsmittels zu verhindern. Hinter den Trocknungsmittel-Behältern kann ein Druckhalteventil eingesetzt werden, um den Druck auf mindestens 14 bar zu halten und dadurch eine effizientere Trocknung zu erreichen. Siehe Kapitel 10.2 für weitere Informationen.

Als typische Trockenmittel werden verwendet:

- Calciumchlorid
- Aluminiumgel
- Silicagel
- Molekularsieb.

### 8.4.3 Anforderungen

- Verbrauchte Reinigungs- und Trocknungsmittel sollen umweltverträglich entsorgt werden.
- Zerfallsperren / Alarmierungen.
- Temperaturüberwachung.
- Reinheitsüberwachung.
- Verriegelungen bei luftregenerierten Systemen.
- Füllstandsüberwachung bei Calciumchlorid, um größere Hohlräume zu vermeiden.
- Hinweise bezüglich effizienter Spülung und Regenerierung für trockene Reinigungen.

## 8.5 Handhabung und Speicherung von Carbidkalk

### 8.5.1 Allgemeines

Carbidkalk ist das Nebenprodukt der Reaktion des Calciumcarbids mit Wasser bei der Erzeugung von Acetylen. Carbidkalk wird auch als Carbidschlamm, Entwicklerschlamm, Kalkschlamm, Klärschlamm oder Kalkhydrat bezeichnet.

### 8.5.2 Carbidschlammaufbereitung und Handhabung

Kalkschlamm vom "nassen" Entwicklerprozess hat einen Feststoffgehalt von etwa 10 % bis 12 %. Da dies für einen ökonomischen Transport zu verdünnt ist, kann der Feststoffgehalt mit folgenden Methoden erhöht werden:

- **Absetzen**

Absetzsysteme sind normalerweise eine Reihe miteinander verbundener Behälter, in welche der Schlamm vom Acetylenentwickler mit 10 % bis 12 % Feststoffanteil eingeleitet wird. Die Tanks werden zum Absetzen der Feststoffanteile genutzt, wobei sich der Wasseranteil im Schlamm verringert. Während die Feststoffanteile auf den Boden sinken, sammelt sich das geklärte Wasser darüber. Der eingedickte Schlamm wird mit einer Pumpe in den unteren Teil des nächsten Tanks eingeleitet. Das geklärte Wasser an der Oberfläche des zweiten Tanks kann zu einer Klärwasservorlage oder einem Klärwasserbecken zur Wiederverwendung abgezogen werden. Abhängig von der Dauer des Absetzprozesses kann ein Feststoffanteil von 30 % bis 40 % erreicht werden.

- **Kalkgruben**

Kalkgruben sollen in Einklang mit den nationalen Umweltbestimmungen errichtet werden. Nachdem der Carbidkalkschlamm aus dem Entwicklerprozess in die Kalkgrube gepumpt wurde, beginnen die Feststoffe sich abzusetzen und das geklärte Wasser nach oben zu steigen. Nach längerer Absetzzeit kann der Feststoffanteil 50 % und mehr erreichen. Das Wasser dieses Prozesses kann im Acetylenentwickler erneut genutzt oder alternativ nach ordentlicher Aufbereitung abgeleitet werden. Kalkhydrat in Gruben mit hohen Feststoffanteilen erweckt einen festen Eindruck. Das Betreten der Schlammoberfläche ist jedoch gefährlich, da die Masse thixotrop ist und unter Druck nachgibt.

### Filtration

Kalkschlamm kann auch mit Filterpressen konzentriert werden, einem Filtersystem mit Filtertüchern und Filterrahmen, welches bei 8 bar bis 14 bar arbeitet. Die Feststoffe werden zwischen den Filterrahmen in Quaderform aufkonzentriert (Filterkuchen), und das abgetrennte Wasser für die Acetylenherzeugung erneut genutzt oder nach ordentlicher Aufbereitung abgeleitet. Je höher die Arbeitstemperatur, umso besser ist der Filtrationsprozess und umso niedriger ist der Wassergehalt im Filterkuchen. Es können Filterkuchen mit weniger als 15 % Gewichtsanteil Feuchtigkeit erreicht werden.

### Mechanische Eindicker

Großtechnische Arbeiten haben bewiesen, dass Schlamm in einer Zentrifuge bis auf einen Feststoffanteil von 60 % aufkonzentriert werden kann. Mechanische Eindicker können Konzentrationen von annähernd 40 % Feststoffgehalt erreichen.

### Trocknung

Verdünnter oder konzentrierter Schlamm kann effektiv durch Mischung mit trockenem gebranntem Kalk ( $\text{CaO}$ ) getrocknet werden. Das Überschusswasser im Carbidkalkschlamm löscht den Branntkalk, so dass der Feststoffgehalt merklich ansteigt, sogar bis zu einem Trocknungsgrad handelsüblichen gelöschten Trockenkalkes ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Das wird in einem Schlammbehälter mit manuell gesteuertem Schlammaustrag, Branntkalkeinspeisung und einem Mischer oder Hydrator ausgeführt. Das Branntkalklöschen erzeugt eine beträchtliche Wärme, welche zur Verdampfung einiger Wasseranteile führt und flüchtige Verunreinigungen des Carbidkalkes austreibt. Der sich ergebende Löschkalk ist völlig frei von Schwefelwasserstoff und anderen störenden, geruchsverursachenden Anteilen.

### 8.5.3 Transport

- **Stichfest**

Bei einem Feststoffanteil von ca. 50 % oder höher ist die Konsistenz des Kalkes ziemlich fest und kittartig. Der stichfeste Kalk kann mit Schaufel-, Greifer-, Eimerbagger oder Becherwerk gefördert werden. Der Transport dieses Kalkmaterials kann in wasserdichten Muldenkippern, Frachtkähnen oder Spezialbahnwaggons vom Typ Zementkipper erfolgen.

- **Schlammförmig**

Carbidkalk mit 20 % bis 40 % Feststoffanteil kann darüber hinaus zu einem stichfesten Kuchen durch Absetzen oder durch zusätzliche Filtration zur Entfernung des Überschusswassers konzentriert werden. Im Falle abgesetzten Schlammes ist die Zufuhr von Wasser sowie ein Aufrühren erforderlich, um Schlamm einheitlicher Dichte zu erzeugen. Das Aufrühren kann mit untergetauchten Druckluft-Düsen, Dampf oder mit Hochdruck-Wasserstrahl erfolgen oder durch mobile Ausrüstungen wie beispielsweise auf Schwimmern montierte Pumpen. Manuelle betriebene Zerhacker und elektrisch angetriebene Rührwerke können ebenfalls effektiv genutzt werden. Carbidkalkschlamm mit bis zu 40 % Feststoffanteil kann mit Kreiselpumpen zufriedenstellend gepumpt werden. Der Tankwagen- oder LKW-Transport des Schlammes mit geringen Feststoffanteilen ist nachgewiesenermaßen zufriedenstellend.

### 8.5.4 Anforderungen

- Carbidkalk muss in Freiluftlager oder gut gelüftete Bereiche geleitet werden, mit sicherem Abstand zu Zündquellen (in Übereinstimmung mit der Ex-Zonen-Einteilung) und angrenzenden Grundstücken mit darin befindlichen Anlagen.
- Carbidkalkgruben müssen umzäunt und mit den Warnschildern "Nicht Rauchen, kein offenes Feuer!" sowie Warnzeichen "Explosionsgefahr" gemäß EU-Richtlinie 1999/92/EG versehen sein.
- Wenn nicht für weitere Zwecke genutzt, muss der Carbidkalk in umweltgerechter Weise entsorgt werden. Im Abfallrecht ist Carbidkalk als gefährlich (reizend) eingestuft und wird nach Europäischen Abfallkatalog unter Nr. 06 02 01 für  $\text{Ca(OH)}_2$  transportiert.
- Eine Notdusche / Augendusche sollte sich in erreichbarer Nähe der Kalkschlamm-Arbeitsbereiche befinden. Persönliche Schutzausrüstung ist zu tragen.
- Carbidkalk enthält Reste von gelöstem Acetylen, das kann eine Gefahr beim Transport in geschlossenen Tankfahrzeugen darstellen. Solche Tankfahrzeuge nutzen ein Vakuum, um den Schlamm abzuziehen, und im Ergebnis der Drucksenkung wird das Acetylen freigesetzt. Ähnliche Effekte gibt es auch bei hohen Sommertemperaturen in geschlossenen Tankfahrzeugen.

## 9 Flaschen und Armaturen

Anforderungen für Acetylenflaschen sind im ADR (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung von gefährlichen Gütern auf der Straße) festgelegt.  $\pi$ -gestempelte Flaschen für unbegrenzten Gebrauch in Europa entsprechen außerdem der EU-Richtlinie 1999/36/EG (TPED, Transportable Pressure Equipment Directive).

Der Acetylenflaschenmantel ist aus geschweißtem Stahl, nahtlosem Stahl oder manchmal aus nahtlosem Aluminium hergestellt. Für Flaschenmäntel aus nahtlosem Aluminium, wie in ISO 7866 angegeben, muss bei der Konstruktion - wenn eine Wärmebehandlung erforderlich ist (zum Beispiel während der Erzeugung der porösen Masse) - die resultierende Änderung der Werkstoffeigenschaften der genutzten Aluminiumlegierung berücksichtigt werden.

Der Flaschenmantel ist mit granularer poröser "Schüttmasse" (ältere Flaschen) oder mit fester poröser "monolithischer Masse" (moderne Flaschen) völlig gefüllt. Ein Lösemittel, normalerweise Aceton oder DMF, wird genutzt, um das Acetylen in gelöster Form innerhalb der porösen Masse zu speichern. Weiterhin sind die Flaschen mit einem Ventil und mit einer Ventilschutzvorrichtung (z. B. Kappe oder Käfig) ausgerüstet.

### 9.1 Konstruktion von Acetylenflaschen

Acetylenflaschen haben normalerweise eine Größe zwischen 3 l und 60 l Fassungsraum.

Sie sind als nahtlose oder geschweißte Flaschen hergestellt.

Für nahtlose Stahlflaschen siehe EN 1964-1 oder ISO 9809-1.

Für geschweißte Stahlflaschen siehe EN 13322-1 oder ISO 4706.

Für nahtlose Aluminiumflaschen siehe EN 1975 oder ISO 7866.

Manche Flaschen sind in Übereinstimmung mit nationaler Gesetzgebung mit Schmelzsicherungen ausgerüstet. Die Schmelzsicherungen schmelzen und entspannen den Flascheninhalt, wenn die Flasche großflächig Feuer ausgesetzt wird.

### 9.2 Konstruktion von Acetylenflaschenbündeln

Flaschenbündel bestehen aus einer Anzahl von Einzelflaschen, welche für die gleichzeitige Befüllung und Entleerung verbunden sind. Sie sind von einem stabilen Rahmen umhüllt, der leichtes Heben mit dem Kran und/oder Transport mit dem Gabelstapler ermöglicht.

Flaschenbündel sind nicht als Multi Element Gas Container (MEGC), wie im ADR definiert, zu betrachten.

Für die Konstruktion, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung siehe EN 13769.

Flaschenbündel mit einem Zentral- oder Hauptabsperrentil müssen mit offenen Flaschenventilen transportiert werden.

### 9.3 Acetylene cylinder trailer design

Flaschenbatterietrailer bestehen aus einer Anzahl von Flaschenbündeln, welche für die gleichzeitige Befüllung und Entleerung verbunden und auf einem Trailergestell montiert sind oder aus einer zusammengeschlossenen Batterie von Einzelflaschen, die den gesamten Trailer umfasst.

Für die Konstruktion siehe EN 13807.

Für zusätzliche Information siehe auch Empfehlung der US Compressed Gas Association CGA Dokument G-1.6.

#### 9.4 Poröse Massen und Lösemittel

Die poröse Masse enthält ein Lösemittel (Aceton oder DMF), in welchem das Acetylen unter Druck gelöst ist.

Die porösen Massen haben eine Porosität von bis zu 92 %.

Poröse Massen für Acetylenflaschen und deren Fülldaten müssen durch eine zuständige Behörde geprüft und zugelassen sein. Prüfanforderungen- und -bedingungen sind in EN 1800 oder ISO 3807 (Teil 1 oder Teil 2) festgelegt.

Eine Liste poröser Massen mit deutscher Bauartzulassung veröffentlicht die BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, [www.bam.de](http://www.bam.de)). Weitere poröse Massen können in dem CEN-Papier CR 14473 (CEN/TC 23) gefunden werden.

Die Fülldaten für die Lösemittelfüllung in kg/l Fassungsraum und die Acetylenfüllung in kg/l Fassungsraum müssen sicherstellen, dass eine gefüllte Flasche bis zu einer einheitlichen Temperatur von 65 °C keinen hydraulischen Druck entwickelt (ISO 3807, EN 1800, EN 1801, IGC Dokument 18/83/D). Gleichzeitig gewährt die richtige Lösemittel- und -Acetylen-Füllung die geprüfte Sicherheit gegen einen Flammrückschlag beim Anwender der Flasche.

#### 9.5 Füllbedingungen

Für allgemeine Informationen siehe IGC Dokument 34/87/D.

Für Füllbedingungen von

- einzelnen Acetylenflaschen siehe EN 1801
- Acetylenflaschenbündeln siehe EN 12755
- Acetylenbatteriefahrzeugen siehe EN 13720.

Da Acetylenflaschen geringfügigen Lösemittelverlusten, abhängig von den Gasentnahmebedingungen, unterworfen sind, ist vor erneuter Acetylenfüllung eine Ergänzung des Lösemittels erforderlich.

Acetylenbündel und -trailer werden nicht vor jeder Füllung mit Lösemittel ergänzt. Diese werden, wie in der Zulassung angegeben, für die Lösemittelergänzung demontiert und flaschenweise ergänzt, entweder nach Erreichen des maximalen Lösemittelverlustes oder der festgelegten maximalen Füllungszahl, je nachdem was eher erreicht wird.

Bündel mit Aceton müssen normalerweise nach maximal 6 Füllungen, Bündel mit DMF nach maximal 100 Füllungen mit Lösemittel ergänzt werden. In der Praxis hängt das von den Nutzungsbedingungen ab.

#### 9.6 Instandhaltung und wiederkehrende Prüfung

Acetylenflaschen können Verschleiß und Belastungen unterworfen sein, die aus unsachgemäßer Behandlung herrühren.

Als Ergebnis können beschädigt werden:

- Flaschenmantel und/oder
- Flaschenzubehör
- Die poröse Masse und/oder
- Flaschenbündelrahmen und deren Sammelleitungen.

Die Flaschen, einschließlich allen Zubehörs, benötigen deshalb eine Überprüfung ihrer Unversehrtheit vor jeder erneuten Füllung (siehe Kapitel 10.3).

Die komplette Flasche muss spätestens nach Ablauf ihrer in ADR 6.2.1.6 und ADR 4.1.4.1 - P200 festgelegten Prüffrist der wiederkehrenden Prüfung unterzogen werden.

Für Anforderungen zur wiederkehrenden Prüfung und Instandhaltung von Acetylenflaschen siehe EN 12863 und ISO 10462.

Für Prüfung und Instandhaltung von Flaschenventilen siehe EN ISO 14189.

Für die Behandlung von verstopften oder nicht mehr bedienbaren Ventilen siehe IGC Dokument TN 505/86.

### 9.7 Entsorgung von Acetylenflaschen

Flaschen, deren Entsorgung erforderlich ist, müssen in Übereinstimmung mit der zutreffenden nationalen Umweltgesetzgebung behandelt werden, da sie wegen des Lösemittels und in einigen Fällen wegen Asbestanteilen in der porösen Masse als gefährlicher Abfall eingestuft sind (Nr. 150 111 des Europäischen Abfallkatalogs).

Die Richtlinien für die Entsorgung von Acetylenflaschen finden Sie im IGC Dokument 505/86.

### 9.8 Acetylenflaschenventile

Acetylenflaschenventile haben in Übereinstimmung mit nationalen Bestimmungen die verschiedensten Entnahmestutzengestaltungen.

Für Spezifikation, Typprüfung und Kennzeichnung von Acetylenflaschenventilen siehe EN 849.

$\pi$ -gekennzeichnete Flaschen für den ungehinderten EU-Einsatz erfordern ein  $\pi$ - oder CE-gekennzeichnetes Ventil.

Für Herstellungsprüfungen und Überprüfungen von Ventilen siehe EN ISO 14246.

Einige Flaschen können mit NR/RPV (Restdruckventilen mit Gasrücktritt-Verhinderungsfunktion) oder mit einem integrierten Druckregler ausgestattet sein.

### 9.9 Acetylenflaschenzubehör

Acetylenflaschenventile müssen gegen Stoßeinwirkungen und Aufprallbeschädigung geschützt sein. Dies kann durch höhere Konstruktionsfestigkeit, durch eine abschraubbare Ventilschutzkappe oder einen fest montierten Ventilschutzkäfig erreicht werden. Für weitere Hinweise siehe EN 962 oder ISO 11117.

### 9.10 Acetylenflaschenkennzeichnung

- Anforderungen für die Flaschenkennzeichnung sind in ADR 6.2.1.7 festgelegt.
- ADR 6.2.1.7.1 führt die Zulassungskennzeichen auf.
- ADR 5.2.1.6 zählt die erforderlichen Kennzeichen auf, die als Prägung, Labelung oder Lackierung dauerhaft auf der Flasche sichtbar sein sollen.
- ADR 5.2.2.2.1.2 beschreibt die Warnaufkleber für den Transport (siehe auch ISO 7225).
- Für im Metall geprägte Erkennungsdaten siehe das zutreffende EIGA-Positionspapier (05/02), welches die Anforderungen des ADR 6.2.1.7, der EN 1089-1, der ISO 13769 und der TPED (EU-Richtlinie 1999/36/EC) vereinigt.
- Für Erkennungsdaten, welche ständig auf der Flasche ausgewiesen (aber nicht geprägt) sind, siehe EN 1089-2 bzw. ISO 7225.
- Für die Farbkennzeichnung der Gasflaschen siehe EN 1089-3 (bzw. ISO 32, in Bearbeitung).

## 10 Füllung

### 10.1 Verdichtung/Verdichter

Acetylenverdichter sind normalerweise langsam laufende Mehrstufenmaschinen mit Wasser- oder Luftkühlungssystemen, die das Acetylen vom Entwicklerdruck auf den Enddruck verdichten. Acetylenverdichter sind speziell für den Acetylenbetrieb zu entwerfen und zu konstruieren.

#### 10.1.1 Auslegungsgrundlagen

##### Allgemeine Anforderungen und Empfehlungen

- Acetylenverdichter sind speziell für den Acetylenbetrieb zu entwerfen und zu konstruieren. Alle Bauteile sind so auszulegen, dass sie den betrieblich zu erwartenden Belastungen standhalten.
- Acetylenverdichter sind so zu konstruieren und auszurüsten, dass
  - Acetylen / Luft-Gemische kontrolliert ausgespült werden können,
  - während des ordnungsgemäßen Betriebes keine Luft eindringen kann.
- Acetylenverdichter sind hinter jeder Verdichterstufe mit einem Kühlsystem auszustatten. Die Kühlsysteme müssen sicherstellen, dass
  - während des normalen Betriebes keine Temperaturen auftreten, die zu einem Acetylenzerfall führen können (bei ölgeschmierten Verdichtern wird dieses erreicht, wenn die Acetylen-Temperatur hinter dem Druckventil 140°C nicht überschreitet).
  - die Acetylen-Temperatur beim Eintritt in die Verteilungsleitung den sicheren Betrieb der nachgeschalteten Ausrüstungsteile nicht beeinträchtigt (d.h. die Acetylen-Temperatur sollte an dieser Stelle max. 70 °C betragen); die Temperatur wird hinter dem Kühlsystem der letzten Druckstufe mit Hilfe einer fest installierten Temperaturanzeige kontrolliert.
  - Der Kühlwasserdruck sollte kleiner als der Gasdruck der ersten Verdichtungsstufe sein, und das Kühlwasser sollte im offenen Überlauf abfließen, um mögliche Leckagen zu vermeiden.
- Die Materialien müssen allen zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Belastungen sicher standhalten und so ausgeführt sein, dass sie mit Acetylen und den Carbidrückständen keine gefährlichen Reaktionen eingehen, sofern sie damit in Berührung kommen können (nähere Angaben siehe 6.2). Falls die Acetylenverdichter über Riemen angetrieben werden, dürfen die Riemen keine elektrostatischen Aufladungen erzeugen.
- Kondensatabscheider und andere Behälter von Acetylenverdichtern sind an ihren niedrigsten Punkten mit Ablassseinrichtungen auszustatten.
- Die Acetylen-Ein- und Austrittsrohrleitungen jedes Verdichters sind mit leicht zugänglichen Absperrventilen auszustatten.
- Entleerungsleitungen von Ölabscheidern, Kondensatabscheidern und Trocknern sind zu einem sicheren Ort hin - abseits von allen Zündquellen und brennbaren Materialien - zu verlegen.

#### 10.1.2 Ausrüstung

##### A. Druckbegrenzungseinrichtungen

- Acetylenverdichter sind mit Druckbegrenzungseinrichtungen auszurüsten, die den Verdichter abschalten und ein Alarmsignal auslösen, wenn
  - der Saugdruck unter den erforderlichen Mindestdruck fällt, spätestens jedoch bei Unterschreiten eines Überdrucks von 1 mbar.
  - der maximale Arbeitsdruck überschritten wird (bei Hochdruck-Verdichtern in der Regel 25 bar).

- Der maximale Arbeitsdruck muss an der Druckbegrenzungseinrichtung der Hochdruck- Verdichter einstellbar sein, um die Bildung von flüssigem Acetylen zu vermeiden (siehe 10.1.3).
- Jede Druckstufe ist mit einem geeigneten Sicherheitsventil auszustatten, das nicht abgesperrt werden kann. Die Sicherheitsventile sind gegen unbefugte Veränderung der Einstellung zu sichern.
- Sicherheitsventile müssen so ausgelegt und eingestellt werden, dass ein Überschreiten des höchstzulässigen Betriebsüberdrucks um mehr als 10% verhindert wird. Der Ansprechdruck der Sicherheitsventile muss dem höchstzulässigen Betriebsüberdruck der jeweiligen Verdichterstufe entsprechen.
- Die Nennleistung der Sicherheitsventile muss mindestens genauso groß wie die Nennleistung der zugeordneten Verdichterstufe sein.
- Das aus den Sicherheitsventilen austretende Acetylen muss gefahrlos abgeleitet werden können (d. h. keine Querschnittsverengung in der Abblaseleitung, keine Verwendung von scharfen Krümmern, um adiabatische Verdichtung beim Druckstoß zu vermeiden etc.). Die Sicherheitsventil-Abblaseleitungen müssen in's Freie münden.
- Jede Verdichterstufe ist mit einer Druckmess- / Druckanzeigeeinrichtung auszustatten, an der der höchstzulässige Betriebsüberdruck gut sichtbar gekennzeichnet ist.

## **B. Kennzeichnung von Acetylenverdichtern**

Acetylenverdichter müssen dauerhaft mit den folgenden Informationen gekennzeichnet werden:

- Typenbezeichnung
- Hersteller
- Seriennummer
- Baujahr
- Volumenstrom
- höchstzulässiger Betriebsüberdruck der Endstufe
- Saugdruck
- Leistungsbedarf
- Bauartzulassung.

### **10.1.3 Betrieb von Acetylenverdichtern**

Um eine Verflüssigung (Kondensation) des Acetylens zu verhindern, muss dafür Sorge getragen werden, dass der Arbeitsdruck bei einer gegebenen Acetylentemperatur die in Tabelle 7 festgelegten Werte nicht überschreitet. Diese Werte wurden empirisch ermittelt, wobei der Kühleffekt der Gasausdehnung und die Wärmeübertragung auf angrenzende Rohrleitungen berücksichtigt wurden, die zu einer allmählichen Verringerung der Gastemperatur führen. Die Acetylen-Rückführung von der Hochdruckseite zur Saugseite der Verdichter zur Steuerung der maximalen Strömungsgeschwindigkeit in den Verdichtern ist wegen der möglichen Acetylenverflüssigung nicht ratsam. Erfahrungsgemäß können hierdurch in der ersten Stufe des Verdichters Explosionen verursacht werden.

**Tabelle 7 – Höchstzulässiger Betriebsüberdruck in Abhängigkeit von der Acetylentemperatur**

Niedrigste Acetylentemperatur (°C)	Höchstzulässiger Betriebsüberdruck (bar)
+ 8	25
+ 5	23
0	20
- 5	17
- 10	14,5
- 20	10

## 10.2 Acetylen – Kühler, -Trockner und Reiniger

### 10.2.1 Auslegungsgrundlagen

#### Allgemeine Anforderungen

- Acetylen-Wärmetauscher (WA), Acetylen-Trockner (TR) und Acetylen-Reinigungsapparate (RE) sind speziell für den Acetylenbetrieb zu entwerfen und zu konstruieren. Alle Bauteile sind so auszulegen, dass sie den betrieblich zu erwartenden Belastungen standhalten (siehe 10.2.3).
- WA, TR und RE sollen so konstruiert, ausgerüstet und betrieben werden, dass
  - Acetylen führende Räume nicht größer sind als es für die ordnungsgemäße Arbeitsweise der Apparate oder der Anlage erforderlich ist,
  - Acetylen / Luft-Gemische kontrolliert ausgespült werden können,
  - während des ordnungsgemäßen Betriebes keine Luft eindringen kann,
  - während des normalen Betriebes keine Drücke oder Temperaturen auftreten, die zu einem Acetylenzerfall führen können.
- Die verwendeten Kühlungs-, Trocknungs- und Reinigungsmittel dürfen mit Acetylen und seinen Verunreinigungen unter Betriebsbedingungen keine gefährlichen Reaktionen eingehen, sofern sie damit in Berührung kommen.
- Die Werkstoffe müssen den zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Belastungen sicher widerstehen und so beschaffen sein, dass sie mit Acetylen, Carbidrückständen sowie mit den verwendeten Kühlungs-, Trocknungs- und Reinigungsmitteln keine gefährlichen Reaktionen eingehen, falls sie damit in Berührung kommen (nähere Angaben siehe 6.1).
- Die WA, TR und RE sind außen und erforderlichenfalls auch innen gegen Korrosion zu schützen.

### 10.2.2 Ausrüstung

#### A. Druckbegrenzungseinrichtungen

Die WA, TR und RE sind im Allgemeinen nicht mit Druckbegrenzungseinrichtungen ausgestattet. Daher müssen sie entweder in Systemen betrieben werden, in denen Einrichtungen installiert sind, die ein Überschreiten des höchstzulässigen Betriebsdrucks der jeweiligen Apparatur verhindern, oder sie müssen in der Lage sein, einem Acetylenzerfall zu widerstehen.

## B. Druck-/Temperaturmessung und -anzeige

Die WA, TR und RE müssen mit Druck- und Temperatur-Messgeräten bzw. -Anzeigen ausgerüstet sein, wenn dieses für die Beurteilung des ordnungsgemäßen Betriebes dieser Apparaturen als notwendig erachtet wird.

## C. Kennzeichnung von Acetylenkühlern, -trocknern und -reinigern

- Alle WA, TR und RE sind dauerhaft mit den folgenden Informationen zu kennzeichnen:
- Hersteller
- Typenbezeichnung
- Seriennummer
- Baujahr
- Volumenstrom
- höchstzulässiger Betriebsüberdruck
- Bauartzulassung, falls zutreffend.

### 10.2.3 Auslegung und Prüfung

- Alle Acetylen führenden Teile der WA, TR und RE sind so auszulegen, dass sie Prüfüberdrücken mit einem Sicherheitsfaktor von 1,1 gegenüber der Streckgrenze widerstehen.
- Bei Niederdruck arbeitende WA, TR und RE sind für einen inneren Überdruck von mindestens 1 bar auszulegen.
- Bei Mitteldruck arbeitende WA, TR und RE sind für einen Prüfüberdruck von 5 bar auszulegen, wenn die Apparate mit einer Berstscheibe ausgerüstet sind. Die wirksame Fläche der Berstscheibensicherung muss mindestens wie folgt sein:
- $F > 300 \cdot V^{2/3}$  [cm<sup>2</sup>], wobei V = freies Gasvolumen in m<sup>3</sup>.
- Der statische Ansprechüberdruck darf 4,5 bar nicht überschreiten.
- Wenn keine Ausrüstung mit Berstscheibe vorhanden ist, müssen die Apparaturen für einen Prüfüberdruck von 24 bar ausgelegt sein.
- Bei Hochdruck arbeitende WA, TR und RE müssen für einen Prüfüberdruck von mindestens 300 bar ausgelegt werden.
- Für die Auslegung von Rohrleitungen siehe Kapitel 11.
- Zur Erhöhung der Effektivität von Abscheidesystemen und Hochdrucktrocknern sollen hinter dem Trockner Staudruckventile einen optimalen Arbeitsdruck aufrechterhalten.

### 10.2.4 Betrieb und Wartung

#### A. Allgemeine Anforderungen

Bitte beachten Sie die in Abschnitt 6.5 beschriebenen Anforderungen.

## B. Zusätzliche Anforderungen

### Trocknen mittels Adsorptionsmittel

Vor dem Hochdruck-Trocknen wird eine wirksame Reinigung und Kondensatabscheidung des Acetylen empfohlen, insbesondere, wenn Kieselgel oder aktiviertes Aluminiumoxid verwendet wird, um eine Qualitätsminderung dieser Trockenmittel durch Verunreinigungen im Acetylen zu vermeiden.

Es soll den Trocknern ein Filter zum Absorbieren aller Öldämpfe vorgeschaltet werden.

Den Trocknern nachgeordnet sollte ein Staubfilter eingebaut werden.

Vor und hinter den Trocknern sollten Temperaturmessungen durchgeführt werden, um die Gaseintritts- bzw. die Regeneriergastemperatur zu kontrollieren.

Es wird die Durchführung von Feuchtigkeitsmessungen empfohlen, um die Wirksamkeit der Trockner zu überwachen.

### Trocknen mittels Calciumchlorid

Das Calciumchlorid muss der Spezifikation des Apparateherstellers entsprechen. Vermeiden Sie die Verwendung einer Korngröße, durch die eine Verstopfung der Entleerungsrohrleitungen verursacht werden könnte.

In Hochdruck-Trocknern ist das Calciumchlorid-Niveau in den Trockenrohren häufig zu kontrollieren, damit das freie Volumen minimal gehalten wird. Das freie Volumen darf nicht mehr als 10 % vom Innenvolumen des Trocknungsbehälters (jedoch höchstens 5 l) betragen.

Die in den Trocknungsbehälter eingeschlossene Flüssigkeit (Wasser und Calciumchlorid-Reste) muss in regelmäßigen Zeitabständen – abhängig von den Betriebsbedingungen – abgelassen werden.

#### 10.2.5 Regenerierung von Trocknungsmitteln

- Die Regenerierung unter Verwendung der Druckwechsellmethode erfolgt vorzugsweise mit Acetylen bei einem Überdruck von höchstens 0,5 bar und einer Gastemperatur von höchstens 200 °C.
- Die Regenerierung unter Verwendung der Temperaturwechsellmethode erfolgt vorzugsweise mit Stickstoff oder Stickstoff und Luft.
- Wenn Adsorptionsmittel mit Luft regeneriert werden, darf das Durchspülen mit Luft und die Erwärmung des Adsorptionsmittels erst erfolgen, wenn die Acetylenkonzentration im Abgas unter die untere Zündgrenze des Acetylen gesunken ist.
- Nach der Regenerierung des Adsorptionsmittels muss es wieder auf Umgebungstemperatur abgekühlt werden, ehe eine erneute Verdichtung stattfinden darf. Hierzu ist die Regenerierung mit trockenem Acetylen unter Niederdruck bei Umgebungstemperatur abzuschließen. Das Acetylen-Spülgas sollte zur Saugseite der Acetylenverdichter zurückgeführt werden.
- Die Verwendung von Stickstoff zur Regenerierung von Trockenmitteln erfordert besondere Vorsichtsmaßnahmen, weil die adiabatische Verdichtungswärme des Acetylen-Stickstoff-Gemisches die Zerfallstemperatur des Acetylen erreichen kann. Außerdem kommt die erzeugte Adsorptionswärme hinzu. Aus diesen Gründen muss der Stickstoff mit Acetylen vollständig ausgespült werden, ehe das jeweilige Trockenrohr wieder unter Druck gesetzt wird.

### 10.3 Auffüllen von Lösemitteln

#### 10.3.1 Inspektion vor dem Auffüllen von Acetylenflaschen

Um eine sichere Handhabung der Druckgasflaschen in der Abfüllanlage und die Lieferung eines sicheren Produktes an die Kunden sicherzustellen, ist es unbedingt erforderlich, dass alle Flaschen vor dem Auffüllen mit Lösemittel und vor dem Füllen mit Acetylen ordnungsgemäß inspiziert werden (siehe EN 12754).

Die Acetylenflaschen dürfen nur mit Lösemittel aufgefüllt und mit Acetylen gefüllt werden, wenn

- sie mit dem Prüfstempel der zuständigen Prüfstelle gekennzeichnet sind,
- das nächste Prüfdatum, das auf der Flasche aufgedruckt steht, noch nicht verstrichen ist,
- sie keine äußeren Defekte auf dem Flaschenmantel, am Ventil, an der Kappe oder anderen Teilen aufweisen,
- die erforderlichen Stempelungen, Etiketten und Farbcodierungen vorhanden sind.

Flaschen, die für den weiteren Einsatz untauglich sind, dürfen nicht mit Lösemittel aufgefüllt und mit Acetylen befüllt werden. Sie werden vorläufig gesperrt und einer weiteren Überprüfung unterzogen.

Nachfolgend werden Beispiele für Flaschen genannt, die nicht direkt mit Lösemittel aufgefüllt oder mit Acetylen gefüllt werden dürfen:

- Flaschen, welche nicht eindeutig als Acetylenflaschen identifiziert werden können.
- Flaschen mit äußeren Defekten (Einschlag vom Lichtbogen, große Dellen oder von Feuer herrührende Zeichen auf dem Flaschenmantel, beträchtliche Korrosion usw.).
- Flaschen, mit übermäßigem Lösemittelverlust (mehr als 5 % der Aceton-Nennmenge).
- Flaschen, deren Ventile in einem nicht betriebsfähigen Zustand sind (Ventil blockiert, Gewinde beschädigt usw.). In diesem Fall muss das Ventil ausgetauscht werden.
- Flaschen, die von den Kunden mit offenen Ventilen zurückgegeben wurden.
- Flaschen, deren Prüfdatum (oder Datum der Wiederholungsprüfung für bestimmte Länder) fehlt, unleserlich ist oder überschritten wurde. In diesem Fall muss die wiederkehrende Prüfung durchgeführt werden (siehe EN 12863).
- Flaschen mit fehlenden oder unleserlichen Flaschendaten oder Markierungen der Aufsichtsbehörde (z.B. poröse Masse, Lösemittel, Tara usw.).
- Flaschen, deren Füllen nicht mehr genehmigt ist (eingezogene Flaschen).
- Flaschen, deren Zubehörteile im schlechten Zustand sind (Kappe, Schutzhaube, Fußring, Schmelzsicherung usw.).
- Flaschen, die dem Acetylenwerk unbekannt sind.

Die Arbeitsanweisungen der jeweiligen Acetylenwerke müssen alle Fälle, in denen die Flaschen nicht direkt gefüllt werden dürfen, ausdrücklich angeben.

#### 10.3.2 Inspektion vor dem Auffüllen von Acetylenbündeln und Batterieanlagen

Vor dem Füllen ist zu überprüfen, dass sich die Acetylenbündel und Batterieanlagen (Gestelle, Flaschen, Anschlüsse usw.) in einem sicheren Zustand befinden und keine sichtbaren Defekte aufweisen.

Es ist anhand der jeweiligen Landesvorschriften nachzuprüfen, ob das Füllen der Bündel und Batterieanlagen zulässig ist, das Prüfdatum nicht abgelaufen ist und, falls zutreffend, die Anzahl der zulässigen Nachfüllungen nicht überschritten wurde. Weitere Informationen finden Sie in EN 12755 und EN 13720.

Die entsprechenden Dokumente für die Bündel (z.B. Bündelpässe) und Batterieanlagen müssen in der Abfüllanlage zur Verfügung stehen.

Wenn das Prüfdatum der Bündel und Batterieanlagen abgelaufen ist, muss eine periodische Inspektion durchgeführt werden.

### 10.3.3 Warum ist ein Wiederauffüllen notwendig?

Alle Acetylenflaschen werden für eine bestimmte Acetylenfüllung ausgelegt und zugelassen; die Gasmenge wird in Bezug auf eine bestimmte Menge an Lösemittel festgelegt. Die Einhaltung des zugelassenen Verhältnisses zwischen der Gasmenge und der Nennmenge an Lösemittel ist eine der Bedingungen für einen sicheren Betrieb der Flaschen.

Ein Übermaß an Lösemittel kann zu einer hydraulisch vollen Flasche führen, die einen extrem hohen Innendruck entwickeln kann, wenn sie einem Temperaturanstieg ausgesetzt wird. Ein Mangel an Lösemittel in der Flasche begünstigt den Acetylenzerfall in Folge eines Flammenrückschlags.

Das Auffüllen von Lösemittel in den Acetylenflaschen ist von wesentlicher Bedeutung. Deshalb ist dieser Vorgang systematisch und sorgfältig durchzuführen, ehe die Flaschen mit Gas aufgefüllt werden.

Jede Acetylenflasche hat ein eingepprägtes Tara-Gewicht (siehe Definitionen in Abschnitt 3).

Vor dem Füllen der Flaschen mit Acetylen ist sicherzustellen, dass sich die Lösemittelmenge innerhalb der vorgeschriebenen Parameter befindet. Hierzu wird das Gewicht der durch den Kunden zurückgegebenen Flasche mit dem auf der Flasche gekennzeichneten Tara-Gewicht verglichen. Dazu können zwei Methoden angewandt werden:

- Zum einen kann das Gas aus der Flasche in den Gasometer entleert werden. In diesem Fall muss das Flaschengewicht dem Tara-Gewicht entsprechen, da die Flasche kein Gas (abgesehen vom Sättigungsgas) enthält. Wenn es unter dem Tara-Gewicht liegt, muss zusätzlich Lösemittel bis zum Erreichen des Tara-Gewichts aufgefüllt werden. Diese Methode wird häufig in Werken mit geringer Füll-Leistung angewandt.
- Zum anderen wird die in der Flasche enthaltene Restgasmenge ermittelt. In diesem Fall wird die Menge des restlichen Gases vom gemessenen Flaschengewicht abgezogen. Diese vom Tara-Gewicht der Flasche abgezogene Gewichts Differenz stellt dar, wie viel Lösemittel fehlt bzw. überschüssig ist. Lösemittel wird ergänzt, wenn das auf diese Weise errechnete Gewicht unter dem Tara-Gewicht liegt. Dieses ist die am häufigsten angewandte Methode.

Die letztgenannte Füllmethode ermöglicht eine "On-Top"-Befüllung, d.h. die Flaschen werden mit Acetylen wiederbefüllt, ohne das in der Flasche vorhandene Restgas vorher in den Gasbehälter zu entleeren.

Flaschen, die einen Überschuss an Lösemittel aufweisen, können verunreinigt sein und dürfen nicht direkt wiederbefüllt werden, sondern sind zu separieren und einer weiteren Überprüfung zu unterziehen (siehe Abschnitt 10.3.4 C)

### 10.3.4 Verlust an Lösemitteln

Die Acetylenflaschen verlieren während des Gebrauchs aus den folgenden Gründen Lösemittel:

- Flüchtigkeit des Lösemittels: ein gewisser Verlust an Lösemittel ist normal. Bei Aceton beträgt die durchschnittliche Verlustrate in Ländern mit gemäßigttem Klima ca. 60 g je kg entnommenem Acetylen. In einem warmen Klima kann die Verlustrate auf 100 g je kg entnommenem Acetylen ansteigen.  
Die Flüchtigkeit des Acetons ist wesentlich höher als die des Dimethylformamids (DMF). Aceton wird allgemein für einzelne Flaschen aber auch für Flaschen im Bündel verwendet, DMF wird in der Regel für Flaschen in Bündeln und Batteriefahrzeugen eingesetzt.
- So genanntes "Acetonspucken": Bei der Gasentnahme aus den Flaschen wird Lösemittel in flüssiger Form mitgerissen. Bei ordnungsgemäßer Behandlung der Flaschen tritt dieser Fall nicht ein. Eine übermäßige Entnahmegeschwindigkeit während des Gebrauchs, Defekte in der porösen Masse, oder ein Überschuss an Lösemittel in der Flasche können einen solchen Lösemittelausstoß verursachen.

### 10.3.5 Grundsätze zum Wiederauffüllen

Vor dem Füllen einer Acetylenflasche muss das Gewicht des Lösemittels und des in der Flasche vorhandenen Restgases mit Hilfe von Gewichts-, Druck- und Temperaturmessungen ermittelt werden. Zu diesem Zweck sind spezielle Informationen zur Bestimmung des Gewichts des in der Flasche vorhandenen Restgases in Abhängigkeit von Druck und Temperatur heranzuziehen. Diese Informationen können für jede Flaschengröße und jeden Flaschentyp in verschiedenen Formen bereitgestellt werden (z.B. in Tabellen, Diagrammen oder Computerprogrammen).

Zur Bestimmung des Restgasgehalts in Abhängigkeit von Temperatur und Druck kann die entsprechende Formel in EN 1801 verwendet werden. Sie sollte nicht für Flaschen mit einem Restdruck von mehr als 7 bar benutzt werden.

#### A – Flaschen mit Restgas

Es bestehen zwei Möglichkeiten:

- Möglichkeit 1: **Entleerung in den Gasbehälter**

Dieses Verfahren kann in einer Niederdruck-Entwickler-Anlage angewendet werden. Flaschengewicht und Restdruck werden gemessen (der Druck ist immer mit Hilfe eines Manometers nachzuprüfen, aber niemals durch direktes Öffnen des Flaschenventils zur Umgebungsluft hin, weil sich das Gas entzünden kann). Anschließend erfolgt ein Anschluss der Flaschen an eine Entleerungsrampe zur Entleerung in den Gasbehälter. Wenn das Gas aus den Flaschen komplett entleert worden ist, werden das Gewicht und der Restdruck der Flaschen nochmals gemessen.

- Möglichkeit 2: **Ohne Entleerung**

Dieses ist gewöhnlich der Fall, da die Kunden die Flaschen meist mit einem Restgasdruck zurückgeben. Vor dem Füllen einer Flasche ist der Gehalt an Lösemittel durch Berechnen der Restgasmenge in Abhängigkeit von Druck und Temperatur zu bestimmen. Anhand dieser Restgasmenge wird die fehlende Menge an Lösemittel bestimmt. Die notwendigen Daten für den jeweiligen Flaschentyp können in unterschiedlicher Form wie z. B. Tabellen, Diagrammen oder elektronischen Datenbanken hinterlegt sein.

Acetylenflaschen benötigen eine gewisse Zeit zum Erreichen der Gleichgewichtstemperatur; daher sollten die Flaschen, insbesondere wenn die Temperatur sehr niedrig und der Druck sehr hoch ist, eine bestimmte Zeit stehen gelassen werden, damit sich das Gleichgewicht einstellen kann.

Anmerkung:

Eine vom Kunden zurückgegebene Flasche mit einem Restgasdruck von 7 bar oder höher kann entweder direkt gefüllt (in diesem Fall gehen wir davon aus, dass kein Lösemittel verloren gegangen ist) oder teilweise in den Gasbehälter entleert werden (oder in ein anderes Acetylen-System im Falle einer Mitteldruck-Erzeugung) und anschließend aufgefüllt werden.

Nach Ermittlung der Restgasmenge in der Flasche muss die Flasche gewogen und das Gewicht des Restgases vom gemessenen Gewicht abgezogen werden. Dieser Wert wird dann mit dem auf der Flasche eingepprägten Tara-Gewicht verglichen.

#### B – Flaschen ohne Restgas

Eine vom Kunden zurückgegebene Flasche ohne Restgas muss vorsichtig behandelt werden. Falls der Kunde nicht das gesamte Gas aufgebraucht hat, besteht die Möglichkeit, dass bei derartigen Flaschen die Ventile offen gelassen wurden. Diese Flaschen enthalten wahrscheinlich Luft, die vor einer endgültigen Füllung mit Acetylen entfernt werden muss.

Demzufolge sollen Flaschen nicht unverzüglich aufgefüllt werden, wenn

- sie dem Werk mit offenen Ventilen zurückgegeben werden.
- der Restgasdruck sehr niedrig ist –weniger als ca. 0,3 bar– und die fehlende Menge an Lösemittel mehr als 250 g /m<sup>3</sup> Acetylen beträgt. Fehlen beispielsweise 1,5 kg Aceton in einer 6 m<sup>3</sup> -Flasche, so sollte die Flasche in beiden Fällen ausgesondert und erst dann erneut gefüllt werden, nachdem sie zuvor mit Acetylen auf 5 bzw. 6 bar gefüllt wurde,
- sie zur kontrollierten Entleerung in den Gasometer oder in die Atmosphäre an eine Entleerungsrampe angeschlossen wurden. Nach der vollständigen Druckentlastung können diese Flaschen mit Lösemittel aufgefüllt und anschließend mit Acetylen befüllt werden.

### C – Sonderfälle

Wenn das Tara-Gewicht der Flasche mehr als 100 g je kg Gaskapazität über dem eingepprägten Tara-Gewicht liegt, soll diese Flasche nicht mit Acetylen gefüllt werden.

Dieses stark abweichende Gewicht zeigt generell entweder einen Überschuss an Lösemittel oder das Vorhandensein einer anderen Flüssigkeit (allgemein Wasser oder Öl) in der Flasche an. Der Überschuss an Lösemittel muss in einem geeigneten Destillierofen entfernt werden.

Alternativ kann die Flasche ausgemustert und verschrottet werden.

### 10.3.6 Verfahrensweise bei der Lösemittelbefüllung

#### A - Einzelflaschen

Nachdem alle vor dem Befüllen mit Lösemittel notwendigen Kontrollen ausgeführt und Flaschen, die nicht direkt aufgefüllt werden dürfen, aussortiert worden sind, ist zum Ergänzen der notwendigen Lösemittelmenge nach folgender Verfahrensweise vorzugehen:

- Normalerweise geht man davon aus, dass die Flaschentemperatur genauso hoch ist wie die Umgebungstemperatur. Wenn die Flaschen jedoch bei hohen oder sehr geringen Temperaturen gelagert wurden, wird empfohlen, diese ausreichend lange in dem Raum zu lagern, in dem sie aufgefüllt werden, damit sie sich dort akklimatisieren können.
- Ermitteln Sie die restliche, in der Flasche verbliebene Gasmenge.
- Ziehen Sie das Gewicht des in der Flasche verbliebenen Acetylens vom gemessenen Gesamtgewicht der Flasche ab.
- Das Ergebnis wird vom aufgedruckten Tara-Gewicht abgezogen. Die Differenz ist entweder:
- Null: Die Flasche enthält die richtige Menge an Lösemittel.
- Positiv (Tara-Gewicht ist größer als das Ergebnis): Es fehlt Lösemittel.
- Negativ (Tara-Gewicht ist kleiner als das Ergebnis): Dieses bedeutet, dass entweder ein Übermaß an Lösemittel in der Flasche ist oder sich eine andere Flüssigkeit in der Flasche befindet.
- Ergänzen Sie, falls nötig, das Lösemittel. Wenn der Hersteller der porösen Masse einen maximalen Fülldruck bestimmt hat, ist dieser einzuhalten.
- Wiegen Sie die Flasche erneut um zu überprüfen, ob das korrekte Tara-Gewicht wieder hergestellt wurde.

Anmerkung:

Bei Flaschen mit fest installiertem Schutzkorb (Cage) soll der Korb vor der Ergänzung mit Lösemittel nicht entfernt werden.

## **B – Bündel und Batterieanlagen**

Das Befüllen mit Lösemittel von in Bündeln oder Batterieanlagen montierten Flaschen erfordert eine andere Vorgehensweise als die für Einzelflaschen beschriebene. Es ist unmöglich, ein korrektes Befüllen von Lösemittel für jede einzelne Flasche sicherzustellen, wenn die Bündel bzw. Batterieanlagen nicht demontiert und die Flaschen anschließend einzeln mit Lösemittel wiederbefüllt werden. Um ein zu häufiges Demontieren zu vermeiden, wird eine Lösemitteltoleranz durch Reduzieren der Acetylenfüllung angewendet. Weitere Informationen siehe EN 12755 (Bündel) und EN 13720 (Batterieanlagen).

Wenn das Gewicht des Flaschenbündels oder der Batterieanlage unter dem vorgeschriebenen Minimum-Tara-Gewicht liegt, nachdem das Gewicht des restlichen Acetylen abgezogen wurde, dann muss das Bündel oder die Batterieanlage zum Befüllen mit Lösemittel demontiert werden, ehe ein Wiederbefüllen mit Acetylen erfolgen darf.

Jeder einzelnen Acetylenflasche wird Lösemittel hinzugefügt (siehe EN 1801), und zwar bis zur festgelegten Obergrenze für eine Sammelbefüllung des Bündels (siehe EN 12755) oder der Batterieanlage (siehe EN 13720).

### **10.3.7 Ausrüstung und Lösemittelbeschaffenheit**

#### **A - Wagen**

Es müssen Waagen ausgewählt werden, deren Messbereiche für die zu füllende Flaschenart geeignet sind (maximaler Wägebereich und Skalenauflösung). Beispielsweise sollte nicht die- selbe Waage für kleine Flaschentypen (5 l) und große Flaschentypen (50 l) verwendet werden.

Die Waagen sind täglich vor Gebrauch mit Kalibriergewichten zu überprüfen. (Das können als Kalibrierflasche besonders gekennzeichnete, nur zu diesem Zweck verwendete drucklose Acetylenlaschen sein.)

#### **B – Lösemittel – Allgemeine Empfehlungen**

Beim Umgang mit oder bei der Nutzung von Lösemitteln sind die in den Sicherheitsdatenblättern vorgeschriebenen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen. Die Lösemittel sind brennbar (insbesondere Aceton) und haben schädliche Eigenschaften. Die Bediener müssen deshalb ständig geeignete persönliche Schutzausrüstungen tragen (z. B. Schutzbrille, Handschuhe usw.), wenn sie mit diesen Produkten arbeiten.

Die Qualität des Lösemittels ist im Hinblick auf die Flaschenfüllung sehr wichtig (siehe Tabelle 8). Eine Aufrechterhaltung der Qualität des Lösemittels ist wichtig, um eine gute Lösung des Acetylen im Lösemittel sicherzustellen. Die Lösemittel ziehen Feuchtigkeit an und absorbieren somit Wasser, wenn sie der Atmosphäre ausgesetzt werden.

Aceton und DMF dürfen niemals vermischt werden, da es ansonsten unmöglich wäre, den restlichen Gasgehalt oder den Verlust an Lösemittel zu bestimmen.

Tabelle 8 – Eigenschaften und Qualität des Acetons und des Dimethylformamids (DMF)

	Aceton	Dimethylformamid (DMF)
Mindestkonzentration (per Gewicht)	99,5 %	99,7%
Maximaler Wassergehalt	0,3 %	0,3 %
Brechungskoeffizient bei 25°C	n = 1.3584	n = 1.427
Molekulargewicht	58,08	73,09
Siedepunkt bei 1 013 hPa	56,1 °C	153 °C
Gefrierpunkt	- 94,6 °C	- 61 °C
Spezifisches Gewicht bei 15 °C	0,796 kg/dm <sup>3</sup>	0,954 kg/dm <sup>3</sup>
Spezifisches Gewicht bei 20 °C	0,791 kg/dm <sup>3</sup>	0,949 kg/dm <sup>3</sup>
Relative Dichte des Dampfes (Luft = 1)	2	2,5
Flammpunkt (geschlossener Tiegel)	- 18 °C	58 °C
Selbstentzündungstemperatur	538 °C	410 °C
Untere Explosionsgrenze (Volumen-% in Luft)	2,15	2,2
Obere Explosionsgrenze (Volumen-% in Luft)	13	16
Dampfdruck bei 20 °C	0,247 bar	0,0035 bar

### Aceton

Aceton ist farblos, klar, sehr leicht entzündlich und leicht flüchtig. Deshalb besteht potenzielle Brandgefahr. Beim Umgang mit diesem Lösemittel sind Vorsichtsmaßnahmen notwendig, da die folgenden Risiken bestehen:

- Anhaltendes Einatmen der Acetondämpfe kann zur Reizung des Atmungssystems, zu Kopfschmerzen, Husten und leichten Schwächeanfällen führen.
- Hautkontakt kann zur Schädigung des Fettgewebes und zu Hautreizungen führen. Zur Verhinderung von Hautkontakten ist undurchlässige Schutzkleidung, wie z. B. Handschuhe, Schürzen, Stiefel oder Ganzkörperanzüge aus Neopren oder Butylkautschuk, zu tragen.

Augenkontakt kann zu ernsthaften Reizungen und Beschwerden führen. Es können reversible und/oder irreversible Schädigungen der Hornhaut auftreten.

### Dimethylformamid (DMF)

DMF ist eine klare, farblose und praktisch geruchlose Flüssigkeit. Es lässt sich komplett mit Wasser und den meisten gängigen Lösemitteln mischen.

DMF besitzt eine Reihe von Eigenschaften, die extreme Vorsicht im Umgang erfordern. Insbesondere ist folgendes zu beachten:

- DMF hat eine geringe maximale Arbeitsplatzkonzentration von 10 ppm (im Vergleich zu 1000 ppm für Aceton).
- DMF wird von der Haut sehr leicht absorbiert, was gesundheitsschädliche Folgen haben kann. Es reizt die Haut, die Schleimhäute und führt zu Augenreizungen.
- DMF ist ein sehr starkes Lösemittel, vor allem in Bezug auf Harze, Kunststoffe und Gummi. Deshalb muss äußerste Vorsicht bei der Auswahl der Werkstoffe im Werk und für die Kunden angewandt werden.
- DMF ist nicht leicht entzündlich, aber dennoch brennbar und bildet mit Luft oder Sauerstoff explosive Gemische.

## 10.4 Befüllen der Acetylenflaschen mit Acetylen

### 10.4.1 Allgemeines

Flaschen, Bündel oder Batterieanlagen dürfen nur gefüllt werden, wenn sie die in Punkt 10.3.1 beschriebene Inspektion erfolgreich durchlaufen haben.

Es ist notwendig, alle eventuellen Unsicherheiten zu berücksichtigen, die auf Grund variierender Genauigkeiten der Ausrüstungen auftreten können (z.B. bei Füll- und Messmethoden etc.).

Wenn die Acetylenflaschen am Füllstand aufgestellt werden, sind Vorsichtsmaßnahmen erforderlich, um eine Kontamination zwischen DMF und Aceton zu vermeiden. Dieses kann passieren, wenn Aceton enthaltende Flaschen übermäßig schnell an einem Füllstand entleert werden, der an der Verdichter-Saugleitung angeschlossen ist, aus welcher möglicherweise auch mit DMF versehene Flaschen befüllt werden.

Eine Verunreinigung kann auch auftreten, wenn Flaschen, die unterschiedliches Lösungsmittel enthalten, am selben Füllstand gefüllt werden. Es wird empfohlen, Flaschen in diesem Fall separat zu füllen.

Während und nach der Füllung sind die Acetylenflaschen, Flaschenbündel oder Batterieanlagen auf undichte Stellen zu überprüfen. Die Anschlüsse und Flaschenventile sind zu testen, indem z. B. eine Lecksuchflüssigkeit (Schaumbildner) aufgetragen wird.

Wenn eine Undichtigkeit nicht sofort gestoppt werden kann oder wenn andere Defekte an der Flasche entdeckt werden, die eine Gefahrenquelle darstellen könnten, ist die entsprechende Flasche an einem zugelassenen Abblasesystem vorsichtig drucklos zu machen.

Die Flaschenventile sind zu öffnen, ehe die Ventile am Füllstand betätigt werden. Am Ende des Füllvorganges müssen erst die Ventile des Füllstandes geschlossen werden, bevor die Flaschenventile geschlossen werden.

### 10.4.2 Kühlung der Flaschen

Während des Füllvorganges der Acetylenflaschen erwärmt die Lösungswärme bei der Lösung von Acetylen im Lösemittel die Flasche, und der Druck steigt bis zum maximalen Fülldruck an, ohne dass die Flasche ihre komplette Acetylenfüllung aufgenommen hat. Dieses Phänomen ist während der warmen Monate des Jahres von größerer Bedeutung, wenn die Ausgangstemperaturen der Flaschen hoch genug sind, um die Füllmenge zu beeinflussen.

Zur Ableitung der Lösungswärme werden die Flaschen/Bündel/Batterieanlagen am Füllstand mit einem Kühlmittel (in der Regel mit kaltem Wasser) besprüht. Für eine einheitliche Füllung ist es wichtig, dass alle Flaschen am selben Füllstand gleichmäßig gekühlt werden. Ansonsten lassen sich die wärmeren Flaschen, die nicht mit Wasser besprüht wurden, nicht genauso schnell füllen wie die kühleren Flaschen, die besprüht wurden.

### 10.4.3 Weitere Empfehlungen

#### A – Flaschen

Es muss besondere Sorgfalt bei Flaschen angewandt werden, die unterschiedliche poröse Massen oder hohe Mengen an Restgas haben. Die Flaschen sollten sortiert und in der folgenden Reihenfolge am Füllstand aufgestellt werden:

- nach Art der porösen Masse,
- anschließend nach der Größe (Rauminhalt),
- anschließend nach der Menge des Restgases (Druck).

## B – Bündel

Die maximale Anzahl der Füllungen vor dem Wiederauffüllen von Lösemittel hängt von der Art des Lösemittels (Aceton oder DMF) ab und ist für ein Bündel gemäß der Norm EN 12755 zu ermitteln (siehe 10.3.5).

Vor dem Füllen der Bündel ist nachzuprüfen, ob alle Flaschenventile geöffnet sind.

Nach dem Füllen ist vor dem Schließen der Flaschenventile eine Zeitspanne zum Erreichen des Druckausgleichs einzuräumen. Beachten Sie, dass jede Flasche innerhalb eines Bündels mit einem Ventil ausgerüstet sein muss. Wenn es am Bündel ein Hauptventil gibt, können die Flaschenventile während der Lagerung und beim Transport geöffnet bleiben. Das Hauptventil am Bündel ist zu schließen.

## C – Batterieanlagen

Die maximale Anzahl der Füllungen vor dem Wiederbefüllen von Lösemittel hängt von der Art des Lösemittels (Aceton oder DMF) ab und ist für eine Batterieanlage gemäß der Norm EN 13720 zu ermitteln (siehe 10.3.5).

Vor dem Füllen ist nachzuprüfen, ob alle Flaschenventile geöffnet sind.

Nach dem Füllen ist vor dem Schließen der Flaschenventile eine Zeitspanne zum Erreichen des Druckausgleichs einzuräumen. Da eine Batterieanlage aber aus Bündeln besteht, sind hinsichtlich der Ventilstellung (geschlossen oder geöffnet) für die Batterieanlagen dieselben Regeln wie für Bündel anzuwenden.

### 10.4.4 Kontrolle nach dem Füllen mit Acetylen

Für die Inspektion nach dem Füllen gelten die Anforderungen der Norm EN 12754.

Nachdem Einzelflaschen oder Bündel gefüllt wurden, müssen diese gewogen werden, um die Acetylenmenge festzustellen. Bei Batterieanlagen sind Flaschen für aussagekräftige Stichproben zum Abwiegen auszuwählen.

Die maximal zulässige Füllung mit Acetylen darf nicht überschritten werden. Diese Anforderung gilt für das Gesamtgewicht der Bündel und der Batterieanlagen.

Wenn das gemessene Gesamtgewicht nicht den vorgeschriebenen Werten entspricht, sind die folgenden Maßnahmen zu ergreifen:

- Wenn die Behälter ihr vorgeschriebenes Gesamtgewicht nicht erreichen, sind sie auszusondern und zu kontrollieren.
- Wenn die Behälter überfüllt wurden, sind sie entweder in den Gasbehälter oder zur Saugseite des Verdichters hin zu entleeren, bis das korrekte Gewicht erreicht ist.

Nach dem Füllen sind die Flaschen einschließlich ihrer Ventile auf Undichtigkeit zu überprüfen. Die Schutzkappe des Ventils ist, falls zutreffend, zu befestigen.

## 10.5 Füllstände und Rohrleitungssystem - Konstruktionsanleitung

### 10.5.1 Allgemeines

Obwohl der Überdruck in den Füllständen normalerweise 25 bar nicht überschreitet, sind die bei einem Acetylenzerfall entstehenden Drücke bei der Auslegung dieser Füllstände und der damit zusammenhängenden Bauteile und Rohrleitungen zu berücksichtigen.

Im Allgemeinen sind die Füllstände und ihre Hauptausrüstungen (Ventile, Schläuche, Füllbügel) für einen sicheren Betrieb im Arbeitsbereich III auszulegen (detonationssicher). Die Konstruktionsrichtlinien für Rohrleitungssysteme (Rohre in den Arbeitsbereichen I bis III) oder Ausrüstungen (Ventile, Anschlüsse, Manometer, Schläuche usw.) sind Kapitel 11 zu entnehmen.

## 10.5.2 Flammensperren

### A - Allgemeines

Acetylen kann sehr schnell zerfallen, insbesondere wenn es sehr trocken ist. Es benötigt nur wenig Energie, um sich zu entzünden und zu zerfallen. Aus diesen Gründen ist es nötig, plötzliche Änderungen der Gasflussrichtung (wie z. B. übermäßig enge Rohrkrümmungen) oder Störungen der Strömungsgeschwindigkeit (z. B. eine plötzliche Änderung des Durchmessers oder mitgeschleppte Partikel) zu vermeiden. Diese Störungen oder Druckstaus können einen Zerfall oder eine Detonation hervorrufen. Solche Bereiche können auch eine Detonationsdruckwelle reflektieren, so dass sie auf die Ausgangswelle trifft, was den Effekt der ursprünglichen Druckwelle drastisch verstärkt.

Um in der Acetylen-Abfüllanlage die Übertragung eines Acetylenzerfalls oder einer Detonation durch das gesamte Hochdruck-Rohrleitungssystem hindurch zu verhindern, sind Flammensperren zu installieren.

Flammensperren (oder Flammenrückschlagsicherungen) sind Sicherheitseinrichtungen, die den Hochdruckteil der Abfüllstationen vor den Gefahren des Acetylenzerfalls schützen. Es ist unbedingt erforderlich, dass die Flammen gelöscht und die Acetylen-Zufuhr unterbrochen wird, wenn ein Zerfall stattfindet.

Die am weitesten verbreitete Methode zum Testen der Wirksamkeit von Hochdruck-Acetylen-Flammensperren ist eine im unbewegten Acetylen erzeugte Explosion bei einem Druck, der größer ist, als der maximale Betriebsdruck, für den die Rückschlagsicherung ausgelegt wurde.

In der Praxis kann ein Zerfall jedoch sowohl im unbewegten als auch im strömenden Acetylen vorkommen, und er kann entweder als Deflagration oder als Detonation auftreten. Deshalb sollten die Rückschlagsicherungen unter all diesen Bedingungen wirksam sein. Es hat sich gezeigt, dass bei Rückschlagsicherungen, die einem im strömenden Acetylen erzeugten Zerfall ausgesetzt waren, folgendes passiert:

- Beim Löschen des ursprünglichen Zerfalls absorbiert das Löschmedium der Rückschlagsicherung die Hitze von der Flammenfront, und es wird im Löschmedium ein heißer Bereich erzeugt.
- Ein fortgesetzter Acetylenstrom über den heißen Bereich hinweg erzeugt einen weitergehenden Zerfall und Erwärmung. Dieses kann zu nachfolgenden Zerfällen an der Austrittsseite der Flammensperre führen.
- Die Unterbrechung des Acetylenstromes unmittelbar nach dem ursprünglichen Zerfall kann eine erneute Entzündung am besten verhindern.

Demzufolge gilt:

- Eine Flammensperre muss entweder eigenständig den Acetylenstrom unterbrechen, oder sie muss mit einer an einem geeigneten Platz installierten Absperreinrichtung verwendet werden.
- Die Unterbrechung des Acetylenstromes muss durch den ursprünglichen Zerfall automatisch ausgelöst werden, weil die Zeit vor einer erneut auftretenden Entzündung zu kurz sein könnte, um eine manuelle Betätigung auszuführen. Es ist auch möglich, dass der auslösende Zerfall nicht zu hören oder zu sehen ist.
- Flammensperren und Abschaltvorrichtungen für den Acetylenstrom können eine Überprüfung unter statischen Bedingungen erfordern, um ihre Wirksamkeit nachzuweisen (siehe EN ISO 15615). Es können verschiedene Bauarten von Flammensperren vorhanden sein (Aluminiumpackung usw.). Die zwei Funktionen der Einrichtungen (Flammensperre und Unterbrechung des Stromes) können in derselben Einheit integriert sein.

## B – Anforderungen

Eine Flammensperre, die nur als solche funktioniert, hält die Flammenfront zurück, die durch den Hochdruck-Acetylenzerfall erzeugt wird. Da jedoch der Acetylenstrom nicht zurückgehalten wird, besteht weiterhin die Gefahr, dass auf derjenigen Seite der Flammensperre, die nicht dem ursprünglichen Zerfall ausgesetzt war, ein weiterer Zerfall vom heißen Bereich aus eingeleitet wird. Aus diesem Grund wird empfohlen, Einrichtungen einzubauen, die sowohl eine Entzündung als auch den Gasstrom in Hochdruck-Acetylenleitungen zurückhalten.

Die Flammensperre muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Einen Zerfall in einem Hochdruckrohr oder in einer Rohrkomponente zu stoppen, bevor er sich in andere Teile des Rohrleitungssystems ausbreiten kann.
- Die Acetylenzerfall-Tests bestehen (bei 6 bar und 25 bar), und zwar gemäß der in EN ISO 15615 beschriebenen Verfahrensweise.

Diese beiden Anforderungen gelten für alle Arten von Flammensperren (solche in Hochdruck-Acetylenleitungen und solche, die in den Füllschläuchen der Füllstände eingebaut sind).

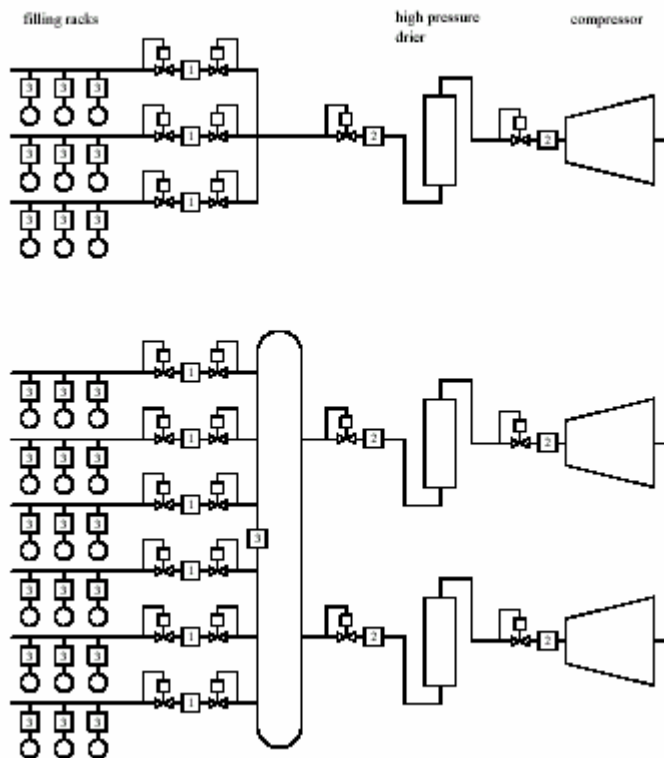
- Bei den zum Schutz der Hauptrohrleitungen (oder der Füllstände) verwendeten Flammensperren muss die Einrichtung ebenfalls den Gasstrom (in beiden Richtungen) unterbrechen, falls ein Acetylen-Zerfall auftritt. Die Einrichtung muss bei Temperaturanstieg, Druckerhöhung oder beidem automatisch ansprechen.

## C – Installation und Anwendung

Flammensperren und solche mit Abschaltvorrichtungen sind an den folgenden Stellen entsprechend einzubauen (siehe Bild 3):

- Eine Flammensperre und Abschaltvorrichtung zwischen den einzelnen Verdichtern (einschließlich der Ölabscheider) und jeglichen Trockner-Systemen oder dem Gasverteiler in die einzelnen Füllstränge.
- Eine Flammensperre und Abschaltvorrichtung/en zum Schutz gegen einen Zerfall von irgendeiner Seite aus, zu installieren am Eintritt der Füll-Leitung eines jeden Füllstandes, unmittelbar vor den Absperrventilen der jeweiligen Füllstände (Flaschen, Bündel oder Batterieanlagen).
- Eine Flammensperre an jedem Abgang zu den Füllschläuchen. In diesem Fall ist keine Abschaltvorrichtung notwendig. Es sollte zudem ein Rückschlagventil an jedem Füllbügel installiert sein, um den Gasstrom von einer Flasche in eine andere zu verhindern und um den Verlust von Gas bei einem Schlauchdefekt oder einem größeren Feuer zu minimieren.
- Es wird empfohlen, an den Füllschläuchen und in Ringleitungen Flammensperren oder solche mit Abschaltvorrichtung/en zu installieren. Bei der Planung einer Flaschenfüllanlage muss der Konstrukteur die Anzahl und den Einbauort zusätzlicher Flammensperren mit oder ohne Abschaltvorrichtung/en, die für den Schutz der Anlage erforderlich sind, bestimmen (beispielsweise an Ein- oder Auslässen an Hochdruck-Trocknern und in Hochdruck-Acetylenleitungen, wenn diese sehr lang sind, z. B. zwischen zwei Teilen einer Fabrik).
- Es soll an jeder Stelle, wo der Acetylendruck von Hochdruck auf Niederdruck abfällt, eine Flammensperre installiert werden, z. B. an Rückgas-Anschlüssen an den Füllständen.
- Flammensperren, die direkt hinter mit Öl geschmierten Verdichtern und genau vor dem Ölabscheider angebracht sind, sind nicht notwendig, da hier die Gefahr der Verunreinigung und einer Verstopfung mit Öl oder Acetylenhydrat besteht. Verdichter ohne Schmiersystem benötigen eventuell eine Flammensperre am Gasaustritt.

Bild 3 – Lage der Flammensperren



Legende:

Filling racks = Füllstände

High pressure drier = Hochdruck-Trockner

Compressor = Verdichter

- 1 Flammensperre mit Abschalteinrichtungen zum Schutz gegen Zerfall von beiden Seiten
- 2 Flammensperren mit Abschalteinrichtung, nur von einer Seite ausgelöst und nur zum Schutz gegen Zerfall von derjenigen Seite aus
- 3 Flammensperre (kann mit einem Rückschlagventil kombiniert werden)

Für eine Positionierung von Flammensperren in Rohren wird empfohlen, sich strikt an die Anforderungen zu halten, die vom Hersteller der Ausrüstungen festgelegt wurden. Es können besondere Anforderungen für die Positionierung der Flammensperren in Rohren oder in Ausrüstungen bestehen, z. B. horizontaler oder vertikaler oder ein der Einrichtung nachgeordneter oder vorgeschalteter Einbau usw. Die Flammensperren sind den Herstellerempfehlungen entsprechend einzubauen.

### 10.5.3 Manometer

Die Ausführung der Manometer soll den in Kapitel 6 angegebenen Anforderungen entsprechen.

### 10.5.4 Schläuche

Alle Schlaucharten für Hochdruck-Acetylen müssen einem Zerfallstest mit Acetylen bei 25 bar standhalten. Ihr Berstdruck muss mindestens 1.000 bar betragen. Weitere Anforderungen sind in EN ISO 14113 beschrieben.

### 10.5.5 Rückschlagventile

An den Füllständen muss an jedem Flaschenanschluss ein Rückschlagventil installiert sein, und zwar vorzugsweise an dem Schlauchende, wo der Füllbügel befestigt ist, um einen Rückstrom des Gases aus der Acetylenflasche zu verhindern.

## 11 Rohrleitungen

Die Bemessung der in diesem Kapitel beschriebenen Acetylenleitungen basiert auf der Arbeit von H. B. Sargent (Chemical Engineering, 1957, Vol. 64:1 S. 250-257).

Die Überlegungen zur Bemessung gelten für Acetylenleitungen mit einem maximalen Betriebsüberdruck von 30 bar, die typischerweise in Acetylen-Füllanlagen und in Versorgungseinrichtungen zum Schweißen, Löten, Schneiden und für verwandte Verfahren installiert sind.

### 11.1 Arbeitsbereiche

In diesem Dokument werden Arbeitsbereiche (siehe 11.1.2) definiert, die sich auf das Gefährdungspotenzial unter bestimmten Bedingungen, bestimmt durch Druck, inneren Rohrdurchmesser und Detonationsanlaufstrecke, beziehen.

#### 11.1.1 Grenzdruck für Deflagration und Detonation

Die Veröffentlichung von H. B. Sargent fasst die Ergebnisse einer großen Anzahl von Studien zur Zündung von Acetylen und dem Verlauf des Zerfalls als Deflagration oder als Detonation zusammen. Eins der von H. B. Sargent veröffentlichten Diagramme wurde als Grundlage für das Diagramm dieses Leitfadens verwendet. Die beiden Linien im Diagramm zeigen den Grenzdruck für eine Deflagration (**Linie A**) und den Grenzdruck für eine Detonation (**Linie B**) als Funktion des Innendurchmessers von Rohrleitungen.

In Acetylenrohrleitungen, deren Betriebsbedingungen dem Bereich unter Linie A entsprechen, kann ein Acetylenzerfall möglicherweise ausgelöst werden, allerdings nur durch ungewöhnlich hohe Zündenergien.

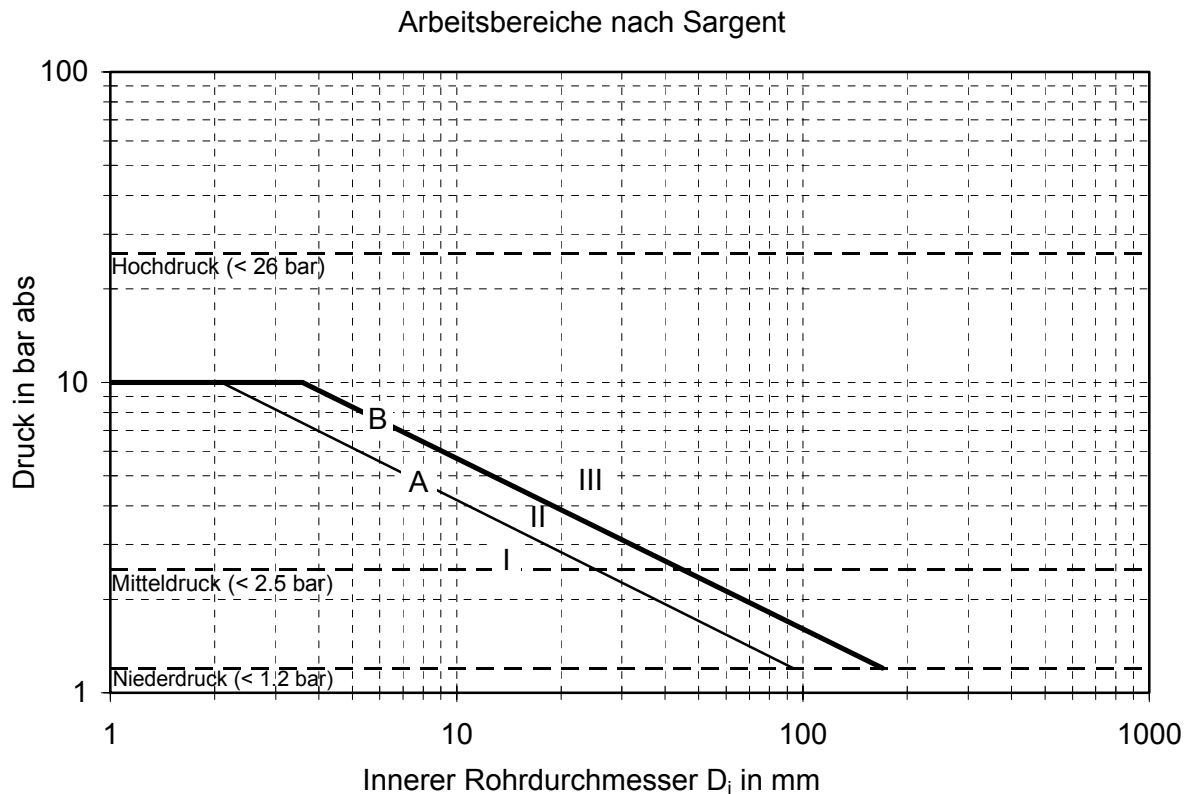
Wenn die Betriebsbedingungen in einer Acetylenleitung dem Bereich auf Linie A oder zwischen Linie A und Linie B entsprechen, dann kann schon die Einwirkung einer geringen Zündenergie auf das Gas zu einem Acetylenzerfall führen, der in der Rohrleitung in Form einer Deflagration fortschreitet.

Linie B kennzeichnet die Grenze ab der die Auslösung eines Acetylenzerfalls und der Anlauf zu einer Detonation als möglich erachtet werden muss.

#### 11.1.2 Definition der Arbeitsbereiche

Die Linien A und B im Diagramm grenzen somit drei Bereiche innerhalb des Diagramms ab. Die Bereiche werden als "Arbeitsbereiche" bezeichnet, die, im Hinblick auf das Gefährdungspotenzial durch einen Acetylenzerfall, den folgenden Stufen entsprechen:

- **Arbeitsbereich I:** Unterhalb der Linie A,  $d_i < (15.1 / P_{abs})^{1.79212}$   
Die Gefahr eines Acetylenzerfalls ist gering.
- **Arbeitsbereich II:** Auf und über der Linie A, aber unterhalb der Linie B.  
Bei einer Zündung kann ein Acetylenzerfall in der Form einer Deflagration auftreten.
- **Arbeitsbereich III:** Auf und über der Linie B,  $d_i < (20.2 / P_{abs})^{1.8181}$   
Bei einer Zündung startet der Acetylenzerfall als Deflagration. In ausreichend langen Rohrleitungen kann Umschlag zu einer Detonation erfolgen.



In Abhängigkeit vom maximalen Gasdruck und vom maximalen Rohrlängendurchmesser in einem bestimmten Abschnitt einer Anlage, entspricht ein bestimmter "Arbeitspunkt" im Diagramm den in diesem Abschnitt auftretenden Betriebsbedingungen. Die Lage dieses Punktes im Diagramm ordnet den Anlagenabschnitt einem der drei Arbeitsbereiche zu.

### 11.1.3 Methoden zur Bestimmung der Arbeitsbereiche

- Bestimmung mit Hilfe des Diagramms:  
Gemäß Punkt 11.1.2 und dem Diagramm wird jede Rohrleitung in Abhängigkeit vom Innendurchmesser und vom maximalen Betriebsdruck einem der drei Arbeitsbereiche zugeordnet.
- Bestimmung mit Hilfe von Versuchsdaten oder praktischen Erfahrungen:  
Wenn Versuchsdaten oder praktische Erfahrungen – wie z. B. solche, die durch nationale Vorschriften gewonnen wurden – vorhanden sind, können diese zur Festlegung der Arbeitsbereiche einer Rohrleitung verwendet werden.

## 11.2 Einteilung in Arbeitsbereiche

Wenn die Acetylenanlage aus mehr als einer einzelnen Rohrleitung mit durchgängig einheitlichem Durchmesser besteht, gelten die folgenden Regeln:

- Direkt an die Rohrleitung angeschlossene Ausrüstungen werden normalerweise demselben Arbeitsbereich wie die Rohrleitung zugeteilt. In einigen Fällen jedoch können die Ausrüstungen - auf Grund ihrer Abmessungen im Verhältnis zum Betriebsdruck - eventuell in andere Arbeitsbereiche fallen.
- Im Arbeitsbereich III ist für den Anlauf einer Detonation eine Mindestlänge erforderlich, die als Anlaufstrecke bekannt ist. Wenn die Rohrleitung kürzer als die Anlaufstrecke ist, dann schreitet ein Zerfall als Deflagration und nicht als Detonation fort. In derartigen Fällen kann die Rohrleitung dem Arbeitsbereich II zugeordnet werden. Jedoch kommt es selten vor, dass eine Rohrleitung kürzer als die Anlaufstrecke ist. Dieser Leitfaden beschäftigt sich nicht mit der Anlaufstrecke.
- Bei einem Rohrleitungssystem, das Abschnitte mit unterschiedlichen Innendurchmessern umfasst, die bei demselben Gasdruck arbeiten, gilt für alle Abschnitte derjenige Arbeitsbereich, der für den Teil mit dem größten Innendurchmesser abgeleitet wurde, es sei denn, es wurden Flammensperren installiert, mit denen das Rohrleitungssystem in Abschnitte mit unterschiedlichen Arbeitsbereichen eingeteilt wird.

Bei einem System, das aus Abschnitten besteht, die bei unterschiedlichen Gasdrücken arbeiten, müssen alle Abschnitte dem höheren Arbeitsbereich zugeteilt werden, außer

- die Ausrüstungen, die den Druckunterschied verursachen, verhindern selber eine Weiterleitung einer Explosion, oder alternativ,
- eine Flammensperre ist zwischen den Abschnitten installiert.

Wenn eine dieser Bedingungen erfüllt ist, sind an- und abströmseitig der Ausrüstungen, die den Druckunterschied verursachen, separate Arbeitsbereiche gemäß den oben angegebenen Regeln zuzuordnen.

## 11.3 Werkstoffe

### 11.3.1 Empfohlene Werkstoffe

Als Werkstoff für Acetylenrohrleitungen wird Stahl empfohlen. Andere Rohrwerkstoffe außer Stahl, z. B. andere Metalle, Metall-Legierungen und Kunststoffe dürfen bei der Konstruktion von Acetylenrohrleitungen nur verwendet werden, wenn nachgewiesen wurde, dass diese für die Betriebsbedingungen und für die Verwendung mit Acetylen geeignet sind (Abschnitt 6.2).

Bei der Auswahl eines Rohrleitungswerkstoffs muss dieser nicht nur den Belastungen bei maximalem Betriebsdruck standhalten, sondern auch, und zwar insbesondere im Fall von Rohrleitungen in den Arbeitsbereichen II und III, den bei einem Acetylenzerfall auftretenden mechanischen und thermischen Belastungen widerstehen können.

Bei der Verwendung von Kohlenstoffstählen müssen diese den in Tabelle 9 angegebenen Spezifikationen entsprechen.

**Tabelle 9: Als Werkstoffe für Acetylenrohrleitungen empfohlene Kohlenstoffstähle**

Arbeitsbereich	Zugfestigkeit $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	Bruchdehnung $A_5$ (%)
I	siehe 11.4.2	
II and III	$R_m \geq 320$	$A_5 \geq 8400/R_m$ aber nicht unter 17

Im Allgemeinen sind Werkstoffe ungeeignet, bei denen mit Alterungs- oder Spröbruch gerechnet werden muss. Dieses gilt insbesondere für die Arbeitsbereiche II und III.

Bei der Verwendung von austenitischem, nicht rostendem Stahl muss eine mögliche Korrosion durch Chlorid berücksichtigt werden.

Bei geschweißten Rohrleitungen müssen die ausgewählten Werkstoffe schweißgeeignet sein.

### 11.3.2 Nicht erlaubte oder nur unter bestimmten Bedingungen verwendbare Werkstoffe

Die in Kapitel 6.2 angegebenen Einschränkungen und Bedingungen sind zu beachten.

Für Fittings, Ventilgehäuse und ähnliche Bauteile dürfen die in der Tabelle 10 mit "+" gekennzeichneten eisenhaltigen Werkstoffe verwendet werden. Wenn in der Tabelle 10 das Zeichen "0" eingetragen wurde, ist das entsprechende Material nicht geeignet, es sei denn, es werden besondere Maßnahmen (z.B. Auslegung, Materialqualität, Prüfungen) ergriffen, um die Eignung sicherzustellen.

Diese Materialien sind bei Planung und Konstruktion neuer Acetylenanlagen beschränkt einsetzbar und werden nur aus historischen Gründen genannt.

**Tabelle 10: Sonstige eisenhaltige Werkstoffe**

Material	Zur Verwendung im Arbeitsbereich		
	I	II	III
Grauguss	+	0	0
Stahlguss	+	0	0
Sphäroguss	+	+	0
Schmiedeeisen	+	+	+

### 11.3.3 Anforderungen an Rohrleitungen

Rohre aus Stählen gemäß Kapitel 11.3.1 für die Arbeitsbereiche II und III müssen nahtlos hergestellt oder mit einem garantierten Schweißfaktor maschinell geschweißt worden sein. Die Rohre müssen gemäß den Spezifikationen oder Normen, nach denen sie hergestellt wurden, geprüft werden.

## 11.4 Wandstärke

### 11.4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt die auf Grund der Einteilung der Rohrleitung oder des Rohrabschnittes in einen Arbeitsbereich notwendige Berechnung der Wandstärke von Rohren aus niedrig- und hochlegierten Stählen 11.3.1. Die Einteilung in Arbeitsbereiche wird in 11.1 und 11.2 beschrieben.

Die Berechnungen der Wandstärke berücksichtigen nicht die äußeren Belastungen, wie z. B. Ermüdung oder mechanische und thermische Belastungen usw.

Wenn geschweißte Rohre (wie in 11.3.3 beschrieben) mit einem Schweißfaktor unter 1 verwendet werden, muss die Berechnungsmethode für die Wandstärke so geändert werden, dass der Schweißfaktor in die Formel für die jeweilige Wandstärke einbezogen wird.

Für die Arbeitsbereiche II und III basiert die Berechnung auf einem "Bemessungsdruck", der aus dem höchstzulässigen Betriebsdruck unter Berücksichtigung des Druckanstiegs im Fall einer Deflagration/Detonation abgeleitet wird.

### 11.4.2 Rohrleitungen im Arbeitsbereich I

Der Bemessungsdruck muss als der doppelte höchstzulässige Betriebsdruck festgelegt werden.

Die erforderliche Wandstärke kann gemäß den anerkannten nationalen Konstruktionsnormen für Rohrleitungen errechnet werden.

Alternativ ist die erforderliche Wandstärke als Funktion des Bemessungsdruckes gemäß der Formel

$$e = \frac{PD_e}{20f + P}$$

zu berechnen, wobei:

$e$  = Mindestwandstärke in mm

$P$  = Bemessungsdruck in bar

$D_e$  = Aussendurchmesser der Rohrleitung in mm

mit

$$P = 2 P_w$$

$$f = f_y / 1,3$$

$f_y$  = untere Streckgrenze des Materials in N/mm<sup>2</sup>

Die Wandstärke der Acetylenrohrleitungen im Arbeitsbereich I soll gemäß den empfohlenen Normen ausgewählt werden. Der berechneten Wandstärke muss ein Korrosionszuschlag hinzugerechnet werden. Die äußere mechanische Belastung auf die Rohrleitungen muss berücksichtigt werden.

### 11.4.3 Rohrleitungen im Arbeitsbereich II

Die Wandstärke von Acetylenrohrleitungen im Arbeitsbereich II muss so ausgelegt werden, dass die Leitungen einem deflagrativen Acetylenzerfall standhalten.

Zur Berechnung der Mindestwandstärke der Rohrleitungen wird folgende Formel verwendet:

$$e = \frac{PD_e}{20f + P}$$

wobei:

$e$  = Mindestwandstärke in mm

$P$  = Bemessungsdruck in bar

$D_e$  = Außendurchmesser der Rohrleitung in mm.

Die Werte von  $P$  und  $f$  sind wie folgt zu berechnen:

$$P = 11(P_w + 1) - 1$$

$$f = f_y / 1,1$$

wobei:

$P_w$  = höchstzulässiger Betriebsdruck in bar

$f_y$  = untere Streckgrenze des Materials in N/mm<sup>2</sup>

Alternativ können die Rohrleitungen im Arbeitsbereich II mit Hilfe von Acetylenzerfallsprüfungen ausgelegt werden (siehe 11.4.4).

#### 11.4.4 Rohrleitungen für den Arbeitsbereich III

Rohrleitungen oder Abschnitte von Rohrleitungen für den Arbeitsbereich III müssen so ausgelegt werden, dass sie einer Detonation standhalten. Die Rohrleitungen im Arbeitsbereich III können entweder durch Berechnung der Wandstärke oder mit Hilfe von Zerfallsprüfungen geplant und konstruiert werden.

- Berechnung der Wandstärke

Eine Acetylen-Detonation verläuft in der Rohrleitung als Druckwelle. Besonders hohe Belastungen werden an oder in der Nähe von solchen Bereichen der Rohrleitung verursacht, wo die Druckwelle reflektiert wird.

Reflexionsbereiche können scharfe Krümmungen, Ventile und geschlossene Rohrenden sein. Es gibt zwei Methoden für die Auslegung und Konstruktion eines Rohrsystems, das in den Arbeitsbereich III fällt. Diese Methoden basieren auf der berechneten Wandstärke der eingesetzten Rohrleitung:

- A. Das gesamte System wird so ausgelegt, dass es einer an einem beliebigen Punkt auftretenden Reflexion standhält. Zur Berechnung der Mindestwandstärke der Rohrleitung wird folgende Formel verwendet:

$$e = \frac{PD_e}{20f + P}$$

wobei:

- $e$  = Mindestwandstärke in mm
- $P$  = Bemessungsdruck in bar
- $D_e$  = Außendurchmesser der Rohrleitung in mm
- $f$  = zulässige Belastung des Material in  $\text{N/mm}^2$

Der Bemessungsdruck  $P$  und die zulässige Belastung  $f$  sind wie folgt zu berechnen:

$$P = 35(P_w + 1) - 1$$

$$f = f_y / 1,1$$

wobei:

- $P_w$  = höchstzulässiger Betriebsdruck in bar
- $f_y$  = untere Streckgrenze des Materials in  $\text{N/mm}^2$

- B. Die geraden Teile der Rohrleitung werden so ausgelegt, dass sie einer ungestörten Detonation standhalten. An Stellen, an denen mit einer Reflexion zu rechnen ist, wird die Wandstärke erhöht.

Die Wandstärke der Rohrleitung wird mit Hilfe der oben beschriebenen Methode berechnet, aber der Bemessungsdruck  $P$  wird wie folgt berechnet:

$$P = 20(P_w + 1) - 1$$

Rohre mit einer auf diese Weise berechneten Wandstärke dürfen nur für gerade Teile der Rohrleitung verwendet werden. Rohrkrümmungen mit einem Krümmungsradius, der das Fünffache des Innendurchmessers des Rohrs oder mehr beträgt, können als gerade Leitungen angesehen werden, wenn die Festigkeit des gekrümmten Rohres vergleichbar mit der Festigkeit des geraden Rohres ist.

An den Reflexionspunkten, z. B. an Rohrleitungsenden, T-Stücken, Ventilen und an Krümmungen mit einem Krümmungsradius, der weniger als das Fünffache des Innendurchmessers beträgt (scharfe Krümmungen), muss eine Verstärkung der Wandstärke erfolgen. Bei einer Verstärkung muss die Gesamtwandstärke mindestens das Zweifache der errechneten Wandstärke betragen. Bei Rohrleitungsenden und scharfen Krümmungen muss der Verstärkungsbereich mindestens eine Rohrlänge abdecken, die das Dreifache des Innendurchmessers der Rohrleitung beträgt. Wenn ein Reflexionspunkt durch eine Flammensperre geschützt wird, die sich innerhalb der Detonationsanlaufstrecke vom Reflexionspunkt aus befindet, dann ist eine Verstärkung an dieser Stelle nicht nötig.

Es dürfen keine plötzlichen Änderungen des inneren Durchmessers der Rohrleitung vorhanden sein. Dieses muss besonders bei der Planung und Konstruktion der Verstärkungen beachtet werden.

- Planung und Konstruktion mit Hilfe von Zerfallsprüfungen

In einem Teil (oder einem Baumuster) der zu konstruierenden Rohrleitung wird bei höchstzulässigem Acetylen-Betriebsdruck mit Hilfe einer geeigneten Zündvorrichtung ein Acetylenzerfall eingeleitet. Diese Methode kann nur eingesetzt werden, wenn die nötigen Betriebseinrichtungen und Erfahrungen mit Zerfallstests vorhanden sind. Die Prüfeinrichtung muss so angelegt sein, dass die in der echten Rohrleitung zu erwartenden Bedingungen bei einer Zündung reproduziert werden (z. B. der selbe Rohrdurchmesser und eine geeignete Länge, damit der Anlauf einer Deflagration/Detonation ermöglicht wird). Die Wandstärke der Rohrleitung muss nachweislich groß genug sein, um den während der Prüfung auftretenden Belastungen ohne ernsthafte Beschädigung standzuhalten.

In EN ISO 14113 wird eine geeignete Prüfeinrichtung beschrieben.

## 11.5 Verbindungen

Voll durchgeschweißte Stumpfnähte sind als Verbindungsmittel zu bevorzugen.

Schweißnähte an Rohrleitungen sollen nach Möglichkeit an Stellen platziert werden, an denen die geringsten Biegebeanspruchungen auftreten. Schweißverbindungen sind nach anerkannten Regeln auszuführen.

Für die Arbeitsbereiche II und III müssen die Verbindungen dieselbe errechnete Festigkeit haben, wie die Rohrleitungen, die sie verbinden. Kegelgewindeanschlüsse werden für den Arbeitsbereich III nicht empfohlen.

Wenn Rohrleitungen im Arbeitsbereich III an zwei oder mehr Stellen miteinander verbunden werden, so dass sie eine oder mehrere Ringleitungen bilden, dann muss jedes Ringsystem durch eine Flammensperre (siehe 10.5.2) geschützt werden, es sei denn, die Rohrleitung wurde gemäß 11.4.4, Abschnitt A, ausgelegt.

Für den Arbeitsbereich I dürfen technisch genormte Rohrverbindungen verwendet werden.

## 11.6 Ventile und Dichtungen

Die Festigkeit eines Ventilsystems muss mindestens der berechneten Festigkeit der Rohrleitung, in der es eingebaut wird, entsprechen. Wenn der Hersteller-Prüfdruck des Ventils bekannt ist, kann folgende Formel zur Berechnung des maximal zulässigen Betriebsdruckes (Absolut- oder Überdruck) verwendet werden:

Arbeitsbereich II: 
$$P_t = \frac{11(P_w + 1) - 1}{1,1}$$

Arbeitsbereich III: 
$$P_t = \frac{20(P_w + 1) - 1}{1,1}$$

wobei:

$P_t$  = minimaler Prüfüberdruck des Ventils (bar)

$P_w$  = höchstzulässiger Betriebsüberdruck(bar)

Alternativ mit entsprechend umgestellter Formel:

Arbeitsbereich II:  

$$P_w = \frac{1,1P_t + 1}{11} - 1$$

Arbeitsbereich III:  

$$P_w = \frac{1,1P_t + 1}{20} - 1$$

Die Verwendbarkeit eines Ventils für die Arbeitsbereiche II und III kann auch mit der Durchführung eines Detonationstests gemäß den Anforderungen der Norm EN ISO 15615 nachgeprüft werden.

Für die Arbeitsbereiche II und III muss die Auslegung des Ventils und die Einbaumethode so gewählt werden, dass das Risiko einer Zündung auf Grund von Reibung minimiert wird.

Es können Filter eingesetzt werden, damit das Eindringen von Schmutz in den Ventilsitz verhindert wird.

Dichtungen oder Packungen müssen die Anforderungen in Punkt 6.2 erfüllen.

## 11.7 Druckprüfungen

### 11.7.1 Allgemeines

Die Prüfungen sind mit dem in Punkt 11.7.2 angegebenen Prüfdruck durchzuführen. Das System kann als vollständige Baugruppe oder in separaten Abschnitten geprüft werden.

Besondere Teile können eventuell separate Prüfungen oder separate Prüfmethoden erfordern. Wenn einzelne Teile separat geprüft werden, ist sicherzustellen, dass alle Verbindungselemente in die Prüfungen einbezogen werden.

Hydraulische Prüfungen sind als Prüfmethode zu bevorzugen.

Pneumatische Prüfungen können mit einem inerten Gas oder mit Luft durchgeführt werden, vorausgesetzt, dass ausreichende Vorsichtsmaßnahmen zur Minimierung aller mit der Prüfung verbundenen Risiken ergriffen werden.

### 11.7.2 Prüfdrücke

Die folgenden Prüfdrücke gelten für Teile, die gemäß 11.4 ausgelegt wurden:

Arbeitsbereich	Prüfdruck
I	$P_{\text{test}} = 1.5 P_w$ , bar, min 4 bar
II	$P_{\text{test}} = 10 P_w$ , bar, min 20 bar
III	$P_{\text{test}} = 20 P_w$ , bar, min 30 bar, max 300 bar

$P_{\text{test}}$  = Prüfdruck

$P_w$  = höchstzulässiger Betriebsdruck

### 11.7.3 Dichtheitsprüfung

Die nach der Endmontage durchzuführende Dichtheitsprüfung ist mit Gas oder Luft bei einem Druck, der mindestens dem höchstzulässigen Betriebsdruck entspricht, durchzuführen.

Die Dichtheit kann überprüft werden, indem man beobachtet, ob ein Druckabfall stattfindet. Eine Undichtheit kann auch mit Hilfe von üblichen Mitteln zur Dichtheitsprüfung entdeckt werden (z.B. Lecksuchspray). Zu vermeiden sind Dichtheitsprüfmittel, die Ammoniak oder andere Bestandteile enthalten, da diese Spannungsrisskorrosion auslösen können.

## 11.8 Abmessungen und Ausführung

### 11.8.1 Herstellung

Die Verbindungen zwischen Rohren und den für ihre Herstellung erforderlichen Werkstoffen müssen sicherstellen, dass mit ihnen eine gute Verbindung geschaffen wird und dass die Rohrleitung gasdicht ist.

Die Schweißnähte an Rohren sind mit geeigneten Werkstoffen und Zusatzwerkstoffen herzustellen und sorgfältig auszuführen, so dass perfekte Schweißnähte garantiert werden und innere Spannungen so gering wie möglich gehalten werden.

Die Schweißarbeiten sind unter Aufsicht durch kompetente Schweißer durchzuführen, die gültige Schweißprüfbescheinigungen für die betreffende Arbeit besitzen.

Die Rohrleitungen (von Rohr zu Rohr oder von Rohr zu Fittings) müssen, soweit es möglich ist, geschweißt werden. Flanschverbindungen sowie Verbindungsstutzen oder Schraubverbindungen dürfen nur für Zubehörteile verwendet werden oder um eine Demontage des Systems zu Wartungszwecken zu ermöglichen.

Das Stumpfschweißen ist für alle Verbindungsstellen die bevorzugte Methode.

Verbindungsstellen an unterirdischen Rohrleitungen müssen geschweißt werden.

Bei Rohrleitungen, die oberirdisch installiert werden, können verschraubte Baugruppen verwendet werden, die eine O-Ring-Dichtung oder Schraubmuffen mit Handdichtung oder Schraubmuffen mit Klebe- und Füllmaterialien auf der Basis von Cyanacrylat, Silikon und PTFE als Dichtungsmittel besitzen. Bei Dichtungen mit Hanf ist Schmiermittel und Haftmittel zu verwenden.

Rohrbögen in detonationsbeständigen Hochdruckleitungen müssen einen Radius aufweisen, der mindestens fünfmal so groß wie der Innendurchmesser des Rohres ist.

Die Rohrleitungen müssen gegen äußere Korrosion geschützt sein.

Für oberirdisch verlegte Rohrleitungen oder Rohrleitungen in zugänglichen Kanälen ist ein geeigneter Schutzanstrich im Allgemeinen ausreichend. Stellen, an denen Rohrleitungen Kontakt haben oder an denen die Rohrleitungen befestigt sind, müssen besonders gegen Korrosion geschützt werden.

Rohrleitungen, die durch Wände oder Decken hindurch führen, sollen in einem geeigneten schützenden Metall- oder Kunststoffrohr verlegt werden.

Unterirdisch verlegte Rohrleitungen müssen ausreichend gegen Korrosion geschützt werden, entweder durch

- einen kathodischen Korrosionsschutz,
- oder passiv durch eine hochwertige Rohrummantelung mit einem hohen Isolierwiderstand und mit großer mechanischer Festigkeit (z.B. eine starke PE- Ummantelung oder eine gewickelte Ummantelung).

Dasselbe gilt für Rohrleitungen, die in nicht zugänglichen Kanälen in Sand eingebettet sind.

Wenn die Verwendung eines kathodischen Korrosionsschutzes aus technischen Gründen nicht machbar ist (z. B. in Werken, in denen andere Rohrleitungen oder elektrische Kabel unterirdisch in der Nähe der Acetylenrohrleitung verlegt sind), oder wenn der Abschnitt der unterirdisch verlegten Rohrleitung kürzer als 50 m ist, soll die Rohrummantelung abschnittsweise mit Hilfe einer Isolations-Prüfvorrichtung überprüft werden. (Die Testspannung für eine PE-Umhüllung beträgt 20 kV). Vor der Prüfung ist sicherzustellen, dass das Erdungssystem der Rohrleitung intakt ist, um die Bildung eines Lichtbogens zu vermeiden.

### **11.8.2 Ausrüstung**

#### **Entwässerung**

Rohrleitungen für feuchtes Acetylen, bei denen mit der Kondensation von Wasser gerechnet werden muss, sind an den niedrigsten Stellen mit vor Frost geschützten Entwässerungseinrichtungen auszurüsten.

#### **Drucküberwachung**

Das Rohrleitungssystem ist mit Druckanzeigen ausgerüstet, mit denen der Betriebsdruck des Systems überwacht wird. Der höchstzulässige Druck ist am Druckanzeiger zu kennzeichnen.

#### **Druckbegrenzungseinrichtungen**

Die Rohrleitungssysteme in Acetylenanlagen müssen mit einer Druckbegrenzungseinrichtung ausgestattet sein, z. B. mit einem Druckentlastungsventil. Diese Einrichtung kann Bestandteil eines Entwicklers, eines Gasspeichers oder eines Verdichters sein. Rohrleitungen nach dem Druckregler sind mit einem separaten Druckentlastungsventil auszustatten, das so bemessen ist, dass es bei einer Betriebsstörung die gesamte Durchflussmenge des Reglers entlasten kann. (Ausnahme: Sofern Druckregler als Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion gemäß RL 97/23/EG deklariert sind, kann auf separate Druckentlastungsventile in Rohrleitungen verzichtet werden.)

#### **Absperrventile**

An allen Gasentnahmestellen sind Absperrventile einzubauen.

In Mitteldruck- oder Hochdruckrohrleitungen dürfen keine Küchenhähne verwendet werden.

Die Absperrventile müssen leicht zugänglich und zu bedienen sein.

Druckentlastungsventile dürfen nicht mit Absperrventilen ausgerüstet sein. Dreiwege-Ventile sind an den Einlässen von Doppel-Ventilsystemen gestattet.

Die Druckentlastungsventil-Abblaseleitungen (Auslass in die Atmosphäre) dürfen nicht in einer Sammelleitung miteinander verbunden werden.

### **Geschlossene Rohrleitungsenden ohne verbundene Ausrüstungen**

Rohrleitungsenden (einschließlich ungenutzter Abzweigleitungen) ohne angeschlossene Ausrüstungen sind mit Gewindekappen, Gewindestopfen oder Blindflanschen zu schließen. Absperrventile allein - außer an Probenahmestellen - sind nicht ausreichend.

#### **11.8.2.1 Installation**

##### **Allgemeine Anforderungen**

- Bei der Installation von Rohrleitungen ist die erwartete thermische Ausdehnung der Rohrleitungen zu berücksichtigen, beispielsweise mit Omega-Schleifen oder Kompensatoren (nur bei Niederdruck).
- Wenn Rohrleitungen in der Nähe anderer Rohrleitungen installiert werden und insbesondere, wenn sie parallel zu anderen oder über andere Rohrleitungen hinweg laufen, muss der Abstand so gewählt werden, dass nötige Wartungs- und Reparaturarbeiten ohne Gefahr für die anderen Rohrleitungen durchgeführt werden können.
- Rohrleitungen sollen nicht als Erdungsleiter verwendet werden. Die Rohrleitungen sollen einen angemessenen Abstand (z.B. 50 mm bei 220 V-Stromkabeln) zu elektrischen Installationen haben.
- Die Rohrleitungen müssen während des Betriebes gegen übermäßige äußere Erwärmung geschützt werden.
- Nach Möglichkeit sollten die Werksrohrleitungen oberirdisch installiert werden und leicht zugänglich sein.
- Fernleitungen zu Kunden (außerhalb des Standortes) sind unterirdisch in geeigneten Kanälen zu installieren.
- Die Installation von unterirdischen Rohrleitungen ist nur außerhalb von Gebäuden zulässig.
- Innerhalb von Gebäuden müssen die Rohrleitungen oberirdisch oder in Kanälen installiert werden.
- Die Rohrleitungen dürfen nicht durch unzugängliche Räume hindurch führen (z. B. durch Lüftungskanäle oder Aufzugsschächte).
- Durchführungen von Rohrleitungen durch Brandschutzwände, feuerbeständige Decken oder durch Gefahrenzonen abtrennende Wände und Decken müssen gasdicht ausgeführt sein.
- Rohrleitungen sollen generell nicht innerhalb von Beton oder Mauerwerk installiert werden. Wenn eine Rohrleitung auf Grund von Werksverhältnissen im Beton installiert werden muss (z. B. um unterhalb eines Kranweges zu verlaufen), dann muss die Rohrleitung mit einem Mantelrohr geschützt werden.

##### **Oberirdisch installierte Rohrleitungen**

Oberirdisch installierte Rohrleitungen müssen zur Verhinderung unerwünschter Bewegungen und zum Schutz vor mechanischer Beschädigung sicher befestigt werden.

Oberirdisch installierte Rohrleitungen müssen durch Farbcodierungen oder Beschriftungen eindeutig kenntlich gemacht werden.

##### **Rohrleitungen in begehbaren Kanälen**

Rohrleitungen sollen nur in Kanälen installiert werden, wenn

- die Kanäle eine Durchgangshöhe von mindestens 1,5 m haben,
- die Kanäle durchgängig gut belüftet werden,
- die Rohrleitungen so installiert werden können, dass sie leicht zugänglich sind,
- die Rohrleitungen gegen Tropfwasser geschützt sind.

Rohrleitungen in begehbaren Kanälen müssen durch Farbcodierungen oder Beschriftungen deutlich kenntlich gemacht werden.

### **Rohrleitungen in nicht begehbaren Kanälen**

Rohrleitungen dürfen in nicht begehbaren Kanälen nur installiert werden, wenn die Rohre komplett geschweißt sind. Notwendige Absperreinrichtungen oder andere Armaturen müssen in zugänglichen Schächten installiert sein.

Nicht begehbare Kanäle müssen mit Sand ausgefüllt sein.

### **Im Erdreich installierte Rohrleitungen**

Im Erdreich installierte Rohrleitungen müssen über ihre gesamte Länge aufliegen.

Im Erdreich installierte Rohrleitungen müssen gegen mögliche äußere Beschädigungen geschützt sein. Diese Anforderung wird im Allgemeinen erfüllt, wenn die Erddeckung mindestens 0,60 m beträgt. Die Erddeckung soll für Fernleitungen mindestens 1 m betragen. In Bereichen, wo Bauarbeiten zu erwarten sind, muss ein Warnband aus haltbarem Material, z. B. Kunststoff, angebracht werden. Das Band ist in einem Abstand von ca. 0,30 m über der Rohrleitung anzubringen.

Die im Erdreich installierten Rohrleitungen müssen so verlegt werden, dass

- die Isolierung nicht beschädigt wird und
- ein Abstand von mindestens 0,50 m zu öffentlichen Versorgungsleitungen eingehalten wird oder die Sicherheit der Versorgungsleitungen durch andere Mittel gewährleistet wird.

Zur Vorbereitung der Grundfläche und zum Auffüllen der Gräben ist Sand oder solches Füllmaterial zu verwenden, das keine scharfkantigen Gegenstände (z. B. Steine oder Schlacke), Fremdkörper oder aggressive Substanzen enthält. Als Einbauhilfen verwendete Stützen müssen entfernt werden.

Der in Punkt 2 angegebene Mindestabstand kann ignoriert werden, wenn die für die Versorgungsleitungen verantwortlichen Personen zustimmen und wenn andere Maßnahmen, wie z. B. Freileitungen, gewährleisten, dass kein Risiko für die Versorgungsleitungen besteht.

Der Verlauf der im Erdreich installierten Rohrleitungen muss in Plänen dokumentiert werden. Der Verlauf ist am Standort zu kennzeichnen.

### **Abblaseleitungen**

Abblaseleitungen müssen so installiert und befestigt werden, dass sie durch Rückstoßkräfte in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt werden.

Abblaseleitungen müssen so geschützt werden, dass Regen und Fremdkörpern nicht eindringen können.

Abblaseleitungen sollen nicht unterhalb von Gebäude-Öffnungen (z. B. unter Fenstern) angebracht werden. In einem Bereich von mindestens 5 m oberhalb und seitlich sowie 1 m unterhalb der Rohröffnungen dürfen sich keine Zündquellen befinden.

#### **11.8.3 Betrieb**

Vor Inbetriebnahme sollen die Rohrleitungen geprüft werden, um sicherzustellen, dass sie die Anforderungen dieses Leitfadens erfüllen. Bei den Prüfungen soll insbesondere auf eine ordnungsgemäße Herstellung, Installation und Ausrüstung geachtet werden und eine pneumatische Dichtheitsprüfung bei höchstzulässigem Betriebsdruck durchgeführt werden. Für Rohrleitungen, die für einen maximalen Betriebsdruck von mehr als 0,4 bar geplant sind, ist auch eine hydraulische Druckprüfung erforderlich. Zur Dokumentation der Prüfergebnisse soll ein Zertifikat ausgestellt werden.

In Acetylenleitungen darf der Überdruck bis zur Entnahmestelle nicht unter den Wert von 1 mbar fallen. Es müssen Anweisungen erteilt werden, um sicherzustellen, dass alle mit dem Rohrleitungssystem verbundenen Verbraucher den Betrieb einstellen, wenn ein Gasmangel besteht.

Für den Betrieb von Hochdruckleitungen, die aus Verdichtern bei Umgebungstemperaturen von weniger als 10 °C versorgt werden, gilt Kapitel 10.5 dieses Leitfadens.

Rohrleitungen sollen aus verschiedenen Gasquellen nur beliefert werden, wenn das Acetylen von jeder Quelle mit praktisch demselben Druck in den Rohrleitungen ankommt.

Oberirdisch installierte Rohrleitungen müssen auf undichte Stellen (z. B. mit Hilfe von geeigneten Ammoniak – freien Leckanzeigeflüssigkeiten oder durch Nutzung eines Gasspürgerätes) und auf guten Zustand zu überwachen.

Im Erdreich installierte oder nicht frei zugängliche Rohrleitungen müssen alle fünf Jahre auf Festigkeit und Dichtigkeit überprüft werden. Die Prüfdrücke müssen 11.7.2 entsprechen. Die Prüfungen sollen dokumentiert werden.

In Fällen, wo eine Unterbrechung des Betriebs einer im Erdreich installierten oder nicht zugänglichen Rohrleitung nicht möglich ist, muss eine alternative Prüfung im Abstand von zwölf Monaten erfolgen. Diese Prüfung beinhaltet eine Bodenbohrung und die Untersuchung des Bodens mit Hilfe eines geeigneten Gasspürgerätes. Die Prüfung soll dokumentiert werden.

Reparaturen an Rohrleitungen sollen nur von befähigten Personen durchgeführt werden.

Die Zufuhr von Acetylen muss vor Beginn von Reparaturarbeiten unterbrochen werden.

Wenn die Reparaturarbeiten länger dauern oder Heißenarbeiten (wie Schweißen, Wärmen, etc.) erforderlich sind, soll die Rohrleitung drucklos gemacht werden und vom System sichtbar abgetrennt werden (z. B. Dichtring mit Fahne bzw. Kennzeichnung).

Heißenarbeiten an Rohrleitungen sollen nur ausgeführt werden, nachdem das Acetylen mit Stickstoff ausgespült wurde.

## **12 Versorgungseinrichtungen**

Acetylenversorgungseinrichtungen müssen so ausgelegt und ausgestattet sein und so betrieben werden, dass sie den zu erwartenden Beanspruchungen widerstehen und keine Gefährdung für Angestellte oder Dritte werden. Sie müssen so betrieben werden, dass gefährliche äußere Korrosion nicht stattfindet, und dass sie gegen Beanspruchungen geschützt bleiben.

Besondere Vorkommnisse, Mängel oder Schäden an einzelnen Flaschensystemen sowie auch Auslösung von Sicherheitseinrichtungen müssen sofort der für den Betrieb verantwortlichen Person gemeldet werden.

### **12.1 Einzelflaschenversorgungseinrichtungen**

#### **12.1.1 Definitionen**

Einzelflaschen sind Acetylenversorgungseinrichtungen mit einer Acetylenflasche.

Die Einzelflaschenanlage besteht aus

- der Acetylenflasche,
- dem Flaschendruckregler (Flaschendruckminderer),
- der Mitteldruck- oder Niederdruck-Ausrüstung, die auf der Gasausgangsseite des Druckreglers angebracht ist (z. B. Schlauchleitung) und
- Sicherheitseinrichtungen.

### 12.1.2 Allgemeines

Vor der Arbeitsaufnahme muss das Personal eine entsprechende Ausbildung und Beurteilung der Befähigung mit Festlegung der Zuständigkeit erhalten für

- das Betreiben von Einzelflaschenanlagen,
- spezifische Gefahren beim Umgang mit Einzelflaschenanlagen,
- das Ergreifen von Maßnahmen im Fall eines Unfalls oder einer Störung.

### 12.1.3 Ausrüstung

#### Flaschendruckregler (Flaschendruckminderer)

Ein Flaschendruckregler, der den maximalen Betriebsdruck der angeschlossenen Mitteldruck- oder Niederdruckleitung auf den maximal zulässigen Wert begrenzt, muss an das Acetylenflaschenventil angeschlossen sein. Der Flaschendruckregler muss EN ISO 2503 entsprechen.

#### Schlauchleitungen

Es dürfen nur Schlauchleitungen gemäß EN 559, die für Acetylen ausgelegt und zugelassen sind, eingesetzt werden.

Brenngasschläuche müssen an den Anschlussstellen mit Schlauchklemmen o. ä. gesichert sein. Schläuche dürfen nicht miteinander verbunden werden, um eine Verlängerung zu erzielen. Schlauchanbindungen müssen der EN 560 und Schlauchleitungen müssen der EN 1256 entsprechen.

#### Sicherheitseinrichtungen

Einzelflaschenanlagen müssen mit einer Flammensperre und einem Gasrücktrittventil ausgerüstet sein. Diese müssen der EN 730 entsprechen.

### 12.1.4 Aufstellung

Einzelflaschenanlagen dürfen nicht in engen Räumen oder Bereichen mit eingeschränktem Zugang wie z. B. Treppen, Fluren oder Durchgängen aufgestellt werden. Nur unter besonderen Umständen ist es zulässig, in Bereichen mit eingeschränktem Zugang zu arbeiten (z. B. für unbedingt notwendige Reparaturarbeiten an Treppengeländern). In diesen Fällen sollen die Einzelflaschenanlagen nur für kurze Zeit aufgebaut und genutzt werden, wobei sichergestellt werden muss, dass alle nötigen Sicherheitsvorkehrungen getroffen worden sind (z. B. durch Absperrung, Sicherung eines Fluchtwegs, Lüftung).

Acetylenflaschen von Einzelflaschenanlagen müssen so aufgestellt werden, dass sie leicht zugänglich sind.

In Bereichen, die der Öffentlichkeit zugänglich sind, müssen Acetyleneinzelflaschenanlagen entweder ständig überwacht werden, oder der Zugang muss beschränkt werden. Bei kurzzeitigen Arbeiten ist dafür ein entsprechendes Schild ausreichend.

Die Anzahl von Einzelflaschenanlagen in Arbeitsräumen muss so klein wie möglich gehalten werden.

Arbeitsräume müssen ausreichend und wenn nötig künstlich belüftet sein.

Acetylenflaschen mit Schüttmassen sollen nicht in liegender Position verwendet werden. Diese Acetylenflaschen sind mit einem entsprechenden Label gekennzeichnet. Acetylenflaschen mit hochporösen Massen können abweichend auch im Liegen entleert werden. Frei stehende Acetylenflaschen müssen angemessen gesichert und befestigt sein, z. B. mit Ketten, Klemmen oder Gestellen.

Um eine mögliche Beflammung zu verhindern, müssen Acetylenflaschen so aufgestellt werden, dass die Schlauchbefestigung oder der Flaschendruckregler nicht auf andere Flaschen gerichtet ist.

### 12.1.5 Betrieb

Acetyleneinzelflaschenanlagen müssen so betrieben werden, dass eine gefährliche Erwärmung nicht erfolgen kann. Sie sollen immer mindestens 0,5 m von Heizkörpern oder anderen Wärmequellen entfernt sein. Ein Schutz vor Sonneneinstrahlung ist nicht erforderlich.

Zündquellen wie z. B. glühende Teilchen, offenes Licht oder Rauchen sind in einem Bereich von 1 m um Acetyleneinzelflaschenanlagen nicht erlaubt. Es dürfen keine leicht entflammaren Stoffe in der Nähe sein.

Vor Anschluss des Flaschendruckreglers muss das Flaschenventil auf Schmutz untersucht und ggf. gesäubert werden. Die Praxis, das Flaschenventil zu öffnen, um Verschmutzungen auszublasen, ist nicht zu empfehlen, da die Gefahr einer spontanen Entzündung besteht.

Beim Öffnen des Flaschenventils muss die Stellschraube des Flaschendruckreglers vollständig herausgedreht werden, bis die Feder entlastet ist. Beim Öffnen des Flaschenventils muss vermieden werden, dass das Sicherheitsventil des Flaschendruckreglers anspricht.

Vor dem Anzünden des Brenners muss Acetylen/Luft-Gemisch in der Schlauchleitung mit Acetylen ausgespült werden.

Am Flaschendruckregler darf kein höherer Druck als 1,5 bar eingestellt werden.

Das Flaschenventil muss geschlossen und die Schlauchleitungen müssen entlastet werden, wenn die Anlage länger nicht gebraucht wird (z. B. am Ende des Arbeitstags).

Bevor Flaschendruckregler von Acetylenflaschen, auch von leeren, entfernt werden, müssen die Flaschenventile geschlossen werden. Unmittelbar nach Entfernung des Flaschendruckreglers muss das Flaschenventil durch Anbringen einer Ventilschutzkappe geschützt werden.

Nur geeignete Transportmittel (z. B. Flaschenwagen) sollen zum Transport von Einzelflaschenanlagen verwendet werden. Geschlossene Transportmittel müssen belüftet werden. Die Flaschenventile müssen während des Transports geschlossen sein.

Wenn eine Einzelflaschenanlage nicht in gutem Zustand ist und eine Gefahr für Angestellte oder Dritte darstellt, darf die Anlage nicht betrieben werden.

Flaschenventile und Flaschendruckregler müssen gegen Verunreinigung geschützt und in gutem Zustand gehalten werden.

Schlauchleitungen müssen gegen Beschädigungen (z. B. durch Überfahren, Knicken oder Brand) geschützt und in gutem Zustand gehalten werden.

Schlauchleitungen dürfen nicht direkt an einem Flaschenventil angeschlossen werden.

### 12.1.6 Instandhaltung

Regelmäßige Inspektionen müssen sicherstellen, dass

- die Ausrüstung in gutem Zustand ist, korrekt verwendet wird und alle erforderlichen Teile vorhanden sind,
- die Schlauchleitungen nicht beschädigt sind,
- die Ventile korrekt öffnen und schließen,
- die Anlage normal funktioniert (d. h. Berichterstattung, wenn die Anlage mehr Gas als normal verbraucht, ein ungewöhnlicher Druckabfall aufgetreten ist oder Gasgeruch festzustellen ist, der eine Störung oder eine Undichtigkeit anzeigen könnte).

Jährliche Inspektionen müssen sicherstellen, dass

- die Flaschenanlage nicht undicht ist (Dichtigkeitsprüfung beim maximalen Betriebsdruck),
- die Einstellung und Funktion des Druckreglers zufrieden stellend ist,
- die Sicherheitseinrichtungen korrekt funktionieren (z. B. Prüfung von Gasrücktrittventilen auf Sicherheit gegen Rücktritt von Gas).

Undichte oder beschädigte Teile müssen von Befähigten Personen ausgetauscht oder repariert werden. Für Ventile und Armaturen müssen zugelassene Ersatzteile verwendet werden.

Nur die Füllwerke oder autorisierte Stellen dürfen Reparaturarbeiten an Acetylenflaschen durchführen.

Im Falle eines Flammenrückschlags oder eines anderen Fehlers dürfen Einzelflaschenanlagen nur weiterbetrieben werden, wenn der Fehler behoben ist und bestätigt worden ist, dass die Anlage in gutem Zustand ist.

## 12.2 Batterieversorgungsanlagen

### 12.2.1 Definitionen

Batterieversorgungsanlagen sind Acetylenversorgungsanlagen mit zwei oder mehr Acetylenflaschen, sowie in Flaschenbündeln oder Acetylenbatteriefahrzeugen (siehe EN ISO 14114).

Batterieanlagen bestehen aus

- zwei oder mehr Acetylenflaschen,
- einem Hochdruckteil,
- einem Hauptdruckregler,
- einem Mitteldruck- oder Niederdruckteil abströmseitig vom Hauptdruckregler,
- Sicherheitseinrichtungen (wie gefordert in EN ISO 14114),
- speziellen Aufstellräumen und Aufstellorten (siehe "Anforderungen an spezielle Aufstellräume" in Kapitel 12.2.4).

Transportable Batterieanlagen sind Batterieanlagen, die für die Verwendung an verschiedenen Orten für kurzzeitige Arbeiten wie z. B. Bau- oder Reparaturarbeiten bestimmt sind. Kleine Batterieanlagen sind Batterieanlagen mit bis zu 6 Acetylenflaschen.

### 12.2.2 Allgemeines

Vor der Arbeitsaufnahme muss das Personal eine entsprechende Ausbildung und Instruktionen erhalten über

- Betreiben von Batterieanlagen
- die spezifischen Gefahren beim Umgang mit Batterieanlagen
- Ergreifen von Maßnahmen im Fall eines Unfalls oder einer Störung.

Alle acetylenführenden Teile der Batterieanlage müssen so gestaltet sein, dass Acetylen/Luft-Gemische ausgespült werden können.

Die Hochdruckleitungen von Batterieanlagen sollen so kurz wie möglich gehalten werden.

Es dürfen nur Hochdruckschlauchleitungen gemäß den Normen verwendet werden.

Acetylenflaschen mit verschiedenen porösen Massen dürfen für die gemeinsame Gasentnahme in einer Batterieanlage nur zusammengeschlossen werden, wenn sie dasselbe Lösemittel enthalten und dasselbe Füllverhältnis haben (Verhältnis von Acetylen- zu Lösemittelgehalt).

Spezielle Aufstellräume müssen den nationalen Bauvorschriften und diesem Code of Practice entsprechen.

### 12.2.3 Ausrüstung

Batterieanlagen müssen ausgerüstet sein wie angegeben in:

- EN ISO 14113
- EN ISO 14114
- EN ISO 15615
- EN 730

Die wichtigsten Anforderungen sind die folgenden:

#### Hochdruckteil

Der Hochdruckteil muss ausgerüstet sein mit

- Gasrücktrittventilen für Hochdruck direkt abströmseitig von den Flaschen oder dem Bündelauslass, um den Rücktritt von Gas in die Flaschen zu verhindern,
- einer Schnellschlusseinrichtung im Hochdruckteil (in Abhängigkeit vom Typ der Batterieanlage entweder handbetätigt oder automatisch), um die fortgesetzte Entnahme von Acetylen bei einem Acetylenzerfall oder einem Flammenrückschlag zu verhindern.

Hochdruckschlauchleitungen dürfen nur verwendet werden, wenn Rohrleitungen ungeeignet sind. Die Länge und der Durchmesser der Schlauchleitung muss so klein wie möglich gehalten werden, und die Schlauchleitung muss gegen äußere Beschädigungen geschützt werden. Schlauchleitungen müssen einen Mindestberstdruck von 1.000 bar haben und müssen einem Acetylenzerfall in Hochdruck-Acetylen bei einem Anfangsdruck von 25 bar standhalten. Um vor elektrostatischen Entladungen geschützt zu sein, darf der Widerstand zwischen den beiden Anschlüssen einer installierten Schlauchleitung nicht größer als  $10^6$  Ohm sein. Die Schläuche müssen beständig gegen Lösemittel - sowohl Aceton als auch DMF - sein. Die Schlauchleitungen müssen der EN ISO 14113 entsprechen.

#### Hauptdruckregler

Am Ende der Hochdruckleitung muss ein Hauptdruckregler installiert sein, der den Betriebsdruck im abströmseitigen Niederdruck- oder Mitteldruckteil auf den maximal zulässigen Druck begrenzt. Der Hauptdruckregler muss für Batterieanlagen mit bis zu 6 Acetylenflaschen der EN ISO 2503 und für größere Batterieanlagen der EN ISO 7291 entsprechen.

Der Hauptdruckregler muss sowohl auf der Vordruckseite mit einem Manometer (Messbereich von 0 bar bis 40 bar) als auch auf der Hinterdruckseite mit einem Manometer (Messbereich 0 bar bis 2,5 bar) ausgerüstet sein. Der maximale Betriebsdruck der Hinterdruckseite muss auf dem Manometer gekennzeichnet sein.

#### Mitteldruck- oder Niederdruckbereich

Der Mitteldruck- bzw. Niederdruckbereich muss ausgerüstet sein mit

- einem Gasrücktrittventil,
- einer Flammensperre,
- einer druck- oder temperaturgesteuerten Nachströmsperre,
- einer Druckbegrenzungseinrichtung, die den Druck auf den maximalen Betriebsdruck begrenzt (diese Einrichtung kann Teil des Hauptdruckreglers sein),
- einem Hauptabsperrentil.

Ein Abschalten von Druckbegrenzungseinrichtungen während des Betriebs darf nicht möglich sein. Sie müssen gegen unzulässige Änderungen des eingestellten Drucks geschützt sein (z. B. durch Verplombung).

Ggf. installierte Sicherheitsventile müssen mit Abblaseleitungen versehen sein, die das Gas gefahrlos nach draußen ableiten.

#### 12.2.4 Aufstellung

##### Allgemeine Anforderungen

Acetylenflaschenbatterieanlagen dürfen nicht in engen Räumen oder Bereichen mit eingeschränktem Zugang, wie z. B. Treppen, Fluren oder Durchgängen, aufgestellt werden. Nur unter besonderen Umständen ist es zulässig, in Bereichen mit eingeschränktem Zugang zu arbeiten (z. B. für unbedingt notwendige Reparaturarbeiten an Treppengeländern). In diesen Fällen sollen die Anlagen nur für eine kurze Zeit aufgebaut und genutzt werden, wobei sichergestellt werden muss, dass alle nötigen Sicherheitsvorkehrungen getroffen worden sind (z. B. durch Absperrung, Sicherung eines Fluchtwegs, Lüftung). Öffentlicher Zugang zu Acetylenbatterieanlagen muss verhindert werden.

Die Acetylenflaschen und der Hochdruckteil von Batterieanlagen müssen in einem speziellen Raum oder draußen untergebracht sein, wie angegeben in "Anforderungen an spezielle Aufstellräume" in diesem Kapitel. Diese Anforderung gilt nicht für kleine und transportable Batterieanlagen, die während der Gasentnahme vom Bedienpersonal überwacht werden.

Die Acetylenflaschen in den Batterieanlagen müssen einfach zugänglich und so aufgestellt sein, dass sie gegen Wärmeeinwirkung geschützt sind.

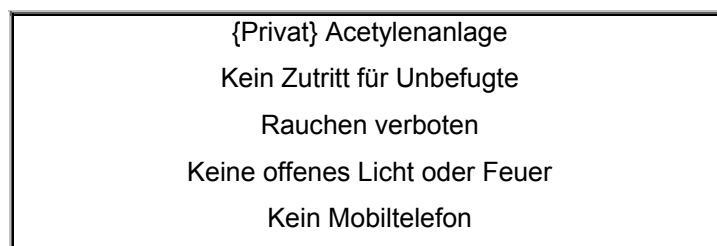
Reserveflaschen dürfen auch in den Aufstellräumen von Batterieanlagen gelagert werden, aber nicht mehr als 6 im Falle von kleinen Batterieanlagen.

Reserveflaschen dürfen nur bei geschlossenem Flaschenventil an die Hochdrucksammelleitung angeschlossen werden. Reserveflaschenbündel dürfen nur bei geschlossenem Hauptabsperrventil angeschlossen werden.

Die Erdung von Acetylenleitungen von Batterieanlagen darf nicht Teil einer Erdung für andere Zwecke sein.

Schilder mit folgenden Informationen sollen an den Zugangsstellen zu Batterieanlagen angebracht sein (außer für kleine Anlagen):

(A)



##### Anforderungen an spezielle Aufstellplätze und -räume

Es wird empfohlen, dass Acetylenbatterieanlagen im Freien aufgestellt werden, aber wenn niedrige Außentemperaturen Schwierigkeiten beim Betrieb verursachen, können spezielle Aufstellräume erforderlich sein.

**Anforderungen an Aufstellplätze im Freien**

- Aufstellplätze für Batterieanlagen im Freien müssen gegen unbefugten Zugang geschützt sein. In Abhängigkeit von den räumlichen Gegebenheiten kann dies durch eine Absperrung, einen Zaun oder durch Schilder wie in "Allgemeine Anforderungen" (A) angegeben erreicht werden.
- Ventile, Hauptstellendruckregler und Sicherheitsarmaturen müssen mit nicht entflammaren Materialien gegen Wittereinflüsse geschützt werden.

**Anforderungen an spezielle Aufstellplätze und -räume**

- Spezielle Aufstellräume für Acetylenflaschen und der Hochdruckteil von Batterieanlagen dürfen nicht unter anderen Räumen oder unter Erdgleiche liegen.
- Aufstellräume müssen den Anforderungen von Richtlinie 1999/92/EG entsprechen, insbesondere:
  - Sie müssen dauernd belüftet sein, entweder künstlich oder natürlich.
  - Die Richtlinien zur Vermeidung von Zündgefahren durch elektrostatische Entladungen müssen befolgt werden.
  - Elektrische Ausrüstungsteile müssen für die Verwendung in Zonen mit explosionsfähiger Atmosphäre geeignet sein.
- Angemessene Beleuchtung muss zur Verfügung stehen.
- Nur die Acetylenflaschen und der Hochdruckteil einschließlich Hauptdruckregler mit den abströmseitigen Abblasventilen dürfen innerhalb der Aufstellräume gelagert werden.
- Die Lagerung anderer Gasflaschen in Räumen für Acetylenflaschenbatterieanlagen wird nicht empfohlen.
- Im Notfall muss es möglich sein, die Aufstellräume sicher und schnell verlassen zu können. Es muss mindestens einen Ausgang geben, der direkt ins Freie führt. Türen von Notausgängen müssen nach außen öffnen.
- Wenn Aufstellräume nicht frei stehen, sondern an andere Räume angrenzen, müssen sie von den anderen Räumen durch gasundurchlässige und 1 Stunde feuerfeste Wände getrennt sein. Türen oder andere Öffnungen sind in diesen Wänden nicht zulässig.
- Wenn benachbarte Räume nicht dem dauernden Aufenthalt von Personen dienen und nur ein geringes Risiko eines Feuers besteht (z. B. in Räumen für die Lagerung nicht brennbarer Substanzen), müssen die Trennwände zu den benachbarten Räumen gasundurchlässig und feuerbeständig sein. Türen in diesen Trennwänden müssen feuerbeständig und selbstschließend sein.
- Außenwände und Türen von speziellen Aufstellräumen müssen aus nicht brennbarem Material bestehen.
- Dächer von Aufstellräumen müssen so beschaffen sein, dass sie zur Druckentlastung einer Explosion bei Überdruck leicht abheben. Decken zwischen Dach und Aufstellraum sind nicht zulässig. Das Tragwerk des Dachs, die Dachschalung und etwaige Dämmschichten innerhalb der Aufstellräume müssen aus nicht brennbarem Material bestehen. Die Dachdeckung muss widerstandsfähig gegen Flugfeuer und Strahlungswärme sein.
- Heizeinrichtungen in Aufstellräumen sind nur zulässig, wenn sie den Anforderungen von Richtlinie 94/9/EG entsprechen.
- Eine angemessene Wasserversorgung zur Kühlung der Flaschen für den Fall eines Feuers muss zur Verfügung stehen. Für große Anlagen sollte eine Berieselungsanlage in Betracht gezogen werden.
- Feuerlöscher müssen an geeigneten Stellen zur Verfügung stehen.

### 12.2.5 Betrieb

#### Allgemeine Anforderungen

Acetylenflaschenbatterieanlagen müssen so betrieben werden, dass keine gefährliche Erhitzung erfolgen kann. Sie sollten immer mindestens 0,5 m von Heizeinrichtungen entfernt sein. Ein Schutz vor Sonneneinstrahlung ist nicht erforderlich.

Zündquellen wie z. B. offenes Licht und Rauchen sind im Umkreis von mindestens 3 m um eine Acetylenflaschenbatterieanlage nicht erlaubt. Es sollen keine leicht brennbaren Materialien vorhanden sein. Acetylenflaschen von Batterieanlagen im Freien müssen von Zündquellen und brennbaren Materialien mindestens 3 m entfernt sein. Die Anforderungen der Richtlinien 94/9/EG und 1999/92/EG müssen erfüllt werden.

Acetylenflaschenbatterieanlagen, außer transportable Batterieanlagen, müssen einen Sicherheitsabstand von

- mindestens 5 m von öffentlichen Verkehrswegen,
- mindestens 10 m von Eisenbahnen und Verkehrswegen, die von Fahrzeugen benutzt werden, die Funken verursachen können,
- mindestens 15 m von öffentlichen Eisenbahnen

haben.

Diese Abstände können durch bauliche Maßnahmen verringert werden (z. B. durch Wände ohne Öffnungen).

#### Prüfung vor Inbetriebnahme

Vor der ersten Inbetriebnahme müssen Batterieanlagen geprüft werden, um sicherzustellen, dass sie die Anforderungen dieses Code of Practice erfüllen. Die folgenden Prüfungen müssen durchgeführt werden:

- Funktionsprüfungen, die durchgeführt werden müssen:
  - Gasrücktrittventile auf Funktion, festen Sitz und Dichtigkeit
  - Absperrrichtungen auf korrekte Funktion
  - Druckregler auf korrekte Funktion und Hinterdruck.
- Druckprüfung: Einzelteile können separat geprüft werden, wenn Anschlussstücke in die Prüfung mit einbezogen werden. Messeinrichtungen, Druckbegrenzungseinrichtungen, Druckregler und Abblaseleitungen müssen nicht geprüft werden.

Die Druckprüfung muss durchgeführt werden bei

- mindestens 300 bar im Hochdruckteil,
- mindestens 24 bar im Mitteldruckteil,
- mindestens 2,5 bar im Niederdruckteil und im Mitteldruckteil, wenn der maximale Betriebsdruck nicht mehr als 0,4 bar beträgt.

Druckprüfungen müssen mit Wasser durchgeführt werden. Für den Mitteldruck- und Niederdruckteil können die Druckprüfungen mit Stickstoff oder Luft durchgeführt werden, wenn entsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden.

Nach den Druckprüfungen muss die Anlage gründlich getrocknet werden, um Problemen mit verbleibender Feuchtigkeit vorzubeugen.

- Vor der ersten Inbetriebnahme muss die vollständige Batterieanlage bei ihrem maximalen Betriebsdruck auf Dichtigkeit geprüft werden. Diese Prüfung soll nach Spülen der Anlage mit Stickstoff durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Prüfung müssen dokumentiert werden.

Bevor eine Batterieanlage das erste Mal in Betrieb genommen wird, müssen alle Rohrleitungen von den Verbindungen zu den Gasflaschen bis zu den Entnahmestellen gründlich mit Stickstoff gespült werden.

Bei vorhandenen Batterieanlagen, die erweitert oder mit neuen Teilen versehen worden sind, muss eine Prüfung vor Inbetriebnahme durchgeführt und mit Stickstoff gespült werden.

### **Betrieb**

Acetylenflaschen und -bündel müssen so verbunden werden, dass alle Verbindungen gasdicht sind. Vor Anschluss eines Flaschenbündels muss die Bündelsammelleitung mit Acetylen gespült werden, um jegliche in der Anlage vorhandene Luft zu entfernen.

Während der Gasentnahme müssen die Ventile aller Acetylenflaschen, die zur gemeinsamen Gasentnahme verbunden sind, offen sein.

Wenn die Anlage über einen längeren Zeitraum (z. B. über Nacht oder am Wochenende) nicht gebraucht wird, muss das dem Hauptdruckregler vorgeschaltete Hauptabsperrventil geschlossen werden.

Bevor leere Acetylenflaschen oder Bündel von der Batterieanlage entfernt werden, müssen das Absperrventil und die Flaschenventile geschlossen werden.

Acetylenflaschenventile in einem Bündel müssen während der Lagerung und des Transports offen sein. Bündel dürfen nur mit dem Hauptabsperrventil geschlossen werden.

Vor dem Transport von einzelnen Acetylenflaschen müssen Ventilschutzkappen (wenn erforderlich) montiert werden.

Für den Transport von Acetylenflaschen und -bündeln dürfen nur geeignete Transportmittel verwendet werden. Es ist nicht zulässig, Magnethebegeräte zu verwenden.

Wenn nasse Sicherheitsvorlagen verwendet werden, müssen sie mindestens einmal pro Schicht und nach jedem Flammenrückschlag auf ausreichenden Wasserstand überprüft werden. Sie müssen mindestens einmal jährlich gesäubert und auf Sicherheit gegen Gasrücktritt überprüft werden.

### **12.2.6 Instandhaltung**

Regelmäßige Instandhaltung muss sicherstellen, dass

- die Ausrüstung in gutem Zustand ist, bestimmungsgemäß verwendet wird und alle notwendigen Teile vorhanden sind,
- Anschlüsse und Schlauchleitungen weder korrodiert noch beschädigt sind,
- Druckregler nicht beschädigt sind,
- die Ventile sich richtig öffnen und schließen lassen,
- die Anlage korrekt funktioniert (d. h., Berichterstattung, wenn die Anlage mehr Gas als normal verbraucht, ein ungewöhnlicher Druckabfall aufgetreten ist oder Geruch nach Gas festzustellen ist, der eine Störung oder eine Undichtigkeit anzeigen könnte.).

Eine jährliche Prüfung muss sicherstellen, dass

- die Batterieanlage nicht undicht ist (Dichtigkeitsprüfung beim maximalen Betriebsdruck),
- Einstellung und Funktion der Druckregler zufrieden stellend sind,
- die Sicherheitseinrichtungen korrekt funktionieren (z. B. Gasrücktrittventile auf Sicherheit gegen Rücktritt von Gas),
- der Zustand der Ausrüstung und der Rohrleitungen sowie ihr Schutz gegen Korrosion zufrieden stellend ist.

Undichte oder beschädigte Teile müssen von befähigten Personen ausgetauscht oder repariert werden. Für Ventile und Armaturen müssen zugelassene Ersatzteile verwendet werden.

Reparaturarbeiten dürfen nur von Füllwerken und autorisierten Stellen durchgeführt werden.

Im Falle eines Flammenrückschlags oder eines anderen Fehlers dürfen Batterieanlagen nur weiter betrieben werden, wenn der Fehler behoben ist und bestätigt worden ist, dass die Anlage in gutem Zustand ist.

## 12.3 Lagerung und Handhabung

### 12.3.1 Lagerung von Acetylenflaschen

Acetylenflaschen können sowohl drinnen als auch draußen gelagert werden. Lager im Freien sind solche, die an wenigstens zwei Seiten offen sind. Sie können auch an nur einer Seite offen sein, wenn die Tiefe des Raumes die Höhe an seiner offenen Seite nicht übertrifft. Die Begrenzung eines Raumes gilt auch als offen, wenn sie aus Maschendraht besteht oder ähnlich offen ist.

- Acetylenflaschen dürfen nicht gelagert werden
- in Räumen unterhalb Erdgleiche,
- in Treppen, Fluren, eng begrenzten Räumen oder Durchgängen
- auf Stufen im Freien
- entlang speziell gekennzeichnete Fluchtwege
- in Garagen für Autos und
- in Werkstätten

außer sie werden dort verwendet.

Lagerräume sind keine Werkstätten, auch wenn dort Menschen arbeiten.

Bereiche für die Lagerung von Acetylenflaschen dürfen nur für die Lagerung von Gasflaschen und nicht für den Anschluss oder die Instandhaltung von Gasflaschen verwendet werden.

Für Bereiche zur Lagerung von Acetylenflaschen muss eine Gefährdungsbeurteilung erstellt werden. Diese muss ermitteln:

- Anforderungen an die Belüftung bei Lagerung in Räumen
- Anforderungen an den Bedarf von Löschwasser zur Brandbekämpfung und zur Kühlung der Flaschen
- die benötigte Anzahl von Feuerlöschern
- Anforderungen für die Zonen gemäß Richtlinie 1999/92/EG
- Kontrolle von Zündquellen
- mögliche Risiken für benachbarte Grundstücke und Bevölkerung
- mögliche Risiken durch Gefährdungen von außerhalb des Geländes
- die Sicherung des Lagers
- die maximal zulässige Anzahl zu lagernder Acetylenflaschen
- den Grundriss des Lagers und Anforderungen an die Abgrenzung von anderen Gasflaschen
- Zugänge und Fluchtwege

Der Lagerbereich darf für allgemeinen Verkehr und unbefugte Personen nicht zugänglich sein. Dies muss durch Schilder angezeigt werden. Warnhinweise müssen auf die Sicherheitszonen und die entsprechende Gefährdung (das Risiko einer Explosion) hinweisen.

### 12.3.1.1 Lagerung in Räumen

Es wird dringend empfohlen, Acetylenflaschen im Freien zu lagern.

Wenn die Lagerung in Räumen nicht vermieden werden kann, gilt folgendes:

- Wände, Zwischenwände und Dächer von Lagerräumen müssen aus nicht brennbaren Materialien bestehen. Trennwände müssen undurchlässig sein und mindestens 1 Stunde feuerbeständig sein.
- Der Boden von Lagerräumen muss feuerfest und eben sein, so dass die Acetylenflaschen sicher stehen.
- Lagerräume müssen sowohl oben als auch unten ausreichend belüftet sein. Natürliche Belüftung ist ausreichend, wenn direkt nach außen führende Lüftungsöffnungen eine Fläche von mindestens 1/300 der Grundfläche des Lagers haben.
- Fluchtwege, die vom Lager nach draußen führen, müssen vorhanden sein. Fluchtwege von benachbarten Räumen dürfen nicht durch den Lagerraum führen.
- In Lagerräumen darf sich kein Zugang oder offene Verbindung zu Kellerräumen befinden.
- Brennbare Stoffe (z. B. brennbare Flüssigkeiten, Holz, Holzspäne, Papier und Gummi) dürfen nicht in Lagerräumen für Acetylenflaschen gelagert werden.
- Lagerräume, die an einen öffentlichen Verkehrsweg angrenzen, müssen an der Seite direkt neben dem Verkehrsweg eine Wand ohne Türen oder Öffnungen bis zu einer Höhe von mindestens 2 m haben. Dies gilt nicht für Türen, die selbstschließend und feuerhemmend sind.
- Zwischen Acetylenflaschen und anderen Gasflaschen mit oxidierenden Gasen muss ein angemessener Abstand eingehalten werden.

### 12.3.2 Lagerung im Freien

Für die Lagerung im Freien gilt folgendes:

- Der Boden muss flach und eben sein, so dass die Acetylenflaschen sicher stehen können.
- Wenn volle Acetylenflaschen im Freien gelagert werden, muss ein Sicherheitsabstand zu benachbarten Anlagen und Ausrüstung gehalten werden.
- Es dürfen keine brennbaren Materialien im Lagerbereich vorhanden sein.
- Rauchen und andere Zündquellen sind im Umkreis von 2 m um den Lagerbereich nicht erlaubt. Kontrollierter Zugang von Fahrzeugen und Gabelstaplern ist zulässig.
- Acetylenflaschen dürfen nicht näher als 5 m vom Grenzzaun entfernt gelagert werden, außer eine 2 m hohe Brandwand ist vorhanden. Es wird nicht empfohlen, Acetylenflaschen nahe an einem Grenzzaun zu lagern, wenn umgebungsbedingte Gefährdungen bestehen können.
- Das Gasflaschenlager muss gegen den Anprall von Fahrzeugen geschützt sein.

### 12.3.3 Handhabung

Beim Transport von Acetylenflaschen müssen Ventilschutzkappen verwendet werden (wenn anwendbar).

Gasflaschen dürfen nicht an der Ventilschutzvorrichtung oder am Ventil angehoben werden, außer diese sind speziell dafür konstruiert.

Werden Acetylenflaschen mit angeschlossenen Verbrauchseinrichtungen transportiert, müssen die Absperrventile geschlossen sein. Dieses gilt nicht, wenn die Verbrauchseinrichtungen während des Transports mit Gas versorgt und bedient werden.

Acetylenflaschen dürfen keinen heftigen Stößen ausgesetzt werden.

Es dürfen nur solche Hebevorrichtungen verwendet werden, die an den Acetylenflaschen keinen Schaden verursachen und ein Fallen oder Umfallen der Acetylenflaschen verhindern.

Beim Transport auf Fahrzeugen müssen die Acetylenflaschen so gesichert werden, dass sie sich nicht bewegen können. Beim Transport von Acetylenflaschen in geschlossenen Fahrzeugen, einschließlich solcher mit Fahrzeugplane, muss sowohl oben als auch unten genügend Lüftung erfolgen, z. B. durch Lüftungsschlitze, so dass keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann. Siehe IGC Doc 103/03.

Acetylenflaschen dürfen nicht mit leicht brennbaren Ladungen, wie z. B. Holzspäne oder Papier, transportiert werden.

Beim Transport von Acetylenflaschen auf öffentlichen Verkehrswegen, müssen die Gefahrgutvorschriften beachtet werden.

#### **12.3.4 Binnenbeförderung**

Für den Binnentransport innerhalb der Europäischen Union gelten die Anforderungen von Richtlinie 1999/36/EG über transportable Druckgeräte (TPED). Diese Richtlinie verweist auf die einschlägigen Vorschriften von Richtlinie 94/55/EG über die Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für den Gefahrguttransport auf der Straße und Richtlinie 96/49/EC über die Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für den Gefahrguttransport mit der Eisenbahn. Für die materiellen Anforderungen verweisen diese Richtlinien auf zwei internationale Übereinkommen, die in allen Ländern, die diese Übereinkommen anerkennen über die Grenzen der europäischen Union hinaus gültig sind. Diese Übereinkommen sind das ADR (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße), Anlagen A und B und RID (Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter) (siehe auch Abb. 4).

Einige der Hauptanforderungen werden im Folgenden zusammengefasst:

Für Acetylenflaschen, Flaschenbündel und Trailer siehe Kapitel 9 "Acetylenflaschen und Armaturen".

Personen, die mit dem Transport von Acetylenflaschen zu tun haben, müssen bezüglich des Transports von Gefahrgütern im Allgemeinen und des Transports von Acetylen im Besonderen unterwiesen werden.

Der Fahrer eines Gefahrguttransports muss eine spezielle Schulung absolviert haben, für die ein Zertifikat der zuständigen Behörde ausgestellt wird.

Zusätzlich zur Kennzeichnung und Beschriftung der Acetylenflaschen und -flaschenbündel, müssen die Fahrzeuge entsprechend gekennzeichnet und korrekte Transportpapiere müssen erstellt und verfügbar sein.

Acetylenflaschenventile müssen geschlossen und gegen Schaden während des Transports durch eine Ventilschutzkappe oder eine geeignete Ventilschutzvorrichtung geschützt sein.

Acetylenflaschenventile in einem Bündel müssen während Lagerung und Transport offen sein und das Bündel darf nur mit dem Hauptabsperrventil abgesperrt sein.

Acetylenflaschen und -flaschenbündel müssen für den Transport gesichert werden, so dass sie sich nicht bewegen können.

Ein Fahrzeug mit dem Acetylen transportiert wird, muss mit einem geeigneten Feuerlöscher ausgestattet sein.

Zusätzlich zu dem vorgenannten muss beim Transport von Acetylenflaschen in geschlossenen Fahrzeugen, einschließlich solcher mit Fahrzeugplane, sowohl oben als auch unten genügend Lüftung erfolgen, z. B. durch Lüftungsschlitze, so dass keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann.

Beim Transport von Acetylenflaschen mit angeschlossenem Druckregler (nicht empfohlen), müssen die Acetylenflaschenventile geschlossen sein und der Druckregler auf den Hinterdruck entlastet sein. Schlauchleitungen müssen auch druckentlastet werden.

Acetylenflaschen dürfen nicht zusammen mit leicht brennbaren Ladungen, wie z. B. Holzspäne oder Papier transportiert werden.

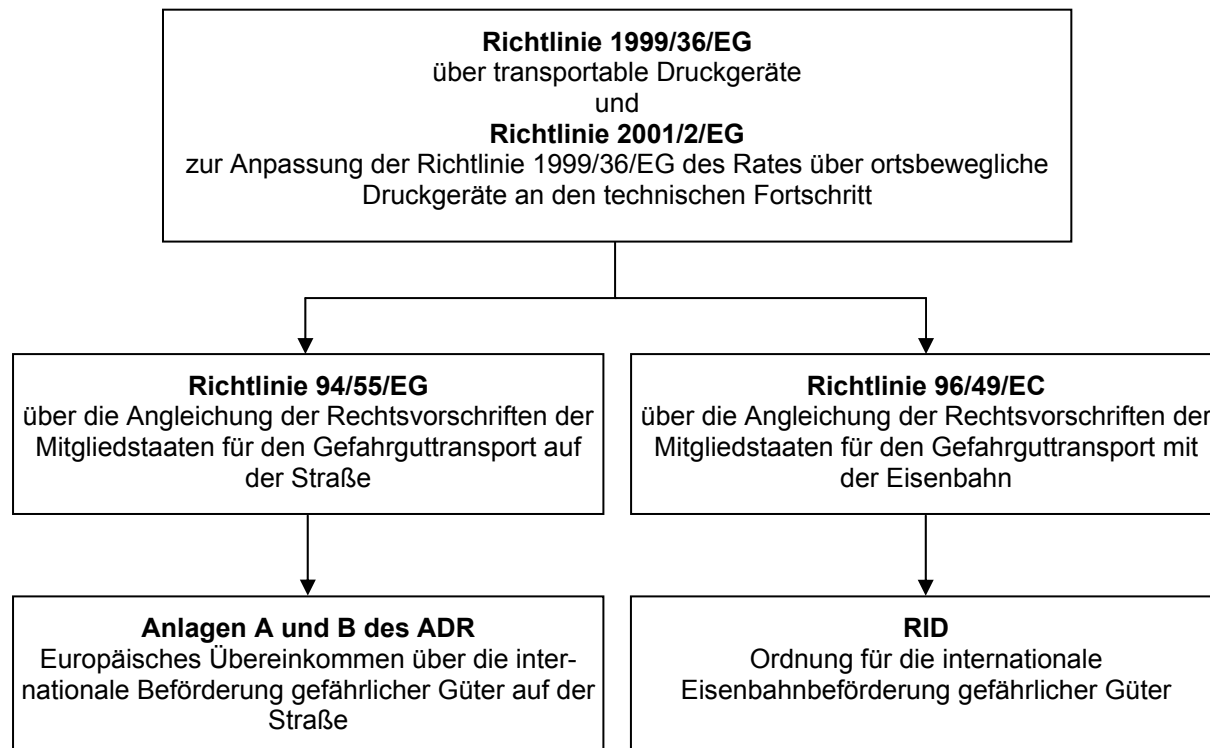


Abb. 4 Europäische Vorschriften für den Transport von Acetylen

## 13 Verhalten gegenüber Gefahren

### 13.1 Maßnahmen gegen Gefahren beim Transport und bei der Lagerung von Calciumcarbid

#### 13.1.1 Heiße Calciumcarbidfässer und -container

Calciumcarbidfässer und -container können heiß werden, wenn sie beschädigt sind und Wasser eingedrungen ist. Für diesen Notfall sind Betriebsanweisungen und eine Ausrüstung vorzuhalten, um die Situation sicher beherrschen zu können.

#### 13.1.2 Spülen voller Calciumcarbidfässer

Mit Stickstoff muss gespült werden, wenn volle Calciumcarbidfässer heiß sind und sich unter Druck verformen.

Das Spülen verringert und beseitigt explosionsgefährliche Acetylen-Luft-Gemische in den Fässern. Der Stickstoff wird durch die Fässer geführt, dabei verdrängt und verringert er die Acetylen-Luft-Konzentration im Fass. Des weiteren wird das Carbid getrocknet und eine weitere Bildung von Acetylen gestoppt. Stickstoff wird deshalb eingesetzt, weil er ein reaktionsträges, nicht reagierendes Gas ist.

Die Stickstoffspüleinrichtung soll in der Lage sein, einen geregelten Niederdruckgasstrom zu liefern, der mittels Einblaseröhrchen durch eine anzubringende Öffnung in das Fass geleitet wird.

- **Vor Spülungsbeginn**

Vor der Spülung ist das Fass an einen ausgewiesenen sicheren Platz zu bringen. Der sichere Ort muss

- trocken,
- gut belüftet,
- mindestens 10 Meter von den Gasflaschen, Gebäuden, Zündquellen, brandfördernden Stoffen entfernt sein
- und es erlauben, das Fass an der Umgebungsluft abzukühlen.

- **Verfahren**

- Steche mit einem funkenarmen Werkzeug ein Loch in den Deckel und den Mantel nahe der Fassunterseite.
- Es wird nur funkenarmes Werkzeug benutzt. Pulverlöscher oder trockener Sand werden durch einen Sicherungsposten bereitgehalten.
- Die Stickstoffspülung wird in das Loch nahe der Unterseite des Fasses eingeleitet.
- Dann wird langsam Stickstoff gespült, bis das Fass sich abkühlt.
- Die Spülung ist unter regelmäßiger Prüfung, dass das Fass sich nicht wieder erwärmt, fortzusetzen, bis das Fass für die nächste Entwicklerfüllung geöffnet wird.

### 13.1.3 Gefahrenmaßnahmen bei heißen Carbidgroßcontainern

Container für Carbid sind in der Regel mit Spülanschlüssen versehen. Jeder Container, der Anzeichen von Hitze zeigt, sollte mit Stickstoff gespült werden, bis die Oberfläche abgekühlt ist und die Gaskonzentration kleiner 2 % Acetylen im Stickstoff ist.

### 13.1.4 Verschüttetes Carbid

#### **Ausrüstung:**

Die folgende Ausrüstung ist für das Aufnehmen von verschüttetem Calciumcarbid erforderlich:

- Aluminium oder Bronzeschaufel mit langem Handgriff
- Aluminium oder Bronzeimer
- Besen mit natürlichen Borsten (kein Nylon, welches zu elektrostatischen Aufladungen führen kann)
- Trommel ohne Deckel
- Behälter mit trockenem Sand
- persönliche Schutzausrüstung der Mitarbeiter.

#### **Gebrauch und Wartung der Ausrüstung:**

Ausrüstung zum Aufnehmen von verschüttetem Calciumcarbid soll berücksichtigen:

- Vorhalten an einem gekennzeichneten Ort im Acetylenbetrieb
- Verwendung nur für diesen Zweck
- Kunststoffe oder zur Zündung neigenden Stoffe sollen nicht eingesetzt werden.

**Entfernen des verschütteten Calciumcarbids:**

Persönliche Schutzausrüstung:

- Gummihandschuhe (mit langen Stulpen)
- chemische beständige Schutzbrillen
- flammhemmende Arbeitskleidung
- Staubmaske.

Bei größeren Mengen von verschüttetem Calciumcarbid ist das Personal aus dem Gefahrenbereich zu entfernen, der Bereich ist abzusperren, damit keine Fahrzeuge in diesem Bereich verkehren können.

Ein Evakuieren der Mitarbeiter ist bei kleineren verschütteten Mengen nicht erforderlich.

Verschüttetes Calciumcarbid ist trocken zu halten. Wenn Carbid in der Umgebung des Acetylenentwicklers mit Wasser in Kontakt gekommen ist, ist die Acetylenproduktion sofort zu unterbrechen und der Raum zu lüften bevor die Reinigung erfolgt.

**Vermeide alle Zündquellen in der Umgebung.****Kontrolliere auf Carbidstaub im verschütteten Carbid, weil dieses**

- sehr schnell mit Feuchtigkeit in der Luft reagiert,
- sehr heiß werden kann, so dass eine Zündgefahr entsteht.

**Wenn Carbidstaub und feinkörniges Carbid vorhanden sind:**

Benutze geeignetes, funkenarmes Werkzeug zur Entfernung von Staub und Feinkorn.

Der Carbidstaub wird flächig in einem gekennzeichneten Bereich verteilt und dann mit viel Wasser benetzt.

Keine zusammengeklumpten Mengen Carbidstaub direkt ins Wasser oder in Carbidkalkgruben geben. Es entstehen hohe Temperaturen und somit eine Zündgefahr.

Staub muss immer fein verteilt entsorgt werden.

Wenn verschüttetes Calciumcarbid mit Wasser in Berührung gekommen ist, sind diese Stellen mit trockenem Sand vollständig zu bedecken. Nachdem sich das Calciumcarbid abgekühlt hat, kann das kalte Calciumcarbid mit der Sicherheitsausrüstung (Besen, Schaufel, Stahlbehälter, etc.) aufgenommen werden. Danach:

- Transport in einen sicheren Bereich, fern von Gebäuden und Zündquellen.
- Die Calciumcarbid-Sandmischung wird flächig im sicheren Bereich verteilt, um mit der Luftfeuchtigkeit zu reagieren.
- Alternativ kann nach dem Aufnehmen das verschüttete Carbid mit einem Wasserschlauch in die Carbidschlammgrube gespült werden.

Calciumcarbid, welches trocken und nicht mit Sand verschmutzt ist, kann zur Beschickung in der nächsten Charge des Entwicklers benutzt werden.

**13.1.5 Carbidfeuer****Bekämpfen von Calciumcarbidfeuer**

Calciumcarbid ist nicht brennbar, es erzeugt aber in Verbindung mit Wasser Acetylen.

Deshalb darf niemals Wasser oder Schaumlöscher bei Bränden in Anwesenheit von Carbid verwendet werden. Das Wasser oder der feuchte Schaum reagieren mit Calciumcarbid, und es entsteht noch mehr Acetylen, welches das Feuer weiter anfacht.

Es ist ratsam, Feuer in verstreutem Carbid natürlich ausbrennen zu lassen. Das Acetylen wird verbrannt, und es entstehen keine Acetylenwolken, die wiederum eine Explosionsgefahr erzeugen.

#### **Verfahren:**

Verwenden der persönlichen Schutzausrüstung:

- Lederhandschuhe
- Schutzschuhe
- Gesichtsschild
- flammenhemmende Arbeitskleidung.

Das Personal ist aus dem Gefahrenbereich zu einer entgegen der Windrichtung befindlichen, sicheren Stelle zu evakuieren. Der Bereich ist abzusperren.

Entfernen aller Zündquellen.

Nachzündungen erzeugten Acetylen ist eine Folgegefahr, die nach dem Löschen des Feuers beachtet werden muss.

Bei Anwesenheit großer Wassermengen ist der Zufluss zu unterbinden. Das Feuer lässt man am besten aus sicherer Entfernung natürlich ausbrennen, bis das gesamte Acetylen verbrannt ist. Die Hitze des Feuers trocknet das Carbid aus und stoppt so eine weitere Erzeugung.

In extremen Umständen kann man das Feuer mit einem Trockenpulverlöscher bekämpfen. Das ist nur erforderlich, wenn das Feuer besondere Gefahren hervorruft.

An Gebäuden sollten Türen und Fenster geöffnet und die Räume mindestens 30 Minuten belüftet werden.

Verschüttetes Calciumcarbid kann mit einer feuerfesten Löschdecke abgedeckt werden, um den Einfluss der Luftfeuchtigkeit zu minimieren, bis luftdichte Stahlfässer zur Aufnahme der Mengen bis zum Weiterverbrauch im Entwickler bereitgestellt werden können.

Die Stahlfässer sollten mit Stickstoff gespült werden, bevor diese mit Deckeln gasdicht verschlossen werden.

### **13.2 Verschütteter Carbidschlamm**

#### **Persönliche schützende Ausrüstung:**

Hierbei muss folgende persönliche Schutzausrüstung getragen werden:

- Schutzhandschuhe mit langen Stulpen
- Sicherheitsgummistiefel
- chemische beständige Schutzbrillen
- flammenhemmende Arbeitsschutzkleidung.

#### **Verfahren zur Beseitigung von Carbidschlammleckagen**

- Mögliche Zündquellen beseitigen.
- Es muss verhindert werden, dass der Carbidschlamm in das öffentliche Abwassernetz gelangt. Hierzu die Einläufe mit Sandsäcken, saugfähigen Kissen, Matten etc. verschließen.

- Flüssiger Abfall wird mit Sand oder saugfähigem Material aufgenommen und sicher zwischengelagert, festes Material aufgekehrt und in einem Behälter für die Entsorgung untergebracht.
- Die aufgenommenen Reste sind fachgerecht zu entsorgen.

Die verschmutzten Flächen sind mit reichlich Wasser zu reinigen, welches in die Kalkgruben geleitet wird.

### 13.3 Die Feuerbekämpfung in Acetylenanlagen

#### 13.3.1 Allgemeine Anforderungen

Die nationalen und örtlichen Regeln zum Brandschutz müssen befolgt werden.

Feuer- und Notfallübungen müssen regelmäßig durchgeführt und unterwiesen werden.

Die Feuerschutzausrüstung muss regelmäßig gewartet und geprüft werden.

Systeme und Vorschriften müssen vorhanden sein, um einen unkontrollierten Acetyलगасаustritt zu verhindern und ein ausbrechendes Feuer zu beherrschen, wenn sich Acetylen entzündet.

#### 13.3.2 Feuerlösch-Ausrüstung

Trockenfeuerlöscher sind zu bevorzugen, CO<sub>2</sub>-Löscher können zu elektrostatischen Aufladungen führen. Diese sind beim Einsatz zur Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen sinnvoll einsetzbar.

Trockenfeuerlöscher sind bei folgenden Anlagenteilen an den Ausgängen bereitzuhalten:

- Calciumcarbidlager-Ausgänge
- Entwicklerraum-Ausgänge
- Gasometer- und Reinigerraum-Ausgänge
- Kompressorraum-Ausgänge
- Flascheninstandhaltungsraum-Ausgänge
- Acetonpumpen und Acetontankkupplungsstellen
- Acetonfasslager-Ausgänge
- Übernahmestellen vom Acetonfass in den Prozess
- Entwicklerbeschickung
- Flaschenfüll- und Vorbereitungsbereich - für kleine Feuer einsetzbar, wenn an einem Flaschenventil eine kleine Leckage mit Zündung des Acetylen entstanden ist.
- Kalkgruben
- elektrische Schalterräume (CO<sub>2</sub> wird hier bevorzugt eingesetzt)
- Motorenräume (CO<sub>2</sub> wird hier bevorzugt eingesetzt).

In Acetylenfüllbetrieben besteht das Gefahrenpotential, dass viele Acetylenflaschen, verursacht durch einen Zerfall im Füllanschluss, heiß werden können. Deshalb ist es unerlässlich, Sprinkleranlagen vorzuhalten, um im Gefahrfall die Flaschen kühlen zu können.

Bei großen Bränden in den Füllanlagen ist der beste Schutz eine Sprinkleranlage, die durch Gaswarnsensoren oder Wärmemelder und auch manuell ausgelöst wird. Sprinkleranlagen müssen den Bereich der Füllrichtungen vollständig abdecken. Wenn Lagerbereiche räumlich nicht getrennt sind, müssen auch diese durch Sprinkleranlagen geschützt werden.

Alle Füllleitungen für Acetylen müssen ebenfalls durch die Sprinkleranlagen geschützt sein.

Zur Kühlung der Acetylenflaschen ist eine Förderrate von 10 Liter / m<sup>2</sup> / Minute erforderlich. Die Menge muss für mindestens 2 Stunden sichergestellt sein. Weiteres Kühlwasser muss bereitgestellt werden können, wenn Flaschen bis zu 24 Stunden gekühlt werden müssen. Diese Zusatzversorgung kann auch durch die Rettungskräfte (Feuerwehr, etc.) aufgebaut werden.

### 13.3.3 Feuerlöschtechnik

Bei Feuer, wenn immer möglich (abhängig von der Sicherheit des Personals), sollte die Quelle des brennenden Acetylen geschlossen werden. Acetylenfeuer kann man in der Regel nicht löschen, es sei denn es handelt sich um einen kleinen lokalen Brand, der mit einem Pulverlöscher bekämpft werden kann.

Eine Sicherheitseinrichtung muss vorhanden sein, um bei Feuer den Betrieb zu unterbrechen.

Große Brände in Hochdrucksystemen sind nur durch das Absperren des nachströmenden Acetylen zu löschen. Bei einem Löschversuch kann es zur Rückzündung in die Anlage kommen und eine erhebliche Explosion nach sich ziehen.

Es muss reichlich Wasser eingesetzt werden, um die Flaschen und Anlagenteile zu kühlen, die dem Feuer ausgesetzt sind. Die Gefahr einer Acetylenexplosion wird verringert, wenn Sicherheitseinrichtungen wie Schmelzsicherungen und Berstscheiben vorhanden sind.

Feuer kann sich sehr schnell verbreiten, wenn Gas an einem Flaschenventil austritt oder eine Schlauchverbindung undicht wird, und das Acetylen sich entzündet.

Sprinkleranlagen müssen in Füllanlagen vorhanden sein, um den Bereich der Flaschen kühlen zu können. Sind Lagerbereiche nicht räumlich vom Füllbereich getrennt, müssen auch diese durch eine Sprinkleranlage geschützt werden. Die Sprinkleranlage muss fernbedienbar sein. Sie kann automatisch oder manuell von außen aktiviert werden.

### 13.3.4 Heiße Acetylenflaschen

Acetylenflaschen, können durch folgende Umstände heiß und somit sehr gefährlich werden:

- Direkte Aussetzung in einem Feuer oder durch Nähe zu extremen Hitzequellen.
- Innerer Flammrückschlag aus dem verbundenen Rohrsystem, der einen Zerfall in der Flasche einleitet.
- Innerer Zerfall durch hohen Druck und/oder Temperatur in der Flasche, manchmal durch Reibung bei Schließen der Ventile ausgelöst.

Solche Acetylenflaschen sind sehr schwer zu erkennen. Folgende Hinweise können hierzu hilfreich sein:

- Plötzliches scharfes Geräusch, wenn das Ventil geschlossen wird.
- Anzeichen von Temperaturanstieg an der Flaschenschulter, wenn die Flasche abgeklemmt wird.
- Dampf der an der Flasche aufsteigt
- Ungewöhnlicher Geruch von brennender Farbe oder Ventildichtungen
- Blasenbildung des Anstriches auf der Flaschenschulter
- rot- oder weiß glühende Flaschenschultern.

- **Es müssen Maßnahmen vorbereitet sein, um solche Flaschen sicher zu behandeln.**

Die folgenden Maßnahmen sind durchzuführen, wenn heiße Acetylenflaschen festgestellt werden. Diese können in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden. Sie sind den Gegebenheiten anzupassen:

- Schließen Sie das betroffenen Flaschenventil und den Füllstand.  
**Anmerkung:** Wenn mehr als eine Flasche heiß ist, nicht versuchen, alle Ventile zu schließen.
- Keine heißen Acetylenflaschen transportieren, da dies zum Bersten der Flaschen führen kann.
- Kann Kühlwasser örtlich eingesetzt werden, laufen lassen und die Flasche kühlen. Wenn nach Unterbrechen der Kühlwasserzufuhr weitere Wärme zu erkennen ist, das Kühlen weiter fortsetzen.
- Wenn das Kühlwasser beim Feststellen der heißen Flasche abgeschaltet ist, den Zulauf einschalten.
- Das Notfallsystem aktivieren, um den Füllprozess zu unterbrechen und Maßnahmen gemäß Gefahrenabwehrdokument zu veranlassen.
- Dem Gefahrenabwehrdokument folgen, um das Personal zu alarmieren und zu einem abgeschirmten Sammelplatz zu evakuieren.
- Die Vollzähligkeit feststellen.
- Der Sicherheitsbereich um die Anlage muss mind. 200 Meter betragen. Dieser Abstand kann verringert werden, wenn massive Wände oder Anlagenteile vorhanden sind und einen ausreichenden Schutz bieten können.



Zuerst unbedingt alle Personen aus dem Gefahrenbereich evakuieren.

- Wenn ein Löschesystem oder Monitore in der Anlage vorhanden sind, sollten diese genutzt werden, um zusätzlich Kühlwasser auf die heißen Flaschen zu richten.



Die Aktivierung der Flutungsanlage bzw. der Monitore sollte die Evakuierung von Personen in einen geschützten Bereich nicht verzögern.

Versuche mit kleineren Schläuchen sind nicht sinnvoll, da kein genügend großer Abstand zum Gefahrenbereich gewahrt werden kann.

- Unverzögliche Information an die Vorgesetzten, die die Notfallmaßnahmen koordinieren.
- Nach 2 Stunden überprüfen entsprechend ausgebildete Mitarbeiter des Unternehmens oder der Feuerwehr aus gedeckter Stellung den Zustand der Acetylenflaschen mittels Fernglas und Infrarot-Fernthermometer, ob noch Wärme an der Oberfläche festzustellen ist. Wenn nach kurzzeitigem Unterbrechen der Kühlung noch Wasserdampf erkennbar ist, wird die Kühlung eine weitere Stunde fortgesetzt. Diese Kontrollen werden wiederholt, bis kein Wasserdampf mehr festzustellen ist. Dabei ist aus weitest möglicher Distanz und gedeckter Stellung zu arbeiten, um vor Splittern einer Explosion sicher zu sein.

### **VORSICHT**

Wenn es nicht möglich ist, die betroffenen Flaschen zu beobachten, ohne das Personal zu gefährden, dann sollte mind. 24 Stunden der Bereich weiter mit Wasser gekühlt werden, bevor die Flaschen auf Temperaturanstieg geprüft werden.

Flaschen, bei denen die Schmelzsicherungen oder Berstscheiben angesprochen haben, können erst aus der Nähe betrachtet werden, wenn das Gas vollständig entwichen ist. So lange ist weiter zu kühlen.

- Wenn das Wasser an der Flaschenoberfläche nicht mehr verdampft, kann die Kühlung kurzzeitig abgestellt werden, die Flaschenoberfläche wird beobachtet und kontrolliert. Verdampft noch Wasser ist das ein Zeichen dafür, dass der Zerfall noch Wärme erzeugt. Eine weitere Stunde weiterkühlen und erneut kontrollieren. Dieses wird so lange fortgesetzt, bis die Flaschenoberfläche nass bleibt. Dann erst mit den weiteren Schritten fortfahren.
- Die Flasche vorsichtig aus dem Gebäude entfernen und in ein geeignetes kaltes Wasserbad legen (oder Sprühkühlung). Dort bleibt diese noch weitere 12 Stunden. Der Füllgrad des Wasserbades ist permanent zu kontrollieren, damit nicht durch Leckagen oder Hitzeentwicklung in der Flasche Wasserverluste entstehen.



In Bündelfüllanlagen kann man kein Wasserbad verwenden.

Bei einem Zerfall kann man bei Bündeln nicht feststellen, ob im zusammengebauten Zustand eine Flasche in der Mitte betroffen ist.

Es ist nicht möglich, ein Bündel zu zerlegen, da bei den Arbeiten eine Flasche explodieren kann.

Diese Bündel müssen 24 Stunden mit Wasser abgekühlt werden, da man nicht alle Bündel einer Füllanlage in ein Wasserbad bringen kann.

Wenn große Flaschenmengen von Hitzeeinwirkung betroffen sind, dann gilt das Vorstehende sinngemäß, jedoch ohne das Tauchen im Wasserbad.

- Nach 24 Stunden Überprüfen der Flaschen, ob diese vollständig erkaltet sind. Wenn nicht, weiter im Wasserbad belassen bis diese erkaltet sind.
- Wenn die Flaschen vollständig kalt sind, mit folgendem Schritt fortfahren:
- Ventil öffnen. Wenn möglich, sollte dies unter Wasser erfolgen. Ansonsten die Flasche an einen sicheren Ort verbringen und das Ventil vorsichtig und langsam öffnen.  
**Anmerkung:** Es ist sicherer, die Flasche unter Wasser zu öffnen, da anzunehmen ist, dass noch Wasserstoff aus der Aufspaltung des Acetylens enthalten ist, und dieser sich spontan entzünden kann.
- Halten Sie die restlichen Flaschen noch 24 Stunden unter Kontrolle. Das soll sicherstellen, dass diese durch das Feuer nicht betroffen worden sind.
- Prüfen Sie die Schlauchleitungen und Rohre auf Beschädigung und innere Verunreinigungen durch Ruß. Jedes Ausrüstungsteil, das beschädigt oder verschmutzt ist, muss ausgetauscht werden.

Weitere Informationen siehe EIGA Sicherheitsinformation 02/02.

#### 14 Normen, Anleitungen und Richtlinien, auf die in diesem Dokument Bezug genommen wird

Recommended practices for mobile acetylene trailer systems	CGA G-1.6-1991
Sichere Beschickungssysteme für Acetylenentwickler und andere Umgangssysteme für Calciumcarbid	IGC 03/92
Richtlinien zur Entsorgung von Acetylendruckgasflaschen	IGC 05/00
Sicherheitsschulung für Mitarbeiter	IGC 23/00
Ermittlung der zulässigen Beladung von Acetyleneinzelflaschen	IGC 26/82
Poröse Massen für gelöstes Acetylen in Flaschen, die derzeit hergestellt werden	IGC 35/87
Arbeitserlaubnisbescheinigungen	IGC 40/02
Freigabeverfahren zur Änderung an Anlagen/Einrichtungen	IGC 51/02
Transport von Druckgasflaschen oder cryogenen Gefäßen in geschlossenen Kraftfahrzeugen	IGC 103/03
Umweltbeeinflussungen durch Acetylenwerke	IGC 109/03
Behandlung von Druckgasflaschen mit blockierten oder nicht bedienbaren Ventilen	IGC 129/05
Gasschweißgeräte – Gummischläuche für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse	EN 559
Gasschweißgeräte – Schlauchanschlüsse für Geräte und Anlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse	EN 560
Gasschweißgeräte – Sicherheitseinrichtungen – Teil 1: Mit integrierter Flammensperre	EN 730 - 1
Gasschweißgeräte – Sicherheitseinrichtungen – Teil 2: Ohne integrierte Flammensperre	EN 730 - 2
Druckmessgeräte - Teil 1: Druckmessgeräte mit Rohrfedern; Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung Teil 2: Auswahl- und Einbauempfehlungen für Druckmessgeräte Teil 3: Druckmessgeräte mit Platten- und Kapselfedern; Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung	EN 837
Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Ventile – Spezifikation und Typprüfung (enthält Änderung A1: 1999 + A2:2001)	EN 849 = ISO10297
Ortsbewegliche Gasflaschen – Ventilschutzkappen und Ventilschutzvorrichtungen für Gasflaschen in industriellem und medizinischem Einsatz – Gestaltung, Konstruktion und Prüfungen (enthält Änderung A1:1999 – A2:2000)	EN 962 ISO 11117
Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung Teil 1: Stempelung Teil 2: Gefahrzettel Teil 3: Farbcodierung	EN 1089
Gasschweißgeräte – Festlegungen für Schlauchleitungen für Ausrüstungen zum Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse	EN 1256
Sicherheit von Flurförderzeugen – Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – Verwendung in Bereichen mit brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben	EN 1755
Ortsbewegliche Gasflaschen – Acetylenflaschen – Grundanforderungen, Definitionen und Typprüfung	EN 1800
Ortsbewegliche Gasflaschen – Abfüllbedingungen für einzelne Acetylenflaschen	EN 1801
Ortsbewegliche Gasflaschen – Gestaltung und Konstruktion von nahtlosen wiederbefüllbaren ortsbeweglichen Gasflaschen aus Stahl mit einem Fassungsraum von 0,5 Liter bis einschließlich 150 Liter – Teil 1: Nahtlose Flaschen aus Stahl mit einem $R_m$ -Wert weniger als 1100 MPa	EN 1964-1
Gasflaschen – Wiederbefüllbare nahtlose Flaschen aus Stahl – Gestaltung, Konstruktion und Prüfung – Teil 1: Flaschen aus vergütetem Stahl mit einer Zugfestigkeit von weniger als 1100 MPa	ISO 9809-1
Ortsbewegliche Gasflaschen – Gestaltung und Konstruktion von wiederbefüllbaren ortsbeweglichen nahtlosen Gasflaschen aus Aluminium und Aluminiumlegierung mit einem Fassungsraum von 0,5 Liter bis einschließlich 150 Liter	EN 1975

Gasschweißgeräte – Druckminderer für Gasflaschen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren bis 300 bar (ISO 2503:1998)	EN ISO 2503
Acetylenflaschen - Grundanforderungen Teil 1: Flaschen ohne Schmelzsicherungen Teil 2: Flaschen mit Schmelzsicherungen	ISO 3807
Gas Cylinders – Precautionary Labels	ISO 7225
Gasschweißgeräte – Hauptstellendruckregler für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse bis 300 bar (ISO 7291:1999)	EN ISO 7291
Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen für gelöstes Acetylen – Prüfung zum Zeitpunkt des Füllens	EN 12754
Ortsbewegliche Gasflaschen – Abfüllbedingungen für Acetylenbündel	EN 12755
Ortsbewegliche Gasflaschen – Wiederkehrende Prüfung und Instandhaltung von Gasflaschen für gelöstes Acetylen	EN 12863
Ortsbewegliche Gasflaschen – Wiederbefüllbare geschweißte Flaschen aus Stahl – Gestaltung und Konstruktion – Teil 1: Flaschen aus Kohlenstoffstahl	prEN 13322-1
Ortsbewegliche Gasflaschen – Abfüllbedingungen für Acetylen-Batterie-Fahrzeuge	EN 13720
Ortsbewegliche Gasflaschen – Flaschenbündel – Konstruktion, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung	EN 13769
Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge – Konstruktion, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung	EN 13807
Gasschweißgeräte – Gummi- und Kunststoffschlauchleitungen für Druck-Flüssiggase bis zu einem maximalen Betriebsdruck von 450 bar (ISO 14113:1997)	EN ISO 14113
Gasschweißgeräte – Acetylenflaschen-Batterieanlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren – Allgemeine Anforderungen (ISO 14114:1999)	EN ISO 14114
Ortsbewegliche Gasflaschen – Prüfung und Wartung von Gasflaschenventilen zum Zeitpunkt der wiederkehrenden Prüfung von Gasflaschen	EN ISO 14189
Gasflaschen-Ventile – Herstellungsprüfungen und Überprüfungen	EN ISO 14246
Gasschweißgeräte – Acetylenflaschen-Batterieanlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse – Sicherheitsanforderungen für Hochdruckeinrichtungen (ISO 15615:2002)	EN ISO 15615
Standard for acetylene cylinder charging plants	NFPA 51A-1996
Transportdruckgeräte-Richtlinie (TPED)	99/36/EC
Maschinenrichtlinie	89/392/EC
Druckgeräterichtlinie	97/23/EC
Explosionsschutzrichtlinie (ATEX)	94/9/EC
Explosionsschutzrichtlinie	1999/92/EG