



**CODE OF PRACTICE
FÜR ACETYLEN**
*PRAXISLEITFADEN ZUM SICHEREN UMGANG MIT
ACETYLEN*

Deutsche Übersetzung des
IGC-Dokuments 123/13/E

Überarbeitete Fassung des IGC-Dokuments 123/12 mit
Korrekturen des Herausgebers

EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION

AVENUE DES ARTS 3-5 • B-1210 BRÜSSEL
Tel.: +32 2217 70 98 • Fax: +32 2219 85 14
E-Mail: info@eiga.eu • Internet: www.eiga.eu

IGV Industriegaseverband e.V.

Komödienstr. 48 • D-50667 KÖLN
Tel: +49-221-9125750 • Fax: 91257515
E-Mail: Kontakt@Industriegaseverband.de
Internet: www.industriegaseverband.de



CODE OF PRACTICE FÜR ACETYLEN

PRAXISLEITFADEN ZUM SICHEREN UMGANG MIT ACETYLEN

ERSTELLT VON:

Lorenzo Beretta	SOL
Keno Bröder	The Linde Group
Ramon Castella	Air Products
Lionel Gerard	Messer France
Anthony Komatsu	The Linde Group
Shaun LaGrange	Praxair
Alain Segui	AIR LIQUIDE
Andy Webb	EIGA

Dieses Dokument ist die deutsche Übersetzung des Original-EIGA-Dokuments 123/13 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	Vorbemerkung	1
2	Geltungsbereich	1
3	Definitionen.....	1
4	Allgemeines	3
4.1	Schulung der Mitarbeiter	3
4.2	Änderungsmanagement.....	3
5	Acetylen-Eigenschaften.....	4
5.1	Physikalische und chemische Eigenschaften	4
5.2	Physiobiologische Eigenschaften	4
5.3	Tabellen von Acetylen-Eigenschaften	5
5.4	Acetylen-Zerfall	6
5.5	Polymerisation.....	7
5.6	Flüssiges Acetylen	7
5.7	Acetylenhydrat	7
5.8	Acetylide.....	8
5.9	Adiabatische Kompression	8
6	Komponenten von Acetylen-Anlagen.....	9
6.1	Auslegungserwägungen	9
6.2	Konstruktionswerkstoffe.....	9
6.3	Reinigung	10
6.4	Ventile, Armaturen, Druckregler, Schlauchleitungen und Sicherheitseinrichtungen	10
6.4.1	Druckregler	10
6.4.2	Hochdruckschlauchleitungen.....	11
6.4.3	Druckentlastungseinrichtungen	11
6.4.4	Zerfallsperrn.....	11
6.4.5	Druckaufnehmer und Anzeigegeräte.....	11
6.4.6	Ventile und Rohrleitungsverbindungen.....	12
6.5	Arbeitsanweisungen, regelmäßige Inspektion und Wartung	12
6.5.1	Allgemeines	13
6.5.2	Druckentlastungseinrichtungen	13
6.5.3	Prozeßsicherheitseinrichtungen	14
6.5.4	Änderungen und Anpassungen	14
6.5.5	Schulung und Schutz von Mitarbeitern.....	14
6.5.6	Wiederinbetriebnahme.....	15
7	Sicherheitsanforderungen für die Anlage.....	15
7.1	Gelände und Gebäude.....	15
7.1.1	Standort der Anlage.....	15
7.1.2	Anordnung und Gestaltung von Werk und Gebäuden	16
7.1.3	Sicherheitsabstände	18
7.2	Explosionsschutz	18
7.2.1	Anforderungen für Belüftung und Gasdetektion	18
7.2.2	Anforderungen an Geräte und Einrichtungen.....	19
7.2.3	Einsatz von Gabelstaplern.....	19
7.3	Brandschutzsysteme.....	20
7.3.1	Feuerlöscher	20
7.3.2	Notberieselungsanlagen	20
7.4	Lagerung – Allgemeine Anforderungen	22
7.4.1	Lagerung von Calciumcarbid im Innenbereich	23
7.4.2	Lagerung von Calciumcarbid im Außenbereich.....	23
7.4.3	Lagerung von Lösemitteln	23
7.4.4	Lagerung von Gasflaschen.....	25
7.4.5	Lagerung von Chemikalien	27
7.5	Umweltschutzanforderungen	27
8	Produktion	28
8.1	Acetylen-Entwickler.....	28

8.1.1	Herstellungsmethode.....	28
8.1.2	Eigenschaften von Calciumcarbid	28
8.1.3	Acetylen-Entwicklereinteilung.....	30
8.1.4	Anforderungen und Empfehlungen.....	30
8.2	Gasspeicher	32
8.2.1	Allgemeines	32
8.2.2	Anforderungen	32
8.3	Puffer.....	32
8.4	Reinigung und Trocknung.....	33
8.4.1	Quelle von Verunreinigungen	33
8.4.2	Einrichtungen zur Entfernung von Verunreinigungen.....	34
8.4.3	Anforderungen	36
8.5	Handhabung und Lagerung von Carbidkalk	36
8.5.1	Allgemeines	36
8.5.2	Aufbereitung und Handhabung von Carbidkalk.....	37
8.5.3	Transport.....	38
8.5.4	Anforderungen	38
8.6	Entleeren von Acetylen-Flaschen	39
9	Flaschen und Armaturen	41
9.1	Gestaltung von Acetylen-Flaschen	41
9.2	Gestaltung von Acetylen-Bündeln.....	41
9.3	Gestaltung von Acetylen-Trailern.....	42
9.4	Poröses Material und Lösemittel.....	42
9.5	Füllbedingungen.....	42
9.6	Wartung und Prüfung.....	43
9.7	Entsorgung von Acetylen-Flaschen	43
9.8	Ventile für Acetylen-Flaschen	43
9.9	Zubehör für Acetylen-Flaschen.....	43
9.10	Kennzeichnung von Acetylen-Flaschen.....	44
10	Füllung.....	44
10.1	Verdichtung/Kompressoren	44
10.1.1	Konzeption.....	44
10.1.2	Zubehör.....	45
10.1.3	Betrieb.....	45
10.2	Acetylen-Wärmetauscher, -Trockner und -Hochdruckreiniger	46
10.2.1	Konzeption	46
10.2.2	Zubehör.....	47
10.2.3	Auslegung und Prüfungen	47
10.2.4	Betrieb und Wartung.....	48
10.2.5	Regenerierung von Trocknungsmitteln.....	48
10.3	Lösemittelergänzung.....	49
10.3.1	Inspektion vor dem Füllen.....	49
10.3.2	Warum ist die Lösemittelergänzung notwendig?.....	50
10.3.3	Lösemittelverlust.....	51
10.3.4	Grundsätze der Lösemittelergänzung	51
10.3.5	Vorgehensweise bei der Lösemittelergänzung.....	53
10.3.6	Geräte und Rohstoffe	54
10.4	Füllen von Acetylen-Flaschen.....	56
10.4.1	Allgemeines	56
10.4.2	Kühlung der Flaschen.....	56
10.4.3	Weitere Empfehlungen	57
10.4.4	Inspektion nach dem Füllen.....	57
10.5	Füllstand und Rohrleitungssystem – Auslegungs- und Konstruktionsvorschriften.....	58
10.5.1	Allgemeines	58
10.5.2	Zerfallssperren.....	58
10.5.3	Installation und Gebrauch von Zerfallssperren.....	59
10.5.4	Zerfallssperren für Gasspeicher oder Versorgungsleitungen von Kunden mit Nutzung von Acetylen zur weiteren chemischen Behandlung	61
10.5.5	Manometer.....	62
10.5.6	Schlauchleitungen	62

10.5.7	Rückschlagventile.....	62
11	Rohrleitungen	62
11.1	Arbeitsbereiche	62
11.1.1	Grenzdruck für Deflagration und Detonation	62
11.1.2	Definition der Arbeitsbereiche.....	63
11.1.3	Methoden zur Bestimmung der Arbeitsbereiche	64
11.1.4	Einteilung in Arbeitsbereiche	64
11.2	Werkstoffe	64
11.2.1	Empfohlene Werkstoffe	64
11.2.2	Unzulässige oder nur unter bestimmten Bedingungen empfohlene Werkstoffe	65
11.3	Für Rohre geltende Vorschriften.....	66
11.4	Wandstärke	66
11.4.1	Rohrleitungen in Arbeitsbereich I.....	66
11.4.2	Rohrleitungen in Arbeitsbereich II.....	67
11.4.3	Rohrleitungen für Arbeitsbereich III	67
11.5	Verbindungen.....	70
11.6	Ventile und Dichtungen.....	70
11.7	Druckprüfungen.....	71
11.7.1	Allgemeines	71
11.7.2	Prüfdrücke.....	71
11.7.3	Dichtheitsprüfung.....	72
11.8	Abmessungen und Ausführung.....	72
11.8.1	Fertigung.....	72
11.9	Allgemeine Richtlinien für unterirdische Rohre	73
11.9.1	Ausrüstung.....	73
11.10	Verlegung.....	74
11.11	Betrieb.....	75
12	Acetylen-Versorgungsanlagen auf dem Betriebsgelände von Kunden.....	76
12.1	Einzelflaschen-Versorgungsanlagen	76
12.1.1	Allgemeines	77
12.1.2	Ausrüstung.....	77
12.1.3	Einrichtung von Einzelflaschen-Versorgungsanlagen	77
12.1.4	Betrieb.....	78
12.1.5	Wartung	79
12.2	Batterie- und Füllstand-Versorgungsanlagen	79
12.2.1	Einführung.....	79
12.2.2	Allgemeines	80
12.2.3	Ausrüstung.....	80
12.2.4	Aufstellung	81
12.2.5	Betrieb.....	83
12.2.6	Wartung	85
12.3	Lagerung und Handhabung	86
12.3.2	Handhabung von Acetylen-Flaschen.....	86
13	Verhalten in Notfällen	87
13.1	Notfallverfahren für Lagerung und Transport von Calciumcarbid	87
13.1.1	Heiße Calciumcarbid-Fässer und -Container	87
13.1.2	Spülen von vollen Calciumcarbid-Fässern	87
13.1.3	Notfallverfahren für heiße Carbid-Großcontainer	88
13.1.4	Verschüttetes Carbid	88
13.1.5	Carbid-Feuer.....	89
13.1.6	Verschütteter Carbidkalk	90
13.2	Brandbekämpfung in Acetylen-Werken	91
13.2.1	Allgemeine Anforderungen	91
13.2.2	Brandbekämpfungsausrüstung.....	91
13.2.3	Brandbekämpfungstechniken	91
13.2.4	Heiße Acetylen-Flaschen.....	92
13.2.5	Stickstoff-Notspülsysteme	94
13.3	Herunterfahren der Anlagen und Evakuierung des Werks	94
14	Normen und Gesetzgebung	95

14.1	Quellenangaben.....	95
14.2	Seveso-Richtlinie	99

Änderungen gegenüber 123/12

Abschnitt	Änderung
6.4.3	Zusätzliche Informationen zu Abblaseleitungen von Druckentlastungseinrichtungen
6.4.6	Klärung der Verwendung von Schraubverbindungen an Rohren und Ventilen
6.5.2	Detail zum Prüfen von Druckentlastungseinrichtungen hinzugefügt
6.5.5.1	Anforderungen an Arbeitserlaubnis erweitert
11.1.2	Klarheit des Diagramms zu Arbeitsbereichen verbessert
11.4	Kommentar zum Sicherheitsfaktor der Wandstärke für Korrosion hinzugefügt
11.7.1	Erweiterung der Verfahren für Druckprüfungen
14.1	Zusätzliche Quellenangabe hinzugefügt; EN 12115
14.2	Verweis auf Seveso-Richtlinie auf Seveso III aktualisiert
	Klärung von bar g und bar a

Hinweis: Technische Änderungen gegenüber der vorherigen Ausgabe sind unterstrichen dargestellt.

1 Vorbemerkung

Dieses Dokument wurde vom Europäischen Industriegaseverband (EIGA) als Leitfaden zu den Sicherheitsanforderungen bei der Produktion, Abfüllung und Handhabung von Acetylen erstellt.

2 Geltungsbereich

Das Dokument umfasst die Grundanforderungen für die Sicherheit, die korrekte Gestaltung und Auslegung und die Instandhaltung eines Acetylen-Werks sowie der Einrichtungen beim Kunden.

Das Dokument enthält auch Empfehlungen zu Sicherheit, Lagerung, Transport und Nutzung von Acetylen-Flaschen, -Bündeln und -Trailern

Das Dokument bezieht sich nicht auf Einzelheiten der Gestaltung und Auslegung oder der Bauweise eines Acetylen-Werks. Das Dokument ist nicht dafür gedacht, vorhandene Hersteller- und Betreiberanweisungen zu ersetzen, sondern solle in Verbindung mit derartigen Anweisungen genutzt werden.

Eine vorhandene Anlage bzw. ein Werk, die bzw. das nicht exakt mit den Bestimmungen dieses Praxisleitfadens übereinstimmt, kann weiterhin betrieben werden, wenn sie bzw. es dabei kein inakzeptables Risiko für Leben und Gesundheit und angrenzende Einrichtungen darstellt.

3 Definitionen

Acetylen-Bündel. Transportierbare Einheit, bestehend aus zwei bis normalerweise nicht mehr als 16 Flaschen, die dauerhaft über eine Sammelleitung verbunden sind und in einem starren Rahmen gehalten werden, der mit allen erforderlichen Einrichtungen für Befüllung und Gebrauch ausgestattet ist.

Acetylen-Entwickler. Anlage, in der Acetylen aus der Reaktion von Calciumcarbid mit Wasser hergestellt wird.

Gasspeicher. Einrichtung zur Speicherung des Acetylens, bevor es in Flaschen gefüllt wird.

Acetylen-Wärmetauscher oder -Kühler. Einrichtung, in der die Temperatur des durchströmenden Acetylens nach gewünschten Vorgaben gesenkt oder erhöht wird.

Acetylen-Trocknung. Einrichtung zur Verringerung des Wasserdampfgehalts von Acetylen.

Acetylen-Reinigung. Einrichtung zur Verminderung von Verunreinigungen von Acetylen.

Acetylen-Werk. Werk, in dem Acetylen in Acetylen-Flaschen, -Bündel oder -Trailer (Acetylen-Trailer) gefüllt wird.

Acetylen-Kompressor. Ein Acetylen-Kompressor umfasst alle Komponenten der Anlage von den Saugrohren der ersten Verdichtungsstufe bis zu den hinter der letzten Stufe des Kompressors angebrachten Rücklaufrohren, einschließlich der Sicherheitseinrichtungen und des übrigen für den Betrieb des Kompressors benötigten Zubehörs.

Batterie-Anlage. System aus zwei oder mehr Flaschen, die auf der Hochdruckseite für die gemeinsame Gasentnahme zusammengeschlossen sind.

Acetylen-Trailer. Baugruppe aus Flaschen oder Bündeln, die über eine Sammelleitung zu einem Versorgungssystem verbunden und sicher am Rahmen eines Fahrzeugs befestigt sind, sodass die Baugruppe als eine Einheit transportiert und geleert und auch als eine Einheit gefüllt werden kann

Deflagration. Explosion, die sich mit Unterschallgeschwindigkeit ausbreitet.

Detonation. Explosion, die sich 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.

Zerfallsperre. Vorrichtung zum Zurückhalten einer Flammenfront und des strömenden Gases im Fall eines Acetylen-Zerfalls. Diese Vorrichtung kann entweder durch einen Druckstoß oder durch eine temperaturgesteuerte Nachströmsperre aktiviert werden.

Acetylen-Versorgungsanlage. System aus zwei oder mehr Flaschen, die auf der Hochdruckseite für die gemeinsame Gasentnahme zusammengeschlossen sind (siehe auch Batterie-Anlage).

PSA. Persönliche Schutzausrüstung: zu ihr gehören Handschuhe, Schutzbrille, Sicherheitsschuhe und sonstige Schutzausrüstung.

Druckeinheiten. Dieses Dokument verwendet bar als Druckeinheit. Falls nicht anders angegeben, wird der Druck als Überdruck "bar g" angegeben.

Druckbereich. Acetylen-Werke werden in die folgenden Druckbereiche unterteilt:

- *Niederdruck.* Druck von nicht mehr als 0,2 bar g
- *Mitteldruck.* Druck von mehr als 0,2 bar g, aber nicht mehr als 1,5 bar g
- *Hochdruck.* Druck von mehr als 1,5 bar g, aber nicht mehr als 25 bar g

Restgas.

- Für Tara A oder Tara F: Der gesamte Acetylen-Gehalt in einer Flasche
- Für Tara S: Der gesamte Acetylen-Gehalt in einer Flasche, abzüglich Sättigungsgas

Sättigungsgas. Die Menge Acetylen, die benötigt wird, um das Lösemittel bei Atmosphärendruck und 15 °C zu sättigen (siehe ISO 3807 [36]).

Lösemittelergänzung. Verfahren für die Befüllung von Acetylen-Flaschen bis zum festgelegten Lösemittelgehalt.

Tara A. Summe aus dem Leergewicht des Flaschenmantels, dem Gewicht des porösen Materials, dem festgelegten Gewicht des Lösemittelgehaltes, dem Gewicht des Ventils und dem Gewicht aller anderen Teile, die dauerhaft mit der Flasche verbunden sind (z.B. Klemmen, Schutzabdeckungen oder Bolzenbefestigungen), bevor diese gefüllt wird..

Tara S. Tara A plus Gewicht des Sättigungsgases.

Tara F. Tara A minus Gewicht des Lösemittels.

Tara BA_{max}. Summe der Tara-A-Gewichte aller Flaschen, die in einem Bündel über eine Sammelleitung zusammengeschlossen sind und das maximale Lösemittelgewicht enthalten, einschließlich der Menge des positiven Lösemittel-Betriebsbereichs, plus dem Gewicht des starren Rahmens und dem Gewicht aller Einrichtungen.

Tara BS_{max}. Summe der Tara-S-Gewichte aller Flaschen, die in einem Bündel über eine Sammelleitung zusammengeschlossen sind und das maximale Lösemittelgewicht enthalten, einschließlich der Menge des positiven Lösemittel-Betriebsbereichs, plus dem Gewicht des starren Rahmens und dem Gewicht aller Einrichtungen.

Tara BA_{min}. Summe der Tara-A-Gewichte aller Flaschen, die in einem Bündel über eine Sammelleitung zusammengeschlossen sind und das maximale Lösemittelgewicht enthalten, einschließlich der Menge des negativen Lösemittel-Betriebsbereichs, plus dem Gewicht des starren Rahmens und dem Gewicht aller Einrichtungen.

Tara BS_{min}. Summe der Tara-S-Gewichte aller Flaschen, die in einem Bündel über eine Sammelleitung zusammengeschlossen sind und das maximale Lösemittelgewicht enthalten, einschließlich der Menge des negativen Lösemittel-Betriebsbereichs, plus dem Gewicht des starren Rahmens und dem Gewicht aller Einrichtungen.

Tara BF. Summe der Tara-F-Gewichte aller Flaschen, die in einem Bündel über eine Sammelleitung zusammengeschlossen sind, plus des Gewichts des starren Rahmens und dem Gewicht aller Einrichtungen.

Für dieses Dokument gelten die folgenden Formulierungsregeln:

- „**müssen**“ wird nur verwendet, wenn eine Vorgehensweise zwingend ist. Es wird immer verwendet, wenn ein Kriterium für die Einhaltung einer bestimmten Empfehlung keine Abweichung zulässt.
- „**sollen**“ wird nur verwendet, wenn eine Vorgehensweise empfohlen wird.
- „**dürfen**“ und „**nicht brauchen**“ werden nur verwendet, wenn eine Vorgehensweise wahlweise anzuwenden ist.
- „**werden**“ wird nur verwendet, um eine Aussage für die Zukunft zu treffen, es gibt nicht einen Grad einer Anforderung an.
- „**können**“ gibt eine Möglichkeit oder Fähigkeit an.

4 Allgemeines

4.1 Schulung der Mitarbeiter

Alle Mitarbeiter, die in die Herstellung des Acetylen einbezogen sind, sind vollständig theoretisch und praktisch über Acetylen zu schulen. Bei Bedarf ist ihre Kompetenz in den folgenden Bereichen zu beurteilen:

- Die allgemeinen Anforderungen dieses Praxisleitfadens.
- Eigenschaften aller Gase, Chemikalien und Verunreinigungen, die mit der Produktion von Acetylen verbunden sind.
- Arbeitsweise des jeweils relevanten Verfahrensschritts des Acetylen-Herstellungsprozesses.
- Notfallmaßnahmen und Notfalleinrichtungen.
- Anforderungen an die Persönliche Schutzausrüstung.
- Eigenschaften und Merkmale der Acetylen-Flaschen.

Mitarbeiter, die eine Schulung erhalten, müssen, wenn sie in einem Acetylen-Werk arbeiten, von einer bzw. mehreren sachverständigen Person(en) beaufsichtigt werden. Weitere Einzelheiten sind dem EIGA-Dokument 23 [2] zu entnehmen.

4.2 Änderungsmanagement

Acetylen-Werke müssen nach geeigneten technischen Standards für Acetylen-Werke konzipiert und gebaut sein. Unkontrolliert ausgeführte Änderungen im Werk oder am Prozess können zu schwerwiegenden Gefahren führen.

Jede Änderung im Werk oder an den Betriebsverfahren muss von einer sachkundigen Person unter Anwendung formeller Verfahren des Änderungsmanagements genehmigt und freigegeben werden. Zu diesen Verfahren müssen geeignete Methoden, wie HAZOP („Hazard and Operability Study“, Gefährdungs- und Machbarkeitsstudie), Gefährdungsbeurteilung, FMEA (Fehlermöglichkeits- und

Einflussanalyse) für die Freigabe aller Änderungen im Werk oder an dem Prozess angewendet werden. Weitere Einzelheiten sind dem EIGA-Dokument 51 [3] zu entnehmen.

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 dargestellt. 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 geringfügig leichter als Luft ist. Reines Acetylen ist geruchlos. Acetylen von normaler, handelsüblicher Reinheit hat einen typischen, knoblauchartigen Geruch. Einige physikalische Konstanten 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 Zusammensetzung, Druck, Wasserdampfgehalt und Anfangstemperatur ab. Ein typisches Beispiel ist ein Gemisch mit einem Volumenanteil von 30 % Acetylen in Luft, das sich bei atmosphärischem Druck bei einer Temperatur von 305 °C entzündet.

Gasförmiges Acetylen kann unter Druck ohne Gegenwart von Luft oder Sauerstoff explosiv zerfallen. Mischungen von gasförmigem Acetylen mit Luft oder Sauerstoff können bei bestimmten Mischungsverhältnissen bei Zündung explodieren. Dies kann unter bestimmten Bedingungen auch bei niedrigem Druck geschehen.

Die 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 Explosionsgrenze 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.

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 bis 500 ppm. Calciumcarbid von minderer Qualität kann Phosphorwasserstoff-Konzentrationen von mehr als 1000 ppm freisetzen. Deshalb muss die Exposition von Mitarbeitern überwacht und kontrolliert werden. Acetylen wirkt erstickend, falls es in so hoher Konzentration vorhanden ist, dass die Lungen die notwendige Menge an Sauerstoff nicht mehr aufnehmen können. Dabei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die untere Explosionsgrenze von Acetylen erreicht wird, bevor Erstickung droht, und dass die Brand- oder Explosionsgefahr früher eintritt als irgendeine andere Gesundheitsgefährdung.

5.3 Tabellen von Acetylen-Eigenschaften

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften von Acetylen

Chemische Formel	C ₂ H ₂	
Molekulargewicht	26,04	g/mol
Dichte (0 °C, 1,013 bar)	1,172	kg/m ³
Relative Dichte (Luft = 1)	0,908	
Kritische Temperatur	35,2	°C
Kritischer Druck	61,9	bar a
Kritische Dichte	231	kg/m ³
Temperatur am Tripelpunkt	-80,6	°C
Druck am Tripelpunkt	1,282	bar a
Sublimationspunkt (1,013 bar)	-83,8	°C
Dampfdruck der Flüssigkeit (0 °C)	26,7	bar a
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 _f [°] (25 °C, 1,013 bar)	227,4	kJ/mol
Verbrennungswärme ΔH _c [°] (25 °C, 1,013 bar)	1301,1	kJ/mol
Explosionsgrenzen (in Luft) (s. Anm. 1)	2,3 –82*	% Volumenanteil
Explosionsgrenzen (in Sauerstoff) (s. Anm. 1)	1,5 - 93*	% Volumenanteil
Mindestzündenergie in Luft	0,019	mJ
Selbstentzündungstemperatur in Luft	305	°C
Selbstentzündungstemperatur in Sauerstoff	296	°C
Stabilitätsgrenzdruck	0,8	bar

Anmerkung 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 effektiv 100 %.

Anmerkung 2: Physikalische Daten aus der Gas-Enzyklopädie von Air Liquide

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

Temp. in °C	Partialdruck von Acetylen in bar (a)						
	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 (Quelle: Miller [4])

Temp. in °C	Partialdruck von Acetylen in bar(a)								
	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 (Quelle: Miller [4])

Temp. in °C	Partialdruck von Acetylen in bar(a)						
	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 Acetylen-Zerfall

Der Zerfall von Acetylen ist eine spontane Reaktion zu elementarem Kohlenstoff und Wasserstoff, die bei niedrigem oder mittlerem Druck entweder als Deflagration mit relativ niedriger Reaktionsgeschwindigkeit oder als Detonation mit Überschallgeschwindigkeit ablaufen kann.

Die Deflagration führt durch die bei der Reaktion freigesetzte Energie zu einem Explosionsdruck, der zehn- bis elfmal größer ist als der Anfangsdruck. Die Detonation von Hochdruck-Acetylen kann eine Druckspitze zur Folge haben, die bis zu 50-mal höher ist als der ursprüngliche Druck. Dieser maximale Druck einer Detonation ist von kurzer Dauer, muss aber bei der Planung einer sicheren Anlage für Hochdruck-Acetylen berücksichtigt werden. Konventionelle Druckentlastungseinrichtungen bieten keinen Schutz, da die Detonation mit Überschallgeschwindigkeit verläuft und diese nicht rechtzeitig ansprechen können.

Anmerkung: Die Zerfallstemperatur hängt von verschiedenen Bedingungen und Betriebsparametern ab. Beispielsweise Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt des Gases, Korrosion an der Innenseite von Rohren, Verunreinigungen und Durchflussrate.

5.5 Polymerisation

Acetylen kann mit anderen Acetylen-Molekülen reagieren und so größere Kohlenwasserstoffmoleküle bilden, z.B. Benzol. Um diese Polymerisation zu starten wird Energie in Form von Wärme benötigt.

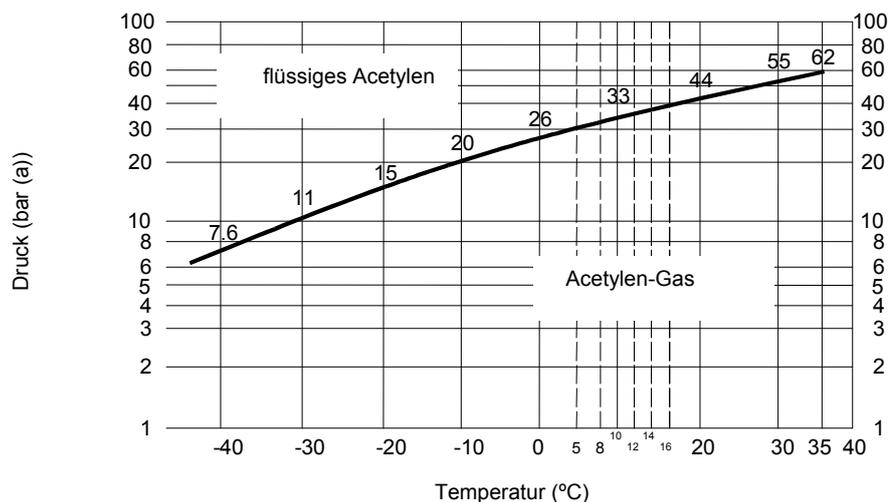
Bei einer fortlaufenden Polymerisation wird Wärme freigesetzt. Oberhalb vom atmosphärischen Druck ist die Reaktion selbsterhaltend, was zu einem explosiven Zerfall von Acetylen in seine Bestandteile Kohlenstoff und Wasserstoff führen kann.

Die Starttemperatur liegt unter atmosphärischen Bedingungen bei 400 °C. Sofern Katalysatoren, wie z.B. Kesselstein an Rohrleitungen, Rost, Silikagel, Kieselgur, Aktivkohle anwesend sind, kann die Reaktion auch bei niedrigeren Temperaturen erfolgen,

5.6 Flüssiges Acetylen

Flüssiges Acetylen kann leicht explosiv zerfallen und hat eine höhere Stoßempfindlichkeit und Energiedichte als verdichtetes, gasförmiges Acetylen. Deshalb muss die Verflüssigung von Acetylen bei der Handhabung bzw. beim Füllen von Acetylen unbedingt vermieden werden. Abbildung 1 stellt die Dampfdruckkurve für Acetylen dar. Hierbei ist zu beachten, dass sich Acetylen bei Vorgängen, die bei niedriger Temperatur stattfinden, verflüssigen könnte.

Abbildung 1: Bildung von flüssigem Acetylen

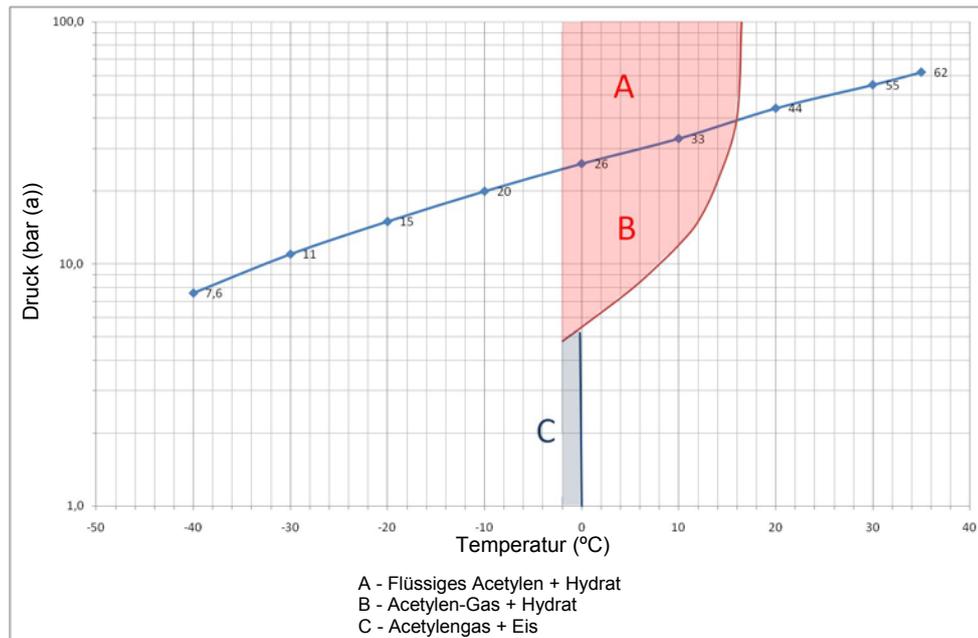


5.7 Acetylenhydrat

Die Bildung von Acetylenhydraten $C_2H_2 \cdot 5,75 H_2O$ als eine Acetylen-Verbindung muss im Acetylen-Herstellungsprozess berücksichtigt werden. Acetylenhydrat ist nicht so gefährlich wie flüssiges Acetylen, kann aber zerfallen. Festes Acetylenhydrat kann Verstopfungen in Acetylen-Rohrleitungen, in Ventilen, Flammenrückschlagsicherungen und anderen Bauteilen verursachen.

Wenn sich feuchtes Acetylen unter steigendem Druck abkühlt, kann Acetylenhydrat gebildet werden. Die Bedingungen für die Bildung von Acetylenhydrat sind in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2: Bildung von Acetylenhydrat



Zur Minimierung der Gefahr einer Hydratbildung müssen die folgenden Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden:

- Vermeiden von Arbeiten mit feuchtem Acetylen unter hohem Druck.
- Halten der Druck- und Temperaturbedingungen von Acetylen rechts und außerhalb der farbigen Bereiche im obigen Diagramm.
- Minimieren rauer Oberflächen, die die Bildung von Hydraten begünstigen und zu Verstopfungen in engen Durchgängen führen können.

5.8 Acetylide

Wenn Acetylen mit Kupfer, Silber, Quecksilber oder Salzen dieser Metalle in Berührung kommt, können Acetylde gebildet werden. Diese Acetylde sind hoch empfindlich gegenüber Stößen oder Reibung und können explosionsartig reagieren.

Weitere Einzelheiten zu diesen Werkstoffen sind Kapitel 6.2 zu entnehmen.

5.9 Adiabatische Kompression

Die adiabatische Kompression von Gasen führt zu Temperaturerhöhungen, die ausreichend sein können, um einen Acetylen-Zerfall auszulösen.

Der mögliche Zerfall in Acetylen-Rohrleitungen und -Schlauchleitungen, der durch adiabatische Kompression von Acetylen ausgelöst wird, ist bei der Auslegung einer Acetylen-Anlage besonders zu beachten. In der Vergangenheit gab es zahlreiche Vorfälle, bei denen durch adiabatische Kompression ein Zerfall in Acetylen-Rohrleitungen und -Schlauchleitungen verursacht wurde.

Die Anwesenheit von Stickstoff oder Luft in Acetylen-Rohrleitungen und -Schlauchleitungen erhöht aufgrund der höheren adiabatischen Kompressionstemperatur von Stickstoff die Gefahr des Zerfalls. .

Aufgrund des oben dargestellten Sachverhalts muss Folgendes berücksichtigt werden:

- Verhindern von Lufteintritt in Rohrleitungen und Schlauchleitungen, die Acetylen unter hohem Druck führen, z. B. beim Anschließen von Flaschen an einen Füllstand. Die Verwendung von Rückschlagventilen an Füllschlauchleitungen verringert die Möglichkeit eines Lufteintritts und infolgedessen die Möglichkeit einer Entzündung durch adiabatische Kompression. Falls sich im

Füllanschluss keine Rückschlageinrichtung befindet, ist die Füllschlauchleitung gegebenenfalls luftfrei zu spülen.

- Verwenden von Sicherheitseinrichtungen wie z.B. einer Flammenrückschlagsicherung mit einer Absperrvorrichtung, um die Weiterleitung des Zerfalls durch das System zu verhindern.

6 Komponenten von Acetylen-Anlagen

6.1 Auslegungserwägungen

Acetylen-Werke (für Produktion und Abfüllung) müssen so nach Normen und Verfahren ausgelegt, gebaut und betrieben werden, dass maximale Unversehrtheit der Einrichtungen und Sicherheit für das Personal gewährleistet ist. Auslegung und Bau des Werks und seiner Einrichtungen müssen im Einklang mit allen geltenden Europäischen Richtlinien erfolgen, darunter auch der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG [5], der Druckgeräterichtlinie (DGR) 97/23/EG, [6] und der Explosionsschutzrichtlinie (ATEX) 94/9/EG [7].

Die Anlage muss mit Sicherheitseinrichtungen ausgestattet werden, die sicherstellen, dass Parameter wie Drücke, Temperaturen und Durchflusswerte jederzeit innerhalb sicherer Grenzen gehalten werden.

Die Einrichtungen müssen so ausgelegt, ausgestattet, betrieben und gewartet werden, dass unter normalen Betriebsbedingungen sichergestellt ist, dass:

- Luft oder Sauerstoff nicht in die Anlagen gelangen kann und in Acetylen enthaltenden Teilen niemals in Konzentrationen von mehr als 50 % der unteren Explosionsgrenze vorliegen darf.
- Luft oder Acetylen für Wartungsaufgaben durch Spülen mit einem Inertgas aus der Anlage entfernt werden kann. In der Regel wird hierzu Stickstoff verwendet.
- Ein übermäßiger Druck- und Temperaturanstieg verhindert werden kann.

6.2 Konstruktionswerkstoffe

Konstruktionswerkstoffe müssen den mechanischen und thermischen Bedingungen standhalten, die im normalen Betrieb und unter voraussichtlichen Störungsbedingungen auftreten können. Konstruktionswerkstoffe müssen mit den an der Acetylen-Produktion beteiligten Prozessen chemisch verträglich sein. Die Werkstoffe sollen keine unerwünschten Reaktionen mit Acetylen, Lösemitteln, Carbid oder anderen aus Carbid erzeugten Produkten verursachen.

Da Acetylen mit Kupfer, Silber und Quecksilber explosive Verbindungen bilden kann, sind diese Metalle beim Bau und der Wartung von Acetylen-Anlagen verboten. Einige Legierungen, die beschränkte Mengen dieser Metalle enthalten, dürfen jedoch verwendet werden.

Stahl ist der bevorzugte Werkstoff beim Bau der Komponenten von Acetylen-Anlagen.

Kunststoffe und synthetische Fasern dürfen in Acetylen-Werken nicht für Werkzeuge und Ausrüstungsteile (wie z.B. Besen und Eimer) verwendet werden, sofern nicht nachgewiesen wurde, dass keine Gefahr der elektrostatischen Aufladung besteht.

Werkstoffe für Packungen, Dichtungen und Membranen müssen gegenüber den Lösemitteln Aceton und DMF beständig sein.

Tabelle 5 enthält Informationen zu Werkstoffen, die für Acetylen-Anwendungen verboten sind oder bei denen eine eingeschränkte Verträglichkeit zu beachten ist:

Tabelle 5: Nicht zulässige oder unter bestimmten Bedingungen nicht empfohlene Werkstoffe

Werkstoff	Anwendungsbedingungen
Kupfer und Kupferlegierungen mit mehr als 70 % Kupferanteil*	Nicht zulässig.
Legierungen mit einem Kupferanteil bis 70 %*	Zulässig. Die Verwendung von Kupferlegierungen für Filter, Siebe usw. mit großer Oberfläche, die mit Acetylen in Kontakt kommen, sowie Teile, die mit feuchtem, ungereinigtem Acetylen in Kontakt kommen, muss gesondert betrachtet werden. Alle mit Wärme verbundenen Prozesse, die zu einer Kupferanreicherung an der Oberfläche der Kupferlegierung führen, müssen vermieden werden.
Silber und Quecksilber	Nicht zulässig.
Silberlegierungen*	Geeignet zum Löten, sofern der Silbergehalt nicht mehr als 43 %, der Kupfergehalt nicht mehr als 21 % beträgt und der Lötspalt zwischen den beiden Teilen nicht größer als 0,3 mm ist. Dabei ist dafür zu sorgen, dass die dem Acetylen ausgesetzte Fläche des Lötzusatzstoffs so klein wie möglich gehalten wird und alle Flussmittelspuren, so weit wie möglich, entfernt werden.
Aluminium, Zink, Magnesium und deren Legierungen	Nicht empfohlen für Komponenten, die mit feuchtem Acetylen in Kontakt kommen, das mit Kalk oder Ammoniak verunreinigt ist (nicht gereinigtes Acetylen-Entwicklergas).
Zink	Geeignet als äußere Korrosionsschutzbeschichtung.
Glas	Sollte nur für Schaugläser und Messeinrichtungen wie z. B. U-Rohr-Manometer verwendet werden. Geräte dieser Art sollen entweder vor äußerer Beschädigung geschützt oder so ausgelegt sein, dass sie einem Bruch standhalten; alternativ ist das System so auszulegen, dass von einem Bruch keine Gefahr ausgeht.
Organische Werkstoffe	Dürfen verwendet werden, wenn sie gegenüber Acetylen, Lösemitteln und Verunreinigungen beständig sind.

Anmerkung: Wenn Lötlegierungen, die Silber und Kupfer enthalten, nicht die obigen Bestimmungen erfüllen, siehe EN ISO 9539 [8]

6.3 Reinigung

Eine Entfettung ist für acetylenführende Anlagenteile normalerweise nicht erforderlich. Nach Bau- oder Montagearbeiten müssen acetylenführende Anlagenteile, insbesondere für Hochdruckanwendungen, innen gereinigt werden, um lose Teile zu entfernen, z. B. durch Ausblasen mit Druckluft.

Vor der ersten Inbetriebnahme sowie nach Wartungs- und Servicearbeiten soll die Anlage mit einem Inertgas (üblicherweise Stickstoff) gespült werden. Die Verwendung von Kohlendioxid zum Spülen ist aufgrund der Gefahr der elektrostatischen Aufladung an Tröpfchen und Trockeneispartikeln nicht zu empfehlen.

6.4 Ventile, Armaturen, Druckregler, Schlauchleitungen und Sicherheitseinrichtungen

6.4.1 Druckregler

Druckregler für Acetylen müssen EN ISO 7291 [9] entsprechen.

6.4.2 Hochdruckschlauchleitungen

Schlauchleitungen müssen der EN ISO 14113 [10] entsprechen.

Schlauchleitungen sollen nur dort verwendet werden, wo starre Rohrleitungen nicht zum Einsatz kommen können. Länge und Durchmesser der Schlauchleitungen sollen nicht größer als notwendig sein.

Besondere Beachtung ist der Ausführung der Schlauchverbindungen beizumessen. Änderungen des Durchmessers sind konisch auszuführen.

Zur Verringerung der Gefahr einer elektrostatischen Aufladung in einer Anlage soll der Widerstand zwischen zwei Endkupplungen 10^6 Ohm nicht überschreiten. Weitere Einzelheiten sind EN 12115 [10a] zu entnehmen.

6.4.3 Druckentlastungseinrichtungen

Aus Druckentlastungseinrichtungen abgeblasenes Acetylen soll aus dem Gebäude in einen ausdrücklich für Acetylen klassifizierten Bereich herausgeführt werden, in dem keine Entzündungsgefahr besteht. Alle Abzugsrohre oder Öffnungen ins Freie müssen so gestaltet und ausgeführt sein, dass eine Drosselung oder Blockierung oder ein Druckabfall durch Reibung vermieden wird. Abzugsrohre von Druckentlastungseinrichtungen sind jeweils getrennt zu führen, und eine Verbindung zu einer Sammelleitung ist zu vermeiden.

6.4.4 Zerfallssperren

Der Einbauort von Zerfallssperren hängt von Typ, Größe und Betriebsdruck der Anlage ab. Zerfallssperren können zur Absicherung unterschiedlicher Leitungsbereiche erforderlich sein.

Alle Bauteile der Zerfallssperre müssen den für ihren vorgesehenen Einsatz zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen standhalten.

Siehe auch Abschnitt 10.5.

6.4.5 Druckaufnehmer und Anzeigegeräte

Druckaufnehmer und Anzeigegeräte müssen mit einem Messelement aus Stahl oder aus Legierungen mit einem Kupferanteil von weniger als 70 % hergestellt sein.

Druckaufnehmer und Anzeigegeräte müssen mit einem festen Gehäuse, einer Rückwandentlastung oder Sicherheitsabblaseöffnung ausgerüstet sein; die Skala der Messeinrichtung soll mit ACETYLEN beschriftet und für den maximalen Betriebsdruck geeignet sein.

Druckaufnehmer und Anzeigegeräte für mittlere und hohe Arbeitsdrücke müssen eine der folgenden Bedingungen erfüllen:

- Sie müssen mit einer Impulsleitungs-Drossel mit einem Durchmesser von 0,5 mm ausgestattet sein, um bei einem Versagen des Druckmessgeräts das Entweichen des Gases zu begrenzen und den Mechanismus vor Schäden durch Druckstöße zu schützen; oder
- Schutz durch eine Zerfallssperre.

Druckanzeigegeräte müssen EN 837-1 [11] erfüllen.

6.4.6 Ventile und Rohrleitungsverbindungen

Stahlgussflanschverbindungen und Schmiedestahlschweißverbindungen werden zur Verwendung bei allen Rohrleitungsgrößen empfohlen. Geschraubte Verbindungen dürfen verwendet werden, wenn sie im Rahmen einer Überprüfung als für den jeweiligen Arbeitsbereich geeignet befunden wurden.

Hochdruckventile sollen die Anforderungen von EN ISO 15615 [12] erfüllen.

Die Bauart der Ventile und die Einbaumethode müssen so gewählt werden, dass die Gefahr einer Zündung durch Reibung minimiert wird. Zum Ausschließen der Möglichkeit, dass Schmutz auf den Ventilsitz gelangt, dürfen Filter verwendet werden.

Sofern Abschnitt 6.2 erfüllt wird, dürfen Dichtungen und Packungen jeder Art verwendet werden.

6.5 Arbeitsanweisungen, regelmäßige Inspektion und Wartung

Es müssen geeignete Werkzeuge und Ausrüstung verwendet werden, beispielsweise funkenarme Werkzeuge. Bei den Arbeiten sind die Wartungspläne der Hersteller der jeweiligen Einrichtungen einzuhalten.

Betrieb und Bedienung eines Werks zur Produktion und Abfüllung von Acetylen dürfen nur von sachkundigen Personen ausgeführt werden, die bezüglich der Gefahren, der Handhabung und Wartung von Produkten und Einrichtungen geschult wurden und die ihre Qualifikation nachgewiesen haben. Dies gilt beispielsweise für die Wartung von Einrichtungen mit ATEX-Zertifizierung.

Einrichtungen dürfen erst für Reparaturarbeiten außer Betrieb genommen werden, nachdem der gesamte Druck entlastet ist und das System, sofern erforderlich, mit Stickstoff gespült wurde. Die Verwendung von Kohlendioxid ist aufgrund der Gefahr der elektrostatischen Aufladung nicht zu empfehlen.

Das Spülverfahren ist festzulegen hinsichtlich Gasdurchsatz, Dauer und Anzahl der Spülzyklen: die Wirksamkeit des Spülvorgangs ist zu überprüfen.

Während der Spülvorgänge sind Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung von Zündgefahren zu treffen. Es ist für ausreichende Belüftung zu sorgen, beispielsweise durch Öffnen von Fenstern und Türen, solange die Möglichkeit besteht, dass ein Acetylen-Luft-Gemisch vorhanden ist.

Die Gaskonzentration innerhalb der zu spülenden Anlagenteile muss überwacht werden, um zu verhindern, dass eine explosive Atmosphäre entsteht. Die Atmosphäre muss mit einem zur Messung brennbarer Gase geeigneten Gasdetektor (Explosimeter) geprüft werden. Explosimeter müssen zum Messen von Acetylen in Stickstoff sowie Acetylen in Luft geeignet sein. Mit einem Pellistor arbeitende Explosimeter sind z. B. nicht in der Lage, Acetylen in Stickstoff zu messen.

Die Mitarbeiter müssen in der korrekten Bedienung dieser Geräte nachweislich geschult sein.

Es wird empfohlen, die Atmosphäre während der Ausführung von Arbeiten kontinuierlich zu überwachen.

Versuche, ein brennbares Gas in einer Atmosphäre mit niedrigem Sauerstoffanteil zu prüfen, können zu unzuverlässigen Messwerten führen.

Vor dem Betreten einer Einrichtung ist mit einem Sauerstoffmessgerät nachzuprüfen, dass der Sauerstoffgehalt in ihrem Inneren innerhalb der für die Atemfunktion sicheren Grenzwerte liegt.

Alle Einrichtungen, die zum Messen der Atmosphäre verwendet werden (Explosimeter und Sauerstoffdetektoren) müssen nach den Empfehlungen und Anforderungen des Herstellers betrieben,

gewartet und in einem funktionsfähigen Zustand gehalten werden. Diese Einrichtungen müssen regelmäßigen Inspektionen unterzogen werden.

Die Spülgase müssen nach außerhalb des lokalen Arbeitsbereichs an einen sicheren Ort abgeleitet werden.

Wasser aus Acetylen führenden Einrichtungen (darunter auch Gasspeicher oder Acetylen-Entwickler) muss an einen Ort (Kalkgrube) entleert werden, an dem sich das gelöste Acetylen verteilen kann, statt es in ein Abflussrohr oder ein Kanalisationsrohr zu leiten, während es noch mit Acetylen gesättigt ist. Dieses Wasser darf nicht in ein Abflussrohr oder das kommunale Kanalisationssystem abgeleitet werden.

6.5.1 Allgemeines

Eine regelmäßige Inspektion und Wartung ist erforderlich, um sicherzustellen, dass die Anlage innerhalb der festgelegten Auslegungsparameter bleibt.

Die Routineinspektion und -wartung der Einrichtungen muss anhand eines Wartungsplans durchgeführt und protokolliert werden.

Inspektionen des Produktionsstandorts müssen sicherstellen, dass er innerhalb der festgelegten Auslegungsparameter liegt und dass die ursprünglich festgelegten Sicherheitsabstände nach wie vor eingehalten werden.

Am Standort muss eine Dokumentation zu der Anlage verfügbar sein; diese Dokumentation soll umfassen:

- RI-Fließbilder (Rohrleitungs- und Instrumentenfließbilder);
- Unterlagen zu Druckbehältern und Tanks;
- Betriebs- und Wartungsanleitungen.

Das Werk und die Einrichtungen müssen in geeigneten Zeitabständen (z. B. täglich, wöchentlich und jährlich) kontrolliert werden, um Folgendes zu überprüfen:

- Den Zustand der Hauptkomponenten des Werks, z. B. Acetylen-Entwickler, Gasspeicher, Trockner, Kompressor, Tanks, Druckbehälter und sowie Rohrleitungen und Zubehör.
- Den Betrieb und die Einstellungen aller Regelkreise und -systeme.
- Alle sicherheitsbezogenen Abläufe und Rückschlagventile auf Sicherheit gegen das Rückströmen von Gas sowie die Sicherheitsventile.
- Funktionsweise der Notberieselungsanlage.
- Kleinere Reparaturen, z. B. Auswechseln von Dichtungen.
- Schadensfreiheit von Anschlussleitungen und flexiblen Schlauchleitungen.
- Korrektes Öffnen und Schließen der Ventile und Betriebssystem innerhalb normaler Parameter (z. B. wenn das System mehr Gas verbraucht als normal, bei einem ungewöhnlichen Druckabfall oder Gasgeruch, der auf eine Funktionsstörung oder ein Leck hinweisen könnte).
- Schadensfreiheit der Druckregler und Betrieb innerhalb ihrer festgelegten Betriebsparameter.
- Korrosionsfreiheit von Rohrleitungen und Armaturen.

6.5.2 Druckentlastungseinrichtungen

Druckentlastungseinrichtungen müssen während des Betriebs des Werks routinemäßigen Sichtkontrollen unterzogen werden.

Druckentlastungsventile müssen nach einem festgelegten Plan, der auf den Empfehlungen der Hersteller, gesetzlichen Anforderungen des jeweiligen Landes oder einer Analyse der mit dem Prozess verbundenen Gefahren basiert, geprüft werden. Anzuwenden sind die jeweils strengsten Bestimmungen.

Berstscheiben gehören nicht zur Standardausrüstung von Acetylen-Werken. Bei Berstscheiben kann es jedoch im Lauf der Zeit zu einem Qualitätsverlust kommen, der zu einer Verringerung ihres Ansprechdruckwertes (Berstdruck) führen. Daher kann es erforderlich sein, Berstscheibenelemente regelmäßig zu ersetzen.

6.5.3 Prozeßsicherheitseinrichtungen

Prozesssicherheitseinrichtungen wie kritische Auslösesysteme und Alarme müssen nach einem definierten Plan, der auf den Empfehlungen der Originalhersteller, den Vorschriften des jeweiligen Landes oder einer Analyse der mit dem Prozess verbundenen Gefahren basiert, gewartet und getestet werden; anzuwenden sind die jeweils strengsten Bestimmungen.

6.5.4 Änderungen und Anpassungen

Siehe Abschnitt 4.2.

6.5.5 Schulung und Schutz von Mitarbeitern

Bei der durchzuführenden Aufgabe muss die geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA) getragen werden, siehe EIGA-Dokument 136 [13]. Dies sind z. B. Sicherheitsschuhe, Handschuhe, Schutzbrille und flammhemmende Kleidung. Es darf keine PSA-Kleidung aus Synthetikfasern getragen werden, da diese eine elektrostatische Entladung verursachen und außerdem bei Ausbruch eines Feuers brennen und schmelzen können.

6.5.5.1 Arbeitserlaubnis

Wartungs- und Reparaturarbeiten müssen im Rahmen von Arbeitserlaubnis-Regelungen ausgeführt werden. Die erforderlichen Arbeitsverfahren sind mit Hilfe einer Gefährdungsbeurteilung festzulegen. Die Arbeitserlaubnis muss von einer autorisierten und qualifizierten Person ausgestellt werden. Die beteiligten Personen sind vor Aufnahme der Arbeiten einzuweisen.

Siehe auch EIGA-Dokument Doc. 40 „Work Permit Systems“ [14].

6.5.5.2 Befahren von Behältern

Die folgenden Vorsichtsmaßnahmen, die nicht notwendigerweise alle erforderlichen Maßnahmen abdecken, müssen vor dem Betreten jedes Tanks oder Behälters beachtet werden:

- Ein dokumentiertes Verfahren für das Betreten enger Räume.
- Vollständiges Entleeren und Spülen des Tankinhalts.
- Sicherstellen, dass sich der Tank auf Umgebungstemperatur befindet.
- Vollständiges Absperrern der Prozessleitungen von anderen Einrichtungen, die noch in Betrieb sein könnten, durch physische Trennung wie z.B. mit Hilfe von Blindflanschen oder Steckscheiben.
- Analyse der Atmosphäre in dem Behälter an mehreren ausgewählten Punkten mit einem geeigneten Gasdetektor (dabei können Messfühler erforderlich sein). Es kann erforderlich sein, diese Messungen regelmäßig oder kontinuierlich durchzuführen und während der Ausführung der Arbeiten eine Zwangslüftung zu installieren.
- Anwesenheit einer (mehrerer) Bereitschaftsperson(en) außerhalb oder neben dem Einsteigeschacht (Mannloch).
- Verwendung von Schutzausrüstung, z.B. Sicherheitsgeschirr, Schutzkleidung, Feuerlöscher.

- Verfügbarkeit von Rettungsausrüstung (u.a. Sicherheitsgeschirr, außenluftunabhängige Atemschutzgeräte, Winden, Funkverbindungen).

Versuche zur Rettung von betroffenen Personen aus engen Räumen oder Räumen, in denen eine Atmosphäre mit Sauerstoffmangel herrschen könnte, sollen nur von Personen unternommen werden, die ein Atemschutzgerät tragen und in seinem Gebrauch geschult sind und die mit den Verfahren für das Betreten enger Räume vertraut sind.

Das Opfer ist sich möglicherweise der Erstickungsgefahr nicht bewusst. Wenn in Situationen, in denen Erstickung möglich ist und kein Atemschutzgerät getragen wird, eines der folgenden Symptome auftritt, die betroffene Person sofort an die frische Luft bringen und anschließend, sofern erforderlich, künstlich beatmen: schnelle und keuchende Atmung, rasche Erschöpfung, Übelkeit, Kollaps oder Bewegungsunfähigkeit, ungewöhnliches Verhalten.

6.5.6 Wiederinbetriebnahme

Nach Wartungs-, Reinigungs- und Reparaturarbeiten und vor der Wiederinbetriebnahme muss nach Verfahren vorgegangen werden, die ein sicheres Anfahren der Anlage gewährleisten.

Hierzu können gehören:

- Überprüfen, dass sich im Inneren der Einrichtungen keine Verunreinigungen befinden: feste Partikel (Metall, Kunststoffe), die zu Reibung und einer Zündgefahr innerhalb des Rohrleitungssystems führen können.
- Überprüfen, dass die Instrumentenluft-/Stickstoffversorgung ordnungsgemäß arbeitet.
- Überprüfen, dass das Lüftungssystem des Gebäudes korrekt arbeitet.
- Durchführen von Druckproben für die neue Einrichtung (z.B. Rohrleitungen).
- Durchführen von Lecktests bei maximalem Betriebsdruck. Vollständiges Abbauen des vor der Reparatur ggf. festgestellter Undichtigkeiten bestehenden Drucks, da die Reparatur von Lecks an noch unter Druck stehenden Einrichtungen nicht zu empfehlen ist.
- Freispülen ggf. noch vorhandener Luft mit Stickstoff (kein Kohlendioxid verwenden) und Analysieren der Atmosphäre im Inneren der Einrichtungen.
- Beaufschlagen der Einrichtungen oder der Anlage bis auf den normalen Arbeitsdruck mit Stickstoff.
- Entfernen der Verriegelungen/Warnschilder und Einschalten der Energiesysteme.
- Aufheben der Arbeitserlaubnis.
- Beachten aller für den Betrieb relevanten Spülanforderungen, die von den Herstellern der Einrichtungen spezifiziert sind.

7 Sicherheitsanforderungen für die Anlage

7.1 Gelände und Gebäude

7.1.1 Standort der Anlage

Der Standort eines Acetylen-Werks und seiner Gebäude muss sich in einem ausreichenden Abstand von öffentlichen Verkehrswegen und von den Grenzen bebaubarer Nachbargrundstücke befinden. Diese Abstände müssen durch eine Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden, in der die Gefahren sowohl am als auch außerhalb des Standorts berücksichtigt werden. Abstände sind in Tabelle 7.1.3 spezifiziert. Acetylen-Werke müssen von Betrieben zur Produktion von anderen Gasen und ihrer Abfüllung in Flaschen die Abstände einhalten, die entsprechend der jeweils ermittelten Gefahr festgelegt werden.

Anmerkung: Wenn sich der Standort eines Acetylen-Werks auf einem Gelände befindet, auf dem auch eine Luftzerlegungsanlage (LZA) betrieben wird, muss für die Luftzerlegungsanlage die Anforderung gelten, dass sie über

Überwachungseinrichtungen verfügen muss, um unzulässig hohe Acetylen-Werte in der Atmosphäre für den LZA-Prozess zu erkennen.

7.1.2 Anordnung und Gestaltung von Werk und Gebäuden

Das Grundstück, auf dem sich das Werk befindet, muss sicher eingezäunt und bewacht sein, um den Zutritt von Unbefugten zu verhindern.

Gebäude, in denen mit Acetylen gearbeitet wird, dürfen nicht zur Lagerung, Abfüllung oder Handhabung eines Produkts anderer Art genutzt werden.

Werke zur Erzeugung und Abfüllung von Acetylen dürfen keine Stockwerke über oder Kellergeschosse unter dem Werk aufweisen. Dies gilt auch für Bereiche für Wartungsarbeiten und zur Lagerung der Flaschen.

Gebäude oder Räume, in denen mit Acetylen gearbeitet wird, müssen aus leichten, nicht brennbaren Werkstoffen gebaut sein und bei einem maximalen Innendruck von 0,012 bar g nachgeben (NFPA 51A), [15]. Die Bauweise muss einer Konstruktion entsprechen, die Schäden im Fall einer Explosion begrenzt. Erforderlich ist eine Berstfläche, einschließlich Fenstern, von mindestens $0,05 \text{ m}^2$ pro m^3 Raumvolumen. Bevorzugt wird ein leichtgewichtiges Druckentlastungsdach.

Wenn Fenster erforderlich sind, sollen sie mit einer Splitterschutzfolie eingebaut werden. Fensterrahmen sollen aus Stahl bestehen; es darf stattdessen aber auch Aluminium verwendet werden. Türen und Türrahmen sollen aus Stahl bestehen.

Gasspeicher dürfen sich außerhalb oder innerhalb der Werksgebäude befinden. Wenn sie sich innerhalb des Gebäudes befinden, muss die Lüftung in der Lage sein, erwartbare Freisetzungen von Acetylen zu handhaben. Unter der Voraussetzung, dass extreme Wetterbedingungen berücksichtigt werden (z.B. Frostschutzmaßnahmen und/oder Beschattungsvorrichtungen), ist es unter Sicherheits-erwägungen vorteilhaft, den Standort von Gasspeichern im Freien zu wählen.

Bezüglich Gebäuden oder Räumen zur Lagerung von Carbid oder zu Umfüllbereichen siehe Abschnitt 7.4.

Gebäude oder Räume, in denen mit Acetylen gearbeitet wird, müssen zugängliche, nach außen öffnende Türen besitzen. Aus einem Gebäude müssen mindestens zwei Fluchtwege vorhanden sein. Die Positionen der Ausgänge sind so zu wählen, dass es nicht erforderlich ist, von einem beliebigen Punkt mehr als 25 m zurückzulegen, um den nächsten Ausgang zu erreichen. Diese Ausgänge dürfen nicht dauerhaft verriegelt sein, und ein Ausgang muss jederzeit in einem Notfall möglich sein, z.B. mittels Drucköffnungsbügeln (Panikbeschlägen) an den Türen. Bei mehrgeschossigen Gebäuden muss mindestens ein Fluchtweg auf einem der Obergeschosse vorhanden sein.

Jede Ebene eines mehrgeschossigen Gebäudes, z.B. eines Acetylen-Entwicklergebäudes, muss mit Notausgängen ausgestattet sein.

Alle Acetylen-Werke müssen mit einem Blitzschutz ausgestattet sein.

Alle Werks- und Gebäudeteile müssen vor elektrostatischen Aufladungen durch Aufrechterhaltung einer elektrischen Leitfähigkeit mit einem maximalen Widerstand von 10^6 Ohm geschützt sein. (NFPA 77), [16] PD CLC/TR 50404:2003, [17]

Es entspricht der bewährten Praxis, die verschiedenen Arbeitsbereiche wie Carbidlager, Erzeugung und Reinigung, Verdichtung und Trocknung, Abfüllung, Kontrolle der Flaschen und Wartungseinrichtungen durch Vollmauern voneinander zu trennen. Trennwände müssen aus nicht oder nur eingeschränkt brennbaren Werkstoffen gebaut sein und einen Feuerwiderstand von mindestens einer Stunde aufweisen. Der Einbau von Türen in Trennwände ist möglichst zu vermeiden.

Wenn Rohre oder Kabel durch Räume verlaufen, in denen überhaupt nicht mit Acetylen gearbeitet wird, z.B. Elektroräume, Kompressorraum für Instrumentenluft oder Lagerräume, müssen diese Räume gasdicht ausgeführt sein.

Alle tragenden Bauteile des Werks müssen einen Feuerwiderstand von mindestens einer Stunde haben.

Gebäude oder Räume, in denen mit Acetylen gearbeitet wird, müssen auf einer ausreichenden Temperatur gehalten werden, bei der die Bildung von flüssigem Acetylen oder festem Acetylenhydrat in Hochdruck-Rohrleitungen während des Betriebs verhindert wird und die außerdem verhindern, dass in den Niederdruckbereichen des Werks genutztes Wasser oder Wasser in Abläufen gefriert. Alternativ müssen geeignete Steuer- und Regelungseinrichtungen vorhanden sein, die den Betrieb des Werks unter Witterungsbedingungen verhindern, bei denen die Bildung von Acetylenhydrat wahrscheinlich ist.

Heizungsanlagen sollen mit in Kanälen geführter heißer Luft, Dampf oder heißem Wasser betrieben werden. Die maximale Oberflächentemperatur aller Heizungsanlagen muss auf 225 °C begrenzt sein.

Alle mit der Handhabung von Acetylen verbundenen Einrichtungen, die mit Abscheidern oder Abläufen ausgestattet sind, dürfen nicht direkt in standortinterne oder öffentliche Kanalisationssysteme geleitet werden, um eine unkontrollierte Ausbreitung von Acetylen-Gas zu vermeiden.

Ohne weiteres zugängliche und erkennbare elektrische oder pneumatische Ausschalter müssen neben oder außerhalb der Haupt-Notausgänge aus dem Werk angebracht werden, um das Acetylen-Werk und nicht unmittelbar erforderliche elektrische Einrichtungen auszuschalten.

- Zu berücksichtigen ist die Installation eines fernbetätigten Not-Aus-Tasters am Eingang des Bürogebäudes oder am Haupteingang des Werks. Der Not-Aus-Taster muss sämtliche der folgenden Komponenten

hierfür benannte, fernbetätigte Ventile, um die Acetylen-Anlage in einen sicheren Zustand zu versetzen. ausschalten:

- Kompressoren;
- Acetylen-Entwicklerantriebe (Carbidzuführung);
- Pumpen;

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

- Feuerlöschpumpen;
- erforderliche Beleuchtung von Fluchtwegen;
- Wasserpumpen zum Kühlen der Flaschen an den Füllständen;
- Alarmer und wesentliche Sicherheitsinstrumentierung.

Bei Eintreten eines Notfalls muss der Druck in Hochdrucksystemen abgebaut werden.

Die Positionen aller Abzugsrohre müssen den Empfehlungen in Abschnitt 11.10 entsprechen. Abzugsrohre sollen nicht über eine einzige Sammelleitung zusammengeschlossen sein, um zu verhindern, dass sich eine mögliche Zündung durch andere Abzugsrohre zurück in das Werk ausbreitet. Wenn Abzugsrohre über eine einzige Sammelleitung zusammengeschlossen sind, muss eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass innerhalb der Sammelleitung keine adiabatischen Kompressionseffekte auftreten und dass die Größe der Sammelleitung so bemessen ist, dass ein Druckabfall minimiert wird.

7.1.3 Sicherheitsabstände

Der Sicherheitsabstand zwischen einem Acetylen-Werk und anderen Betriebsbereichen muss gemäß dem Prozess der Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden.

In EIGA-Dokument Doc. 75 [18] sind die Methoden zur Berechnung von Sicherheitsabständen entsprechend dem jeweiligen Risiko aufgeführt.

Die folgende Tabelle gibt eine Orientierungshilfe für die zu berücksichtigenden Sicherheitsabstände. Die angegebenen Werte sollen lediglich als Richtschnur dienen und müssen entsprechend der Gefährdungsbeurteilung für das jeweilige Werk angepasst werden. Diese Abstände dürfen nicht verringert werden, sofern nicht ein Prozess einer quantifizierten Gefährdungsbeurteilung angewendet und geeignete Maßnahmen zur Beherrschung der Gefahren umgesetzt worden sind. Die in örtlichen gesetzlichen Bestimmungen festgelegten Abstände haben Vorrang.

Tabelle 6: Sicherheitsabstände für Acetylen-Werke

Von	Bis	Abstand in Metern
Acetylen-Werke	Öffentliche Gebäude, in denen sich eine große Zahl von Menschen versammeln kann, z.B. Schulen, Krankenhäuser, Bahnhöfe usw.	200
Acetylen-Werke	Grundstücksgrenze oder öffentliche Zugangsstraße Gebäude auf Nachbargrundstücken Bürogebäude auf dem Gelände	15
Acetylen-Werke	Andere Gebäude, in denen Flaschenfüllanlagen untergebracht sind	6
Öffnungen in Gebäuden von Acetylen-Werken (Fenster, Türen und Lüftungsöffnungen)	Große Gaslagerbehälter (leicht entzündliche, toxische und oxidierende Gase) Gasflaschen-Lagerbereiche	6
Acetylen-Flaschenlager	Große Druckbehälter Lagerbehälter für kryogene Gase Lagertanks für leicht entzündliche Flüssigkeiten	6
Calciumcarbid-Lager	Grundstücksgrenze Gebäude auf Nachbargrundstücken Bürogebäude auf dem Gelände	3

7.2 Explosionsschutz

7.2.1 Anforderungen für Belüftung und Gasdetektion

Räume, in denen ein Acetylen-Werk und die zugehörigen Arbeitsabläufe untergebracht sind, müssen mit nicht weniger als $0,3 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ der Deckenfläche belüftet werden.

Die Eintrittsöffnungen für die Belüftung müssen sich in Bodennähe befinden, die Austrittsöffnungen müssen am höchsten Punkt des Raums angeordnet sein.

Anmerkung: Die natürliche Belüftung hängt stark von den regionalen meteorologischen Bedingungen ab. Die oben genannten Zahlen müssen wesentlich erhöht werden, falls geringe Luftbewegungen vorliegen.

Zum Nachweis, dass Acetylen in die Luft entweicht, dürfen Analysegeräte (Explosimeter) eingesetzt werden.

Wenn Sensoren installiert werden, sollen sie in hohen Bereichen sowie an Stellen angeordnet werden, an denen das Auftreten von Leckagen als wahrscheinlich beurteilt wird; der Alarm ist auf 25 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) einzustellen und muss das Werk bzw. seine Anlagen bei 50 % UEG abschalten. Für die Wahl der geeigneten Positionen, um den gewünschten Schutz zu erreichen, kann eine Beratung durch den Gerätehersteller erforderlich sein.

7.2.2 Anforderungen an Geräte und Einrichtungen

Elektrische Geräte und Einrichtungen und ihre Verdrahtung in Räumen, in denen mit Acetylen gearbeitet wird, müssen die Anforderung der Europäischen Richtlinie 94/9/EG (ATEX-Richtlinie) [7] erfüllen.

Nicht zertifizierte, tragbare, batteriebetriebene Elektrogeräte wie Mobiltelefone, Pager, Laptop-Computer, Taschenrechner, Taschenlampen, Radio- oder Funkgeräte sind in entsprechend gekennzeichneten Zonen von Acetylen-Werken nicht zulässig. Quarz-Armbanduhren sind zulässig, wenn sie keine Zusatzfunktionen, z.B. als Taschenrechner, haben. Nicht zertifizierte Hörhilfen (die im Ohr getragen werden) sind zulässig, wenn sie nicht mit einer Fernsteuerung bedient werden.

Alle mechanischen Geräte und Werkzeuge, die in Bereichen, in denen mit Acetylen gearbeitet wird, zum Einsatz kommen, dürfen nicht in der Lage sein, Funken oder eine elektrostatische Aufladung zu erzeugen.

Alle Geräte und Einrichtungen müssen vor elektrostatischen Aufladungen durch Aufrechterhaltung einer elektrischen Leitfähigkeit mit einem maximalen Widerstand von 10^6 Ohm geschützt werden, (NFPA 77) [16], PD CLC/TR 50404:2003 [17].

Neue Geräte und Einrichtungen, darunter solche mechanischer Art und Schutzsysteme, die für den Einsatz in potenziell explosiven Bereichen bestimmt sind, müssen die Europäische Richtlinie 94/9/EG (ATEX-Richtlinie) [7] erfüllen.

7.2.3 Einsatz von Gabelstaplern

Gabelstapler in Standardausführung könnten in dem Bereich, in dem sie betrieben werden, das in der Atmosphäre vorhandene Acetylen gas entzünden.

Beim Einsatz von Gabelstaplern in Bereichen von Acetylen-Werken müssen die elektrischen Systeme des Gabelstaplers, die Möglichkeit von heißen Stellen auf Einrichtungen sowie Reibung/Funkenbildung durch mechanische Stöße, z.B. durch die Gabeln des Staplers, berücksichtigt werden.

Gabelstapler können unter anderem folgende Bewegungen ausführen:

- Transport von Calciumcarbid von Lieferfahrzeugen in den Lagerbereich;
- Transport von Calciumcarbid in den Acetylen-Entwicklerbereich;
- Transport von Flaschen/Paletten zwischen dem Flaschenlagerbereich und dem Acetylen-Werk (Abfüllanlage);
- Bewegung von Flaschen/Paletten innerhalb des Werks.

Wenn eine der obigen Bewegungen außerhalb der explosionsgefährdeten Zonen stattfindet, darf ein Gabelstapler in Standardausführung eingesetzt werden.

Falls es erforderlich ist, dass ein Gabelstapler in eine explosionsgefährdete Zone fährt, soll dafür ein Stapler eingesetzt werden, der gemäß der ATEX-Richtlinie [7] für einen solchen explosionsgefährdeten Bereich geeignet ist. Handbetriebene Stapler ebenso wie Gabelstapler mit Eigenantrieb, die in potenziell explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, müssen EN 1755 [19] und ihre Unternormen erfüllen.

7.3 Brandschutzsysteme

7.3.1 Feuerlöscher

CO₂-Feuerlöscher sind aufgrund der Gefahr einer elektrostatischen Aufladung nicht zum Löschen von leicht entzündlichen Gasen zu empfehlen; bezüglich weiterer Informationen siehe EIGA SAC NL 76 [20].

Pulverfeuerlöscher sollen an folgenden Orten installiert sein:

- Ausgänge von Calciumcarbid-Lagern;
- Ausgänge von Acetylen-Entwicklerräumen;
- Ausgänge von Gasspeicher- und Reinigungsräumen;
- Ausgänge von Kompressorräumen;
- Ausgänge von Flaschenprüfräumen;
- Aceton- (oder DMF-)Pumpen und Acetontank-Kupplungspunkte;
- Ausgänge der Lagerbereiche von Aceton- (oder DMF-) Fässern;
- Umfüllpunkte von Aceton (oder DMF) aus Fässern in den Prozess;
- Acetylen-Entwicklerbühne; üblicherweise auf einem Zwischengeschoss;
- Flaschenabfüll- und -vorbereitungsbereich.

7.3.2 Notberieselungsanlagen

Notberieselungsanlagen für Acetylen-Werke dienen dazu, heiße Flaschen, in denen ein Zerfall stattfindet, zu kühlen; sie sind nicht in erster Linie zum Löschen von Bränden bestimmt.

Es gibt keine spezifischen nationalen oder internationalen Normen zu Notberieselungsanlagen für Acetylen-Werke. Die folgenden Referenzquellen stellen jedoch allgemeine Informationen zur Auslegung von Notberieselungsanlagen bereit.

- BS 5306 [21]
- NFPA 51A [15]
- NFPA 15 [22]
- EN 12845 [23]

Es wird empfohlen, bei der Auslegung einer Notberieselungsanlage den Rat eines Experten einzuholen.

Als grundlegende Anforderungen sollen unter anderem berücksichtigt werden:

- Bereitstellung von Kühlwasser über einen längeren Zeitraum für (einzelne) Füllstände, die eine (mehrere) heiße Flasche(n) enthalten, bis die Flasche(n) abgekühlt sind und sicher in ein Wasserbad transportiert werden können.
- Bereitstellung von Kühlwasser für alle Füllstände im Fall eines Großbrandes, um Explosionen von Flaschen zu verhindern, nicht jedoch, um den Brand zu löschen. Ziel ist die gleichmäßige Benetzung der Flaschenmäntel.

Notberieselungsanlagen dürfen nicht in folgenden Bereichen installiert werden:

- Carbidlagerbereiche;
- Carbidlade- und -umfüllbereiche;
- Acetylen-Entwicklerräume und

- Acetylen-Kompressorbereiche (zur Verhinderung von Verunreinigungen des ablaufenden Löschwassers durch Öl).

Die Anforderungen an die Leistung von Notberieselungsanlagen sind:

- Bereitstellung einer Wasserdichte von $10 \text{ l/m}^2/\text{min}$, bezogen auf die Bodenfläche der Füllstände basierend auf der von den Flaschen eingenommenen umgebenden Bodenfläche. Ziel ist es, die Flaschenmäntel mit dieser Durchflussrate gleichmäßig zu benetzen.
- Sicherstellung einer ausreichenden Wasserversorgungskapazität, um die obige Durchflussrate mindestens 90 Minuten lang in der gesamten Anlage für alle Füllstände aufrechterhalten. Hierbei sollte ein Spielraum für zusätzliche Kapazitätsanforderungen innerhalb des Werks für andere Zwecke berücksichtigt werden, darunter beispielsweise für Löschkanonen und Löschwasserhydranten.
- Aufrechterhaltung der obigen Durchflussrate für einen Zeitraum von 12 Stunden bei einem Vorfall in Verbindung mit heißen Flaschen. Zur Optimierung der Wasserversorgung kann dies dadurch erreicht werden, dass das Wasser auf den Bereich der heißen Flaschen eingegrenzt wird, indem die Wasserversorgung zu nicht betroffenen Flaschen-Füllständen abgesperrt wird.

Eine zuverlässige und sichere Wasserversorgung für den oben genannten Fall muss durch eines der folgenden Mittel verfügbar sein:

- Aus einem Löschwassernetz.
- Gepumpt aus einem Vorratstank (Nachfüllen des Wassers im Tank durch Rettungsdienste ist zulässig, allerdings wird eine Mindestkapazität von einer Stunde empfohlen).
- Gepumpt aus einem Fluss oder Vorratstank mit der Möglichkeit, das Wasser in den Vorratstank zurückzuführen (nicht sichere Quelle gemäß EN 12845 [23]).

Die Anlage darf betrieben werden über:

- Automatische ferngesteuerte Ventile, die über einen entfernt angeordneten Schalter, eine Alarm- oder eine Feuermeldeanlage ausgelöst werden können, z.B. mit Wärmesensoren, Glasampullen oder Verbindungen über Schmelzsicherungen.
- Handbetätigte Ventile an einem geschützten sicheren Ort außerhalb des Abfüllgebäudes; die Ventile müssen korrekt beschriftet bzw. gekennzeichnet sein.
- Zusätzlich dürfen Handventile an einem sicheren Ort bereitgestellt werden, um einzelne Füllstände und andere Teile vom Rohrleitungssystem der Berieselungsanlage abzusperren, um dadurch Wasser zu sparen und die verfügbare Menge auf den Gefahrenbereich zu konzentrieren. Die Ventile müssen in der geöffneten Stellung verriegelt werden, um sicherzustellen, dass in einem Notfall ausreichend Wasser für alle betroffenen Bereiche bereitgestellt wird.

Die Anlage soll als System mit trockener Steigleitung ausgeführt sein.

Die Düsenkonstruktion muss in der Lage sein, die geforderte minimale konstante Benetzungsrate bereitzustellen, außerdem muss das Wasser so angewendet werden, dass es an der Oberfläche der Acetylen-Flaschen herunterläuft und so die Kühlwirkung maximiert.

Der Wassersprühnebel muss von Ölauffangwannen der Kompressoren und anderen Bereichen, in denen Öl vorhanden sein könnte, ferngehalten werden, um eine mögliche Verschmutzung des Wasserabflusses zu verhindern.

Der Wasserabfluss muss von Kalkgruben, Kompressoren, dem Öllager, Acetonlager, Carbidlager und allen ökologisch sensiblen Bereichen weggeleitet werden.

Das abfließende Wasser darf keine Überflutung oder thermische Belastung (Erwärmung) von Flüssen oder Bächen verursachen.

Alle Teile der Anlage, die normalerweise Wasser enthalten (z.B. bis zum Hauptregelventil), müssen vor Frost und Einfrieren geschützt sein.

Zwischen der Wasserversorgung und dem Hauptregelventil dürfen keine Absperrventile angeordnet sein.

Alle Aktivierungsstellen und Ventile müssen gekennzeichnet sein.

Fluchtwege für die Mitarbeiter im Abfüllgebäude müssen klar gekennzeichnet sein, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Sichtverhältnisse bei aktivierter Notberieselung deutlich verschlechtert sind.

Die Notberieselungsanlage muss regelmäßig getestet werden, um sicherzustellen, dass die Anlage korrekt arbeitet. Empfohlen wird die Durchführung eines Tests alle drei Monate oder bei Bedarf auch öfter, wenn dies in nationalen/örtlichen Vorschriften gefordert wird.

Brandschutzübungen müssen mindestens einmal jährlich durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass alle Mitarbeiter mit den Verfahren für das Verhalten im Brandfall und für den Umgang mit heißen Gasflaschen vertraut sind.

7.4 Lagerung – Allgemeine Anforderungen

Die Anforderungen an die Lagerung, darunter auch an Mengen und Kapazitäten, müssen den örtlichen und nationalen Vorschriften entsprechen.

Calciumcarbid wird üblicherweise in Fässern oder Schüttgut-Containern (sogenannte „turn bins“) angeliefert. Fässer müssen unter einem Dach gelagert werden, wasserdichte Container dürfen jedoch im Außenbereich gelagert werden.

Jeder Bereich des Werks, in dem Calciumcarbid gehandhabt, gelagert oder verwendet wird, muss durch Hinweise mit folgendem Wortlaut gekennzeichnet sein:

„CALCIUMCARBID – GEFÄHRLICH IN VERBINDUNG MIT NÄSSE – IM BRANDFALL NICHT MIT WASSER BESPRÜHEN“

– oder durch einen entsprechenden Wortlaut. In dem Hinweis soll auch die maximal zulässige Lagerkapazität angegeben werden.

Calciumcarbid-Lagerbereiche müssen mit einer angemessenen Versorgung mit trockenem Sand oder mit Löschpulver arbeitenden Feuerlöschern oder beidem ausgestattet sein.

Wasser-, Kalk-, Kondensat- oder Dampfrohren dürfen nicht durch den Lagerbereich verlaufen.

Calciumcarbid-Bereiche dürfen nicht zur Lagerung von leicht entzündlichen Materialien oder Flaschen mit verdichteten oder verflüssigten Gasen genutzt werden.

Beim Lagern von Calciumcarbid-Behältern ist sicherzustellen, dass genügend Platz gelassen wird, damit Gabelstapler sicher und ohne Schäden zu verursachen manövriert werden können.

Carbidfässer und -container müssen so gelagert werden, dass Schäden vermieden werden, eine Sichtkontrolle möglich ist und alle undichten oder beschädigten Container/Fässer entfernt werden können.

Fässer dürfen nicht zu hoch gestapelt werden, um zu vermeiden, dass die Fässer durch ihr Eigengewicht eingedrückt werden.

Das Lager muss so organisiert werden, dass eine Rotation der Bestände möglich ist, um sicherzustellen, dass das jeweils älteste Carbid zuerst verwendet wird.

Das Lager muss regelmäßig gereinigt werden, um die Ansammlung von Carbidstaub zu vermeiden.

7.4.1 Lagerung von Calciumcarbid im Innenbereich

Lagerbereiche sollen von anderen Gebäuden und Bereichen mit knappem Platz abgetrennt sein.

Der Lagerbereich kann an andere eingeschossige Gebäude angrenzen, wenn diese aus nicht oder nur eingeschränkt brennbaren Werkstoffen gebaut sind, und die Gebäude müssen durch Wände mit einem Feuerwiderstand von mindestens einer Stunde getrennt sein.

Hierbei müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um zu vermeiden, dass Calciumcarbid Wasser ausgesetzt wird. Der Lagerbereich muss:

- trocken sein;
- die Bildung von Wasserlachen auf Fußböden verhindern und ein wasserdichtes Dach besitzen;
- ausreichend hoch gelegen sein, um Wassereinwirkung im Fall einer Flutung zu verhindern;
- einen Wartebereich besitzen, in dem etwaiges Oberflächenwasser oder Schnee auf den Behältern/Fässern entfernt werden kann, bevor sie in das Lager gelangen;
- so gestaltet sein, dass ein Kontakt zwischen Wasser und/oder Schnee und Calciumcarbid vermieden wird.

Alle Ausgänge zu Carbid-Lagergebäuden müssen jederzeit frei gehalten werden, um das Betreten bzw. Verlassen in einem Notfall zu ermöglichen.

7.4.2 Lagerung von Calciumcarbid im Außenbereich

Eine Lagerung von Carbid-Containern im Außenbereich ist zulässig, wenn die Container vollkommen gas- und wasserdicht sind. Wetterschutz wird in Gegenden mit häufigen Regenfällen und länger anhaltendem Schneefall empfohlen.

7.4.3 Lagerung von Lösemitteln

Die Hauptanforderungen an die Lagerung von Lösemitteln sind folgende:

- Bevorzugt wird eine Lagerung im Außenbereich entfernt von Gebäuden und abgetrennt von unverträglichen Materialien und Gasflaschen.
- Lagertanks und Fässer müssen vor extremen Temperaturen geschützt werden.
- Tanks und Fässer müssen so gestaltet sein, dass eine Verschmutzung von Grundwasser und Untergrund durch freigesetzte Mengen und Leckagen vermieden wird, und sie müssen über eine zweite Umschließung verfügen, die 110 % der Menge des größten Tanks oder Fasses aufnehmen kann. Zum Eindämmen und Entsorgen etwaiger freigesetzter Lösemittel müssen Notfall-Kits verfügbar sein.
- Wenn Behältnisse nicht in Gebrauch sind, müssen sie dicht verschlossen gehalten werden.
- Die Lagereinrichtung muss vor physischer Beschädigung geschützt werden.
- Die Lagereinrichtung muss durch Erdung vor elektrostatischer Aufladung geschützt werden.
- Es müssen funkenfreie Werkzeuge und Geräte verwendet werden, darunter auch nach ATEX [7] zertifizierte Elektrogeräte.

- Es müssen Schilder angebracht werden, die angeben, um welches Lösemittel es sich handelt, und die auf dessen gefährliche Eigenschaften hinweisen.
- Sicherheitsdatenblätter müssen verfügbar sein.
- Lager- und Nutzungsbereiche müssen mit „Rauchen und offenes Feuer verboten“ beschildert sein.
- Eine ausreichende Belüftung muss zu jeder Zeit aufrechterhalten werden.
- Leere Behälter von Lösemitteln können gefährlich sein, da in ihnen noch Produktreste (Dämpfe, Flüssigkeiten) verblieben sein können. Alle für das Produkt aufgeführten Warnungen und Vorsichtsmaßnahmen sind zu beachten.
- Bei der Handhabung von Lösemitteln muss PSA getragen werden, z.B. Verwendung eines Atemschutzgeräts bei der Handhabung von DMF. (Siehe das EIGA-Dokument Doc 136 [13].)

7.4.3.1 Aceton

Fässer / IBC-Container (Intermediate Bulk Container)

Aceton soll in Metallbehältern gelagert werden, die aus Kohlenstoffstahl, Edelstahl oder Aluminium bestehen. Kunststoffe dürfen ebenfalls verwendet werden, wenn sie mit Aceton verträglich sind.

In Gebrauch befindliche Behälter müssen geerdet sein und sollen innerhalb eines Walls aufgestellt werden, der in der Lage ist, im Fall einer Leckage oder der Beschädigung eines Behälters 110 % des Gesamtinhalts eines einzelnen Behälters aufzunehmen.

Umfüllen großer Mengen (zur Lagerung)

Die Entladepunkte von Tanklastzügen müssen vor Stößen durch Fahrzeuge geschützt und während der Entladearbeiten vom vorbeifahrenden Verkehr getrennt sein.

Systeme/Verfahren zum Schutz vor Abschleppen müssen vorhanden sein. Siehe EIGA SAC NL 89/10/E [24] zum Abschleppschutz.

Der Untergrund in der Umgebung soll so gestaltet sein, dass ggf. freigesetzte Mengen in einen sicheren Auffangbereich vom Tanklastzug entfernt ablaufen und nicht in Abläufe für Oberflächenwasser gelangen können. Zur Erfüllung dieser Anforderung dürfen Abläufe mit vorübergehend aufgelegten Abdeckplatten versehen werden.

Für den Tanklastzug müssen Erdungsanschlüsse vorgesehen werden, um eine elektrostatische Aufladung während des Umfüllens zu verhindern (siehe 7.1.2).

Wenn einzelne Membranpumpen zum Einsatz kommen, muss eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden, in der die Folgen einer defekten Membran und einer Freisetzung der verwendeten Betriebsmedien, normalerweise Druckluft oder unter Druck stehender Stickstoff, in den Prozess (z.B. Eindringen von Luft) oder in die Umwelt berücksichtigt werden, z.B. eine Freisetzung von Stickstoff in einen engen Raum.

Lagerung großer Mengen

Bei neuen Anlagen sollen Tanks oberirdisch und im Außenbereich innerhalb einer als Wall dienenden Wand aufgestellt werden, sodass 110 % der Lagerkapazität dieses Tanks aufgenommen werden können.

Unterirdische Tanks müssen doppelwandig ausgeführt sein und über Systeme zur Erkennung jeder Aceton-Leckage zwischen den Doppelwänden verfügen.

Tanks, die in einer abgedichteten unterirdischen Gruppe installiert sind, dürfen nicht mit Sand, Erde oder anderen Materialien abgedeckt werden, da es so sehr schwierig wäre, Leckagen zu erkennen oder einen auf diese Weise abgedeckten Tank auf Korrosion zu kontrollieren.

Alarmer für niedrige und hohe Füllhöhe sollen installiert werden.

Lagertanks können entweder atmosphärisch belüftet sein, oder in dem Tank wird über dem Lösemittel eine Atmosphäre aus Stickstoffgas aufrechterhalten. Sofern zutreffend, müssen die Vorschriften des jeweiligen Landes für die Lagerung entzündlicher Flüssigkeiten in großen Mengen angewendet werden.

Atmosphärisch belüftete Tanks müssen mit einer Vorrichtung ausgestattet sein, die verhindert, dass bei einem außerhalb des Tanks herrschenden Brand von Aceton-Dämpfen ein Flammenrückschlag in den Tank stattfindet. Bei diesen Vorrichtungen handelt es sich normalerweise um Flammensperren, die in allen Rücklaufleitungen zurück in den Tank eingebaut werden sollen.

Bei einer Notabschaltung des Werks müssen Aceton-Pumpen sofort angehalten werden.

7.4.3.2 Dimethylformamid, DMF

Fässer / IBC-Container (Intermediate Bulk Container)

DMF wird normalerweise in Fässern gelagert und erfordert ähnliche Vorsichtsmaßnahmen wie die Fasslagerung von Aceton.

Die Eigenschaften von DMF erfordern bei der Handhabung zusätzlich PSA. Siehe hierzu die PSA-Anforderungen im Sicherheitsdatenblatt.

Lagerung großer Mengen

Die in einem Acetylen-Werk zum Einsatz kommende DMF-Menge ist normalerweise gering, daher wird es normalerweise nicht in großen Lagertanks gelagert.

Wenn DMF in großen Mengen gelagert wird, müssen die Empfehlungen für die Lagerung großer Mengen Aceton angewendet werden.

7.4.4 Lagerung von Gasflaschen

Im Abfüllbereich für gelöstes Acetylen dürfen nur Gasflaschen gelagert werden, die Acetylen enthalten.

7.4.4.1 Lagerung von Acetylen-Flaschen

Acetylen-Flaschen dürfen im Innen- oder Außenbereich gelagert werden. Als Einrichtungen für die Lagerung im Außenbereich sind die Einrichtungen definiert, die an mindestens zwei Seiten offen sind. Einrichtungen im Außenbereich dürfen auch nur an einer Seite offen sein, wenn der Abstand zwischen der offenen Seite und der Rückwand nicht größer ist als ihre Höhe. Eine Seite eines Raums gilt auch als offen, wenn sie aus einem Drahtgitter besteht oder eine ähnliche freie Fläche aufweist.

Acetylen-Flaschen sollen nicht an den folgenden Orten gelagert werden:

- in unterirdischen Räumen, außer wenn diese in Gebrauch sind;
- in Treppenhäusern, Korridoren, umschlossenen Höfen;
- in Durchgängen und Durchfahrten oder deren unmittelbarer Nähe;
- auf Treppenstufen;
- entlang speziell gekennzeichnete Fluchtwege;

- in Garagen, in denen Fahrzeuge geparkt werden; und
- in Werkstätten (Werkstätten schließen keine Lagerräume ein, auch wenn Personen dort arbeiten).

Lagerbereiche für Acetylen-Flaschen dürfen ausschließlich für die Lagerung von Acetylen-Flaschen genutzt werden und dürfen nicht für Gasumfüllarbeiten oder für die Wartung von Gasflaschen genutzt werden.

Für alle Lagerbereiche für Acetylen-Flaschen muss eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden. Darin sind festzulegen:

- Belüftungsanforderungen für die Lagerung im Innenbereich;
- Anforderungen an die Notfall-Wasserversorgung zur Brandbekämpfung und zum Kühlen der Gasflaschen;
- die erforderliche Anzahl an Feuerlöschern;
- Anforderungen an die einzelnen Zonen gemäß der Richtlinie 94/9/EG (ATEX-Richtlinie) [7];
- Kontrolle von Zündquellen;
- mögliche Risiken außerhalb des Geländes für benachbarte Grundstücke und die Bevölkerung;
- mögliche Risiken durch Gefährdungen von außerhalb des Geländes;
- Sicherheitstechnik bzw. Sicherheitsmaßnahmen für das Lager;
- die maximal zulässige Anzahl von Acetylen-Flaschen;
- die Anordnung des Lagers und Anforderungen an die Abtrennung von anderen Gasflaschen;
- Zugänge und Fluchtwege.

Der Lagerbereich darf nicht für den allgemeinen Verkehr und Unbefugte zugänglich sein. Schilder müssen auf diesen Ausschluss hinweisen. Warnhinweise müssen die Zonen und die jeweils mit ihnen verbundene Gefahr (Explosionsgefahr) angeben).

Leicht entzündliche Materialien (z.B. leicht entzündliche Flüssigkeiten, Holz, Holzspäne, Papier und Gummi) dürfen nicht in Lagerbereichen für Acetylen-Flaschen gelagert werden.

Aufgrund der Möglichkeit der Ausbreitung eines Brandes unter den Acetylen-Flaschen soll die maximale Anzahl der (leeren oder vollen) Flaschen in jedem Lagerbereich so gering wie möglich gehalten werden.

Um das Risiko zu verringern, dass sich ein Brand kaskadenartig von einem Lagerbereich in einen anderen ausbreitet, wird ein Mindestabstand zwischen dem Rand von Acetylen-Lagerbereichen von mindestens 3 Metern empfohlen (NFPA 55) [25]. Dieser Abstand kann (bis auf null) verringert werden, indem zur Verhinderung der Brandausbreitung eine Trennvorrichtung von ausreichender Höhe und Breite mit einem Feuerwiderstand von einer Stunde bereitgestellt wird.

7.4.4.2 Lagerung im Innenbereich

Acetylen-Flaschen sollen im Außenbereich gelagert werden.

Wenn eine Lagerung im Innenbereich nicht vermieden werden kann, muss Folgendes gelten:

- Die Wände, Raumteiler und Dächer von Lagerräumen müssen aus nicht brennbaren Werkstoffen gebaut sein. Trennwände müssen undurchlässig sein und einen Feuerwiderstand von mindestens einer Stunde aufweisen.
- Der Bodenbelag in Lagerräumen muss nicht entzündlich und er muss eben sein, um einen sicheren Stand der Flaschen zu gewährleisten.
- Lagerräume müssen sowohl im oberen als auch im unteren Bereich ausreichend belüftet sein (siehe Abschnitt 7.2.1).

- Es müssen Fluchtwege nach außerhalb des Gebäudes aus dem Lager vorgesehen werden. Fluchtwege aus benachbarten Räumen dürfen nicht durch den Lagerraum verlaufen.
- Es darf keinen Zugang oder andere offene Verbindungen zu Kellerräumen geben.
- Lagerräume für Acetylen-Flaschen, die an eine öffentliche Verkehrsstraße angrenzen, müssen an der unmittelbar an die Verkehrsstraße angrenzenden Seite eine Mauer besitzen, die bis zu einer Höhe von mindestens 2 Metern keine Türen oder Öffnungen aufweist. Dies gilt nicht für selbstschließende Brandschutztüren.
- Zwischen Acetylen-Flaschen und Flaschen, die oxidierende Gase enthalten, muss eine Trennung aufrechterhalten werden.

7.4.4.3 Lagerung im Außenbereich

Für die Lagerung im Außenbereich muss Folgendes gelten (oder ggf. strengere Vorschriften des jeweiligen Landes):

- Die Fußbodenfläche muss flach und eben sein, sodass die Acetylen-Flaschen sicher stehen.
- Eine vorhandene Ablaufmöglichkeit muss sicherstellen, dass die Flaschen nicht in Wasser stehen.
- Wenn gefüllte Acetylen-Flaschen im Freien gelagert werden, muss ein Abstand zu Systemen und Einrichtungen in der Nähe eingehalten werden (siehe Abschnitt 7.1.3).
- Rauchen und Zündquellen sind in einem Umkreis von drei Metern um den Lagerbereich nicht zulässig.
- Ein kontrollierter Zugang von Fahrzeugen und Gabelstaplern ist zulässig.
- Acetylen-Flaschen dürfen nicht näher als drei Meter vom Grenzzaun entfernt gelagert werden. (Dieser Abstand kann nach den Vorschriften des jeweiligen Landes unterschiedlich sein.) Dort, wo die Einhaltung des geforderten Abstands nicht möglich ist, muss eine drei Meter hohe Mauer mit einem Feuerwiderstand von 1 Stunde oder entsprechend den jeweiligen nationalen Anforderungen bereitgestellt werden.
- Flaschen müssen so gelagert werden, dass sie vor dem Aufprall eines Fahrzeugs geschützt sind.

7.4.5 Lagerung von Chemikalien

Die Lagerung von Chemikalien kann einschließen: Reinigungskemikalien (z.B. Schwefelsäure und Natriumhydroxid), Schmieröle, Trocknungsmittel (z.B. Molekularsieb, Calciumchlorid oder Silikagel).

Die Lagerung von Chemikalien im Zusammenhang mit der Acetylen-Produktion erfordert die folgenden Maßnahmen:

- Lagerung getrennt von Acetylen-Flaschen und möglichen Zündquellen.
- Auffangmöglichkeiten für verschüttete Flüssigkeiten, die den Verlust aus dem größten gelagerten Behälter aufnehmen können.
- Verfügbarkeit von Sicherheitsdatenblättern.
- Geeignete PSA.
- Sofern zutreffend, Sicherheitsduschen und Augenspülmöglichkeiten.

7.5 Umweltschutzanforderungen

Siehe das EIGA-Dokument Doc 109 – Environmental Impacts of acetylene plants (Umweltauswirkungen von Acetylen-Werken) [26]; und

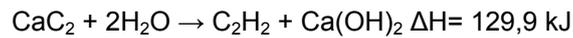
Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) [27]

8 Produktion

8.1 Acetylen-Entwickler

8.1.1 Herstellungsmethode

Acetylen wird entweder in Anlagen für chemische Prozesse oder durch die Reaktion von Calciumcarbid mit Wasser hergestellt. Diese Reaktion wird durch die folgende Reaktionsgleichung dargestellt:



Reines Calciumcarbid würde 2028 kJ per kg bei 18° C und 1 bar g Druck freisetzen. Handelsübliches Calciumcarbid (üblicherweise mit einer Reinheit von 80 %) erzeugt eine Wärme von 1793 kJ pro kg Calciumcarbid.

Die stöchiometrische Reaktion würde ohne Kühlung das Acetylen so erhitzen, dass dabei exotherme Zerfallsreaktionen auftreten, bei denen Wasserstoff und Kohlenstoff entstehen. Um sicherzustellen, dass bei der Reaktion keine Wärme in einem Ausmaß erzeugt wird, die zum Zerfall des Acetylens führen würde, muss eine ausreichende Kühlung vorhanden sein.

Die Reaktionswärme wird auf vielfältige Weise reguliert. Carbid-zu-Wasser-Acetylen-Entwickler ("Nassentwickler") arbeiten zur Abführung der Wärme mit einem großen Wasserüberschuss, Wasser-zu-Carbid-Acetylen-Entwickler („Trockenentwickler“) arbeiten dagegen mit einem vergleichsweise kleinen Wasserüberschuss, bei dem dieser Wasserüberschuss vollständig (oder nahezu vollständig) verdampft.

Die Erzeugung von Acetylen zur Verdichtung in Flaschen mit gelöstem Acetylen (Dissousgas-Flaschen) erfolgt normalerweise in „Nassentwicklern“, bei denen das Carbid zu einer Überschussmenge Wasser zugegeben wird.

8.1.2 Eigenschaften von Calciumcarbid

Calciumcarbid ist ein grauer, gesteinsähnlicher Feststoff, der je nach Kundenvorgaben in Stücken von ungleichmäßiger Größe geliefert wird, üblicherweise im Bereich von 5 mm bis 80 mm. Die Farbe kann abhängig von den Verunreinigungen unterschiedlich sein, z.B. kann die Farbe bei einem höheren Eisenoxidgehalt auch ein dunkleres Braun sein.

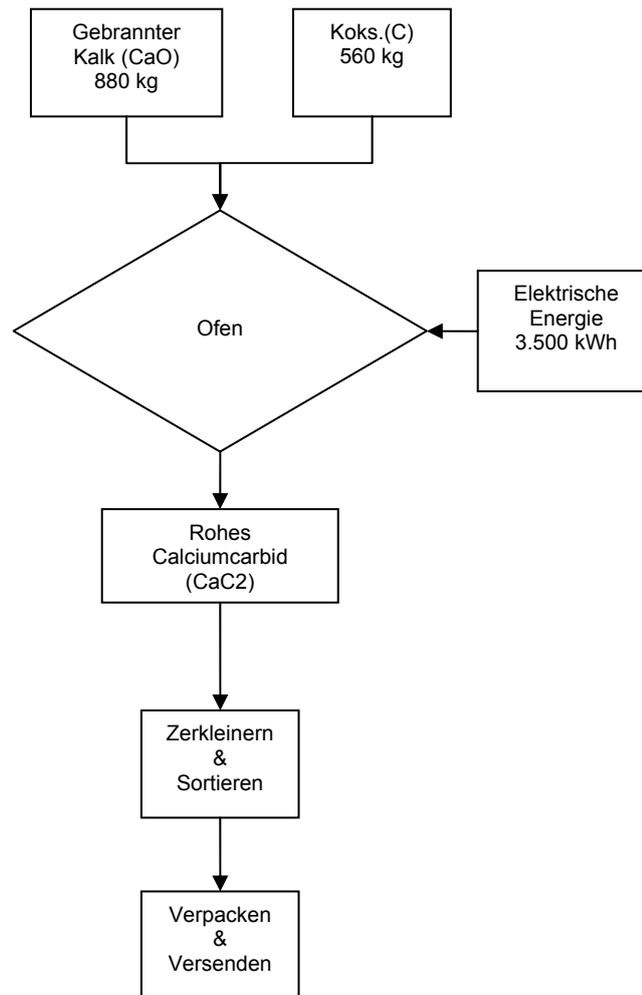
Calciumcarbid wird eingesetzt:

- zur Herstellung von Acetylen-Gas,
- in der Stahlindustrie zum Entschwefeln von Eisen,
- bei der Herstellung anderer Chemikalien.

Calciumcarbid wird durch eine Reaktion zwischen Koks und gebranntem Kalk in einem Elektroofen bei einer Temperatur zwischen 2.000 °C und 2.400 °C (3.600 °F und 4.400 °F) hergestellt. Geschmolzenes Carbid wird aus dem Ofen abgestochen und läuft in Formen, in dem man es verfestigen lässt. Nach dem Abkühlen wird es zerkleinert und nach Größe sortiert.

Für den Herstellungsprozess werden große Mengen an Strom benötigt.

Abbildung 3: Produktionsprozess für 1 Tonne Calciumcarbid



Aufgrund dieses Produktionsprozesses enthält das Calciumcarbid typischerweise 15 bis 20 % Verunreinigungen. Die Verunreinigungen bestehen hauptsächlich aus Kalk (7 bis 14 %) und Koks (0,4 bis 3,0 %), die nicht reagiert haben. Darüber hinaus gibt es in kleineren Mengen chemische Verbindungen, die Eisen, Silizium, Aluminium und Magnesium enthalten. Die vorhandenen Verunreinigungen hängen auch von der Herkunft und der Qualität der eingesetzten Rohstoffe ab.

Calciumcarbid reagiert schnell mit Wasser oder sogar mit Feuchtigkeit in der Atmosphäre, wobei Acetylen und ein Carbidkalk-Rückstand entstehen. Bei dieser Reaktion wird eine erhebliche Menge an Wärme erzeugt (exotherme Reaktion).

Calciumcarbid muss trocken aufbewahrt werden, um unerwünschte Reaktionen zu vermeiden, bei denen Acetylen in unkontrollierter Weise entsteht. Die Ausbeute aus dem Acetylen-Produktionsprozess wird in Volumen Acetylen-Gas angegeben, das aus dem eingesetzten Gewicht Calciumcarbid gewonnen wird. Die maximale Ausbeute wird erzielt, indem dafür gesorgt wird, dass die Reaktionstemperatur des Wassers im Acetylen-Entwickler zwischen 70 °C und 80 °C gehalten wird.

Die Ausbeute hängt auch von der Korngröße des Calciumcarbids ab und ist im Allgemeinen umso höher, je größer die Korngröße ist. Typische Ausbeuten liegen zwischen 265 und 300 Litern gasförmigem Acetylen pro Kilogramm festem Carbid.

Calciumcarbid wirkt reizend für Augen, Haut und Atmungsorgane.

Wenn die Haut mit Calciumcarbid-Körnern oder -Staub in Kontakt gekommen sein könnte, die betroffenen Stellen immer gründlich mit Wasser waschen. Der mit der Haut in Kontakt gekommene Calciumcarbid-Staub kann mit Feuchtigkeit reagieren und dabei Wärme und Carbid-Ätzkalk erzeugen, was schwere Verletzungen zur Folge haben kann.

8.1.3 Acetylen-Entwicklereinteilung

Acetylen-Entwickler müssen nach anerkannten Normen und Verfahren ausgelegt, gebaut und betrieben werden, die eine maximale Unversehrtheit der Einrichtungen und Sicherheit für die Mitarbeiter gewährleisten. Mittels der an der Anlage bereitgestellten Sicherheitseinrichtungen muss gewährleistet werden, dass Parameter wie Drücke, Temperaturen, Durchflusswerte und Füllstände innerhalb sicherer Grenzen gehalten werden.

Betriebsdruck

Acetylen-Entwickler arbeiten entweder im Niederdruck- oder im Mitteldruckbereich:

- *Niederdruck (ND)*: Acetylen-Entwickler dieses Typs erfordern den Einsatz eines Gasspeichers, um die im Acetylen-Entwickler erzeugte Gasmenge an die Förderleistung der Kompressoren anzupassen. Der maximale Betriebsüberdruck beträgt 0,2 bar g.
- *Mitteldruck (MD)*: Acetylen-Entwickler dieses Typs können mit einem separaten Puffer arbeiten, um die im Acetylen-Entwickler erzeugte Gasmenge an die Förderleistung der Kompressoren anzupassen. Der maximale Betriebsüberdruck liegt in einem Bereich zwischen 0,2 und 1,5 bar g.
- Hochdruck-Acetylen-Entwickler, die mit Überdrücken über 1,5 bar g arbeiten, sind nicht zulässig.

Betriebsweise

- *Chargenweise (diskontinuierlich)*: Diese Acetylen-Entwickler werden am Ende jeder Calciumcarbid-Charge abgeschaltet, entleert und neu mit Wasser gefüllt.
- *Halbkontinuierlich*: Diese Acetylen-Entwicklertypen verfügen über automatische Steuerungen für Wasserzugabe und -ablauf, wodurch das Ablassen und Neubefüllen des Acetylen-Entwicklers mit Wasser am Ende jeder Calciumcarbid-Charge nicht mehr erforderlich ist. Trotzdem ist eine kurze Abschaltung am Ende jeder Charge erforderlich, um die Calciumcarbid-Beschickungskammer aufzufüllen.
- *Kontinuierlich*: Diese Acetylen-Entwicklertypen verfügen über automatische Steuerungen für Wasserzugabe und -ablauf, und ein Carbid-Container füllt die Beschickungskammer über eine verbindende gasdichte Schleuse auf. Die Beschickungskammer hat gewöhnlich am Oberteil ein Absperrventil. Andere kontinuierlich arbeitende Acetylen-Entwickler sind mit doppelten Beschickungskammern ausgerüstet, um die kontinuierliche Carbid-Zufuhr zu ermöglichen.

Die Bedienung und die sicherheitsrelevanten Überwachungseinrichtungen hängen vom Hersteller und vom Typ des Acetylen-Entwicklers ab.

8.1.4 Anforderungen und Empfehlungen

Sauberes und/oder zurückgewonnenes Wasser muss einem Acetylen-Entwickler über eine Vorrichtung zugeführt werden, die ein Rückströmen von Acetylen aus dem Acetylen-Entwickler verhindert.

Die Konstruktionsweise des Wasserversorgungssystems muss eine Überfüllung des Acetylen-Entwicklers verhindern. Damit soll verhindert werden, dass Wasser mit Carbid in der Zuführung, das noch nicht reagiert hat, in Kontakt kommt, was die Entwicklung von Acetylen in der Zuführung und übermäßige Wärme zur Folge hätte. Zusätzlich könnte es zu einem Wassereintrag in die Kompressoren im Mitteldruck-Acetylen-Entwickler führen.

Die Konstruktionsweise des Wassereinspeisesystems muss im Frischwasserversorgungssystem mitgeführte Luft abscheiden.

Das Wassereinspeisesystem muss so konstruiert sein, dass ein Rückströmen von zurück gewonnenem Wasser oder Kalk in das Frischwasserversorgungssystem verhindert wird.

Die Instrumentenluftversorgung zu den Steuereinrichtungen des Acetylen-Entwicklersystems soll mit technischen Absperrrichtungen ausgestattet werden, um eine Deaktivierung der Steuereinrichtungen (Verriegelung/Kennzeichnung zum Schutz vor Wiedereinschalten) bei Wartungsarbeiten sowie bei längeren Stillstandzeiten zu ermöglichen.

Ein Ausfall oder eine Unterbrechung der Instrumentenluft muss dazu führen, dass der Acetylen-Entwickler in einen sicheren Zustand übergeht.

Der Acetylen-Entwickler muss mit Vorrichtungen zur Verhinderung von Überdruck ausgerüstet sein. Zusätzliche Druckregler dürfen nach Bedarf installiert werden, um den Normalbetrieb des Acetylen-Entwicklers zu unterbrechen oder abzuschalten. Alarmer kurz vor Erreichen von Abschaltbedingungen dürfen, sofern aus betrieblichen Gründen sinnvoll, hinzugefügt werden.

Durch die Installation von Überwachungseinrichtungen gegen zu hohe Temperaturen muss sichergestellt werden, dass das Acetylen-Gas eine Temperatur von 110 °C nicht erreicht. Je nach Konstruktionsweise kann dies durch Überwachen der Gastemperatur oder der Wassertemperatur oder von beiden erreicht werden. Die Wassertemperatur des Acetylen-Entwicklers darf 90 °C nicht überschreiten. Ein Alarm für hohe Temperaturen muss die Carbid-Zufuhr zum Acetylen-Entwickler stoppen. Alarmer, die auf bevorstehende Abschaltbedingungen hinweisen, dürfen, sofern aus betrieblichen Gründen sinnvoll, hinzugefügt werden.

Hoch- und Niedrigwasserstand müssen geregelt werden. Eine Abschalteinrichtung bei niedrigem Wasserdruck muss in der Wassereinlassleitung nahe am Acetylen-Entwickler eingebaut werden. Alternative Systeme zur Verhinderung eines Rückströmens von Acetylen in das Wassersystem dürfen verwendet werden.

Wasserdurchfluss-Anzeigergeräte dürfen eingebaut werden.

Wasserstandsregelungen und ein über den Eintritts-Wasserdruck aktivierter Abschalter sind bei Acetylen-Entwicklern, bei denen die Wasserzugabe chargenweise gesteuert wird, nicht erforderlich.

Sofern verwendet, müssen Schaugläser von Acetylen-Entwicklern außen mit einem Schutz ausgestattet sein (z.B. eine Abschirmung oder ein Schutzgitter).

In Acetylen-Entwicklern mit motorbetriebenen Rührwerken soll ein Alarm für die Rührwerkfunktion installiert sein.

Es darf keine Verbindung zwischen dem Acetylen-Entwickler und den öffentlichen Abwassernetzen geben.

Acetylen-Entwickler müssen mit Stickstoffsystemen zum Spülen während des Routinebetriebs ausgestattet sein, z.B. beim Beschicken unter Verwendung eines offenen Kippers oder zum Spülen geschlossener Beschickungskammern, die in Verbindung mit Containern eingesetzt werden. Ein Stickstoff-Spülsystem darf auch in Notfallsituationen eingesetzt werden.

Die Stickstoffspülung muss basierend auf dem Durchfluss oder der Zeit überwacht werden, um das Erreichen einer angemessenen Spülung sicherzustellen.

Schlammablassventile sollen über eine zweite Schließmöglichkeit im Fall einer Leckage oder bei Ausfall der Schließfunktion verfügen.

Anlagen aus mehreren Niederdruck-Acetylen-Entwicklern müssen mit einem System ausgestattet sein, das ein unerwünschtes Rückströmen von Gas aus dem Gasspeicher in den Acetylen-Entwickler verhindert, und außerdem mit einer zweiten Absperrvorrichtung für Notfälle.

8.2 Gasspeicher

8.2.1 Allgemeines

Acetylen-Gasspeicher bestehen aus einem wassergefüllten Behälter mit einer innen schwimmenden Glocke, die entsprechend dem sich verändernden Gasinhalt aufsteigt und absinkt, um einen konstanten Systemdruck aufrechtzuerhalten. Über die Gasspeicher-Stellung wird die Carbid-Zufuhr des Acetylen-Entwicklers geregelt.

Gasspeicher (einer oder mehrere) werden in mit Niederdruck arbeitenden Acetylen-Erzeugungsanlagen installiert, um die im Acetylen-Entwickler erzeugte Gasmenge an die Leistung des Kompressors anzupassen.

8.2.2 Anforderungen

Der Gasspeicher muss am Einlass und Auslass mit Absperrventilen ausgestattet sein.

Der Gasspeicher muss mit einem Notfallalarm für hohe Füllhöhe ausgerüstet sein, dessen Auslösung die Carbid-Zufuhr zum Acetylen-Entwickler unterbricht. Einige Acetylen-Entwickler können mit einem Ausschalter für hohe Füllhöhe ausgerüstet sein, der die Carbid-Zufuhr zum Acetylen-Entwickler unterbricht, bevor der Gasspeicher die Alarm-Füllhöhe "Hoch" erreicht, und der die Zufuhr wieder in Gang setzt, wenn die Füllhöhe des Gasspeichers gefallen ist.

Bei Unterschreiten des Mindestfüllstands im Gasspeicher müssen die Kompressoren automatisch abgeschaltet werden.

Der Wasserstand im Gasspeicher muss optisch erkennbar sein. Darüber hinaus muss der Gasspeicher über eine Überlaufvorrichtung zum Abführen von überschüssigem Wasser verfügen.

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

Gasspeicher, die im Freien in Bereichen aufgestellt sind, in denen Frosttemperaturen auftreten können, müssen mit Vorrichtungen versehen sein, die das Einfrieren des Wassers im Gasspeicher verhindern. Bei extrem kaltem Wetter soll der Gasspeicher häufig kontrolliert werden, um nachzuprüfen, dass die Glocke nicht durch Eisbildung blockiert wird.

8.3 Puffer

Puffer werden bei einigen Mitteldruck-Acetylen-Entwicklern installiert, um die Menge des erzeugten Gases an die Leistung der Kompressoren anzupassen. Der Puffer ist ein Behälter mit integrierter Wasservorlage, wobei die Wasservorlage die Funktion einer Sicherheitseinrichtung erfüllt und keine betriebliche Druckentlastungseinrichtung ist. Im oberen Bereich ist ein Druckregler mit oberen und unteren Druckgrenzwerten installiert, um die Calciumcarbid-Zufuhr zum Acetylen-Entwickler zu regulieren.

Der Puffer muss mit folgenden Vorrichtungen ausgestattet sein:

- Absperrventilen am Einlass und Auslass;
- einem Druckmessgerät und einem separaten Niederdruckschalter, der zur Vermeidung von Lufteintritt in die Anlage den (die) Kompressor(en) ausschaltet;
- Druckentlastungsventil.

Die Wasservorlage muss mit einer Wasserstandsregelung ausgerüstet sein.

8.4 Reinigung und Trocknung

Die Reinheit von komprimiertem, in Flaschen gefülltem Acetylen beträgt normalerweise 99,5 % oder besser. Zu den Verunreinigungen, die auftreten könnten, gehören Luft, Wasserdampf, Phosphorwasserstoff (Phosphin), Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Öl und Stickstoff. Wenn diese Verunreinigungen nicht überwacht und minimiert werden, können sie dazu beitragen, dass sich das Fassungsvermögen der Flaschen verringert, der Sättigungsdruck ansteigt, „Lösemittelspucken“ auftritt und sich unerwünschte Verbindungen innerhalb der Acetylen-Flasche bilden, die das poröse Material verunreinigen könnten.

8.4.1 Quelle von Verunreinigungen

Luft

Etwas Luft kann mit dem Carbid bei jeder Beschickung des Acetylen-Entwicklers in das System gelangen. Spülen des Carbid-Containers und/oder der Beschickungskammer des Acetylen-Entwicklers kann dies reduzieren.

Das Unterbleiben einer angemessenen Spülung der Einrichtungen vor der Wiedereinbetriebnahme kann den Grad der Verunreinigung durch Luft oder Spülgas erhöhen.

Wenn das Unterdruck-Sicherheitssystem des Acetylen-Entwicklers nicht korrekt arbeitet, kann beim Abkühlen des Acetylen-Entwicklers Luft hereingezogen werden.

Wenn am Kompressor kein Überdruck in der Saugleitung aufrechterhalten wird, kann dies dazu führen, dass Luft hereingezogen wird, z.B. an der Abdichtung von Wellen oder Kolbenstangen.

Luft kann direkt in eine Flasche gelangen, wenn das Ventil offen gelassen oder entfernt wird.

Neue Flaschen, die evakuiert und mit Lösemittel gefüllt wurden, können Luft hereinziehen, wenn das Ventil undicht ist oder wenn das Ventil versehentlich geöffnet wurde, bevor die Flasche an den Füllstand angeschlossen ist.

Luft kann durch die im Leitungswasser mitgeführte Luft in den Acetylen-Entwickler eindringen.

Luft kann in das System eindringen, wenn Probenahme- oder Ablassventile nach Gebrauch nicht geschlossen werden oder wenn diese Ventile undicht sind.

Es wurde ermittelt, dass mit jeder Zunahme des Luftanteils in der Acetylenflasche um 0,1 Vol-% der Sättigungsdruck um 0,4 bar g ansteigt.

Wasser

Aus Calciumcarbid erzeugtes Acetylen ist bei den Temperatur- und Druckbedingungen, die in der Anlage vor Eintritt in den Trockner herrschen, mit Wasserdampf gesättigt. Die Wassermenge, die zusammen mit dem Gas in die Flasche gelangt, hängt von der Leistungsfähigkeit des Trocknersystems ab.

Wasser kann auch in die Flasche gelangen, wenn diese längere Zeit mit geöffnetem Ventil stehen gelassen wird. Dies gilt insbesondere für Flaschen mit konkaven Köpfen, da sich Wasser oberhalb der Eintrittsöffnung des Ventils ansammeln kann. Das Eindringen von Wasser in die Acetylen-Flaschen soll aus folgenden Gründen verhindert werden:

- Es mischt sich mit dem Lösemittel und verringert das Lösevermögen für Acetylen.
- Es kann das poröse Material beschädigen.
- Es kann Korrosion an den Innenwänden der Flasche verursachen.

Phosphorwasserstoff (Phosphin)

Phosphorverbindungen im Calciumcarbid reagieren während der Acetylen-Entwicklung und bilden dabei Phosphorwasserstoffgas. Die Menge des im Acetylen vorhandenen Phosphorwasserstoffs hängt von der Reinheit der Rohstoffe ab, die für die Herstellung von Calciumcarbid eingesetzt werden.

Zur Erfüllung der Kundenanforderungen kann eine Reinigung erforderlich sein. Der Phosphorwasserstoffgehalt von gereinigtem Acetylen liegt üblicherweise unter 15 ppm.

Schwefelwasserstoff

Schwefelverbindungen im Calciumcarbid reagieren während der Acetylen-Entwicklung und bilden dabei Schwefelwasserstoffgas. Die Menge des im Acetylen vorhandenen Schwefelwasserstoffs hängt von der Reinheit der Rohstoffe ab, die für die Herstellung von Calciumcarbid eingesetzt werden, wobei jedoch der Acetylen-Entwickler-Wäscher und Wassersprühanlagen oder der Ammoniak-Wäscher diese Verunreinigung teilweise entfernen.

Der Schwefelwasserstoffgehalt von gereinigtem Acetylen liegt üblicherweise unter 10 ppm.

Ammoniak

Der Ammoniakgehalt des erzeugten Acetylens ergibt sich aus der Reaktion von Kalkstickstoff mit Wasser. Der Kalkstickstoff wird durch die Reaktion von atmosphärischem Stickstoff mit der heißen Oberfläche des frisch abgossenen Carbids erzeugt.

Ammoniak begünstigt die Bildung unerwünschter Polymere in den Acetylen-Flaschen und soll durch Wasserwäscher oder Sprühtürme minimiert werden.

Öl

Die Entfernung des überschüssigen Verdichteröls erfolgt normalerweise im Kondensatabscheider oder im Trockner. In Anlagen, in denen Trockner installiert wurden, ist der Eintrag von Öl normalerweise geringer.

Ölverunreinigungen von Flaschen treten normalerweise nur auf, wenn die Kondensatabscheider und Kondensatsammelstutzen nicht regelmäßig entleert werden. Dadurch kann eine Mischung aus Öl und Wasser in die Flaschen eingetragen werden.

Stickstoff

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

8.4.2 Einrichtungen zur Entfernung von Verunreinigungen

Wäscher

Wäscher werden in den meisten mit Mittel- und Niederdruck arbeitenden Acetylen-Entwicklern eingesetzt, um das austretende Gas zu waschen und zu kühlen. Sie verringern den Ammoniak- und Schwefelwasserstoffgehalt des Gases. Die Wäscher verhindern auch das Mitführen von Kalk. Einige Niederdruck-Acetylen-Entwickler haben Wasserbäder, bei denen das Gas blasenförmig hindurchgeleitet wird. Der Hauptzweck dieser Vorrichtungen besteht darin, ein Rückströmen von Acetylen aus dem Gasspeicher oder einem anderen Acetylen-Entwickler zu verhindern und dabei zusätzlich den Kalk und einen Teil des Ammoniaks und Schwefelwasserstoffs zu entfernen. Dieses Verfahren des Gaswaschens ist nicht so effektiv wie ein direkter Wäscher und kann den Ammoniakgehalt des Gases möglicherweise nicht in allen Fällen auf akzeptable Werte verringern. In Niederdruck-Entwicklungsanlagen dürfen separate Ammoniak-Wäscher genutzt werden.

Reiniger

Acetylen wird hauptsächlich gereinigt, um Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff zu entfernen. Der Reinigungsbedarf hängt von der Qualität des Calciumcarbids, dem Prozess und der geforderten Acetylen-Spezifikation ab.

Angewendet werden zwei Reinigungsmethoden, trockene Reinigung und nasse Reinigung.

- *Nasse Reinigung:* Im nassen Reinigungsprozess wird das Acetylen durch einen mit Füllkörpern, beispielsweise „Raschig“-Ringen, gefüllten Turm geleitet. Konzentrierte Schwefelsäure wird in den Kopf des Turms gepumpt und fließt im Gegenstrom zum Acetylen nach unten. Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff werden durch den Kontakt der Schwefelsäure mit dem Acetylen entfernt. Ggf. mit dem Acetylen mitgeführte Säuren werden in einem nachfolgenden Laugenwaschturm neutralisiert. Es ist wichtig, dass das System kühl gehalten wird, da die Reaktion exotherm verläuft.

Die Aufrechterhaltung einer hohen Reinheit der Schwefelsäure ist ein kritischer Faktor, da bereits kleine Mengen von Quecksilber- oder Eisenverunreinigungen als Katalysator für die Polymerisation des Acetylens selbst wirken. Die Produkte des Polymerisationsprozesses ähneln Teer und verstopfen die Filterzwischenräume. Das Endergebnis könnte eine Blockierung des Gasstroms oder eine Deflagration des Acetylens sein. Bei erhöhten Temperaturen ist auch die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten dieses Problems höher.

Die Aufrechterhaltung der korrekten Säurekonzentration ist wichtig, andernfalls könnte Phosphorwasserstoff in der Säure im Wäschersumpf gelöst und möglicherweise freigesetzt werden und sich beim Kontakt mit Luft spontan entzünden.

Wenn zum Neutralisieren gebrauchter Säure die Kalkbehandlungseinrichtungen genutzt werden, könnten selbst bei kleinen Säuremengen unangenehme Gerüche entstehen.

- *Trockene Reinigung:* Trockene Reinigung ist aus Umweltgründen (Entsorgung des verbrauchten Reinigungsmediums) nicht mehr die bevorzugte Reinigungsmethode. Beim trockenen Reinigungsverfahren wird Acetylen durch einen Behälter geleitet, der mehrere Lagen einer Reinigungsmischung enthält, die die Verunreinigungen des Acetylens entfernen. Alle Reinigungsmischungen sind säurehaltig und wirken ätzend auf das menschliche Gewebe. Wenn das Roh-Acetylen das Reinigungsmedium durchströmt, werden Phosphorwasserstoff und die verbliebenen Spuren von Schwefelwasserstoff und Ammoniak oxidiert oder absorbiert und aus dem Gasstrom entfernt. Das Reinigungsmedium verliert nach einer befristeten Standzeit an Wirksamkeit und muss dann regeneriert oder in freier Luft wieder oxidiert werden. Danach kann es erneut genutzt werden. Das Reinigungsmedium kann mehrmals regeneriert werden, bevor es als unbrauchbar entsorgt werden muss. Einige dieser Mischungen für die Trockenreinigung enthalten Quecksilberchlorid, was zur Freisetzung von freiem Quecksilber und damit zu Anreicherungen in gefährlichen Mengen führen könnte. Aus diesem Grund ist eine Überwachung der Leistungsfähigkeit des Reinigers und der Wechsel der Mischung erforderlich, wenn sich ihre Reinigungsleistung zu verschlechtern beginnt.

Trockner

Das Grundprinzip für Acetylen-Trocknungsprozesse besteht darin, dass das Gas durch einen Behälter strömt, der ein Trocknungsmittel enthält. Dieses Trocknungsmittel kann ein sich auflösendes, Feuchte absorbierendes Material (z.B. Calciumchlorid) oder ein regenerierfähiges absorbierendes Material (z.B. Aluminiumoxid (Tonerde) oder Molekularsiebe) sein.

Es sind Niederdruck- (ND) Trockner und Hochdruck- (HD) Trockner in Gebrauch. Die HD-Trocknung ist wirksamer, die ND-Trocknung unterstützt jedoch die Vermeidung der Acetylenhydrat-Bildung bei höheren Drücken.

Trocknung bei Niederdruck (bis zu einem maximalen Druck von 0,2 bar g) erfordert große Behälter zur Aufnahme des Trocknungsmittels. In einem Notfall brauchen Behälter und Leitungen nicht mehr als dem beim Zerfall auftretenden Druck standzuhalten. Es kann ein Feuchtigkeitsgehalt von ca. 70 ppm erreicht werden.

Typische Trocknungsverfahren verwenden:

- Calciumchlorid (siehe HD-Trocknung);
- Silicagel;
- Koaleszenzfilter (Gestrickfilter);
- Kühlkondensator.

Trocknung bei Hochdruck (bis zu einem Überdruck von 25 bar g): Acetylen wird direkt aus dem Kompressor eingespeist, in dem bereits der größte Teil des Wassers durch Absenken des Taupunkts durch Kühlung entfernt wurde. Die mitgeführte Menge des nach dem Trockner verbleibenden Wassers ist gering, daher können auch die Behälter, die das Entwässerungsmittel enthalten, klein sein. Alle Behälter und Leitungen sollen so ausgelegt werden, dass sie dem Detonationsdruck standhalten. Die mit der Hochdrucktrocknung erreichte Restfeuchte hängt von einer Reihe von Faktoren ab, beispielsweise dem Zustand des Trocknungsmittels; es können jedoch Ergebnisse mit weniger als 10 ppm erreicht werden. In dem Hochdrucksystem ist es sinnvoll, vor dem Behälter mit dem Entwässerungsmittel einen Abscheider zu installieren, um Kondensat und Öl aus dem Gas zu entfernen. Mit Hilfe eines Rückschlagventils nach dem Trockner kann der Druck im System auf einem Mindestwert gehalten werden, der üblicherweise zwischen 10 und 14 bar g liegt, wodurch eine wirksamere Trocknung erreicht werden kann.

Als typische Trocknungsmittel werden verwendet:

- Calciumchlorid;
- Aluminiumoxid (Tonerde);
- Silicagel;
- Molekularsieb.

8.4.3 Anforderungen

Reinigungs- und Trocknungsmittel müssen unter Einhaltung der Umweltschutzanforderungen entsorgt werden.

Nach dem Gebrauch können flüssige Trocknungsmittel (alkalisch oder sauer) gelöstes Acetylen enthalten. Dies ist beim Entsorgen dieser Stoffe zu berücksichtigen.

Nach Wartungsarbeiten müssen Reinheitskontrollen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass der Trockner in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt entsprechend den Auslegungsanforderungen arbeitet.

Bei Verwendung eines Calciumchlorid-Trockners müssen regelmäßige Kontrollen der Calciumchlorid-Füllhöhe stattfinden, um sicherzustellen, dass innerhalb des Trocknungsmaterials keine zu großen Hohlräume auftreten.

8.5 Handhabung und Lagerung von Carbidkalk

8.5.1 Allgemeines

Carbidkalk ist ein Nebenprodukt, das bei der Reaktion von Wasser und Calciumcarbid bei der Erzeugung von Acetylen entsteht. Es wird auch als Carbidschlamm, Acetylen-Entwicklerschlamm, Kalkschlamm, Klärschlamm oder Kalkhydrat bezeichnet.

8.5.2 Aufbereitung und Handhabung von Carbidkalk

Kalkschlamm aus einem „nassen“ Acetylen-Entwicklerprozess hat einen Feststoffgehalt von ungefähr 10 % bis 12 %. Da dies eine zu starke Verdünnung für einen wirtschaftlich sinnvollen Transport ist, kann der Feststoffgehalt durch eines der folgenden Verfahren erhöht werden:

Absetzen

Absetzsysteme sind normalerweise eine Reihe miteinander verbundener Behälter, in die der Schlamm aus den Acetylen-Entwicklern mit einem Feststoffgehalt von 10 % bis 12 % eingeleitet wird. Die Behälter dienen zum Absetzen der Feststoffe, damit das überschüssige Wasser entfernt werden kann. Da sich die Feststoffe auf den Boden der Behälter absenken, sammelt sich das Wasser im oberen Bereich, sodass der schwere Kalk vom Boden des einen Behälters mittels einer Pumpe in den unteren Bereich eines weiteren Tanks transportiert werden kann, während das Wasser im oberen Bereich des aufnehmenden Tanks in einen Wasservorratsbehälter oder ein Pufferbecken zur Wiederverwendung abgezogen werden kann. Je nach verfügbarer Zeit für den Absetzprozess kann eine Konsistenz mit einem Feststoffgehalt von 30 % bis 40 % erreicht werden.

Kalkgruben

Kalkgruben müssen unter Einhaltung der örtlichen Bestimmungen und der Umweltschutzvorschriften gebaut werden. Wenn Carbidkalkschlamm aus dem Acetylen-Entwicklerprozess in eine Grube gepumpt wird, beginnen sich die Feststoffe abzusenken, und das geklärte Wasser steigt nach oben. Nach längerer Absetzzeit kann ein Feststoffgehalt von 50 % oder mehr erreicht werden. Das Wasser aus diesem Prozess kann erneut in den Acetylen-Entwicklern wiederverwendet oder andernfalls unter Einhaltung der örtlichen Gesetzesbestimmungen entsorgt werden. Kalk in Gruben mit einem hohen Gehalt von Feststoffpartikeln kann den Eindruck erwecken, dass er fest sei, das Betreten der Oberfläche ist jedoch gefährlich, da Carbidkalk thixotrop ist, d.h. unter Druck nachgibt.

Filtration

Kalkschlamm kann mit einer Filterpresse konzentriert werden, die aus einem Filtersystem mit Tüchern und Platten besteht, das bei Drücken von 8 bis 14 bar g arbeitet. Die Feststoffe werden zwischen den Platten in Quaderform (Filterkuchen) konzentriert, und das herausgepresste Wasser wird für die Acetylen-Erzeugung wiederverwendet oder aufbereitet und entsorgt. Je höher die Temperatur, desto besser verläuft der Filterprozess und desto geringer ist der Wassergehalt im Filterkuchen. Es können Kalkquader mit einem Feuchtigkeitsanteil (gewichtsbezogen) von bis zu 15 % erreicht werden.

Mechanische Eindicker

In kommerziell betriebenen Anlagen konnte gezeigt werden, dass der Schlamm in einer Zentrifuge auf einen Feststoffgehalt von bis zu 60 % konzentriert werden kann. Mechanische Eindicker können Konzentrationen von ungefähr 40 % Feststoffgehalt erreichen.

Trocknung

Verdünnter oder konzentrierter Schlamm kann effektiv durch Mischen mit Branntkalk ("ungelöschter" Kalk, CaO) getrocknet werden. Das überschüssige Wasser im Carbidkalk-Schlamm löscht den Branntkalk, sodass sich der Anteil der Feststoffe in der resultierenden Mischung deutlich erhöht, und zwar sogar so weit, dass ein handelsübliches Trockenhydrat erreicht wird. Dies erfolgt in einem Schlammbehälter mit manuell gesteuertem Austrag, einer Branntkalk-Zuführanlage und einem Mischtank oder Hydrator. Beim Nasslöschen von Branntkalk entwickelt sich eine beträchtliche Wärme, die einen Teil des Wassers und die flüchtigen Verunreinigungen des Carbidkalks verdampft.

8.5.3 Transport

Stichfest

Bei einem Feststoffgehalt von ca. 50 % oder höher entspricht die Konsistenz des Carbidkalks der einer recht festen Spachtelmasse, die mit Schaufel-, Greifer- und Eimerbaggern oder Becherwerken gehandhabt werden kann. Dieses Material kann in wasserdichten Muldenkippern, Frachtkähnen oder Spezialbahnwaggons des Typs Zementkipper transportiert werden.

Schlammförmig

Carbidkalk mit einem Feststoffgehalt von 20 % bis 40 % kann zum Entfernen des Wasserüberschusses durch Absetzen oder durch zusätzliche Filtration zu einer schaufelfähigen Masse von ausreichender Festigkeit konzentriert werden. Im Fall von abgesetztem Carbidkalk sind die Zugabe von Wasser und ein Aufrühren erforderlich, um einen Schlamm von gleichmäßiger Dichte zu erzeugen. Das Aufrühren kann mit Druckluft aus Düsen unterhalb der Schlammoberfläche, Dampf oder Wasser erfolgen, das unter hohem Druck durch Rohre oder Düsen eingebracht wird, oder durch mobile Einrichtungen wie z.B. Umwälzpumpen. Auch handbetätigte Werkzeuge und elektrisch angetriebene rotierende Schaufelräder können effektiv eingesetzt werden. Schlämme aus Carbidkalk mit einem Feststoffgehalt bis 40 % können zufriedenstellend mit Kreiselpumpen gepumpt werden. Nachweise haben gezeigt, dass der Transport von Schlämmen mit niedrigem Feststoffgehalt möglich ist.

8.5.4 Anforderungen

Calciumcarbidkalk muss entweder im Freien oder anderen gut belüfteten Bereichen gelagert werden, die sich in sicherer Entfernung von Zündquellen (entsprechend den Anforderungen der Zoneneinteilung) und der Grenze zu Nachbargrundstücken befinden.

Calciumcarbidkalk-Gruben sollen umzäunt und mit Schildern „RAUCHEN ODER OFFENES FEUER VERBOTEN“ und Explosionsgefahr-Warnschildern entsprechend den Anforderungen durch die EU-Richtlinie 99/92 [28] versehen sein. In Bezug auf das Vorhandensein von Acetylen sowie die geforderte Einhaltung der ATEX-Richtlinien für Einrichtungen in der Umgebung soll eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden; siehe das EIGA-Dokument Doc 134 [29].

Zur möglichen Nutzungsweisen von Carbidkalk siehe das EIGA-Dokument Doc 143 [30].

Nicht mehr benötigter Calciumcarbidkalk muss in umweltverträglicher Weise entsorgt werden. Nach dem Abfallrecht ist Carbidkalk als gefährlich (reizend) eingestuft, und der Transport erfolgt nach dem Europäischen Abfallkatalog unter Nr. 06 02 01 für $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Eine (mehrere) Sicherheitsdusche(n) / Augenspülmöglichkeiten sollen sich in erreichbarer Nähe von Bereichen befinden, in denen mit Kalk gearbeitet wird; bei Arbeiten mit Kalk muss PSA getragen werden.

Für den Fall, dass eine Person in eine Kalkgrube, einen Absetzbehälter oder ein Becken mit geklärtem Wasser fällt, müssen Notleitern ohne weiteres verfügbar sein. Leitern dürfen nicht dauerhaft eingebaut sein.

Carbidkalk enthält Reste von darin gelöstem Acetylen, das eine Gefahr darstellen kann, wenn es zum Transport in Tankfahrzeugen eingeschlossen wird. Solche Tankfahrzeuge ziehen den Schlamm mittels Unterdruck ab, und die Verringerung des Drucks führt zur Freisetzung von freiem Acetylen. Ähnliche Effekte treten bei hohen Umgebungstemperaturen in Lastkraftwagen zum Transport geschlossener Kalkbehälter auf.

8.6 Entleeren von Acetylen-Flaschen

Vorbemerkung

„Entleeren“ einer Acetylen-Flasche bezeichnet das teilweise oder vollständige Entfernen von Acetylen, um den Druck in der Flasche zu verringern. Statt „Entleeren“ werden manchmal auch die Begriffe „Rückblasen“ („blowing back“), Abblasen, Leeren oder Entgasen verwendet.

Acetylen-Flaschen müssen mit einem speziell zu diesem Zweck konstruierten und freigegebenen Entleerungsstand entleert werden.

Sofern möglich, soll das zurückgeleitete Acetylen (im Fall von „Rückblasen“) wiederverwendet werden, um die Auswirkungen von Gasemissionen auf die Umwelt möglichst gering zu halten.

Ein zum Abblasen in die Atmosphäre geführter Entleerungsstand muss verwendet werden für:

- Acetylen-Flaschen, deren Inhalt von unbekannter Qualität ist und der Auswirkungen auf den Prozess und die Qualität des Endprodukts haben kann, wenn das Acetylen wiederverwendet wird;
- die Reduzierung des Drucks in der Flasche auf Atmosphärendruck vor dem Entfernen des Ventils, weil eine vollständige Entleerung durch Rückgewinnung aufgrund der Druckverhältnisse in der Anlage nicht möglich ist.

Wann wird entleert

Acetylen-Gas muss aus den Flaschen in folgenden Situationen entleert werden:

- wenn sie überfüllt sind;
- bevor ihr Innenbereich untersucht werden kann;
- wenn eine Flasche defekt ist und repariert werden muss, z.B. bei undichten Ventilen an der Flasche;
- zum Verringern des Drucks in der Flasche auf die geforderten Parameter vor dem Befüllen und Auffüllen mit Lösemittel.

Flaschen, die unterschiedliche Lösemitteltypen enthalten, dürfen aufgrund der möglichen Kreuzkontamination nicht gleichzeitig auf demselben Stand entleert werden.

Blockierte oder gebrochene Ventile

Acetylen-Flaschen mit blockierten oder gebrochenen Ventilen müssen entleert werden:

- unter der Kontrolle einer Arbeitserlaubnis („permit-to-work“, PTW), die von der dafür verantwortlichen Person (z.B. ein Betriebsleiter oder Vorgesetzter) genehmigt wurde; oder
- unter Verwendung einer freigegebenen und in Bezug auf die Gefährdungen bewerteten, schriftlichen Arbeitsanweisung und eines zugehörigen Verfahrens; oder
- eine Flasche nach der anderen, wenn bei dem Verfahren Acetylen frei abgeblasen wird (z.B. allmählich zu lösendes Ventil oder Schmelzsicherung (Fusible Plug), keine Gasrückgewinnung); und
- nur durch sachkundige Mitarbeiter, die über Erfahrung und eine Schulung in dem Verfahren verfügen.

Erwägungen zur Konstruktionsweise von Entleerungsständen

Die Verrohrung des Entleerungsstands muss gemäß den Abschnitten 10.5 und 11 dieses Dokuments konstruiert und gefertigt sein.

Der Entleerungsstand besteht aus einem Gestell, an das die Flaschen angeschlossen werden. Das System muss so konstruiert sein, dass es die Durchflussrate, mit der das Acetylen aus der Flasche in den Stand austritt, durch eigene Vorrichtungen dieses Systems beschränkt und sicherstellt, dass die Flaschen nicht zu schnell entleert werden. Wenn ein Entleerungsstand Gas zur Niederdruckseite des Systems, z.B. zu einem Gasspeicher, zurückleitet, muss das System so konstruiert sein, dass kein zu hoher Druck entsteht und kein Gasrücktritt stattfindet.

Im Falle eines Entleerungsstands in die Atmosphäre soll das Entleeren des Gases über einen langen Zeitraum die Acetylen-Konzentration und die Verteilung des Gases begrenzen.

Spezifische Erwägungen zur Konstruktionsweise von Entleerungsständen in die Atmosphäre

Bei Planung und Konstruktion von Entleerungsständen in die Atmosphäre sind zur Minimierung des Entzündungsrisikos die folgenden Vorsichtsmaßnahmen zu berücksichtigen:

- Beschränken der Durchflussrate in den Abblaseleitung, um die Austrittsgeschwindigkeit und den Druck innerhalb der Leitung zu verringern, damit Strahleffekte aus dem Abblaseleitung möglichst gering gehalten werden;
- Integrieren von Zerfallsperren an geeigneten Punkten in das System;
- Durchführen einer Ausbreitungsrechnung des Gases in der Atmosphäre, wenn es aus der Abblaseleitung austritt;
- Sicherstellen, dass keine Zündquellen innerhalb des Bereiches, in dem zündfähige Atmosphäre entstehen kann, vorhanden sind;
- Installieren eines für das Gelände vor Ort geeigneten Blitzschutzes;
- Einbau automatischer Absperrventile in die Abblaseleitung, damit der Entleerungsvorgang in einem Notfall gestoppt werden kann, z.B. bei einer Evakuierung des Werks.

Entleerungsrate

Flaschen, die Acetylen enthalten, sollen nicht zu schnell entleert werden, und zwar weil:

- das Lösemittel mit dem Acetylen mitgerissen wird, dies gilt insbesondere für Aceton;
- ein rasches Entleeren die Innenseite der Flasche abkühlt und den Druck in der Flasche verringert und deshalb zu einer falschen Leer-Anzeige führen kann. Es könnten noch erhebliche Mengen an Gas in der Flasche vorhanden sein, die freigesetzt werden, wenn sich die Flasche wieder erwärmt.

Die Entleerungsrate wird z.B. durch einen Druckregler oder eine andere Durchflussbegrenzung geregelt, um sicherzustellen, dass das Gas mit einer geeigneten Rate vollständig abgezogen wird, sowie um etwaige mögliche Effekte einer adiabatischen Kompression innerhalb des Entleerungsstands abzumildern.

Entleerungsdauer

Das Entleeren dauert üblicherweise ähnlich lange wie das Füllen der Flasche in einem herkömmlichen Füllsystem (d.h. keinem Schnellfüllsystem).

Die Entleerungsdauer bei großen, vollen Flaschen beträgt normalerweise acht bis zehn Stunden, je nach Umgebungstemperatur.

Die Entleerungsdauer fällt je nach Flaschengröße und der Menge des zurückgegebenen Gases unterschiedlich aus. Sie verkürzt sich beispielsweise bei kleineren Flaschen oder bei Flaschen mit sehr geringer Restgasmenge.

Beim Entleeren mit Rückleitung in den Niederdruckteil des Systems wird der Druck in der Flasche nur bis auf den Betriebsdruck des Acetylen-Entwicklers/Gasspeichers verringert. Wenn ein vollständiger Druckabbau erforderlich ist, sollen die Flaschen anschließend über das Entleerungssystem in die Atmosphäre abgeblasen werden.

Nachdem sich der Druck abgebaut hat, bleiben alle Flaschen auf dem Entleerungsstand mit geöffneten Ventilen stehen, bis sie sich auf Umgebungstemperatur erwärmt haben. Während dieser Zeit keine Flaschen zu dem Stand hinzufügen oder daraus entfernen.

Temperatureffekte

Wenn die Temperatur der Flasche nach dem Entleeren niedriger als die Umgebungstemperatur an dem Ort ist, an dem das Ventil entfernt werden soll, besteht die Möglichkeit, dass sich die Flasche erwärmt und sich in der Folge Druck aufbaut. Dies kann zu einem weiteren Ausströmen von Acetylen führen, wenn das Ventil entfernt wird. Deshalb soll die Flasche vor dem Entfernen des Ventils auf dem Entleerungsstand in die Atmosphäre auf Normbedingungen gebracht werden.

9 Flaschen und Armaturen

Anforderungen für Acetylen-Flaschen sind im Europäischen Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter (ADR) festgelegt. Damit Flaschen innerhalb der Europäischen Union frei bewegt werden dürfen, müssen sie zusätzlich die Richtlinie des Rates 2010/35/EU (Richtlinie über ortsbewegliche Druckgeräte) [31] erfüllen.

Mäntel von Acetylen-Flaschen dürfen aus geschweißtem Stahl, nahtlosem Stahl oder manchmal aus einer nahtlosen Aluminiumlegierung hergestellt sein. Bei Mänteln aus nahtlosen Aluminiumlegierungen müssen, wie in ISO 7866 angegeben, immer dann, wenn eine Wärmebelastung erforderlich ist, z.B. während der Herstellung des porösen Materials, die daraus resultierenden Änderungen der Eigenschaften der verwendeten Aluminiumlegierung bei Gestaltung und Konstruktion des Mantels berücksichtigt werden.

Die Flaschen sind entweder mit granularem Material (normalerweise nur bei älteren Flaschen) oder einem monolithischen Material gefüllt. Das Acetylen ist in einem Lösemittel, normalerweise Aceton oder DMF, gelöst, und die Flaschen sind mit einem Ventil und einer Schutzvorrichtung für das Ventil (Kappe, Kragen oder Ventilschutzkorb) ausgestattet, sofern das Ventil nicht bestimmte Schlagfestigkeitskriterien erfüllt.

Für bestimmte Anwendungen gibt es eine geringe Anzahl Lösemittelfreier Flaschen.

9.1 Gestaltung von Acetylen-Flaschen

Acetylen-Flaschen haben typischerweise einen Fassungsraum von 3 bis 60 l Wasser. Sie werden als nahtlose oder geschweißte Flaschen gefertigt.

Bezüglich nahtloser Stahlmäntel siehe EN 1964-1 [32] oder ISO 9809-1 [33].

Bezüglich geschweißter Stahlmäntel siehe EN 13322-1 [34] oder ISO 4706 [35].

Einige Acetylen-Flaschen sind mit Schmelzsicherungen ausgerüstet, Dies könnte von der jeweiligen nationalen Gesetzgebung verlangt werden. Die Schmelzsicherungen schmelzen und entlasten dabei den Druck des Flascheninhalts, wenn die Flasche höheren Temperaturen ausgesetzt wird, typischerweise über 107 °C (ISO 3807, Anhang G [36]).

9.2 Gestaltung von Acetylen-Bündeln

Acetylen-Bündel umfassen eine Anzahl von Einzelflaschen, die zur gleichzeitigen Befüllung und Entleerung miteinander verbunden und zur Handhabung mit einem Kran und/oder einem Gabelstapler von einem starren Rahmen umschlossen sind.

Bezüglich Gestaltung, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung von Flaschenbündeln siehe EN 13769 [37] und ISO 10961 [38].

9.3 Gestaltung von Acetylen-Trailern

Flaschenbatterie-Trailer enthalten eine Anzahl von Acetylen-Bündeln, die für den gleichzeitigen Betrieb miteinander verbunden und auf den Rahmen eines Trailers montiert sind, oder eine Batterie von Einzelflaschen, die über eine gemeinsame Leitung zusammengeschlossen sind und dabei den gesamten Trailer umfassen.

Informationen zu Gestaltung bzw. Konstruktion sind EN 13807 [39] zu entnehmen.

Bezüglich weiterer Informationen siehe auch CGA G- 1.6 [40].

9.4 Poröses Material und Lösemittel

Das poröse Material enthält ein Lösemittel (Aceton oder DMF), in dem Acetylen unter Druck gelöst ist.

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

Poröse Materialien für Acetylen-Flaschen und ihre Füllparameter müssen von einer zuständigen Stelle geprüft und zugelassen werden. Die Prüfanforderungen und -bedingungen sind in EN 1800 [1] und ISO 3807 [36] festgelegt.

Die technischen Daten für das poröse Material müssen vom Hersteller der Acetylen-Flaschen bereitgestellt werden. Eine Liste poröser Materialien ist dem Dokument CR 14473 [41] (CEN/TC 23) zu entnehmen (kein Anspruch auf Vollständigkeit).

Die Einhaltung der angegebenen Füllfaktoren für den Lösemittel- und Acetylengehalt (Angabe in kg/l) gewährleisten die sichere Nutzung der Flasche (d.h., mit diesen Fülldaten entsteht kein hydraulischer Druck aufgrund von Überfüllung) bei einer Temperatur von 65 °C und schützen z.B. vor einem durch Flammenrückschlag verursachten Zerfall (siehe ISO 3807 [36], EN 1800 [1], EN 1801 [42]).

9.5 Füllbedingungen

Bezüglich allgemeiner Informationen siehe das EIGA-Dokument Doc 26 [43].

Bezüglich der Füllbedingungen von:

- einzelnen Acetylen-Flaschen siehe EN 1801 [42] und ISO 11372 [44]
- Acetylen-Bündeln siehe EN 12755 [45] und ISO 13088 [46]
- Acetylen-Trailern siehe EN 13720 [47]

Da bei Acetylen-Flaschen abhängig von den Bedingungen bei der Entnahme geringfügige Lösemittelverluste auftreten, muss die Füllmenge des Lösemittels vor dem erneuten Befüllen mit Acetylen kontrolliert und bei Bedarf ergänzt werden.

Acetylen-Bündel und Trailer werden für die Lösemittelergänzung demontiert, wenn sie entweder den maximalen spezifizierten Lösemittelverlust oder eine vorab festgelegte Anzahl von Nutzungen erreicht haben, je nachdem, welches früher eintritt; die entsprechenden Werte sind in der Zulassung für das poröse Material angegeben.

Bei Bündeln mit Aceton wird das Lösemittel normalerweise nach 6 Füllungen ergänzt, bei Bündeln mit DMF nach 100 Füllungen. In der Praxis hängt dies von den Betriebsbedingungen ab.

9.6 Wartung und Prüfung

Bei Acetylen-Flaschen können durch unsachgemäße Behandlung Abnutzung und Verschleiß entstehen. Infolgedessen können Schäden auftreten an:

- Flaschenmantel und/oder Armaturen der Flaschen,
- dem porösen Material,
- Flaschenbündelrahmen und der Verrohrung,
- dem Fußring der Flaschen, z.B. Korrosion zwischen dem Fußring und der Seitenwand der Flasche.

Die Flasche, einschließlich aller an ihr angebauten Teile, muss vor jeder erneuten Füllung auf Unversehrtheit geprüft werden (bezüglich der Prüfanforderungen siehe Kapitel 10.3.1).

Die Flasche muss wiederkehrend gemäß den Anforderungen des ADR geprüft werden (siehe Kapitel 6.2.11.6 und 4.1.4.1 – P200 des ADR).

Bezüglich der Anforderungen an wiederkehrende Prüfungen und die Instandhaltung von Flaschen für gelöstes Acetylen siehe EN 12863 [48] und ISO 10462 [49].

Bezüglich Prüfung und Wartung von Gasflaschenventilen siehe EN 14189 [50] und ISO 22434 [51].

Bezüglich der Vorgehensweise bei blockierten oder nicht funktionsfähigen Ventilen siehe das EIGA-Dokument Doc 129 [52]

(Siehe auch CGA C-13, „Guidelines for periodic visual inspection and requalification of acetylene cylinders“ (Richtlinien für die regelmäßige Sichtprüfung und Neuqualifikation von Acetylen-Flaschen) [53])

9.7 Entsorgung von Acetylen-Flaschen

Zu entsorgende Flaschen müssen unter Einhaltung der einschlägigen nationalen Bestimmungen des Umweltrechts behandelt werden, da sie wegen ihres Lösemittels und in einigen Fällen aufgrund ihres asbesthaltigen porösen Materials (normalerweise weniger als 1 % des Gesamtvolumens der Flasche) als gefährlicher Abfall eingestuft sind (Nr. 15.01.11 des Europäischen Abfallkatalogs).

Bezüglich Richtlinien zur Entsorgung von Acetylen-Flaschen siehe das EIGA-Dokument Doc 05 [54].

9.8 Ventile für Acetylen-Flaschen

Ventile für Acetylen-Flaschen haben den Vorschriften des jeweiligen Landes zu entsprechen (z.B. verschiedene Anschlussstutzen in den einzelnen Ländern).

Bezüglich Spezifikation, Typprüfung und Herstellung von Ventilen für Acetylen-Flaschen siehe EN ISO 10297 [55].

Damit Flaschen mit TT-Kennzeichnung (gem. RL 2010/35/EU [31]) uneingeschränkt in der EU genutzt werden dürfen, benötigen Sie ein Ventil, das ebenfalls über eine TT-Kennzeichnung verfügt.

Bezüglich Herstellung, Tests und Prüfungen von Ventilen siehe EN ISO 14246[56].

Einige Flaschen können mit Restdruckventilen mit Rückschlag-Funktion (ISO 15996) [57] oder mit einem Ventil mit integriertem Druckregler ausgestattet sein (ISO 22435) [58]. Diese Ventile dürfen nur von sachkundigen Mitarbeitern repariert und überholt werden, die in der Reparatur von Ventilen dieser Art geschult sind.

9.9 Zubehör für Acetylen-Flaschen

Die Ventile von Acetylen-Flaschen müssen vor Beschädigungen durch Stöße oder Aufprall geschützt sein, um einen unkontrollierten Gasaustritt zu verhindern. Dies kann durch eine entsprechende

Festigkeit des Ventils oder durch eine Ventilschutzkappe oder einen Ventilschutzkorb erreicht werden. Einzelheiten sind EN 962 [59] und ISO 11117 [60] zu entnehmen.

9.10 Kennzeichnung von Acetylen-Flaschen

Anforderungen an die Kennzeichnung der Flaschen sind im ADR festgelegt; hierzu gehören:

- die Zulassungskennzeichen;
- die erforderlichen Kennzeichnungen, die zum Zeitpunkt der Herstellung auf die Flaschenschulter oder auf eine dauerhaft befestigte Metallplatte geprägt werden müssen;
- die erforderlichen Kennzeichnungsdaten, die dauerhaft mittels Lackierung oder Etiketten auf der Flasche zu sehen sein müssen; und
- die Gefahrgutkennzeichnung für den Transport

Bezüglich der Farbcodierung siehe EN 1089-3 [61].

10 Füllung

10.1 Verdichtung/Kompressoren

Acetylen-Kompressoren sind normalerweise langsam laufende, mehrstufige Maschinen mit Wasser- oder Luftkühlungssystemen, die das Acetylen vom Acetylen-Entwicklerdruck auf den endgültigen Fülldruck verdichten. Acetylen-Kompressoren müssen speziell für den Acetylen-Betrieb konzipiert und gebaut sein.

10.1.1 Konzeption

Allgemeine Anforderungen und Empfehlungen

Acetylen-Kompressoren müssen speziell für den Acetylen-Betrieb konzipiert und gebaut sein und alle ihre Komponenten müssen so konzipiert sein, dass sie den im Betrieb auftretenden Belastungen standhalten.

Acetylen-Kompressoren müssen so konzipiert und gebaut sein, dass:

- Acetylen/Luft-Gemische gespült werden können;
- während des Normalbetriebs keine Luft eindringen kann; und
- die Gastemperatur innerhalb des Kompressors 140 °C nicht überschreitet.

Acetylen-Kompressoren müssen hinter jeder Verdichtungsstufe mit einem Kühlsystem ausgerüstet sein. Die Kühlsysteme müssen sicherstellen, dass:

- während des Normalbetriebs keine Temperaturen auftreten können, bei denen die Wahrscheinlichkeit besteht, dass sie zu einem Zerfall des Acetylens führen (bei ölgeschmierten Kompressoren ist dies erreicht, wenn die Ausgangstemperatur 70 °C nicht überschreitet);
- die Acetylen-Temperatur den sicheren Betrieb der nachgeschalteten Einrichtungen nicht beeinträchtigt;
- nach dem Kühlsystem der letzten Verdichtungsstufe ein Temperaturanzeigergerät installiert ist.

Werkstoffe müssen allen mechanischen, chemischen und thermischen Belastungen standhalten, die auftreten können, und sie müssen so konzipiert sein, dass sie nicht in gefährlicher Weise mit Acetylen sowie mit Carbidrückständen reagieren, sofern sie diesen ausgesetzt sein können (Einzelheiten siehe Abschnitt 6.2). Wenn Riemen zum Antreiben der Acetylen-Kompressoren verwendet werden, dürfen diese keine elektrostatische Aufladung erzeugen.

Kondensatabscheider und andere Behälter in Acetylen-Kompressoren müssen jeweils an ihrem tiefsten Punkt mit Ablassventilvorrichtungen ausgestattet sein.

Die Rohrleitungen an der Eintritts- und Austrittsseite jedes Kompressors müssen mit leicht zugänglichen Absperrventilen ausgestattet sein.

Ablassleitungen von Ölabscheidern, Kondensatfallen und Trocknern müssen zu einem sicheren, von allen Zündquellen und brennbaren Materialien entfernten Ort geführt werden.

10.1.2 Zubehör

Druckbegrenzungseinrichtungen

Acetylen-Kompressoren müssen mit Druckbegrenzungseinrichtungen ausgerüstet sein, die den Kompressor abschalten und ein Alarmsignal betätigen, wenn:

- der Saugdruck unter 5 mbar g fällt,
- der maximale Austrittsdruck überschritten wird (25 bar g).

Der maximale Betriebsdruck muss an der Druckbegrenzungseinrichtung der Hochdruck-Verdichtungsstufe einstellbar sein, um die Bildung von flüssigem Acetylen zu vermeiden (siehe Abschnitt 5.6).

Jede Verdichtungsstufe muss mit einem geeigneten Sicherheitsventil ausgerüstet sein, das nicht abgesperrt werden kann. Sicherheitsventile müssen durch ihre Konstruktionsweise und Einstellung verhindern, dass der maximale Betriebsdruck um mehr als 10 % überschritten wird, und ihre Nennleistung muss mindestens so hoch sein wie die Nennleistung der zugehörigen Verdichtungsstufe.

Die Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen dürfen nicht zu einer Druck- und Durchflussverringerung bis zu ihren Austrittspunkten führen, und die Austrittspunkte müssen außerhalb des Kompressorraums angeordnet sein.

Jede Verdichtungsstufe muss mit einer Druckmess-/Druckanzeigevorrichtung ausgerüstet sein, auf der der maximale Betriebsdruck markiert ist.

Kennzeichnungsangaben von Kompressoren

Acetylen-Kompressoren sollen dauerhaft mit den folgenden Angaben gekennzeichnet sein

- Typ;
- Hersteller und Seriennummer des Herstellers;
- Baujahr;
- Durchflussleistung;
- maximaler Betriebsdruck;
- Saugdruck;
- Leistungsaufnahme;
- Daten der Typgenehmigung.

10.1.3 Betrieb

Um eine Verflüssigung (Kondensation) des Acetylens zu verhindern, muss sorgfältig sichergestellt werden, dass der Betriebsdruck in allen Teilen des Hochdrucksystems bei der jeweiligen Acetylen-Temperatur die in Tabelle 7 angegebenen Werte nicht überschreitet. Diese Werte wurden empirisch ermittelt, um die Kühlwirkung der Gasausdehnung und die Wärmeübertragung auf angrenzende Rohrleitungen zu berücksichtigen, die zu einer allmählichen Absenkung der Gastemperatur führen.

Die in Abschnitt 5.6 angegebenen Drücke und Temperaturen wurden unter theoretischen statischen Bedingungen abgeleitet und sollen für betriebliche Bedingungen nicht verwendet werden.

Die Verwendung von Umwälzventilen zur Rückleitung des Gases aus den Zuleitungsrohren zur Saugseite sowie zur Regelung der maximalen Durchflussrate des Kompressors ist aufgrund des Risikos einer Verflüssigung des Acetylens nicht zu empfehlen, denn dies ist als Ursache für Explosionen in der ersten Stufe des Kompressors bekannt.

Tabelle 7: Maximaler Betriebsdruck im Vergleich zur Gastemperatur

Gastemperatur (°C)	Maximaler Druck (bar g)
+8	25
+5	23
0	20
-5	17
-10	14,5
-20	10

10.2 Acetylen-Wärmetauscher, -Trockner und -Hochdruckreiniger

10.2.1 Konzeption

Allgemeine Anforderungen

Acetylen-Wärmetauscher („Acetylene Heat Exchangers“, AHE), Acetylen-Trockner („Acetylene Dryers“, AD) und Acetylen-Reiniger („Acetylene Purifiers“, AP) müssen speziell für den Acetylen-Betrieb konzipiert und gebaut sein und alle ihre Komponenten müssen so ausgelegt sein, dass sie den im Betrieb auftretenden Belastungen standhalten.

AHEs, ADs und APs müssen so gebaut, ausgerüstet und betrieben werden, dass:

- alle leeren Hohlräume innerhalb der Systeme, die verdichtetes Acetylen enthalten, auf das mit dem Betrieb der Systeme vereinbare Minimum reduziert werden;
- Acetylen/Luft-Gemische gespült werden können;
- während des Betriebs keine Luft eindringen kann;
- während des Betriebs auftretende Drücke und Temperaturen nicht einen Zerfall des Acetylens verursachen können.

Trocknungs- und Reinigungsmittel dürfen nicht in gefährlicher Weise mit Acetylen und dessen Verunreinigungen reagieren.

Werkstoffe müssen allen mechanischen, chemischen und thermischen Belastungen standhalten, die auftreten können, und sie müssen so konzipiert sein, dass sie nicht in gefährlicher Weise mit Acetylen dessen Verunreinigungen reagieren, sofern sie diesen ausgesetzt sein könnten (Einzelheiten siehe Abschnitt 6.2). Dies gilt auch für die AHE-Kühleinheiten (Kühler oder „Chiller“) für den Fall, dass Acetylen unter den Bedingungen einer Störung in das Kühlmedium gelangt.

AHEs, ADs und APs müssen innen und außen vor Korrosion geschützt sein.

Luftregenerationssysteme (Reiniger) müssen vom Prozess getrennt und gegenseitig verriegelt sein.

10.2.2 Zubehör

Druckbegrenzungseinrichtungen

AHE, AD, AP sind im Allgemeinen nicht mit Druckbegrenzungseinrichtungen ausgerüstet. Deshalb ist es erforderlich, dass sie entweder in Systemen betrieben werden, in denen Vorrichtungen installiert sind, die ein Überschreiten des maximal zulässigen Betriebsdrucks der Geräte verhindern, oder sie müssen in der Lage sein, dem Zerfallsdruck standzuhalten.

Messen/Anzeigen von Druck/Temperatur

AHEs, ADs und AP müssen mit Druckanzeige- und Temperaturanzeigeeinrichtungen ausgerüstet werden, wenn dies zur Beurteilung ihres korrekten Betriebs als notwendig angesehen wird.

Kennzeichnungsdaten

Jeder AHE, AD und AP muss dauerhaft mit den folgenden Angaben gekennzeichnet sein:

- Hersteller;
- Typbeschreibung;
- Nummer des Herstellers und Baujahr;
- Durchflussleistung;
- maximaler Betriebsdruck; und
- Typgenehmigungsdaten, sofern verfügbar.

10.2.3 Auslegung und Prüfungen

Alle Acetylen ausgesetzten Teile von AHEs, ADs und APs müssen so ausgelegt sein, dass sie Prüfdrücken mit einem Sicherheitsfaktor von 1,1 gegenüber ihrer Streckgrenze standhalten.

AHEs, ADs und APs, welche mit Niederdruck arbeiten, müssen für einen Mindest-Prüfdruck von 1 bar g ausgelegt sein.

AHEs, ADs und APs, welche mit Mitteldruck arbeiten und mit einer Berstscheibe ausgerüstet sind, müssen für einen Mindest-Prüfdruck von 5 bar g ausgelegt sein. Die wirksame Fläche der Berstscheibe muss mindestens betragen:

$$F \geq 300 * V^{2/3} \text{ (cm}^2\text{)}$$

mit V = freies Gasvolumen in m³.

Der Berst-Aktivierungsdruck darf nicht höher als 4,5 bar g sein.

Wenn bei Mitteldruck arbeitende AHEs, ADs und APs nicht mit Berstscheiben ausgerüstet sind, muss die Einrichtung für einen Mindest-Prüfdruck von 24 bar g ausgelegt sein.

AHEs, ADs und APs, welche mit Hochdruck arbeiten, müssen für einen Mindest-Prüfdruck von 300 bar g ausgelegt sein.

Bezüglich der Auslegung von Rohrleitungen siehe Kapitel 11.

10.2.4 Betrieb und Wartung

Allgemeine Anforderungen

Zu beachten sind die in Kapitel 6.5 beschriebenen relevanten Anforderungen.

Zusätzliche Anforderungen

Trocknung durch Adsorptionsmittel

Vor der HD-Trocknung empfiehlt es sich, eine wirksame Reinigung und Kondensatabscheidung des Gases durchzuführen, insbesondere wenn Silicagel oder aktiviertes Aluminiumoxid (Tonerde) eingesetzt wird, um eine Qualitätsverschlechterung dieser Produkte durch Verunreinigungen im Acetylen zu vermeiden.

Zum Auffangen von Öldämpfen oberhalb des Trockners soll ein Filter verwendet werden.

Unterhalb des Trockners soll ein Staubfilter eingebaut werden.

Temperaturanzeigergeräte sollen unterhalb des Trockners eingebaut werden, um die Temperatur des Regenerationsgases zu kontrollieren, sowie oberhalb des Trockners, um die Temperatur des Acetylen-Gases zu kontrollieren.

Es empfiehlt sich, zur Überwachung der Wirksamkeit des Trockners Feuchtigkeitsmessungen durchzuführen.

Trocknung durch Calciumchlorid

Die vom Hersteller bereitgestellte Spezifikation des als Trocknungsmittel verwendeten Materials muss überprüft werden. Die Verwendung einer Korngröße, die die Entwässerungsröhre verstopfen kann, ist zu vermeiden.

In Hochdruck-Trocknern muss die Calciumchlorid-Füllhöhe in der Einrichtung häufig kontrolliert werden, um einen eventuell entstandenen Hohlraum rechtzeitig zu erkennen. Der maximal zulässige Wert entspricht einem Hohlraum von 10 % des Innenvolumens des Trockners (maximal 3 Liter).

Die in dem Trockner eingeschlossene Flüssigkeit (Wasser und Calciumchlorid-Reste) muss regelmäßig in von den Betriebsbedingungen abhängigen Abständen abgelassen werden.

Die Hochdruck-Trocknung kann erheblich verbessert werden, indem unterhalb des Hochdruck-Trockners Gegendruckregler eingebaut werden.

10.2.5 Regenerierung von Trocknungsmitteln

Die Regenerierung unter Anwendung der Druckwechsellmethode (Molekularsieb) wird vorzugsweise mit Acetylen bei einem Druck von nicht mehr als 0,5 bar g und einer Temperatur von nicht mehr als 200 °C durchgeführt.

Die Regenerierung unter Anwendung der Temperaturwechsellmethode erfolgt vorzugsweise mit Stickstoff oder Stickstoff und Luft.

Wenn Adsorptionsmittel mit Luft regeneriert werden, darf das Spülen mit Luft und Erwärmen des Adsorptionsmittels erst beginnen, nachdem die Acetylen-Konzentration im Abgas unter dessen Explosionsgrenze gefallen ist.

Nach dem Regenerieren des Adsorptionsmittels muss es auf Umgebungstemperatur abgekühlt werden, bevor die erneute Verdichtung beginnt, indem es bei Niederdruck mit trockenem Acetylen bei

Umgebungstemperatur gespült wird. Das Acetylen-Spülgas soll zur Saugseite des Acetylen-Kompressors zurückgeleitet werden.

Die Verwendung von Stickstoff zum Regenerieren des Trockners erfordert besondere Vorsichtsmaßnahmen, da die adiabatische Kompressionswärme des Gemischs aus Acetylen und Stickstoff die Zerfallstemperatur von Acetylen erreichen kann. Die erzeugte Adsorptionswärme trägt zusätzlich zur Erwärmung bei. Deshalb muss zum Entfernen des Stickstoffs Acetylen durch das System geleitet werden, bevor der Trockner erneut unter Druck gesetzt wird.

10.3 Lösemittelergänzung

10.3.1 Inspektion vor dem Füllen

Um eine sichere Handhabung der Flaschen im Acetylen-Werk (Abfüllanlage) und die Auslieferung eines sicheren Produkts an den Kunden zu gewährleisten, ist es entscheidend, dass alle Flaschen vor dem Ergänzen des Lösemittels und dem Füllen mit Acetylen einer Inspektion unterzogen werden. (Siehe EN 12754 [62]).

Acetylen-Flaschen dürfen nur mit Lösemittel ergänzt und mit Acetylen gefüllt werden, wenn:

- sie mit dem Prüfstempel der benannten Stelle gekennzeichnet sind;
- die Flaschen ihr Fälligkeitsdatum für eine erneute Prüfung nicht überschritten haben;
- sie keine äußeren Defekte am Mantel, am Ventil, an der Schutzhaube oder an anderen Armaturen aufweisen;
- der erforderliche Stempel/Prägestempel, Etiketten und Farbcodierungsdaten vorhanden sind.

Flaschen, die für den weiteren Einsatz untauglich sind, dürfen nicht mit Lösemittel ergänzt und mit Acetylen gefüllt werden, sondern müssen zur weiteren Untersuchung in einen Quarantänebereich gebracht werden. Nachfolgend werden Beispiele für Flaschen aufgeführt, die nicht direkt mit Lösemittel ergänzt oder mit Acetylen gefüllt werden dürfen. Dies betrifft Flaschen:

- die nicht eindeutig als Flaschen für gelöstes Acetylen identifiziert werden können;
- mit äußeren Defekten (darunter Lichtbogeneinschlag, große Dellen oder Anzeichen eines Brands am Flaschenmantel, erhebliche Korrosion);
- mit einem übermäßigen Lösemittelverlust (mehr als 10 % der Aceton-Nennmenge);
- mit Ventilen in einem nicht funktionsfähigen Zustand (z.B. blockierte Ventile, beschädigte Gewinde). In diesem Fall muss das Ventil ausgetauscht werden;
- die vom Kunden mit offenen Ventilen zurückgegeben wurden;
- deren Inspektionsdatum (oder in einigen Ländern das Datum der erneuten Prüfung) fehlt, unleserlich ist oder überschritten wurde. In diesem Fall muss die wiederkehrende Prüfung durchgeführt werden (siehe EN 12863 [48]);
- mit fehlenden oder nicht lesbaren gesetzlich vorgeschriebenen Angaben zu ihrer Identität oder betriebsrelevanten Kennzeichnungen (z.B. Bezeichnung des porösen Materials, Lösemittel, Tara usw.);
- deren Befüllung nicht mehr zulässig ist (aus dem Verkehr gezogene Flaschen);
- deren Zubehör in schlechtem Zustand ist (z.B. Kappe, Schutzhaube, Fußring, Schmelzsicherung);
- die dem Acetylen-Werk nicht bekannt sind.

Die Verfahren des Acetylen-Werks müssen alle Fälle ausdrücklich angeben, in denen Flaschen nicht direkt wieder aufgefüllt bzw. mit Lösemittel ergänzt werden dürfen.

Vor dem Füllen muss kontrolliert werden, dass Acetylen-Bündel und Acetylen-Trailer (einschließlich Rahmen, Flaschen und Anschlüssen) in einem sicheren Zustand sind und keine sichtbaren Mängel aufweisen.

Es muss überprüft werden, dass eine Befüllung des Bündels oder des Batteriefahrzeugs (Trailers) im Land der Füllstation zulässig ist, dass bei dem Bündel kein Prüfdatum überschritten ist und, sofern zutreffend, die Anzahl der Nachfüllung den vorgeschriebenen Wert nicht überschritten hat. Weitere Anforderungen werden in EN 12755 [45] und EN 13720 [47] beschrieben.

Die Aufzeichnungen zu Dokumentationszwecken für den Acetylen-Trailer und die Acetylen-Bündel müssen in der Füllstation verfügbar sein.

Wenn das Prüfdatum des Bündels oder des Batteriefahrzeugs (Trailers) überschritten ist, muss eine wiederkehrende Prüfung durchgeführt werden.

10.3.2 Warum ist die Lösemittelergänzung notwendig?

Alle Acetylen-Flaschen sind für eine bestimmte Acetylen-Füllung ausgelegt und zugelassen, die Gasmenge wird im Verhältnis zur Nennmenge eines Lösemittels festgelegt. Die Einhaltung des zugelassenen Verhältnisses von Gasmenge/Nennmenge des Lösemittels ist eine der Voraussetzungen für den sicheren Betrieb der Flasche.

Eine zu große Lösemittelmenge kann zu einer hydraulisch vollen Flasche führen, die, wenn sie einem Temperaturanstieg ausgesetzt ist, extrem hohe Innendrücke entwickeln kann. Eine unzureichende Menge Lösemittel führt dazu, dass die Flasche eine geringere Beständigkeit gegen Zerfall aufgrund von Flammenrückschlag aufweist.

Die Lösemittelergänzung von Acetylen-Flaschen ist von entscheidender Bedeutung. Dieser Arbeitsschritt muss deshalb systematisch und sorgfältig durchgeführt werden, bevor die Flaschen erneut mit Gas befüllt werden.

Auf jedem Flaschentyp ist das Tara-Gewicht aufgeprägt (bezüglich der Definitionen der Tara-Gewichte siehe Abschnitt 3).

Vor dem Füllen der Flaschen mit Acetylen muss mittels Kontrollen sichergestellt werden, dass die Lösemittelmenge innerhalb der spezifizierten Parameter liegt, indem das Gewicht der vom Kunden zurückgegebenen Flasche mit dem auf der Flasche angegebenen Tara-Gewicht verglichen wird. Dies kann mit folgender Methode erreicht werden:

- Entweder
 - wird das Gas in der Flasche in den Gasspeicher entleert. In diesem Fall soll das Gewicht der Flasche der Tara entsprechen, da sie (abgesehen vom Sättigungsgas) kein Gas enthält). Wenn es kleiner als die Tara ist, muss zusätzliches Lösemittel bis zur Tara hinzugegeben werden. Diese Methode wird häufig in Werken mit geringer Kapazität angewendet.¹
 - das in der Flasche enthaltene Restgas wird ermittelt. In diesem Fall wird die Menge des Restgases vom gemessenen Gewicht der Flasche abgezogen. Diese vom Tara-Gewicht der Flasche abgezogene Gewichts Differenz entspricht dem Verlust/dem Überschuss des Lösemittels. Wenn das auf diese Weise erhaltene Ergebnis kleiner als die Tara ist, wird zusätzliches Lösemittel in die Flasche zugegeben. Dies ist die am häufigsten angewendete Methode.

Die so beschriebene Methode ermöglicht eine Ergänzungsfüllung (auch „On-Top-Befüllung“), d.h., das bereits in den Flaschen enthaltene Gas verbleibt darin.

Flaschen, die noch einen Überschuss an Lösemittel aufweisen, könnten verunreinigt sein und dürfen nicht befüllt werden. Sie müssen zur weiteren Untersuchung an einen separaten Ort gebracht werden.

¹ IGV: Dieses Verfahren ist in Deutschland nicht anzuwenden.

10.3.3 Lösemittelverlust

Während des Gebrauchs verliert eine Acetylen-Flasche einen Teil ihres Lösemittels aus folgenden Gründen:

- *Flüchtigkeit des Lösemittels.* Ein gewisser Verlust an Lösemittel ist normal. Bei Aceton beträgt die durchschnittliche Verlustrate in einem Land mit gemäßigttem Klima ca. 60 g je kg entnommenes Acetylen. In einem warmen Klima kann die Verlustrate bis auf 100 g je kg entnommenes Acetylen ansteigen.

Die Flüchtigkeit von Aceton ist höher als die von Dimethylformamid (DMF). Aceton wird im Allgemeinen für Einzelflaschen und Bündel verwendet, DMF kommt in Flaschenbündeln und Batteriefahrzeugen (Trailern) zum Einsatz.

In einigen Fällen kann jedoch auch bei Einzelflaschen DMF für bestimmte Anwendungen eingesetzt werden. Aceton kann generell für Bündel verwendet werden.

- *Das Phänomen des sogenannten „Spuckens“.* Spucken tritt auf, wenn Lösemittel bei der Gasentnahme im Gasstrom mitgerissen wird. Dieses Phänomen tritt vornehmlich beim Einsatz von Aceton als Lösemittel auf. Beim Lösemittel-Spucken handelt es sich nicht um ein normales Phänomen. Es kann durch eine zu hohe Entnahmerate während des Gebrauchs, Defekte im porösen Material oder einen Lösemittelüberschuss in der Flasche verursacht werden.

10.3.4 Grundsätze der Lösemittelergänzung

Vor dem Füllen einer Acetylen-Flasche müssen das Gewicht des in der Flasche vorhandenen Lösemittels und Acetylens anhand von Gewichts-, Druck- und Temperaturkontrollen ermittelt werden. Hierzu müssen Informationen bereitgestellt werden, um das Gewicht des in der Flasche vorhandenen Acetylens im Verhältnis zu Druck und Temperatur zu bestimmen. Diese Informationen können in verschiedenen Formen für jede Flaschegröße und jeden Flaschentyp dargestellt werden, beispielsweise in Tabellen, Diagrammen oder Computerprogrammen.

Zur Bestimmung des Restgasgehalts im Verhältnis zu Temperatur und Druck dürfen die Formeln in EN 1801 [42] verwendet werden. Sie sollen nicht für Flaschen mit einem Restdruck über 6 bar g verwendet werden, da die Formel oberhalb dieses Drucks nicht genau ist.

Flaschen mit Restgas

Es gibt zwei Möglichkeiten:

- Entleeren in den Gasspeicher oder die Niederdruckanlage (siehe Abschnitt 8.6). Dieses Verfahren steht zur Verfügung, wenn ein mit Niederdruck arbeitender Acetylen-Entwickler verwendet wird. Gewicht und Druck der Flasche werden kontrolliert (der Druck muss immer unter Verwendung eines Manometers überprüft werden, jedoch niemals durch Öffnen des Flaschenventils direkt in die Luft, da sich das Gas entzünden kann); anschließend werden die Flaschen an einen speziellen Entleerungsstand angeschlossen, um das Gas zur Rückgewinnung in den Gasspeicher oder die Niederdruckanlage zu entleeren. Wenn das Gas vollständig aus den Flaschen entleert ist, wird ihr Druck erneut mittels eines Manometers kontrolliert, und sie werden erneut gewogen.
- Ohne Entleeren der Flasche

Dies ist der allgemein übliche Fall, da Kunden die Gasflaschen üblicherweise mit einem Restgasdruck zurückgeben. Vor dem Füllen einer Flasche muss der Lösemittelgehalt durch Berechnen des Restgases aus Druck und Temperatur ermittelt werden. Diese Restgasmenge muss zum Berechnen der fehlenden Lösemittelmenge verwendet werden. Zur Angabe von Druck, Temperatur und Menge des Restgases in der Flasche für den jeweiligen Flaschentyp

werden verschiedene Techniken und Systeme angewendet, beispielsweise Tabellen, Diagramme und Computer-Software.

Acetylen-Flaschen benötigen Zeit, um die Gleichgewichtstemperatur zu erreichen. Daher soll eine zusätzliche Wartezeit vorgesehen werden, insbesondere wenn die Temperatur sehr niedrig und der Druck sehr hoch ist.

Anmerkung: Acetylenflaschen, die mit einem Restgasdruck >6 bar g zur Wiederbefüllung angeliefert werden, sind zuvor auf einen Restdruck unter 6 bar g abzusenken, damit Restgas und der Lösemittelverlust exakt gemessen werden können. Das Lösemittel kann anschließend auf den korrekten Wert ergänzt werden, bevor die Flasche erneut mit Acetylen gefüllt wird.

Flaschen ohne Restgas

Eine Flasche, die von einem Kunden ohne Restgas zurückgegeben wird, muss vorsichtig behandelt werden. Sofern der Kunde nicht das gesamte Gas aufgebraucht hat, besteht die Möglichkeit, dass bei solchen Flaschen die Ventile offen gelassen wurden. Diese Flaschen können Luft enthalten, die vor der endgültigen Füllung mit Acetylen entfernt werden muss.

Folglich soll die Flasche nicht sofort erneut gefüllt werden, wenn:

- Sie mit offenem Ventil an das Werk zurückgegeben wird; oder
- Der Restgasdruck sehr niedrig ist – niedriger als 0,1 bar g – und die fehlende Lösemittelmenge größer als 250 g/kg Acetylen beträgt. Dies entspricht einer fehlenden Menge von 1,5 kg Aceton bei einer Flasche, die 6 kg Acetylen enthält.

In diesen beiden Fällen sollen die Flaschen wie folgt behandelt werden:

- Erstes Füllen mit Acetylen auf 4 bis 5 bar g.
- Abblasen in die Atmosphäre, um mögliche Verunreinigungen zu entfernen.
- Kontrolle der ersten Füllung, einschließlich Kontrolle des Lösemittels, danach Füllen mit Acetylen im normalen Füllprozess.

Flaschen, die in die Atmosphäre entleert werden, müssen an einen speziellen Stand angeschlossen werden, der die enthaltenen Gase in einen sicheren Bereich abbläst.

Sonderfälle

Wenn in der Flasche ein eindeutiger Lösemittelüberschuss vorhanden ist, darf sie nicht mit Acetylen gefüllt werden. Dies kann ermittelt werden, wenn ihre Tara mehr als 100 g je kg Gaskapazität über dem aufgeprägten Tara-Gewicht liegt.

Diese Gewichtsüberschreitung deutet entweder auf einen Lösemittelüberschuss in der Flasche und/oder auf das Vorhandensein einer anderen Flüssigkeit (z.B. Wasser, Öl oder ein anderes Lösemittel, z.B. DMF) hin. In diesem Fall muss der Grund für die Gewichtsüberschreitung der Flasche genauer untersucht werden.

Mögliche Lösungen sind unter anderem:

- Entfernen von Aceton mit einem kontrollierten Verfahren, z.B. Erwärmen und Rückgewinnung des Lösemittels mit anschließender Kontrolle der Tara anhand der ursprünglichen Fertigungsdaten, um zu bestätigen, dass keine flüssigen Verunreinigungen in der Flasche verblieben sind; danach Ergänzen des Lösemittels bis zum ursprünglichen Gewicht.
- Verschrotten der Flasche

10.3.5 Vorgehensweise bei der Lösemittelergänzung

Einzelflaschen

Nachdem die vor dem Befüllen mit Lösemittel notwendigen Kontrollen ausgeführt (siehe 10.3.1) und Flaschen, die nicht direkt aufgefüllt werden dürfen, aussortiert worden sind, soll zum Ergänzen des Lösemittels folgende Vorgehensweise beachtet werden:

- Normalerweise wird angenommen, dass die Temperatur der Flasche gleich wie die Umgebungstemperatur ist. Wenn Flaschen jedoch bei hohen oder sehr niedrigen Temperaturen gelagert wurden, wird empfohlen, dass sie ausreichend lange in dem Bereich, in dem die Lösemittelergänzung durchgeführt wird, gelagert werden, damit sich die Temperatur der Flasche und diejenige der Umgebung angleichen können.
- Die in der Flasche verbliebene Restgasmenge wird unter Berücksichtigung von Druck und Temperatur des Gases ermittelt (siehe EN 1801 [42]).
- Das Gewicht des in der Flasche verbliebenen Acetylens wird vom gemessenen Gesamtgewicht der Flasche abgezogen.
- Das Ergebnis muss von dem aufgeprägten Tara-Gewicht abgezogen werden; die Differenz ist entweder:
 - Null: Die Flasche enthält die korrekte Menge an Lösemittel.
 - Positiv (Tara-Gewicht größer als das Ergebnis): Es fehlt Lösemittel.
 - Negativ (Tara-Gewicht kleiner als das Ergebnis): Dies bedeutet, dass entweder zu viel Lösemittel oder eine andere Flüssigkeit in der Flasche vorhanden ist.
- Bei Bedarf wird Lösemittel hinzugefügt. Wenn der Hersteller des porösen Materials einen maximalen Druck für die Lösemittelergänzung festgelegt hat, muss dieser eingehalten werden.
- Die Flasche wird erneut gewogen, um zu kontrollieren, dass das korrekte Tara-Gewicht wieder hergestellt wurde.

Anmerkung: Bei Flaschen, die mit einem fest installierten Ventilschutz ausgerüstet sind, z.B. einer Schutzkappe oder einer Schutzabdeckung, darf dieser Schutz vor der Lösemittelergänzung nicht entfernt werden, wenn er als Teil des Tara-Gewichts betrachtet wird.

Acetylen-Bündel und -Trailer

Die Lösemittelergänzung von Flaschen, die in Acetylen-Bündeln oder auf Acetylen-Trailern montiert sind, erfordert eine andere Vorgehensweise als die für Einzelflaschen beschriebene. Es ist nicht möglich, die korrekte Ergänzung des Lösemittels für jede Flasche sicherzustellen; daher darf die Lösemittelergänzung für Acetylenbündel und -trailer nicht gemeinsam erfolgen, sondern die Bündel bzw. Trailer müssen demontiert werden, damit das Lösemittel einzeln für jede Flasche ergänzt werden kann. Um eine zu häufige Demontage zu vermeiden, wird durch Verringern der Acetylen-Füllung eine Lösemitteltoleranz angewendet. Weitere Informationen sind in EN 12755 [45] und EN 13720 [47] enthalten.

Wenn das Gewicht des Acetylenbündels oder -trailers kleiner als der spezifizierte Mindestwert des Tara-Gewichts nach Abzug des Gewichts des restlichen Acetylens ist, muss das Acetylen-Bündel oder der Acetylen-Trailer demontiert werden, damit vor dem Befüllen mit Acetylen die Lösemittelergänzung durchgeführt werden kann.

Das Lösemittel wird zu jeder einzelnen Acetylen-Flasche (siehe EN 1801 [42]) bis zur festgelegten Obergrenze für die Sammelbefüllung im Acetylen-Bündel (siehe EN 12755 [45]) oder dem Acetylen-Trailer (siehe EN 13720 [47]) zugegeben.

10.3.6 Geräte und Rohstoffe

Waagen

Waagen müssen mit einem Messbereich ausgewählt werden, der für den Typ der zu füllenden Flasche geeignet ist (maximale Last und Genauigkeit), und sie müssen sichere Füllbedingungen aufrechterhalten (zulässige Füllung/Füllbedingungen für Acetylen-Flaschen – EIGA-Dokument Doc 26 [43]).

Zum Beispiel soll für kleine Flaschen (5 Liter) nicht dieselbe Waage verwendet werden wie für große (50 Liter).

Kleine Flasche Volumen ≤ 6 l Toleranz der Waage ± 20 g	Mittlere Flasche Volumen $6 < \leq 20$ l Toleranz der Waage ± 50 g	Große Flasche Volumen > 20 l Toleranz der Waage ± 100 g
---	--	---

Waagen müssen täglich vor Gebrauch mit Standard-Kalibriergewichten kontrolliert werden. Dies kann eine Flasche mit bekanntem Gewicht sein. Es ist nicht verbindliche Vorschrift, entspricht aber der bewährten Praxis, diese tägliche Kontrolle zu protokollieren. Zusätzlich sollen Waagen von einer Person, die für Genauigkeitskontrollen qualifiziert ist, jährlich kalibriert werden.

Wenn keine Waage mit der geeigneten Toleranz verfügbar ist, muss zum Ausgleich für die höhere Toleranz der Waage das Füllverhältnis verringert werden.

Lösemittel – Allgemeine Empfehlungen

Bei Handhabung und Gebrauch von Lösemitteln müssen die in den Sicherheitsdatenblättern (SDB) festgelegten Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Diese Produkte sind leicht entzündlich (insbesondere Aceton) und haben schädliche Eigenschaften. Bediener müssen immer persönliche Schutzausrüstung (z.B. Schutzbrille, Handschuhe usw.) tragen, wenn sie mit diesen Produkten umgehen.

Die Qualität des Lösemittels ist im Hinblick auf die Befüllung der Flaschen sehr wichtig (siehe Tabelle 8). Die Aufrechterhaltung der Qualität des Lösemittels ist wichtig, um sicherzustellen, dass sich das Acetylen darin gut löst. Beide Lösemittel sind hygroskopisch und absorbieren Wasser, wenn sie der Atmosphäre ausgesetzt sind.

Aceton und DMF dürfen niemals gemischt werden, da es ansonsten unmöglich wäre, den Restgasgehalt oder den Lösemittelverlust zu bestimmen. Im Fall einer versehentlichen Mischung soll die Flasche entweder verschrottet oder zur Aufbereitung an den Hersteller der Flasche zurückgeschickt werden.

Tabelle 8: Eigenschaften und Qualität von Aceton und Dimethylformamid (DMF)

	Aceton	Dimethylformamid (DMF)
Mindestkonzentration (gewichtsbezogen)	99,5 %	99,7 %
Maximaler Wassergehalt	0,3 %	0,03 %
Brechungskoeffizient bei 25 °C		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	0,790 - 0,795	0,954
Spezifisches Gewicht bei 20 °C	0,791	0,959

	Aceton	Dimethylformamid (DMF)
Relative Dampfdichte (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

Es muss farblos und klar sein. Aceton ist äußerst leicht entzündlich und flüchtig und stellt eine mögliche Brandgefahr dar. Eine Belastung durch Aceton kann zu folgenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen:

- Einatmen von Aceton-Dämpfen über einen längeren Zeitraum kann zur Reizung der Atmungsorgane, Kopfschmerzen, Husten und leichten Ohnmachtsanfällen führen.
- Hautkontakt kann Entfettung zur Folge haben und zu Hautentzündungen führen. Zur Vermeidung von Hautkontakt ist undurchlässige Schutzkleidung, beispielsweise Handschuhe, Schürze und Stiefel oder ggf. auch ein Overall aus Neopren oder Butylkautschuk, zu tragen.
- Augenkontakt kann zu schweren 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 mischt sich vollständig mit Wasser und den meisten gängigen Lösemitteln.

Es weist eine Reihe von Eigenschaften auf, die äußerste Vorsicht beim Umgang mit DMF erfordern; insbesondere ist zu beachten:

- DMF hat eine geringe maximale Arbeitsplatzkonzentration (die jeweils geltenden Konzentrationswerte sind den nationalen Normen zu entnehmen).
- 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, insbesondere für Harze, Kunststoffe und Gummi. Deshalb ist bei der Auswahl der Werkstoffe sowohl für das Werk als auch für die Kunden große Vorsicht geboten.

DMF kann brennen und explosive Gemische mit Luft oder Sauerstoff bilden, ist jedoch nicht leicht entzündlich.

10.4 Füllen von Acetylen-Flaschen

10.4.1 Allgemeines

Eine Flasche, ein Bündel oder ein Batteriefahrzeug (Trailer) darf nur gefüllt werden, wenn es die Inspektion vor dem Füllen, wie in Abschnitt 10.3.1 festgelegt, erfolgreich bestanden hat.

Es ist erforderlich, alle Messunsicherheiten zu berücksichtigen, die aufgrund der jeweils unterschiedlichen Genauigkeit der Füllrichtungen auftreten können (z.B. Waagen, Manometer, Temperaturmessung und Methode der Lösemittelergänzung).

Wenn Acetylen-Flaschen auf dem Füllstand platziert werden, sind Vorsichtsmaßnahmen erforderlich, um eine gegenseitige Verunreinigung zwischen DMF und Aceton zu vermeiden. Dazu kann es kommen, wenn Flaschen, die Aceton enthalten, auf einem Stand, der mit der Saugleitung des Kompressors verbunden ist und der möglicherweise auch zum Füllen von DMF enthaltenden Flaschen genutzt wird, zu rasch entleert werden.

Eine Verunreinigung kann auftreten, wenn Flaschen, die unterschiedliche Lösemitteltypen enthalten, auf demselben Stand gefüllt werden. Folglich empfiehlt es sich, Flaschen, die unterschiedliche Lösemitteltypen enthalten, getrennt zu füllen.

Während und nach dem Füllen müssen Acetylen-Flaschen, Acetylen-Bündel und Acetylen-Trailer auf Undichtigkeiten kontrolliert werden. Die Anschlüsse und Ventile an den Flaschen müssen geprüft werden, beispielsweise unter Verwendung einer Lecksuchflüssigkeit; siehe hierzu das EIGA-Dokument Doc 78 [63].

Wenn eine undichte Stelle nicht sofort verschlossen werden kann oder wenn an der Flasche andere Fehler festgestellt werden, von denen eine Gefahr ausgehen könnte, muss der Druck in der Flasche auf einer geeigneten Entleerungsanlage abgebaut werden.

Die Flaschenventile müssen geöffnet werden, bevor die Ventile des Füllstands betätigt werden. Am Ende des Füllvorgangs dürfen die Flaschenventile erst geschlossen werden, nachdem die Ventile des Füllstands geschlossen worden sind.

10.4.2 Kühlung der Flaschen

Während des Befüllens der Acetylen-Flaschen erwärmt die Lösungswärme des Acetylens im Lösemittel die Flasche, und der Druck steigt bis zum Erreichen des maximalen Fülldrucks an, noch bevor die Flasche ihre komplette Acetylen-Füllung aufgenommen hat. Dieses Phänomen ist in den wärmeren Monaten des Jahres stärker ausgeprägt, wenn die Anfangstemperaturen der Flasche so hoch sind, dass sie sich auf die Füllrate auswirken.

Um die Lösungswärme abzuführen und die Flaschen zu kühlen, besteht die Möglichkeit, jeden Füllstand (für Einzelflaschen, Bündel und Trailer) mit Sprühdüsen zum Kühlen auszustatten. Für eine gleichmäßige Befüllung kommt es darauf an, dass die Flaschen eines Füllstands gleichmäßig von der Berieselung erfasst werden. Andernfalls werden die wärmeren, nicht mit Wasser benetzten Flaschen nicht so schnell befüllt wie die von der Berieselung erfassten kühleren Flaschen.

10.4.3 Weitere Empfehlungen

Flaschen

Bei Flaschen mit unterschiedlichen porösen Materialien oder hohen Restgasmengen muss mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden. Flaschen sollen sortiert und in der nachstehend genannten Reihenfolge an den Füllstand angeschlossen werden:

- nach dem Typ des porösen Materials;
- nach der Größe (Fassungsraum);
- nach der Restgasmenge (Druck).

Bündel

Die maximale Anzahl der Füllungen vor der Ergänzung des Lösemittels hängt vom Typ des Lösemittels (Aceton oder DMF) ab und muss für ein Bündel unter Einhaltung von EN 12755 [44] bestimmt werden. Siehe Abschnitt 10.3.5.

Vor dem Füllen ist es erforderlich zu überprüfen, dass *alle* Flaschenventile geöffnet sind.

Jede der Flaschen in dem Bündel muss mit einem Ventil ausgestattet sein. Wenn an dem Bündel ein Hauptventil vorhanden ist, müssen die Flaschenventile während Lagerung und Versand offen gelassen werden. Das Hauptventil am Bündel muss geschlossen werden.

Wenn nationale Vorschriften verlangen, dass die Ventile der einzelnen Flaschen nach dem Füllen geschlossen werden, muss vor dem Schließen ausreichend lange abgewartet werden, bis das Druckgleichgewicht erreicht ist.

Batteriefahrzeuge (Trailer)

Die maximale Anzahl der Füllungen vor der Ergänzung des Lösemittels hängt vom Typ des Lösemittels (Aceton oder DMF) ab und muss für ein Batteriefahrzeug (einen Trailer) unter Einhaltung von EN 13720 [47] bestimmt werden; siehe auch Abschnitt 10.3.5.

Vor dem Füllen ist es erforderlich zu überprüfen, dass *alle* Flaschenventile geöffnet sind.

Nach dem Füllen muss vor dem Schließen der Flaschenventile ausreichend lange abgewartet werden, bis das Druckgleichgewicht hergestellt ist. Bezüglich der Stellung der Ventile (geschlossen oder offen) müssen für Batteriefahrzeuge (Trailer) die gleichen Regeln angewendet werden wie für Bündel.

Es wird empfohlen, über dem Füllbereich für Acetylen-Trailer eine Notberieselungsanlage zu installieren.

10.4.4 Inspektion nach dem Füllen

Für die Inspektion nach dem Füllen gelten die Anforderungen von EN 12754 [62].

Nachdem Einzelflaschen oder Bündel gefüllt wurden, müssen sie gewogen werden, um die Acetylen-Menge zu bestimmen. Für Acetylen-Trailer kann zum Wiegen eine repräsentative Stichprobe der Flaschen ausgewählt werden. Die maximal zulässige Acetylen-Füllung darf nicht überschritten werden. Diese Anforderung gilt für das Gesamtgewicht von Bündeln und Batteriefahrzeugen (Trailern).

Wenn das gemessene Gesamtgewicht nicht den spezifizierten Werten entspricht, müssen die folgenden Alternativen ergriffen werden:

- Wenn die Behälter ihr spezifiziertes Gesamtgewicht nicht erreichen, müssen sie ausgesondert und untersucht werden, bevor sie erneut befüllt werden, oder sie müssen zur Inspektion eingeschickt werden.
- Wenn die Behälter überfüllt sind, müssen sie entweder in den Gasspeicher oder die Saugseite der Kompressoren entleert werden, bis das korrekte Gewicht erreicht ist.

Nach dem Füllen muss die Flasche, einschließlich ihres Ventils, einem Lecktest unterzogen werden. Die Schutzkappe des Ventils muss, sofern vorhanden, angebracht werden. Um ausreichend lange Zeit zu lassen, damit sich das Acetylen gleichmäßig in der gesamten Flasche verteilen kann, sollen Flaschen/Bündel erst mindestens zwölf Stunden nach dem Ende des Füllvorgangs in Betrieb genommen werden; damit soll sichergestellt werden, dass sich die Flasche innerhalb der sicheren Arbeitsgrenzwerte des für den sicheren Betrieb geltenden Diagramms befindet. Siehe das EIGA-Dokument Doc 26 [43].

10.5 Füllstand und Rohrleitungssystem – Auslegungs- und Konstruktionsvorschriften

10.5.1 Allgemeines

Obwohl der Druck in Füllständen normalerweise 25 bar g nicht überschreitet, müssen die im Fall eines Acetylen-Zerfalls erzeugten Drücke bei der Auslegung dieser Füllstände sowie der zugehörigen Bauteile und Rohre berücksichtigt werden.

Die Füllstände und ihre Hilfseinrichtungen, darunter Ventile, Schlauchleitungen und Anschlüsse, müssen für einen sicheren Betrieb in Arbeitsbereich III (detonationssicher) ausgelegt sein.

Bezüglich der Auslegungs- und Konstruktionsvorschriften für das Rohrleitungssystem (Rohre in den Arbeitsbereichen I bis III) oder die zugehörige Ausrüstung, u. a. Ventile, Anschlüsse, Manometer und Schlauchleitungen, siehe Kapitel 11.

10.5.2 Zerfallssperren

Allgemeines

Acetylen ist sehr empfindlich in Bezug auf Zerfall, insbesondere wenn es sehr trocken ist, und es benötigt nur eine sehr geringe Menge an Energie, um sich zu entzünden und zu zerfallen. Aus diesen Gründen ist es erforderlich, plötzliche Richtungsänderungen des Gasflusses (wie sie in zu engen Rohrkrümmungen auftreten) oder Störungen der Durchflussrate (zum Beispiel eine plötzliche Änderung des Durchmessers oder mitgeführte Partikel) zu vermeiden. Diese Störungen oder schockartig auftretenden Ereignisse könnten zur Auslösung eines Zerfalls und einer Detonation führen. Diese Bereiche können auch die von einer Detonation ausgehende Druckwelle reflektieren. Wenn die Druckwelle reflektiert wird, erhöht sich der Explosionsdruck signifikant.

Um die Fortpflanzung eines Acetylen-Zerfalls oder einer Detonation durch die gesamten Hochdruckleitungen in einem Acetylen-Werk zu vermeiden, müssen Zerfallssperren installiert werden.

Zerfallssperren sind Sicherheitseinrichtungen, die den Hochdruckteil von Füllstationen vor den Gefahren eines Acetylen-Zerfalls schützen. Hierbei ist entscheidend, dass bei Auftreten eines Zerfalls die Flamme gelöscht und der Acetylen-Strom unterbrochen wird.

Um die Wirksamkeit von Zerfallssperren festzustellen, erfolgt eine Prüfung mit ruhendem Acetylen bei maximalem Betriebsdruck.

In der Praxis kann ein Zerfall jedoch sowohl in unbewegtem als auch in strömendem Acetylen vorkommen, und er kann entweder als Deflagration oder als Detonation auftreten. Folglich müssen Zerfallssperren unter allen diesen Bedingungen wirksam sein. Es wurde gezeigt, dass bei Zerfallssperren, die einem in strömendem Acetylen hervorgerufenen Zerfall ausgesetzt waren, Folgendes eintritt:

- Beim Löschen des ursprünglichen Zerfalls nimmt das Löschmedium der Zersperre die Wärme aus der Flammenfront auf, und in dem Löschmedium wird ein heißer Bereich erzeugt.
- Ein fortgesetzter Acetylen-Strom über den heißen Bereich führt zu weiterem Zerfall des nachströmenden Acetylens. Dieser Effekt kann schließlich zum Durchschlagen der Zersperre führen bei dem das Gas auf der Anströmseite gezündet wird
- Die Unterbrechung des Acetylen-Flusses unmittelbar nach dem ursprünglichen Zerfall ist die beste Methode um eine anströmseitige Zündung des Gases und damit einen fortschreitenden Zerfall im Leitungssystem zu verhindern

Infolgedessen gilt:

- Eine Zersperre muss entweder selbst den Acetylen-Strom unterbrechen, oder sie muss zusammen mit einer an einer geeigneten Stelle angebrachten Absperrvorrichtung verwendet werden.
- Die Unterbrechung des Acetylen-Stroms muss automatisch durch den ursprünglichen Zerfall ausgelöst werden, da die Zeit bis zum Auftreten einer erneuten Entzündung für eine manuelle Betätigung zu kurz sein könnte. Es ist auch möglich, dass der ursprüngliche Zerfall nicht zu hören oder zu sehen ist.

Zersperren und Vorrichtungen zum Unterbrechen des Acetylen-Stroms müssen möglicherweise unter statischen Bedingungen geprüft werden, um ihre Wirksamkeit nachzuweisen (siehe EN ISO 15615 [11]). Es gibt verschiedene Bauarten von Zersperren (Sintermetallkörper, Raschig-Ringe usw.). Die beiden Funktionen der Vorrichtung (Aufhalten des Zerfalls und Unterbrechung des Acetylen-Stroms) dürfen in derselben Einheit integriert werden.

Anforderungen

Eine Zersperre mit Vorrichtung zum Unterbrechen des Acetylen-Stroms muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Verhindern, dass sich ein Zerfall in einer Hochdruck-Rohrleitung oder Rohrleitungskomponente auf andere Teile des Rohrleitungssystems ausbreitet.
- Die Acetylen-Zerfallsprüfungen (bei 6 bar und 25 bar) bestehen, wie in dem in EN ISO 15615 [12] beschriebenen Verfahren vorgegeben.

Diese beiden Anforderungen gelten für alle Arten von Zersperren (solche in Acetylen-Hochdruckleitungen und solche, die in Schlauchkupplungen von Füllständen eingebaut sind).

Die Vorrichtung zum Unterbrechen des Acetylen-Stroms muss automatisch durch Temperaturanstieg oder von Druckanstieg ausgelöst werden.

10.5.3 Installation und Gebrauch von Zersperren

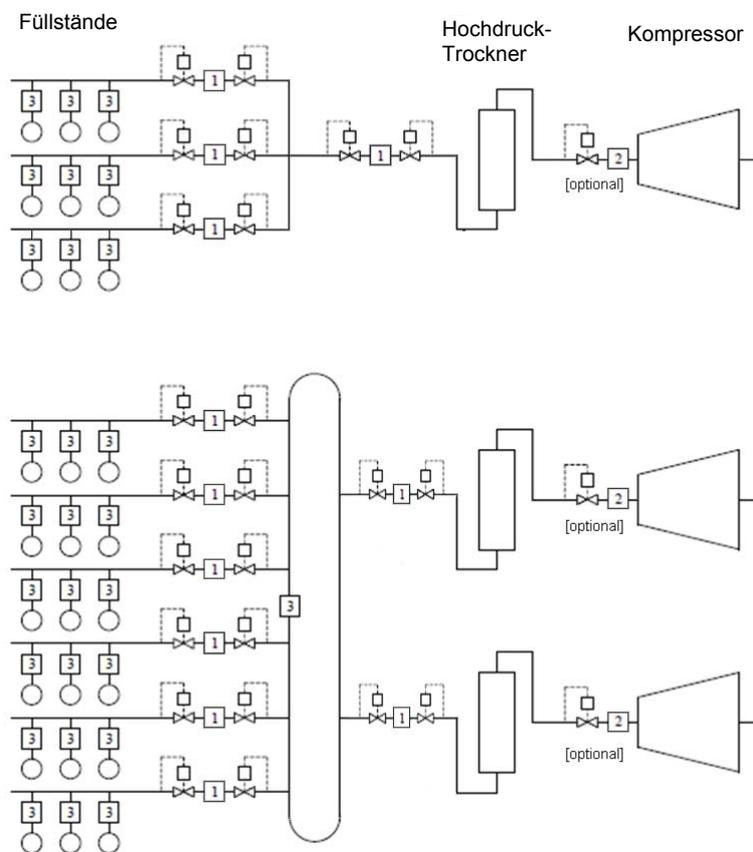
Zersperren müssen an den folgenden Stellen angebracht werden (siehe Abbildung 4).

- Eine Zersperre zwischen einzelnen Kompressoren und jedem Füllstand mit Systemverteilungsventil muss in der Rohrleitung unterhalb der Kompressoren eingebaut werden, wobei die Möglichkeit zu berücksichtigen ist, dass Ölreste die Flammenrückschlag-sicherung verstopfen können.
- Eine Zersperre, die Schutz vor Zerfall von beiden Seiten bietet, wird am Eintritt in jeden Füllstand unmittelbar vor oder nach dem Absperrventil für die Verteilungsleitung jedes einzelnen Füllstands (Flaschen, Bündel oder Trailer) und auch in die Hauptleitungen eingebaut.
- Eine Zersperre an den Füllständen an jeder Anschlussstelle zum Füllen der Flaschen. In diesem Fall braucht kein System von Absperrvorrichtungen vorhanden zu sein. Am Anschluss

jeder Flasche soll auch ein Rückschlagventil montiert sein, um ein Rückströmen aus einer Flasche in eine andere zu verhindern und außerdem die Gasleckage im Fall eines Schlauchbruchs oder eines größeren Feuers zu minimieren.

- Es wird empfohlen, dass Zerfallssperren am Austritt von Füllständen und in Ringleitungen eingebaut werden. Bei der Planung einer Flaschenfüllanlage muss der Konstrukteur die Anzahl und den Einbauort von zusätzlichen Zerfallssperren mit oder ohne Absperrvorrichtungen festlegen, die zum Schutz des Werks erforderlich sind.
- Eine Zerfallssperre muss an jedem Ort eingebaut werden, an dem der Acetylen-Druck von einem hohen auf einen niedrigen Druck abfällt, beispielsweise an den Entleerungspunkten von Füllständen, die Gas in den Prozess zurückleiten. Zerfallssperren dürfen nicht in Notentleerungsleitungen eingebaut werden, da das Gas in Notfallsituationen frei ohne Einschränkung abgeblasen werden soll.

Abbildung 4: Einbauort von Zerfallssperren



- 1 – Zerfallssperre mit Absperrvorrichtungen, die Schutz vor Zerfall von beiden Seiten bietet.
- 2 – Zerfallssperre mit Absperrvorrichtung, die nur von einer Seite ausgelöst werden und nur Schutz vor Zerfall von dieser Seite bieten.
- 3 – Zerfallssperre (kann mit einem Rückschlagventil kombiniert werden).

Für die korrekte Positionierung von Zerfallssperren in Rohrleitungen müssen die Empfehlungen der Hersteller eingehalten werden.

Für die Positionierung der Zerfallssperren in Rohrleitungen oder an Einrichtungen, beispielsweise horizontale oder vertikale Einbaulage, oberhalb oder unterhalb der Vorrichtung, können jeweils spezifische Anforderungen vorliegen.

10.5.4 Zerfallssperren für Gasspeicher oder Versorgungsleitungen von Kunden mit Nutzung von Acetylen zur weiteren chemischen Behandlung

Gasspeicher mit einer Kapazität von mehr als 100 m³ oder Versorgungsleitungen von Kunden, die Acetylen zur weiteren chemischen Behandlung nutzen, müssen an den Gaseintritts- und Gasaustrittspunkten mit Zerfallssperren ausgerüstet sein, um jeden auftretenden Acetylen-Zerfall zum Stillstand zu bringen.

Die Zerfallssperren müssen für den gleichen Prüfdruck ausgelegt sein wie die zugehörigen Rohrleitungen. Dafür bestimmte Rohrabschnitte oder Behälter könnten als Zerfallssperre genutzt werden, wenn sie eine festgelegte Länge mit Füllkörpern enthalten. Die Länge der Füllung hängt vom Betriebsdruck, den Abmessungen der Füllkörper und den Betriebsbedingungen ab (trockene oder berieselte Füllung; Hinweis: eine berieselte Füllung wird als wirksamer angesehen). Die Füllkörper müssen ringförmige Stahlteile wie beispielsweise Raschig- oder Pall-Ringe sein.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Orientierungshilfe für die Auslegung von Zerfallssperren mit ringförmigen Füllungen aus Stahl in Acetylen-Rohrleitungen, die für eine Versorgung über Rohrleitungen betrieben werden, die zur weiteren chemischen Behandlung des Acetylen dienen:

Betriebsdruck [bar g]	Maximale Größe der Füllkörper [mm] (Durchmesser x Länge)	Minimale Länge des wirksamen Auslöseabschnitts [m]	
		trocken	feucht
<= 0,2	10 × 10	1,5	1,0
	15 × 15	2,0	1,5
	25 × 25	5,0	4,0
> 0,2 bis 0,4	10 × 10	1,5	1,0
	15 × 15	2,5	2,0
	25 × 25	7,0	5,0
> 0,4 bis 0,7	10 × 10	1,5	1,0
	15 × 15	3,5	2,5
> 0,7 bis 1,0	10 × 10	2,0	1,0
	15 × 15	4,5	3,0
> 1,0 bis 1,5	10 × 10	2,5	2,0
	15 × 15	(nicht zulässig)	5,0

In Rohrleitungen mit einem Nenndurchmesser > 100 mm und einem Betriebsdruck > 0,4 bar g muss die Zerfallssperre diagonal mit der Rohrleitung verbunden werden; die freien Enden der Rohrleitung müssen mit Berstscheiben ausgerüstet werden. Die gleichen Auslegungsbedingungen müssen angewendet werden, wenn der Nenndurchmesser der Rohrleitung kleiner als 100 mm ist und der Betriebsdruck die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Druckwerte übersteigt:

Nenndurchmesser des Rohrs (mm)	Max. Betriebsdruck (bar g)
90	0,7
80	0,8
70	0,9
60	1,1

50	1,5
40	1,7
30	2,1
25	2,5
20	2,9
15	3,6
10	4,7

Wenn der Betriebsdruck einer beliebigen Rohrleitung höher als 0,4 bar g ist, muss die Rohrleitung fernbetätigte Absperrvorrichtungen enthalten, um den Gasstrom bei einem Zerfall zu unterbrechen.

10.5.5 Manometer

Auslegung und Bauweise von Manometern müssen die in Kapitel 6 angegebenen Anforderungen erfüllen.

10.5.6 Schlauchleitungen

Alle Schlauchtypen für Hochdruck-Acetylen müssen einer Zerfallsprüfung mit Acetylen bei 25 bar g standhalten, und ihr Berstdruck muss mindestens 1.000 bar g betragen. Bezüglich aller sonstigen Anforderungen siehe EN ISO 14113 [10] und EN 12115 [10a].

10.5.7 Rückschlagventile

An Füllstationen muss ein Rückschlagventil am Anschluss jeder Einzelflasche an den Füllstand eingebaut werden, vorzugsweise am flaschenseitigen Ende der Schlauchleitung, um ein Rückströmen von Gasen aus der Acetylen-Flasche zu verhindern.

11 Rohrleitungen

Grundlage für die in diesem Kapitel beschriebene Auslegung von Acetylen-Rohrleitungen ist die Ausarbeitung von H.B. Sargent (Chemical Engineering, 1957/2, S. 250-254).

Die Designkriterien gelten für Acetylen-Rohrleitungen mit einem maximalen Arbeitsdruck von nicht mehr als 25 bar g, die üblicherweise in Acetylen-Werken oder Versorgungssystemen zum Schweißen, Löten, Schneiden und verwandte Prozesse eingebaut sind.

11.1 Arbeitsbereiche

In diesem Dokument werden Arbeitsbereiche definiert (siehe Abschnitt 11.1.2), die sich auf die Art der Gefährdung unter bestimmten Bedingungen beziehen, die durch Druck, Innendurchmesser des Rohrs und Detonationsanlaufstrecke festgelegt werden.

11.1.1 Grenzdruck für Deflagration und Detonation

Die Veröffentlichung von H.B. Sargent fasst die Ergebnisse einer großen Zahl von Studien zur Entzündung von Acetylen und zum Verlauf des Zerfalls als Deflagration oder Detonation zusammen. Eines der von H.B. Sargent veröffentlichten Diagramme wurde als Grundlage des Diagramms für diesen Praxisleitfaden verwendet. Die beiden Linien im Diagramm geben den *Grenzdruck für eine Deflagration (Linie A)* und den *Grenzdruck für eine Detonation (Linie B)* als Funktion des Rohr-Innendurchmessers an.

In Acetylen-Rohrleitungen, deren Betriebsbedingungen in dem Bereich unterhalb von Linie A liegen, ist die Auslösung eines Acetylen-Zerfalls möglich, doch dies kann nur unter Bedingungen einer ungewöhnlich hohen Zündenergie eintreten.

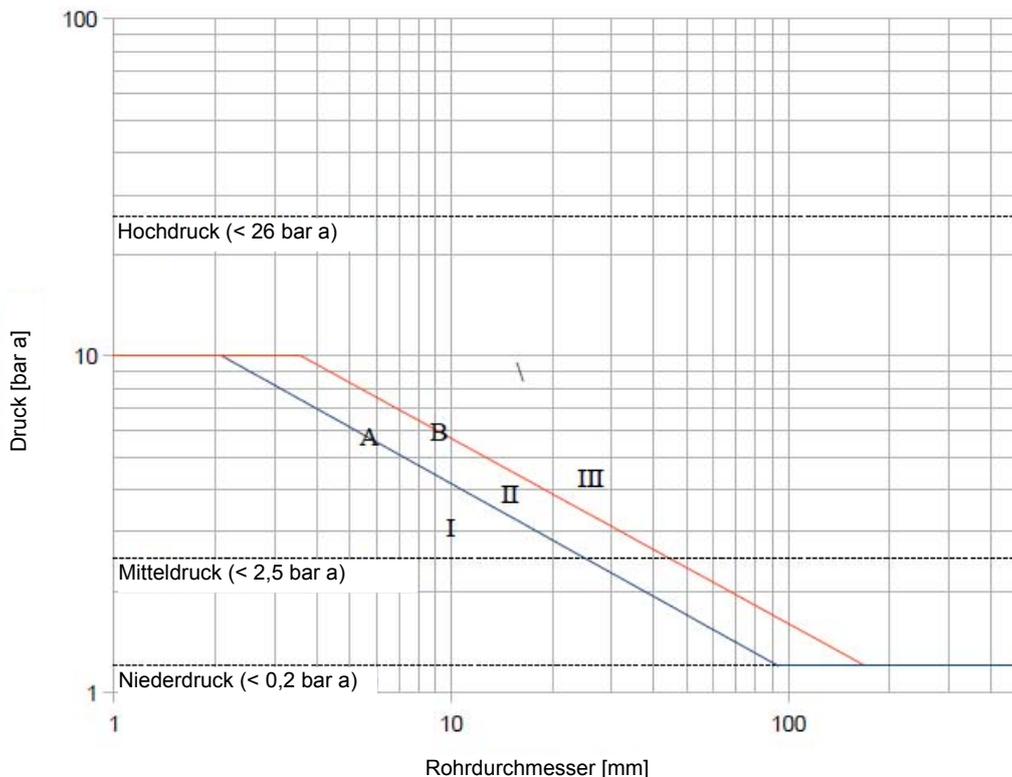
Wenn die Betriebsbedingungen in einer Acetylen-Leitung auf der Linie A oder zwischen Linie A und Linie B liegen, kann bereits die Einwirkung einer mäßigen Zündenergie auf das Gas zu einem Acetylen-Zerfall führen, der sich in Form einer Deflagration entlang der Leitung ausbreitet. Linie A markiert die Druckgrenze als Funktion des Rohrdurchmessers, ab dem die Auslösung eines Acetylen-Zerfalls und seine Ausbreitung in Form einer Deflagration als möglich angesehen werden muss.

11.1.2 Definition der Arbeitsbereiche

Die Linien A und B in dem Diagramm grenzen somit drei Bereiche innerhalb der Gesamtfläche des Diagramms ab. Die Bereiche werden als „Arbeitsbereiche“ bezeichnet, die im Hinblick auf die von einem Acetylen-Zerfall ausgehende Gefährdung den folgenden Stufen entsprechen:

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

Abbildung 5: Arbeitsbereiche nach Sargent



Basierend auf dem maximalen Gasdruck und dem maximalen Rohrlängendurchmesser, der in einem Teil der Anlage auftritt, entspricht ein bestimmter „Arbeitspunkt“ in dem Diagramm den in diesem Teil auftretenden Betriebsbedingungen. Die Position dieses Punkts im Diagramm ordnet diesen Teil einem der drei Arbeitsbereiche zu.

11.1.3 Methoden zur Bestimmung der Arbeitsbereiche

Bestimmung mit Hilfe des Diagramms

Gemäß Abschnitt 11.1.2 und dem Diagramm wird jede Rohrleitung durch den Innendurchmesser des Rohrs und den maximalen Gasdruck einem der drei Arbeitsbereiche zugeordnet.

Bestimmung mit Hilfe von Versuchsdaten und praktischer Erfahrung

Wenn Versuchsdaten oder praktische Erfahrung – beispielsweise die in Verbindung mit nationalen Vorschriften gewonnene – verfügbar sind, können diese zur Bestimmung der Arbeitsbereiche einer Rohrleitung herangezogen werden.

11.1.4 Einteilung in Arbeitsbereiche

Wenn die Acetylen-Anlage (Batterie-Anlage) aus mehr als einer Rohrleitung mit durchgehend einheitlichem Durchmesser besteht, gelten die folgenden Regeln:

- Einrichtungen, die direkt mit der Rohrleitung verbunden sind, z.B. Druckregler, Absperrventile und Entnahmepunkte, werden in denselben Arbeitsbereich eingeteilt wie die Rohrleitung. In einigen Fällen ist es jedoch auch möglich, dass die Einrichtung aufgrund ihrer Innendurchmesser im Verhältnis zum Arbeitsdruck in einen anderen Arbeitsbereich fällt.
- In Arbeitsbereich III ist eine Mindeststrecke erforderlich, damit sich eine Zündung zur Detonation entwickeln kann; diese Strecke wird als Detonationsanlaufstrecke bezeichnet. Wenn der Gasraum kürzer als die Detonationsanlaufstrecke ist, verläuft ein Zerfall als Deflagration und nicht als Detonation. In diesen Fällen kann die Rohrleitung dem Arbeitsbereich II zugeordnet werden. Es kommt jedoch nur selten vor, dass eine Rohrleitung kürzer als die Detonationsanlaufstrecke ist. In diesem Praxisleitfaden wird auf die Detonationsanlaufstrecke nicht weiter eingegangen.
- Bei einem Rohrleitungssystem, das Abschnitte mit unterschiedlichen Innendurchmessern umfasst, die mit demselben maximalen Gasdruck arbeiten, gilt der Arbeitsbereich, der für den Teil mit dem größten Innendurchmesser abgeleitet wurde, für alle Abschnitte, sofern nicht Zerfallsperrn eingebaut sind, um das System in Abschnitte mit unterschiedlichen Arbeitsbereichen zu trennen.
- Im Fall eines Systems, das aus Abschnitten besteht, die jeweils bei einem unterschiedlichen maximalen Gasdruck arbeiten, müssen alle dem höheren Arbeitsbereich zugeordnet werden, sofern die Einrichtung, die die Ursache der Druckdifferenz ist, nicht selbst die Weiterleitung einer Zündung verhindert oder andernfalls eine Zerfallssperre zwischen den Abschnitten eingebaut ist.

Wenn eine dieser Bedingungen erfüllt ist, sind getrennte Arbeitsbereiche oberhalb und unterhalb der Einrichtung, die die Druckdifferenz verursacht, nach den weiter oben dargelegten Regeln zu definieren.

11.2 Werkstoffe

11.2.1 Empfohlene Werkstoffe

Als Werkstoff für Acetylen-Rohrleitungen wird Stahl empfohlen. Andere Rohrwerkstoffe als Stahl, z.B. andere Metalle, Metalllegierungen oder Kunststoffe, dürfen nur für den Bau von Acetylen-Rohrleitungen verwendet werden, wenn für sie der Nachweis erbracht wurde, dass sie für die Betriebsbedingungen geeignet und mit Acetylen und anderen relevanten Medien, wie den Säuren und Laugen im Reiniger, verträglich sind (siehe Abschnitt 6.2).

Der für eine Rohrleitung ausgewählte Werkstoff muss nicht nur den Belastungen bei maximalem Betriebsdruck standhalten, sondern insbesondere im Fall von Rohrleitungen in Arbeitsbereichen II

und III auch den thermischen und mechanischen Belastungen, die bei einem Acetylen-Zerfall auftretenden auftreten.

Wenn Kohlenstoffstähle verwendet werden, müssen sie die in Tabelle 9 angegebenen Spezifikationen erfüllen.

Tabelle 9: Als Werkstoffe für Acetylen-Rohrleitungen empfohlene Kohlenstoffstähle

Arbeitsbereich	Zugfestigkeit R_m (N/mm ²)	Bruchdehnung A_5 (%)
I	siehe 11.4.1	
II und III	$R_m \geq 320$	$A_5 \geq 8400/R_m$, aber nicht weniger als 17

Werkstoffe, bei denen Alterung oder Sprödbruch auftreten kann, sind im Allgemeinen nicht geeignet, insbesondere nicht für die Arbeitsbereiche II und III.

Bei Verwendung austenitischer Edelmehle ist eine mögliche Korrosion durch Chloride zu berücksichtigen, die normalerweise im Fall einer Calciumchlorid-Trocknung auftreten kann.

Umgebungsbedingungen, die Korrosion beschleunigen können, beispielsweise Versorgungsanlagen für Werften in Küstenbereichen mit salziger Umgebungsluft, müssen berücksichtigt werden.

Für geschweißte Rohrleitungen müssen die gewählten Werkstoffe für das Schweißen geeignete Eigenschaften aufweisen.

11.2.2 Unzulässige oder nur unter bestimmten Bedingungen empfohlene Werkstoffe

Die in Abschnitt 6.2 angegebenen Einschränkungen und Bedingungen müssen eingehalten werden.

Für Armaturen, Ventilgehäuse und ähnliche Komponenten dürfen die in Tabelle 10 mit „+“ gekennzeichneten Werkstoffe verwendet werden. Wenn in der Tabelle „0“ eingetragen ist, ist der Werkstoff nicht geeignet, sofern seine Eignung nicht durch Maßnahmen wie Auslegung und Konstruktion, Werkstoffqualität und entsprechende Prüfungen sichergestellt wird.

Diese Werkstoffe werden bei Planung und Bau neuer Acetylen-Werke nur eingeschränkt verwendet, diese Angaben werden daher nur aus historischen Gründen in dieses Dokument aufgenommen.

Tabelle 10: Sonstige Eisenwerkstoffe

Werkstoff	Zur Verwendung in Arbeitsbereich		
	I	II	III
Grauguss	+	0	0
Temperguss (schmiedbares Gusseisen)	+	0	0
Sphäroguss	+	+	0
Schmiedeeisen	+	+	+

11.3 Für Rohre geltende Vorschriften

Rohre für die Arbeitsbereiche II und III, die aus Stählen gemäß Abschnitt 11.2.1 bestehen, müssen nahtlos sein. Die Rohre müssen nach den Vorschriften oder der Norm geprüft werden, nach der sie gefertigt sind.

11.4 Wandstärke

In diesem Abschnitt wird die Berechnung der Wandstärke von Rohren aus Metallen und Metalllegierungen gemäß den Empfehlungen in Abschnitt 11.2 entsprechend den Erfordernissen aufgrund der Einteilung der Rohrleitung bzw. eines ihrer Abschnitte in die in Abschnitt 11.1 definierten Arbeitsbereiche erläutert. Bei den Berechnungen der Wandstärke werden externe Belastungen wie Ermüdung, zusätzliche mechanische und/oder thermische Belastungen oder die Einbeziehung von Korrosionsfaktoren nicht berücksichtigt.

Die Forderung einer zusätzlichen Wandstärke aufgrund von Korrosion und externen Belastungen muss unter Berücksichtigung von Faktoren wie Umgebungsbedingungen und Rohrleitungswerkstoff beachtet und, sofern erforderlich, einbezogen werden.

Wenn geschweißte Rohre (wie in Abschnitt 11.3 beschrieben) mit einem Schweißfaktor (f_w) unter 1 verwendet werden, muss die Berechnungsmethode der Wandstärke dahingehend angepasst werden, dass der Schweißfaktor in die jeweilige Formel der Wandstärke einbezogen wird. Zum Beispiel:
 $e_{korrigiert} = e / f_w$.

Grundlage der Berechnung für die Arbeitsbereiche II und III ist ein „Bemessungsdruck“, der vom maximalen Betriebsdruck abgeleitet wird, indem der Druckanstieg berücksichtigt wird, der im Fall einer Deflagration/Detonation auftritt.

11.4.1 Rohrleitungen in Arbeitsbereich I

Der Bemessungsdruck P muss definiert werden als das Doppelte des maximal zulässigen Arbeitsdrucks P_w .

Die erforderliche Wandstärke kann gemäß den im jeweiligen Land anerkannten Normen für die Auslegung von Rohrleitungen berechnet werden.

Alternativ muss die erforderliche Wandstärke als Funktion des Bemessungsdrucks nach der folgenden Formel berechnet werden:

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

mit:

e = Mindestwandstärke (mm)

P = „Bemessungsdruck“ (bar) = 2 x P_w

P_w = „maximal zulässiger Arbeitsdruck (bar)“

D_e = Außendurchmesser des Rohrs (mm)

$f = f_y / 1,3$

f_y = Belastung an der Streckgrenze des Werkstoffs, (N/mm²)

Die Wandstärke von Acetylen-Rohrleitungen in Arbeitsbereich I soll gemäß den empfohlenen Normen ausgewählt werden.

11.4.2 Rohrleitungen in Arbeitsbereich II

Die Wandstärke von Acetylen-Rohren, die für Anlagen in Arbeitsbereich II verwendet werden, muss so ausgelegt werden, dass die Leitung einem als Deflagration verlaufenden Acetylen-Zerfall standhalten kann.

Zur Berechnung der Mindestwandstärke der Rohre ist die folgende Formel zu verwenden:

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

mit:

e = Mindestwandstärke (mm)

P = „Bemessungsdruck“ (bar)

D_e = Außendurchmesser des Rohrs (mm)

P_w = maximal zulässiger Arbeitsdruck (bar)

f_y = Belastung an der Streckgrenze des Werkstoffs, (N/mm²)

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

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

$$f = f_y / 1,1$$

Alternativ können Rohrleitungen in Arbeitsbereich II mittels Acetylen-Zerfallprüfungen ausgelegt werden; siehe Abschnitt 11.4.3.

11.4.3 Rohrleitungen für Arbeitsbereich III

Rohrleitungen oder Rohrleitungsabschnitte für Arbeitsbereich III müssen so ausgelegt sein, dass sie einer Detonation standhalten.

Rohrleitungen in Arbeitsbereich III dürfen entweder durch Berechnung der Wandstärke oder mittels Acetylen-Zerfallprüfungen ausgelegt werden.

Berechnung der Wandstärke

Eine Acetylen-Detonation bewegt sich in der Rohrleitung als Druckwelle fort. Besonders hohe Belastungen treten in der Nähe der Stellen in der Rohrleitung auf, an denen die Druckwelle reflektiert wird.

Reflexionen können an scharfen Krümmungen, an Ventilen und geschlossenen Rohrenden auftreten. Es gibt zwei Methoden, nach denen ein in Arbeitsbereich III fallendes Rohrleitungssystem ausgelegt werden kann; Grundlage ist jeweils die berechnete Wandstärke des zum Einsatz kommenden Rohrs:

Auslegung des Gesamtsystems, damit es einer an einem beliebigen Punkt auftretenden Reflexion standhält:

Zur Berechnung der Mindestwandstärken der Rohre ist die folgende Formel zu verwenden:

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

mit:

e = Mindestwandstärke (mm)

P = „Bemessungsdruck“ (bar)

D_e = Außendurchmesser des Rohrs (mm)

f = Zulässige Belastung des Werkstoffs (N/mm²)

Der Bemessungsdruck P und die zulässige Belastung f werden wie folgt berechnet:

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

$$f = f_y / 1,1$$

mit:

P_w = maximal zulässiger Arbeitsdruck (bar)

f_y = Belastung an der Streckgrenze des Werkstoffs (N/mm²)

Auslegung von geraden Teilen der Leitung, damit sie einer ungestörten Detonation standhalten; höhere Wandstärke an den Stellen, an denen Reflexion zu erwarten ist:

Die Wandstärke der Rohre wird nach der oben beschriebenen Methode berechnet, der Bemessungsdruck P wird jedoch berechnet als:

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

Rohre in Hochdrucksystemen (1,5 bar g < p ≤ 25 bar g) 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 Rohrs mit der des geraden Rohrs vergleichbar ist. An diesen Krümmungen kommt es allerdings zu einer Verringerung der Wandstärke, daher soll gemäß bewährter Konstruktionspraxis ein Verringerungs-Sicherheitsfaktor in die Wandstärkeberechnungen einbezogen werden. Beispiele hierfür sind gemäß der Empfehlung in ASME B31.1, Tabelle 1-2.4.5, beim Berechnen der Wandstärke einbezogen.

Eine Verstärkung der Wandstärke muss an den Stellen erfolgen, an denen Reflexion auftreten kann, z.B. verschlossene Rohrenden, T-Stücke, Ventile und Krümmungen mit einem Krümmungsradius von weniger als dem Fünffachen des Krümmungsradius (scharfe Krümmungen). Die Verstärkungen müssen die Gesamtwandstärke auf mindestens das Zweifache der berechneten Wandstärke erhöhen. Im Fall von verschlossenen Rohrenden und scharfen Krümmungen müssen die Verstärkungen eine Rohrlänge von mindestens dem Dreifachen des Innendurchmessers abdecken. Wenn ein Reflexionspunkt durch eine Zerfallssperre geschützt ist, die von diesem Reflexionspunkt aus innerhalb der Detonationsanlaufstrecke liegt, ist ein Anbringen von Verstärkungen an diesem Punkt nicht erforderlich.

Der Innendurchmesser der Rohrleitung darf sich nicht plötzlich ändern. Dies muss bei Auslegung und Konstruktionsweise der Verstärkungen in besonders beachtet werden.

Auslegung mittels Zerfallsprüfungen

In einem Teil (oder einem Muster) der zu bauenden Rohrleitung wird bei maximalem Acetylen-Betriebsdruck ein Acetylen-Zerfall mit Hilfe einer geeigneten Zündvorrichtung eingeleitet. Diese Methode kann nur dort angewendet werden, wo die erforderlichen Einrichtungen vorhanden sind und Erfahrung mit Zerfallsprüfungen gegeben ist.

Die verwendete Prüfanordnung ist so zu gestalten, dass die Bedingungen, die bei einer Zündung in der tatsächlichen Rohrleitung zu erwarten sind, reproduziert werden, d.h. gleicher Rohrdurchmesser, geeignete Länge, damit sich eine Deflagration/Detonation entwickeln kann. Für die Wandstärke des Rohrs muss nachgewiesen werden, dass sie ausreicht, um den bei den Prüfungen auftretenden Belastungen ohne erhebliche Schäden standzuhalten.

Eine geeignete Prüfvorrichtung wird in EN ISO 14113 [10] beschrieben.

Berechnungsbeispiel für eine Mindestwandstärke, die einer an einem beliebigen Punkt auftretenden Detonation und Reflexion standhält:

Arbeitsbedingungen

Maximaler Arbeitsdruck	P_w	=	19 bar
Innendurchmesser des Rohrs	d	=	18 mm
Belastung an der Streckgrenze des Rohrwerkstoffs S_y (EN 10216 [64])		=	235 N/mm ²

Berechnungen

Zulässige Belastung	S	=	$\frac{S_y}{1,1}$
		=	$\frac{235}{1,1}$
		=	214 N/mm ²

„Auslegungsdruck“	P	=	$35 (P_w + 1) - 1$
		=	$35 (19 + 1) - 1$
		=	699 bar

Mindestwandstärke	t	=	$\frac{Pd}{20S - P}$
		=	$\frac{699 \times 18}{(20 \times 214) - 699}$
		=	3,51 mm

Berechnungsbeispiel für eine Mindestwandstärke, die einer ungestörten Detonation mit Verstärkungen an Reflexionspunkten standhält:

Arbeitsbedingungen

Maximaler Arbeitsdruck	P_w	=	19 bar
Innendurchmesser des Rohrs	d	=	18 mm
Belastung an der Streckgrenze des Rohrwerkstoffs S_y		=	235 N/mm ²

Berechnungen

Zulässige Belastung	S	=	$\frac{S_w}{1,1}$
		=	$\frac{235}{1,1}$
		=	214 N/mm ²
„Auslegungsdruck“	P	=	20 (P _w + 1) - 1
		=	20 (19 + 1) - 1
		=	399 bar
Mindestwandstärke	t	=	$\frac{P_d}{20S - P}$
		=	$\frac{399 \times 18}{(20 \times 214) - 439}$
		=	1,85 mm

Anmerkung: In diesen Beispielen sind keine Sicherheitsfaktoren für Korrosion, Verringerung der Wandstärke durch Krümmung des Rohrs, externe Belastungen oder Fertigungstoleranzen einbezogen.

11.5 Verbindungen

Bevorzugt werden Verbindungen mit durchgeschweißten Stumpfnähten.

Schweißnähte an Rohrleitungen sollen sich möglichst an den Stellen befinden, an denen die geringsten Biegebelastungen auftreten. Das Schweißen der Stöße muss nach einer anerkannten Schweißnorm ausgeführt werden.

Für die Arbeitsbereiche II und III müssen die Verbindungen (Muffen) dieselbe errechnete Festigkeit aufweisen wie die Rohrleitung, an die sie angebaut werden.

Nicht geschweißte Verbindungen sind zulässig, wenn sie in der Lage sind, den Anforderungen des Arbeitsbereichs standzuhalten.

Wenn Rohre im Arbeitsbereich III an zwei oder mehr Stellen miteinander verbunden werden, sodass sie eine oder mehrere Ringleitungen bilden, muss jede Ringleitung durch eine Zerfallsperre geschützt sein (siehe Abschnitt 10.5.2), sofern das Rohr nicht gemäß Abschnitt 11.4 bemessen wurde.

Für Arbeitsbereich I dürfen einer Fachnorm entsprechende Rohrverbindungen (Muffen) verwendet werden.

11.6 Ventile und Dichtungen

Die Festigkeit einer Ventilbaugruppe muss mindestens der berechneten Festigkeit der Rohrleitung entsprechen, in die sie eingebaut wird. Wenn für ein Ventil der Prüfdruck des Herstellers bekannt ist, darf zur Berechnung des maximal zulässigen Arbeitsdrucks die folgende Formel verwendet werden:

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

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

mit:

P_t = minimaler Prüfdruck (absolut) des Ventils (bar)

P_w = maximal zulässiger Arbeitsdruck (absolut) (bar)

Die Eignung eines Ventils für die Arbeitsbereiche II und III darf auch mittels Durchführung von Detonationsprüfungen gemäß den Anforderungen von EN ISO 15615 [12] überprüft werden.

Für die Arbeitsbereiche II und III müssen die Auslegung und Konstruktionsweise des Ventils und die Einbaumethode so gewählt werden, dass die Zündgefahr durch Reibung minimiert wird.

Filter dürfen verwendet werden, um die Möglichkeit auszuschließen, dass Schmutz in den Ventilsitz gelangt.

Dichtungen oder Packungen müssen Abschnitt 6.2 entsprechen.

11.7 Druckprüfungen

11.7.1 Allgemeines

Prüfungen müssen mit dem geeigneten, in Abschnitt 11.7.2 angegebenen Prüfdruck durchgeführt werden. Das System darf als vollständige Baugruppe geprüft werden, alternativ darf jeder Abschnitt einzeln geprüft werden.

Komponenten, für die mittels einer Detonationsprüfung gemäß den Anforderungen von EN ISO 15615 nachgeprüft wurde, dass sie für die jeweiligen Arbeitsbereiche geeignet sind, zum Beispiel für Ventile, Flammenrückschlagsicherungen oder Manometer, sollen ggf. enthaltene weiche Dichtungen, die durch die Druckprüfung der Rohrleitung beschädigt werden können, für diese Druckprüfung entfernt und durch Abstandsringe ersetzt werden. Für Bestimmte Teile können separate Prüfungen oder andere Prüfverfahren erforderlich sein. Wenn Teile separat geprüft werden, muss sichergestellt sein, dass alle Verbindungselemente in die Prüfungen einbezogen werden.

Eine Festigkeitsprüfung von Hochdruck-Rohrleitungen soll hydraulisch durchgeführt werden. Wenn eine pneumatische Prüfung durchgeführt wird, müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um Verletzungen von Personen oder Sachschäden im Fall eines Versagens zu verhindern. Zur Dokumentation der Prüfergebnisse muss eine Bescheinigung ausgestellt werden.

11.7.2 Prüfdrücke

Für die gemäß Abschnitt 11.4 ausgelegten Teile gelten die folgenden Prüfdrücke:

Tabelle 11: Prüfdruck für die verschiedenen Arbeitsbereiche

Arbeitsbereich	Prüfdruck
I	$P_{\text{Prüf}} = 1,5 P_w$, bar, min. 3,75 bar
II	$P_{\text{Prüf}} = 10 P_w$, bar, min. 20 bar
III	$P_{\text{Prüf}} = 20 P_w$, bar, min. 30 bar, max. 300 bar

Anmerkungen: Für Rohre mit DN50 beträgt $P_{\text{Prüf}}$ 24 bar für Einsatzbereiche unter 1,5 bar (Mitteldruck)

$P_{\text{Prüf}}$ = Prüfdruck; P_w = max. Arbeitsdruck

11.7.3 Dichtheitsprüfung

Dichtheitsprüfungen nach der Endmontage müssen mit einem Inertgas oder Luft bei einem Druck von nicht weniger als dem maximalen Arbeitsdruck durchgeführt werden.

Undichtigkeiten können unter Verwendung eines handelsüblichen Lecksuchmittels erkannt werden, siehe EIGA-Dokument Doc 78 [63]. Lecksuchmittel, die Reinigungskomponenten wie z.B. Ammoniak oder andere Bestandteile enthalten, die zu Spannungsrisskorrosion führen können, sind zu vermeiden. Die Dichtheit kann auch kontrolliert werden, indem beobachtet wird, ob es zu einem Druckabfall innerhalb einer vorbestimmten Zeitperiode kommt.

11.8 Abmessungen und Ausführung

11.8.1 Fertigung

Wenn zum Zusammenfügen von Rohren lösbare Verbindungen verwendet werden (z.B., um Einrichtungen für Wartungsarbeiten zu entfernen), müssen diese für die jeweiligen Arbeitsbereiche geeignet sein. Wenn Dichtungen verwendet werden, muss die Verträglichkeit mit Acetylen und allen Lösemitteln gewährleistet sein. Alle lösbaren Verbindungen müssen gasdicht sein.

Wenn Rohre geschweißt werden, muss dies im Einklang mit anerkannten Ausführungsvorschriften für Rohrleitungen erfolgen. Alle im Schweißprozess verwendeten Werkstoffe müssen die Anforderungen des Schweißverfahrens erfüllen. Die Einbauweise muss die Belastungen für die Rohrleitungssysteme minimieren.

Schweißarbeiten müssen von qualifizierten Schweißern ausgeführt werden, die über eine gültige Bescheinigung für die Art der betroffenen Schweißarbeiten verfügen.

Rohrleitungssysteme (Stöße zwischen zwei Rohren oder zwischen Rohr und Anschlussstück/Armatur) müssen, soweit praktisch durchführbar, vollständig geschweißt ausgeführt werden; Flansch-, Steck- oder Schraubverbindungen dürfen nur für Zubehör verwendet werden oder um eine Demontage des Systems für Wartungszwecke zu ermöglichen.

Alle Stöße sind vorzugsweise als Stumpfschweißungen auszuführen.

Im Fall von oberirdisch verlegten Rohren können geschraubte Baugruppen verwendet werden, die mit einer O-Ring-Dichtung oder Schraubmuffen oder Schraubmuffen mit einem Klebstoff oder Füllmaterialien auf Basis von Cyanacrylat, Silikon und PTFE als Dichtmitteln ausgestattet sind. Rohrbogen in detonationsbeständigen Hochdruckleitungen müssen einen durchschnittlichen Radius von mindestens dem Fünffachen des Rohr-Innendurchmessers aufweisen.

Alle Werkstoffe von Dichtungen müssen gegenüber Aceton und DMF beständig sein.

Rohre müssen vor Korrosion von außen geschützt sein.

Für oberirdisch oder in zugänglichen Kanälen verlegte Rohre ist ein geeigneter Schutzanstrich im Allgemeinen ausreichend. Stellen, an denen die Rohre andere Einrichtungen berühren oder abgestützt werden, müssen vor Korrosion geschützt werden.

Rohre, die durch Wände oder Decken verlaufen, sollen in einem geeigneten Schutzrohr aus Metall oder Kunststoff verlegt werden.

11.9 Allgemeine Richtlinien für unterirdische Rohre

Verbindungsstellen in unterirdischen Rohren müssen vollständig geschweißt ausgeführt sein (Schraub- oder Flanschverbindungen sind zu vermeiden). Unterirdische Rohrleitungen müssen ausreichend vor Korrosion geschützt sein, entweder durch einen kathodischen Schutz oder passiv durch eine hochwertige Rohrummantelung mit einem hohen Isolationswiderstand und geeigneter mechanischer Festigkeit (z.B. Polyethylen-Ummantelung oder gewickelte Ummantelung).

Die obigen Anforderungen gelten auch für Rohre, die in nicht zugänglichen, in Sand eingebetteten Kanälen verlegt werden.

Wenn die Anwendung eines kathodischen Korrosionsschutzes aus technischen Gründen nicht möglich ist (z.B. in Werken, in denen andere Rohre oder Stromkabel in der Nähe des Acetylen führenden Rohrs unterirdisch verlegt sind), oder wenn der unterirdisch verlegte Rohrabschnitt kürzer als 50 m ist, soll die Rohrummantelung regelmäßig mit einer Vorrichtung für Isolationsprüfungen kontrolliert werden (die Prüfspannung für Polyethylen-Ummantelungen beträgt 20 kV). Vor der Prüfung ist sicherzustellen, dass das Erdungssystem der Rohrleitung in Ordnung ist, um Funkenüberschläge zu vermeiden.

Anmerkung: Die obigen Ausführungen sind allgemeine Richtlinien, und bei allen Installationsarbeiten, bei denen Acetylen-Rohre unterirdisch verlegt werden, soll ein Spezialist für unterirdische Rohrleitungssysteme zu Rate gezogen werden.

11.9.1 Ausrüstung

Entwässerung

Rohre für feuchtes Acetylen, in denen Wasser kondensieren kann, müssen als Schutz vor Einfrieren jeweils an ihren tiefsten Stellen mit Entwässerungsvorrichtungen ausgestattet sein.

Drucküberwachung

Rohrleitungen müssen mit Druckanzeigen zur Überwachung des Betriebsdrucks des Systems ausgestattet sein. Auf der Anzeige muss der maximal zulässige Druck gekennzeichnet sein.

Druckbegrenzungseinrichtungen

Rohrleitungssysteme in Acetylen-Werken müssen mit einer Druckbegrenzungseinrichtung ausgestattet sein, z.B. einem Druckentlastungsventil. Die Einrichtung kann Teil eines Acetylen-Entwicklers, Gasspeichers oder Kompressors sein. Druckregler müssen mit einem separaten Druckentlastungsventil ausgerüstet sein, das so bemessen ist, dass es unter Störungsbedingungen die gesamte Durchflussmenge des Reglers entlasten kann.

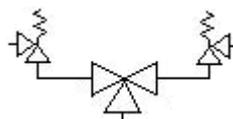
Absperrventile

Absperrventile müssen an allen Gasentnahmestellen eingebaut werden.

Kükenhähne und Kugelventile sollen nicht in Mittel- oder Hochdruck-Rohrleitungen verwendet werden, sofern sie nicht durch ihre spezielle Konstruktionsweise eine zu einem Zerfall führende adiabatische Kompression verhindern (z.B. langsam öffnende Vorrichtungen).

Absperrventile müssen leicht zugänglich und einfach zu betätigen sein.

Druckentlastungsventile dürfen nicht mit Absperrventilen ausgestattet sein. Drei-Wege-Umschaltventile sind an der Eintrittsseite von Doppelventilsystemen zulässig (siehe nachfolgendes Beispiel).



Druckentlastungsleitungen (Auslass in die Atmosphäre) dürfen nicht zusammengeschlossen sein.

Geschlossene Rohrleitungsenden ohne angeschlossene Ausrüstung

Rohrleitungsenden (einschließlich ungenutzter Abzweigleitungen) ohne daran angeschlossene Ausrüstung müssen mit Gewindekappen, Gewindestopfen oder Blindflanschen verschlossen werden. Absperrventile allein – außer für Probenentnahmestellen – sind nicht ausreichend.

11.10 Verlegung

Allgemeine Anforderungen

Bei der Planung und Verlegung von Rohrleitungen muss die erwartete Wärmeausdehnung berücksichtigt werden, beispielsweise durch Omega-Schleifen oder Kompensatoren (nur bei Niederdruck-Systemen).

Wenn Rohrleitungen in der Nähe anderer Rohrleitungen verlegt werden, muss der Abstand so gewählt werden, dass alle erforderlichen Wartungs- und Reparaturarbeiten ohne Gefahr für andere Rohrleitungen möglich sind.

Rohrleitungen dürfen nicht als Erdungsleiter verwendet werden. Die Rohrleitungen sollen einen geeigneten Abstand (z.B. 50 mm im Fall von 220-V-Stromkabeln) von elektrischen Anlagen einhalten.

Rohrleitungen müssen im Betrieb vor übermäßiger Erwärmung von außen geschützt werden, z.B. hervorgerufen durch parallel verlaufende Dampfleitungen.

Rohrleitungen sollen, sofern möglich, oberirdisch verlegt werden und für Inspektion und Wartung zugänglich sein.

Rohrleitungen außerhalb des Standorts sollen oberirdisch verlegt werden. Wenn dies nicht möglich ist, beispielsweise bei Fernleitungen, müssen sie unterirdisch in geeigneten Kanälen verlegt werden.

Eine Acetylenrohrleitung unterhalb von Gebäuden ist nicht zulässig.

Rohrleitungen in Gebäuden müssen oberirdisch oder in Kanälen verlegt werden.

Rohrleitungen dürfen nicht durch unzulässige Räume verlaufen (z.B. durch Lüftungskanäle oder Aufzugsschächte).

Durchführungen durch Brandschutzwände oder feuerbeständige Decken sowie durch Wände und Decken zum Abtrennen von Gefahrenbereichen müssen mit einer gasdichten Vorrichtung abgedichtet sein.

Rohrleitungen sollen nicht in Beton oder Mauerwerk verlegt werden. Wenn eine Rohrleitung aufgrund von bestehenden baulichen Gegebenheiten (z.B. bei Kreuzung einer Kranbahn) in Beton oder Mauerwerk zu verlegen ist, muss die Rohrleitung durch ein Mantelrohr geschützt werden.

Oberirdisch verlegte Rohrleitungen

Oberirdisch verlegte Rohrleitungen müssen sicher befestigt werden, um unkontrollierte Bewegungen zu verhindern und sie vor Anfahrsschäden zu schützen; die Rohrleitungen müssen durch eine Farbcodierung/Beschriftung gekennzeichnet sein.

Rohrleitungen in zugänglichen Kanälen

Rohrleitungen sollen nur in Kanälen verlegt werden, wenn:

- die Kanäle eine Durchgangshöhe von mindestens 1,5 m haben;
- die Kanäle durchgängig gut belüftet werden;
- die Rohrleitungen so verlegt werden können, dass sie leicht zugänglich sind; und
- die Rohrleitungen vor Wasser geschützt sind.

Rohrleitungen in zugänglichen Kanälen müssen durch eine Farbcodierung/Beschriftung gekennzeichnet sein.

Rohrleitungen in nicht zugänglichen Kanälen

Rohrleitungen dürfen nur in nicht zugänglichen Kanälen verlegt werden, wenn die Rohre vollständig geschweißt ausgeführt sind. Alle erforderlichen Absperrvorrichtungen oder anderen Armaturen müssen in Zugangsschächten installiert sein.

Nicht zugängliche Kanäle müssen mit Sand ausgefüllt sein.

Im Erdreich verlegte Rohrleitungen

Im Erdreich verlaufende Rohrleitungen müssen auf ihrer gesamten Länge aufliegen und vor möglichen Schäden durch äußere Einwirkung geschützt sein. Diese Anforderung ist im Allgemeinen erfüllt, wenn die Erddeckung mindestens 0,60 m beträgt. Bei Fernleitungen soll die Erddeckung nicht geringer als 1 m sein.

In Bereichen, in denen Bauarbeiten zu erwarten sind, muss ein Warnband aus haltbarem Material, z.B. Kunststoff, verlegt werden. Das Band soll in einem Abstand von ca. 0,30 m über der Rohrleitung verlegt werden.

Im Erdreich verlaufende Rohrleitungen müssen so verlegt werden, dass ihre Isolierung nicht beschädigt wird und ein Abstand von mindestens 0,50 zu öffentlichen Versorgungsleitungen gewährleistet wird.

Zur Vorbereitung der Grundfläche und zum Auffüllen der Gräben müssen Sand oder andere ähnliche Füllmaterialien verwendet werden, die keine scharfkantigen Gegenstände (z.B. Steine oder Schlacke), Fremdkörper oder aggressive Substanzen enthalten. Als Verlegehilfen verwendete Stützen müssen entfernt werden.

Der Verlauf der im Erdreich verlegten Rohrleitungen muss in den Zeichnungen des Standorts dokumentiert und am Standort gekennzeichnet werden.

Entlüftungsleitungen

Entlüftungsleitungen müssen so verlegt und gesichert werden, dass sie in der Lage sind, allen erwarteten Belastungen aufgrund ihrer Entlüftungsfunktion sowie allen Windlasten standzuhalten.

Entlüftungsleitungen müssen vor dem Eindringen von Regen und Fremdkörpern geschützt sein.

Entlüftungsleitungen sollen nicht unter Öffnungen in Gebäuden (z.B. unter Fernstern) austreten. Innerhalb eines Bereichs, der in den Zeichnungen zu den Gefahrenbereichen des Standorts und/oder der ATEX-Analyse definiert ist, dürfen keine Zündquellen vorhanden sein (Quelle: EIGA-Dokument Doc 134 [29]).

11.11 Betrieb

Die Rohrleitungen müssen vor der Inbetriebnahme auf die Erfüllung aller Anforderungen dieses Praxisleitfadens kontrolliert werden. Diese Kontrollen müssen sicherstellen, dass die für die Verlegung geltenden Vorschriften, einschließlich aller Festigkeits- und Dichtheitsprüfungen, eingehalten werden. Eine Wasserdruckprobe ist für Rohrleitungen erforderlich, die für einen maximalen Arbeitsdruck von mehr als 0,5 bar g bestimmt sind.

In Acetylen-Rohrleitungen soll der Druck bis zur Entnahmestelle nicht unter den Wert von 5 mbar g fallen. Es müssen Anweisungen und/oder Instrumente vorhanden sein, die sicherstellen, dass alle an das Netz angeschlossenen Verbraucher ihren Betrieb abschalten, wenn der Gasdruck unter 5 mbar g fällt.

Bezüglich des Betriebs von Hochdruck-Rohrleitungen, die bei Umgebungstemperaturen von weniger als 10 °C von Kompressoren aus versorgt werden, siehe Abschnitt 10.1.3.

Wenn mehrere Gasleitungen eine gemeinsame Leitung versorgen, sollen Schutzmaßnahmen angewendet werden, um ein Rückströmen aufgrund unterschiedlicher Drücke an den Quellen zu vermeiden.

Rohrleitungen müssen regelmäßig auf undichte Stellen (z.B. mit einer geeigneten ammoniakfreien Lecksuchflüssigkeit oder mit Hilfe eines Gasdetektors; siehe das EIGA-Dokument Doc 78 [63]) sowie auf mechanische Unversehrtheit entsprechend den spezifischen Anforderungen für jeden Anlagentyp kontrolliert werden.

Für im Erdreich verlegte oder unzugängliche Rohrleitungen muss ein spezifisches Programm zur Gewährleistung der mechanischen Unversehrtheit vorhanden sein.

Wartungsarbeiten an Rohrleitungen dürfen nur von dafür qualifizierten Personen im Anschluss an eine Gefährdungsbeurteilung für die jeweilige Aufgabe ausgeführt werden; dies hat unter Anwendung von Verfahren wie Arbeitserlaubnis, Verriegeln/Sichern gegen Wiedereinschalten (Logout/Tagout), Heiarbeiten sowie Rckbergabeverfahren und Dokumentation, sofern zutreffend, zu erfolgen; siehe das EIGA-Dokument Doc 40 „Work Permit Systems“ [14].

Für Wartungsarbeiten kann es erforderlich sein, dass die Rohrleitung entleert und mit einem Inertgas gespült wird. Die Mindestanforderungen im Fall von Heiarbeiten sind:

- Absperrung der Acetylen-Quelle;
- Druckabbau und Spülen mit einem Inertgas; und
- berwachen der Atmosphäre in Bezug auf entzündliche Gase mit einem Acetylen-Gasdetektor, zum Beispiel mit einem Gasdetektor für Acetylen in Stickstoff.

12 Acetylen-Versorgungsanlagen auf dem Betriebsgelände von Kunden

Acetylen-Versorgungsanlagen müssen so ausgelegt, ausgerüstet und betrieben werden, dass sie den im Betrieb zu erwartenden Belastungen standhalten und keine Gefahr für die Beschäftigten oder Dritte darstellen. Sie müssen so betrieben werden, dass keine gefährliche Korrosion an der Außenseite auftritt, und so, dass sie vor Belastungen durch Stöße geschützt sind.

Besondere Vorkommnisse, Defekte oder Schäden an Einzelflaschen-Anlagen ebenso wie die Auslösung ihrer Sicherheitseinrichtungen müssen umgehend der (den) für den Betrieb verantwortlichen Person(en) gemeldet werden.

12.1 Einzelflaschen-Versorgungsanlagen

Einzelflaschen-Versorgungsanlagen sind Acetylen-Versorgungsanlagen mit nur einer Acetylen-Flasche. Die Einzelflaschen-Anlage besteht aus:

- der Acetylen-Flasche;
- dem Flaschendruckregler (Flaschendruckminderer);
- den Mitteldruck- oder Niederdruckeinrichtungen, die gasabströmseitig des Flaschendruckreglers angeschlossen sind (z.B. Schlauchleitung); und
- Sicherheitseinrichtungen.

Anmerkung: Außer den Sicherheitseinrichtungen können die obigen Elemente in einer einzigen Vorrichtung integriert sein (Flaschen mit integriertem Ventil).

12.1.1 Allgemeines

Personal, das mit Acetylen-Anlagen umgeht, muss in folgenden Themen geschult und sachkundig sein:

- spezifische Gefahren beim Umgang mit Acetylen und mit Einzelflaschen-Anlagen (siehe das EIGA-Dokument SL 04 [65]);
- Maßnahmen, die bei Eintreten von Vorfällen und Störungen ergriffen werden müssen.

12.1.2 Ausrüstung

Flaschendruckregler (Flaschendruckminderer)

Ein Flaschendruckregler, der den Betriebsdruck der angeschlossenen Mitteldruck- oder Niederdruckleitung auf den maximal zulässigen Druck begrenzt, muss am Ventil der Acetylen-Flasche angebracht werden. Der Flaschendruckregler muss EN ISO 2503 [66] entsprechen.

Anmerkung: Bei Flaschenventilen mit integriertem Druckminderer ist der Druckminderer in dem Ventil integriert. Siehe EN ISO 22435 [58].

Schlauchleitungen bis 20 bar g

Es dürfen nur Gummischlauchleitungen verwendet werden, die EN ISO 3821 [67] entsprechen und die für Acetylen ausgelegt und zugelassen sind.

Schlauchleitungen müssen an den Anschlussstellen mit Schlauchschellen oder ähnlichen Befestigungen gesichert werden.

Schlauchleitungen dürfen nicht zur Erzielung einer größeren Länge miteinander verbunden werden.

Schlauchleitungsanschlüsse müssen EN 560 [68] und vorgefertigte, verwendungsfähige Schlauchleitungen EN 1256 [69] entsprechen.

Sicherheitseinrichtungen

Einzelflaschen-Anlagen müssen mit einer Flammensperre, einer Nachströmsperre und einem Gasrücktrittsventil ausgerüstet sein (siehe EIGA-Dokument SI 05 [70]). Sie müssen EN 730-1 [71] entsprechen.

12.1.3 Einrichtung von Einzelflaschen-Versorgungsanlagen

Einzelflaschen-Anlagen dürfen nicht in engen Räumen oder in Bereichen mit eingeschränktem Zugang aufgestellt werden, beispielsweise in Treppenhäusern, Fluren, Durchgängen und Übergängen. Nur unter kontrollierten Bedingungen ist ein Arbeiten in Bereichen mit eingeschränktem Zugang (z.B. für wichtige Reparaturarbeiten an Treppengeländern). In diesen Fällen sollen die Einzelflaschen-Anlagen nur kurzzeitig aufgestellt und genutzt werden, wobei dafür zu sorgen ist, dass die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen getroffen wurden, u. a. Absperren des Bereichs, Sichern eines Fluchtwegs und Vorkehrungen für ausreichende Lüftung.

Acetylen-Flaschen von Einzelflaschen-Anlagen müssen so aufgestellt werden, dass sie leicht zugänglich sind.

In für die Öffentlichkeit zugänglichen Bereichen müssen Acetylen-Einzelflaschenanlagen entweder ständig überwacht oder der Zugang muss beschränkt werden. Im Fall von kurzzeitigen Arbeiten ist ein entsprechender Hinweis ausreichend.

Die Anzahl der Einzelflaschen-Anlagen in Arbeitsräumen muss so gering wie möglich gehalten werden. Wenn mehrere Einzelflaschen zusammengeschlossen werden müssen, soll die Verwendung von einer Flaschen- oder Bündelbatterieanlage in Betracht gezogen werden.

Arbeitsräume müssen ausreichend belüftet sein, sofern erforderlich mit technischen Mitteln.

Acetylen-Flaschen mit Schüttmassen sollen nicht in waagrecht liegender Position betrieben werden. Freistehende Acetylen-Flaschen müssen gegen Umfallen gesichert werden, z.B. mit Ketten, Bügeln oder Ständern.

Acetylen-Flaschen müssen so aufgestellt werden, dass der Schlauchanschluss des Flaschendruckreglers nicht zu einer anderen Gasflasche gerichtet ist, um eine mögliche Beflammung zu verhindern.

12.1.4 Betrieb

Acetylen-Einzelflaschenanlagen müssen so betrieben werden, dass keine gefährliche Erwärmung auftreten 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. offenes Feuer und Rauchen sind in einem Umkreis von mindestens 1 m um eine Acetylen-Einzelflaschenanlage nicht zulässig. In ihrer Nähe dürfen sich keine leicht entzündlichen Materialien befinden.

Vor dem Anschließen des Flaschendruckreglers muss das Flaschenventil auf Verunreinigungen kontrolliert und bei Bedarf gereinigt werden. Die Vorgehensweise, das Flaschenventil zu öffnen, um Schmutz herauszublasen, ist nicht zu empfehlen, da die Gefahr besteht, dass es zu einer spontanen Zündung kommt.

Vor dem Öffnen des Flaschenventils muss die Einstellschraube des Flaschendruckreglers vollständig zurückgeschraubt werden, bis die Feder entlastet ist. Bevor der Brenner gezündet wird, muss ein ggf. in der Schlauchleitung vorhandenes Acetylen/Luft-Gemisch mit Acetylen ausgespült werden.

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

Wenn die Anlage längere Zeit nicht in Gebrauch ist, z.B. am Ende des Arbeitstages, müssen die Flaschenventile geschlossen und der Druck in den Schlauchleitungen abgebaut werden.

Bevor Flaschendruckregler von Acetylen-Flaschen, auch leeren Flaschen, abgebaut werden, müssen die Flaschenventile geschlossen werden. Unmittelbar nach dem Entfernen des Flaschendruckreglers muss das Flaschenventil durch Anbringen der Schutzkappe (sofern vorhanden) geschützt werden.

Nur geeignete Transportmittel (z.B. Flaschentransportwagen) sollen zum Transportieren von Einzelflaschen-Anlagen verwendet werden. Geschlossene Transportmittel müssen gut belüftet werden. Während des Transports müssen die Flaschenventile geschlossen sein.

Wenn eine Einzelflaschen-Anlage nicht in gutem Zustand ist oder eine Gefahr für Beschäftigte oder Dritte darstellt, darf die Anlage nicht betrieben werden.

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

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

Schlauchleitungen dürfen nicht direkt an Acetylen-Flaschenventilen und Armaturen angebracht werden.

12.1.5 Wartung

Eine regelmäßige Inspektion/Wartung muss sicherstellen, dass:

- die Ausrüstung in gutem Zustand ist, ordnungsgemäß genutzt wird und alle erforderlichen Komponenten angebaut sind;
- Schlauchleitungen nicht beschädigt sind;
- Ventile korrekt öffnen und schließen;
- die Anlage normal arbeitet (d.h., es muss gemeldet werden, wenn die Anlage mehr Gas verbraucht als normal, wenn ein ungewöhnlicher Druckabfall oder Gasgeruch auftritt, der auf eine Funktionsstörung oder Undichtigkeit hindeuten könnte).

Bei der jährlichen Inspektion muss kontrolliert werden, dass:

- die Flaschen-Anlage nicht undicht ist (Dichtheitsprüfung bei maximalem Betriebsdruck);
- Einstellung und Funktionsweise des Reglers zufriedenstellend sind;
- Sicherheitseinrichtungen korrekt arbeiten (z.B. Gasrücktrittventile auf Sicherheit gegen das Zurückströmen von Gas).

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

Wenn die Wartungsarbeit abgeschlossen ist, soll eine Bescheinigung von einer dafür zuständigen Person ausgestellt werden, um die Zustimmung vor der Inbetriebnahme zu dokumentieren (siehe Abschnitt 11.11).

Reparaturarbeiten an Acetylen-Flaschen dürfen nur vom Lieferanten oder den von ihm dazu ermächtigten sachkundigen Personen ausgeführt werden.

Im Fall von Flammenrückschlägen oder anderen Fehlern darf eine Einzelflaschen-Anlage nur weiterbetrieben werden, wenn der Fehler behoben ist und der gute Zustand der Anlage bestätigt wurde.

12.2 Batterie- und Füllstand-Versorgungsanlagen

12.2.1 Einführung

Batterie- und Füllstand-Versorgungsanlagen sind Acetylen-Versorgungsanlagen mit zwei oder mehr Acetylen-Flaschen, die auch zu Flaschenbündeln oder Acetylen-Trailern kombiniert sein können (siehe EN ISO 14114 [72]).

Batterie-Anlagen bestehen aus:

- zwei oder mehr Acetylen-Flaschen,
- einem Hochdruckteil,
- einem oder mehreren Hauptstellendruckreglern,
- einem Mittel- oder Niederdruckteil gasabströmseitig des Hauptstellendruckreglers,
- Sicherheitseinrichtungen (gemäß den Anforderungen in EN ISO 14114 [72]),
- Aufstellungsräumen und Aufstellungsorten (siehe „Anforderungen an Aufstellungsräume“ in Abschnitt 12.2.4).

12.2.2 Allgemeines

Vor Arbeitsbeginn muss das Personal eine Schulung und Unterweisung zu folgenden Themen erhalten haben:

- Betreiben von Batterie-Anlagen;
- spezifische Gefahren beim Umgang mit Batterie-Anlagen;
- Maßnahmen, die bei Eintreten von Vorfällen und Störungen ergriffen werden müssen.

Alle Teile von Acetylen führenden Batterie-Anlagen müssen so ausgelegt und ausgeführt sein, dass Luft oder Acetylen/Luft-Gemische gespült werden können.

Die Hochdruckleitungen von Batterie-Anlagen sollen so kurz wie möglich gehalten werden.

Es dürfen nur Hochdruckschlauchleitungen verwendet werden, die die Normen EN 14113 [10] und EN 12115 [10a] erfüllen.

Acetylen-Flaschen mit unterschiedlichen porösen Materialien dürfen in einer Batterie-Anlage zur gemeinsamen Entnahme zusammengeschlossen werden, wenn sie denselben Lösemitteltyp enthalten und denselben Acetylen-Füllgrad aufweisen.

Aufstellungsräume müssen die Anforderungen der örtlichen Bauvorschriften und dieses Praxisleitfadens erfüllen.

12.2.3 Ausrüstung

Die Ausrüstung von Batterie-Anlagen muss den Anforderungen in den nachstehend genannten Dokumenten entsprechen:

- EN ISO 14113 [10] und EN 12115 [10a] (Schlauchleitungen)
- EN ISO 14114 [72] (Acetylenflaschen-Batterieanlagen)
- EN ISO 7291 [9] (Hauptstellendruckregler)
- EN ISO 15615 [12] (Sicherheitsanforderungen für Hochdruckeinrichtungen)
- EN 730 [71] (Sicherheitseinrichtungen)

Die wichtigsten Anforderungen sind wie folgt:

Hochdruckteil

Der Hochdruckteil muss ausgerüstet sein mit:

- Hochdruck-Gasrücktrittventile direkt abströmseitig der Flaschen oder des Bündels, um ein Rückströmen von Gas in die Flaschen zu verhindern;
- einer Schnellschlussvorrichtung im Hochdruckabschnitt (entweder handbetätigt oder automatisch, je nach Art der Batterie-Anlage), um die weitere Entnahme von Acetylen zu verhindern, wenn es zu einem Acetylen-Zerfall oder einem Flammenrückschlag kommt.

Hochdruckschlauchleitungen dürfen nur verwendet werden, wenn starre Rohre ungeeignet sind. Länge und Durchmesser der Schlauchleitung müssen möglichst gering gehalten werden, und die Schlauchleitung muss vor Beschädigung von außen geschützt werden. Schlauchleitungen müssen einen Berstdruck von mindestens 1.000 bar g haben, und sie müssen einem Acetylen-Zerfall von Hochdruck-Acetylen bei einem Anfangsdruck von 25 bar g standhalten. Um einen Schutz vor elektrostatischer Aufladung zu bieten, muss bei der Installation von Schlauchleitungen sichergestellt werden, daß der Widerstand zwischen den Armaturen an den beiden Enden nicht höher als 10^6 Ohm

ist. Schlauchleitungen müssen gegenüber den Angriffen von Lösemitteln beständig sein; dies gilt sowohl für Aceton als auch für DMF. Schlauchleitungen müssen EN ISO 14113 [10] und EN 12115 [10a] entsprechen.

Hauptstellendruckregler

Am Ende der Hochdruckleitung muss ein Hauptstellendruckregler installiert sein, der den Betriebsdruck im abströmseitigen Niederdruck- oder Mitteldruckteil auf den maximal zulässigen Druck begrenzt. Für Batterie-Anlagen mit bis zu 6 Acetylen-Flaschen muss der Hauptstellendruckregler EN ISO 2503 [66] entsprechen, und für größere Batterie-Anlagen muss er EN ISO 7291 [9] entsprechen.

Der Hauptstellendruckregler muss mit einem Manometer sowohl auf der Vordruck-Seite (Druckbereich von 0 bis 40 bar g) als auch auf der Hinterdruck-Seite (Druckbereich von 0 bis 2,5 bar g) ausgerüstet sein. Der maximale Betriebsdruck auf der Hinterdruck-Seite muss auf dem Manometer gekennzeichnet sein.

Mittel- oder Niederdruckteil

Das Nieder- oder Mitteldruckteil 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 Hauptstellendruckreglers sein); und
- einem Hauptabsperrentil.

Eine Deaktivierung der Druckbegrenzungseinrichtungen während des Betriebs darf nicht möglich sein. Sie müssen gegen unbefugte Änderungen an den Druckeinstellungen geschützt sein, z.B. durch Verplombung.

Sicherheitsventile (sofern installiert) müssen mit Abblaseleitungen ausgestattet sein, die das Gas in einen sicheren Bereich nach außen ableiten.

12.2.4 Aufstellung

Allgemeine Anforderungen

Acetylen-Batterieanlagen dürfen nicht in engen Räumen oder in Bereichen mit eingeschränktem Zugang aufgestellt werden, beispielsweise in Treppenhäusern, Fluren, Durchgängen und Übergängen. Nur unter kontrollierten Bedingungen ist ein Arbeiten in Bereichen mit eingeschränktem Zugang zulässig (z.B. für wichtige Reparaturarbeiten an Treppengeländern). In diesen Fällen sollen die Einzelflaschen-Anlagen nur kurzzeitig aufgestellt und genutzt werden, wobei dafür zu sorgen ist, dass die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen getroffen wurden (z.B. Absperren des Bereichs, Sichern eines Fluchtwegs und Vorkehrungen für ausreichende Lüftung). Ein öffentlicher Zugang zu Acetylen-Batterieanlagen muss verhindert werden.

Acetylen-Flaschen und der Hochdruckteil von Batterie-Anlagen müssen in einem speziell für Acetylen-Anlagen vorgesehenen Raum oder im Freien untergebracht werden, wie unter „Anforderungen an spezielle Aufstellungsräume für Acetylen“ in diesem Kapitel dargelegt. Dies gilt nicht für kleine Anlagen und transportable Batterie-Anlagen, wenn das Betriebspersonal die Anlagen während der Acetylen-Entnahme überwacht.

Die Acetylen-Flaschen in Batterie-Anlagen müssen leicht zugänglich und so aufgestellt sein, dass sie vor Wärmeeinwirkungen geschützt sind.

Ersatzflaschen sollen nicht am Aufstellungsort der Batterie-Anlagen gelagert werden, sondern an einem eigens dafür vorgesehenen Lagerort.

Inertgase dürfen in unbegrenzten Mengen in der Nähe von Batterie-Versorgungsanlagen gelagert werden.

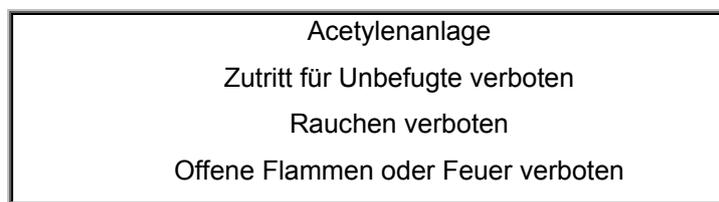
Sauerstoff darf im Bereich der Batterie-Versorgung bis zur Anzahl der Acetylen-Flaschen gelagert werden, wenn eine physikalische Barriere (Wand ohne Durchbrüche) zwischen den zwei Gasen vorhanden ist oder wenn der Sicherheitsabstand zwischen ihnen mindestens 3 Meter beträgt; dies gilt vorbehaltlich örtlicher Vorschriften.

Wenn Reserveflaschen oder -bündel in der Batterie-Anlage verwendet werden, müssen sie mit geschlossenem Ventil an die Hochdruck-Sammelleitung angeschlossen werden; im Fall von Bündeln muss das Hauptventil geschlossen, die Ventile der Einzelflaschen müssen dagegen geöffnet sein.

Wenn automatische Umschaltungen verwendet werden, müssen bei allen angeschlossenen Flaschen oder Bündeln die Ventile geöffnet sein.

Zu Batterie-Anlagen gehörende Acetylen-Rohrleitungen dürfen nicht Teil einer für andere Zwecke dienenden elektrischen Erdungsanlage sein.

Schilder mit den folgenden oder ähnlichen Angaben müssen am Zugangspunkt zu Batterie-Anlagen angebracht werden (ausgenommen kleine Anlagen):



Anforderungen an spezielle Aufstellungsorte und -räume

Es wird empfohlen, dass Acetylen-Batterieanlagen im Außenbereich aufgestellt werden. Wenn niedrige Umgebungstemperaturen jedoch zu Schwierigkeiten im Betrieb führen, können ggf. speziell für diesen Zweck vorgesehene Räume erforderlich sein.

Anforderungen an Aufstellungsorte im Freien

Aufstellungsorte für Batterie-Anlagen im Freien müssen vor dem Zutritt durch Unbefugte geschützt sein. Je nach den örtlichen Gegebenheiten kann dies durch eine Absperrung, einen Zaun und Schilder erreicht werden, wie unter *Allgemeine Anforderungen* beschrieben.

Ventile und Sicherheitsvorrichtungen müssen mit Hilfe nicht entflammbarer Materialien vor Witterungseinflüssen geschützt werden.

Anforderungen an spezielle Aufstellungsorte und -räume für Acetylen

Aufstellungsräume für Acetylen-Flaschen und für der Hochdruckteil von Batterie-Anlagen dürfen sich nicht unter anderen Räumen oder unter Erdgleiche befinden.

Aufstellungsräume müssen die Anforderungen der Richtlinie 94/9/EG [7] erfüllen. Insbesondere:

- müssen sie ständig belüftet sein, entweder durch künstliche oder natürliche Belüftung; siehe Abschnitt 7.2.1;
- müssen die Richtlinien zur Vermeidung von Zündgefahren durch elektrostatische Aufladung befolgt werden;
- müssen alle elektrischen Einrichtungen für den Einsatz in möglicherweise explosionsfähigen Atmosphären gemäß den ATEX-Anforderungen geeignet sein.

Ausreichende Beleuchtung muss bereitgestellt werden.

Nur die Acetylen-Flaschen und der Hochdruckteil einschließlich Hauptstellendruckregler mit den gasabströmseitig angeordneten Sicherheitseinrichtungen dürfen in den Aufstellungsräumen aufbewahrt werden.

Die Lagerung anderer Arten von Gasflaschen in den Räumen für Acetylen-Batterien ist nicht zu empfehlen. Wenn andere Gasflaschen in einem Raum für Acetylen-Batterien gelagert werden sollen, darf dies nur unter Einhaltung aller örtlichen Vorschriften sowie im Anschluss an eine Gefährdungsbeurteilung erfolgen.

In einem Notfall muss es möglich sein, die Aufstellungsräume sicher und unverzüglich zu verlassen. Es muss mindestens ein direkt ins Freie führender Ausgang vorhanden sein. Türen zu Fluchtwegen müssen nach außen öffnen.

Wenn Aufstellungsräume nicht freistehend ausgeführt sind, sondern an andere Räume angrenzen, müssen sie von diesen anderen Räumen durch gasdichte Wände mit einem Feuerwiderstand von einer Stunde getrennt sein. Türen oder andere Öffnungen in diesen Wänden sind nicht zulässig.

Trennwände zu benachbarten Räumen, die nicht für den Aufenthalt von Personen vorgesehen sind und in denen eine geringe Brandgefahr besteht (z.B. Räume zur Lagerung nicht entzündlicher Materialien), müssen gasdicht und feuerbeständig sein. Türen in diesen Trennwänden müssen feuerhemmend und selbstschließend sein.

Außenwände und Türen der Aufstellungsräume müssen aus nicht entflammaren Werkstoffen bestehen.

Dächer von Aufstellungsräumen

Siehe Abschnitt 7.1.2.

Heizungseinrichtungen in Aufstellungsräumen sind nur zulässig, wenn sie die Anforderungen der Richtlinie 94/9/EG [7] erfüllen und ihre Oberflächentemperatur 225 °C nicht übersteigt.

Um die Flaschen im Brandfall zu kühlen, muss eine ausreichende Wasserversorgung verfügbar sein. Für große Anlagen müssen Notberieselungsanlagen in Betracht gezogen werden (siehe Abschnitt 7.3.2).

Feuerlöscher müssen an geeigneten Orten bereitgestellt werden.

12.2.5 Betrieb

Allgemeine Anforderungen

Der Standort von Acetylen-Batterieanlagen muss sicherstellen, dass die Flaschen keiner Erwärmung ausgesetzt sind, die zu einem Acetylen-Zerfall führen kann. Flaschen sollen immer mindestens 0,5 m von Heizkörpern entfernt sein. Ein Schutz vor Sonneneinstrahlung ist nicht erforderlich.

Zündquellen wie z.B. offenes Feuer und Rauchen sind in einem Umkreis von mindestens 3 m um eine Acetylen-Batterieanlage nicht zulässig. Es dürfen keine leicht entflammaren Materialien vorhanden sein. Die Acetylen-Flaschen von Batterie-Anlagen im Freien müssen mindestens 3 m von Zündquellen und entzündlichen Materialien entfernt sein. Die Anforderungen der Richtlinien 94/9/EG [7] und 99/92 EC [28] müssen angewendet werden.

Abgesehen von transportablen Batterie-Anlagen müssen Acetylen-Batterieanlagen Sicherheitsabstände einhalten, die den gesetzlichen Vorschriften des jeweiligen Landes für die in der Batterie-Anlage vorhandene Acetylen-Menge entsprechen (siehe Abschnitt 12.2).

Diese Abstände dürfen im Einklang mit den gesetzlichen Vorschriften des jeweiligen Landes durch bauliche Maßnahmen (z.B. Wände ohne Öffnungen) verringert werden.

Prüfung vor Inbetriebnahme

Bevor Batterie-Anlagen zum ersten Mal in Betrieb genommen werden, müssen sie einer Prüfung unterzogen werden, um festzustellen, ob sie die Anforderungen dieses Praxisleitfadens erfüllen. Dabei müssen folgende Prüfungen durchgeführt werden:

- Die durchzuführenden Funktionsprüfungen betreffen:
 - Gasrücktrittventile auf Funktion, festen Sitz und Dichtheit;
 - Absperrvorrichtungen auf korrekte Funktion und eingestellten Druck;
 - Druckregler auf korrekte Funktion und korrekten Hinterdruck.

- Druckprüfungen. Teile können separat geprüft werden, wenn Anschlusselemente in die Prüfung einbezogen werden. Messvorrichtungen, Druckbegrenzungseinrichtungen, Druckregler und Abblaseleitungen brauchen nicht geprüft zu werden (bezüglich der Prüfdrücke siehe die Tabelle in Abschnitt 11.7.2 Prüfdrücke).

Aus Sicherheitsgründen werden Druckprüfungen mit hydraulischen Verfahren (Wasserdruckproben) bevorzugt. Pneumatische Prüfungen dürfen jedoch durchgeführt werden, wenn Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um das Personal vor einer Energiefreisetzung im Fall eines Materialversagens während der Prüfung zu schützen. Druckprüfungen für Mittel- und Niederdruckabschnitte sollen mit Inertgas durchgeführt werden, wenn entsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Wenn für pneumatische Prüfungen Luft verwendet wird, muss sie vor der Inbetriebnahme mit einem Inertgas, z.B. Stickstoff, ausgespült werden.

Nach hydraulischen Prüfungen muss die Anlage gründlich getrocknet werden, um Probleme in Verbindung mit eingeschlossener Feuchtigkeit auszuschließen.

- Vor der Erstinbetriebnahme muss die gesamte Batterie-Anlage bei ihrem maximalen Betriebsdruck auf Dichtheit geprüft werden. Diese Prüfung soll nach dem Spülen der Anlage mit Stickstoff durchgeführt werden.

Es wird empfohlen, dass alle während der Inbetriebnahme einer Anlage durchgeführten Prüfungen protokolliert und die Protokolle in den Unterlagen zu dieser Anlage aufbewahrt werden.

Bevor eine Batterie-Anlage erstmalig in Betrieb genommen wird, müssen sämtliche Rohrleitungen von den Anschlussleitungen der Flaschen bis zu den Entnahmestellen gründlich gespült werden, um die Luft zu entfernen.

Wenn bestehende Batterie-Anlagen mit neu eingebauten Teilen erweitert oder geändert werden, muss eine Prüfung und eine Spülung durchgeführt werden.

Betrieb

Beim Anschließen von Acetylen-Flaschen und -Bündeln muss sichergestellt werden, dass alle Anschlüsse gasdicht sind. Vor dem Anschließen eines Flaschenbündels muss die Bündel-Versorgungsanlage mit Acetylen gespült werden, um die ggf. noch in der Anlage vorhandene Luft zu entfernen. Vor der Inbetriebnahme muss die Anlage von einer Person mit ausreichender Sachkenntnis und nachgewiesener Kompetenz für derartige Anlagen geprüft werden.

Die Flaschenventile aller Acetylen-Flaschen, die für eine gemeinsame Gasentnahme miteinander verbunden sind, müssen während der Gasentnahme geöffnet sein.

Wenn eine Anlage längere Zeit nicht in Gebrauch ist (z.B. nachts oder an Wochenenden), müssen die dem Hauptstellendruckregler vorgeschalteten Hauptabsperrventile geschlossen werden.

Bevor leere Acetylen-Flaschen oder -Bündel von der Batterie-Anlage entfernt werden, müssen die Flaschenventile bzw. Bündel Hauptabsperrventile geschlossen werden.

Acetylen-Flaschenventile in einem Bündel müssen während Lagerung und Transport offen bleiben. Die Absperrung des Bündels darf nur durch das Hauptabsperrventil, das mit der Typenzulassung des Bündels übereinstimmt, erfolgen.

Bevor einzelne Acetylen-Flaschen transportiert werden, müssen Schutzkappen (sofern erforderlich) angebracht werden.

Zum Transportieren von Acetylen-Flaschen und -Bündeln dürfen nur geeignete Transportmittel verwendet werden. Die Verwendung von Magnetkränen ist nicht zulässig.

Wenn nasse Sicherheitsvorlagen (Wasservorlagen) verwendet werden, müssen sie mindestens einmal pro Schicht sowie nach Flammenrückschlägen kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass der Wasserstand nach wie vor ausreichend hoch ist. Sie müssen mindestens jährlich gereinigt werden und auf Sicherheit gegen Gasrücktritt überprüft werden. Sofern erforderlich, müssen sie vor Frost geschützt werden.

12.2.6 Wartung

Eine regelmäßige Inspektion/Wartung muss sicherstellen, dass:

- die Ausrüstung in betriebsfähigem Zustand ist, ordnungsgemäß genutzt wird, alle erforderlichen Komponenten vorhanden sind und keine unbefugten Änderungen vorgenommen wurden;
- alle Ausrüstungselemente wie Druckregler, Rohrleitungen, Anschlusswendel und Schlauchleitungen in einem betriebsfähigen Zustand sind, z.B. nicht korrodiert oder beschädigt;
- Ventile korrekt funktionieren;
- die Anlage entsprechend den Auslegungsbedingungen betrieben wird (d.h., es muss gemeldet werden, wenn die Anlage mehr Gas verbraucht als normal, wenn ein ungewöhnlicher Druckabfall oder Gasgeruch auftritt, der auf eine Funktionsstörung oder Undichtigkeit hindeuten könnte).

Bei der jährlichen Inspektion muss kontrolliert werden, dass:

- die Batterie-Anlage nicht undicht ist (z.B. Dichtheitsprüfung bei maximalem Betriebsdruck);
- Einstellung und Funktionsweise der Druckregler ihren ursprünglichen Auslegungsanforderungen entsprechen;
- Sicherheitseinrichtungen korrekt funktionieren (z.B. Gasrücktrittventile auf Schutz vor Gasrücktritt);
- der Zustand von Ausrüstung und Rohrleitungen und ihr Korrosionsschutz zufriedenstellend sind.

Undichte oder beschädigte Teile dürfen nur durch sachkundige Personen ausgetauscht oder repariert werden. Für Ventile und Armaturen dürfen nur Ersatzteile verwendet werden, die den Spezifikationen des Originalherstellers entsprechen.

Die Wartung von Flaschen und Flaschenventilen darf nur vom Lieferanten der Flaschen durchgeführt werden.

Im Fall von Flammenrückschlägen oder anderen Fehlern dürfen Batterie-Anlagen nur weiterbetrieben werden, wenn der Fehler behoben ist und der gute Betriebszustand der Anlage bestätigt wurde.

12.3 Lagerung und Handhabung

12.3.1 Lagerung von Acetylen-Flaschen

Siehe Abschnitt 7.4.4

12.3.2 Handhabung von Acetylen-Flaschen

Je nach Menge des Produkts könnten Acetylen-Flaschen dem Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße („ADR“) unterliegen. Entsprechende Informationen kann der Lieferant geben.

Acetylen-Flaschen sollen im Fahrzeug des Lieferanten transportiert werden. Wenn private Transportmittel genutzt werden, wird nachdrücklich empfohlen, ein offenes oder gut belüftetes Fahrzeug zu verwenden; siehe die EIGA-Kampagne zum Transport von Gasflaschen in nicht speziell dafür vorgesehenen Fahrzeugen [73].

Acetylen-Flaschen nicht in einem unbelüfteten Fahrzeug oder in unbelüfteten abgeteilten Bereichen im Fahrzeug transportieren, da kleine Undichtigkeiten explosive Atmosphären erzeugen können.

Rauchverbote sind grundsätzlich immer einzuhalten.

Flaschenventile sind während des Transports immer zu schließen: Acetylen-Flaschen sind niemals vollkommen leer, da Acetylen im Lösemittel gelöst ist und ein Acetylen-Rest selbst dann noch vorhanden ist, wenn bei geöffnetem Ventil kein Gas mehr ausströmt bzw. der Druck abgebaut ist.

Es ist sicherzustellen, dass ein vorhandener Ventilschutz immer angebracht wird und dass Druckregler und sonstige Ausrüstung vor dem Transport von der Flasche abgebaut bzw. getrennt werden.

Flaschen dürfen nicht an der Ventilschutzvorrichtung oder am Ventil angehoben werden, sofern diese nicht speziell hierfür vorgesehen sind.

Es dürfen nur Hebevorrichtungen verwendet werden, die keinen Schaden an der Acetylen-Flasche verursachen und ein Fallen oder Umfallen der Acetylen-Flasche verhindern.

Beim Transport muss stets sichergestellt sein, dass Gasflaschen gesichert und befestigt sind, vorzugsweise senkrecht stehend sowie von der Fahrerkabine getrennt sind.

Acetylen-Flaschen dürfen nicht heftigen Stößen ausgesetzt werden, um Schäden an der Flasche und ihrem Ventil zu vermeiden.

Acetylen-Flaschen dürfen nicht zusammen mit anderen entzündlichen Ladungen wie Holzspänen oder Papier transportiert werden.

Wenn der Bestimmungsort erreicht ist, sind die Flasche(n) aus dem Fahrzeug auszuladen. Die Flasche (Flaschen) nicht in einem Fahrzeug lagern.

13 Verhalten in Notfällen

13.1 Notfallverfahren für Lagerung und Transport von Calciumcarbid

13.1.1 Heiße Calciumcarbid-Fässer und -Container

Wenn Calciumcarbid-Fässer oder -Container beschädigt wurden und Feuchtigkeit eingedrungen ist, können sie heiß werden. Um derartige Situationen sicher beherrschen zu können, müssen entsprechende Verfahrensanweisungen und Ausrüstung für solche Notfälle vorhanden sein. Dabei ist sicherzustellen, dass der Bereich, in dem sich der Notfall ereignet hat, abgesperrt wird.

Der Container soll nicht bewegt werden, bevor die Reaktion abgeklungen und die Oberfläche abgekühlt ist. Sofern möglich, soll jeder weitere Kontakt mit Wasser ausgeschlossen werden.

(Siehe auch CGA-Broschüre G-1.7, „*Standard for storage and handling of calcium carbide in containers*“ [74]).

13.1.2 Spülen von vollen Calciumcarbid-Fässern

Dieses Verfahren ist einzuhalten, wenn ein volles Calciumcarbid-Fass, das heiß ist, unter Druck steht oder sich verformt hat, gespült wird.

Der Spülvorgang verringert oder entfernt potenziell entzündliche Acetylen/Luft-Gemische aus Calciumcarbid-Fässern. Dabei wird Stickstoff durch das Fass geleitet, der ggf. vorhandene, potenziell entzündliche Acetylen/Luft-Gemische verdünnt und verdrängt. Außerdem wird das Carbid getrocknet, wodurch die Acetylen-Entwicklung zum Stillstand kommt. Stickstoff wird verwendet, weil es ein reaktionsträges, d.h. nicht reaktionsfreudiges Gas ist.

Die Stickstoffspüleinrichtung soll in der Lage sein, einen geregelten Niederdruck-Stickstoffstrom (üblicherweise < 100 mbar g) zu liefern, der durch eine röhrenförmige Sonde von kleinem Durchmesser in das Fass eingeleitet wird; wenn keine Öffnungen am Fass vorhanden sind, kann der Mantel des Fasses mit einem entsprechenden Werkzeug perforiert werden.

Vor dem Beginn der Spülung: Bevor ein Fass gespült wird, lässt man es durch Umgebungsluft natürlich abkühlen, bis es sich kalt anfühlt; danach wird es an einen dafür ausgewiesenen sicheren Ort gebracht. Dieser Ort muss folgende Anforderungen erfüllen:

- trocken,
- gut belüftet,
- mindestens 10 Meter von Gasflaschen, Gebäuden, der Grundstücksgrenze, Zündquellen und entzündlichen Materialien entfernt.

Das Verfahren darf nur von sachkundigem und geschultem Personal durchgeführt werden.

Mit Hilfe eines entsprechenden funkenarmen Werkzeugs wird eine Öffnung in den Deckel des Fasses und eine nahe am Fassboden eingebracht.

Zum Schneiden von Öffnungen in das Fass sind nur funkenarme Werkzeuge zu verwenden. Dabei ist sicherzustellen, dass immer eine sachkundige zweite Person anwesend ist sowie dass ein Pulverfeuerlöscher und trockener Sand verfügbar sind.

Eine Stickstoff-Spüleleitung wird in die Öffnung nahe am Fassboden eingeführt.

Die Stickstoffzufuhr wird langsam geöffnet, und das Fass wird so lange gespült, bis es kalt ist. Dabei ist sicherzustellen, dass das Spülgas an einen sicheren Ort abgeleitet wird.

Der Spülvorgang wird fortgesetzt, bis das Fass für die nächste Acetylen-Entwickler-Füllung geöffnet wird; dabei ist regelmäßig zu kontrollieren, dass es nicht zu einer erneuten Erwärmung kommt.

13.1.3 Notfallverfahren für heiße Carbid-Großcontainer

Großcontainer für Calciumcarbid sind normalerweise mit Spülanschlüssen ausgestattet. Jeder Container, der Anzeichen einer Erwärmung zeigt, soll so lange mit Stickstoff gespült werden, bis die Oberfläche des Containers kalt ist und das austretende Gas eine untere Explosionsgrenze (UEG) von weniger als 25 % (Acetylen in Stickstoff) aufweist. Der Container darf danach in der üblichen Weise verwendet werden.

13.1.4 Verschüttetes Carbid

Ausrüstung

Zum Aufnehmen von verschüttetem Calciumcarbid wird die folgende Ausrüstung benötigt:

- funkenarme Schaufel (Schaufel mit langem Griff),
- funkenarmer Eimer,
- Besen mit Naturborsten (kein Nylon, das zu elektrostatischer Aufladung führen könnte),
- Stahlfass ohne Deckel,
- Fass mit trockenem Sand (im Brandfall),
- Persönliche Schutzausrüstung (siehe EIGA-Dokument Doc 136) [13].

Gebrauch und Aufbewahrung der Ausrüstung

Ausrüstung zum Aufnehmen von verschüttetem Calciumcarbid soll an einem dafür angegebenen Ort im Acetylen-Werk aufbewahrt und nur für diesen Zweck verwendet werden.

Kunststoffe oder andere Ausrüstungen, die Funken erzeugen dürfen nicht verwendet werden.

Aufnehmen von verschüttetem Calciumcarbid

Dabei ist die folgende persönliche Schutzausrüstung zu tragen:

- flammhemmende Handschuhe (Handschuhe mit langen Stulpen),
- chemikalienbeständiger Augenschutz,
- flammhemmende Kleidung,
- Staubmaske.

Wenn es sich um eine größere Freisetzung handelt, wird das Personal aus diesem Bereich an einen Ort evakuiert, der entgegen der Windrichtung liegt. Die Zufahrt von Fahrzeugen in den Bereich des Vorfalls ist gemäß den am Standort geltenden Notfallverfahren zu verhindern.

Wasser ist von dem verschütteten Calciumcarbid fernzuhalten. Wenn Carbid in unmittelbarer Nähe des Acetylen-Entwicklers feucht geworden ist, sind alle Vorgänge der Acetylen-Produktion sofort zu stoppen, und es ist dafür zu sorgen, dass der Bereich in der Umgebung der Freisetzung gut belüftet wird, bevor mit dem Aufnehmen der verschütteten Mengen begonnen wird.

Alle Zündquellen sind von diesem Bereich fernzuhalten.

Das verschüttete Calciumcarbid ist auf Staub/feinkörnige Bestandteile zu kontrollieren, da diese Rückstände:

- rasch mit Feuchtigkeit in der Luft reagieren,
- heiß genug werden, um das erzeugte Acetylen zu entzünden,

Wenn Staub oder feinkörnige Bestandteile vorhanden sind:

- Zum Entfernen von Staub, feinkörnigen Bestandteilen und Rückständen von Calciumcarbid aus dem Acetylen-Werk wird funkenarme Ausrüstung verwendet.
- Reste werden dünn auf einer dafür angegebenen Entsorgungsfläche verteilt und mit einer großen Menge Wasser besprengt.
- größere Mengen von Staub, feinkörnigen Bestandteilen und Rückständen dürfen nicht direkt in Wasser oder Carbidkalk-Absetzgruben geworfen werden, da dies eine Explosion auslösen könnte.

Wenn die persönliche Schutzausrüstung stark mit Calciumcarbid verunreinigt ist, ist dafür zu sorgen, dass sie entfernt und vor dem erneuten Gebrauch gereinigt wird. Personen, die an den Arbeiten zum Aufnehmen von verschüttetem Calciumcarbid beteiligt waren, sollen darauf achten, dass sie unmittelbar danach duschen, um Rückstände der Calciumcarbid-Produkte zu entfernen.

Wenn verschüttetes Calciumcarbid mit Wasser in Kontakt gekommen und feucht geworden ist, werden heiße Stellen mit einer ausreichenden Menge von trockenem Sand vollständig bedeckt, sodass kein Calciumcarbid durch die Sandschicht mehr zu sehen ist. Nach dem Abkühlen wird das Calciumcarbid mit der empfohlenen Ausrüstung aufgenommen und in einen Transportwagen oder ein Stahlfass gefüllt. Danach:

- wird es zu einem sicheren Bereich in ausreichender Entfernung von Gebäuden und Zündquellen transportiert;
- wird das Calciumcarbid-Sand-Gemisch in einer dünnen Schicht auf einer dafür angegebenen Entsorgungsfläche verteilt, damit es mit der Feuchtigkeit in der Luft reagieren kann.

Alternativ darf, nachdem der größte Teil der verschütteten Menge aufgenommen wurde, die verbliebene Restmenge mit Hilfe von Wasserschlauchleitungen in das Carbidkalk-Entsorgungssystem gespült werden.

Wenn das Calciumcarbid nicht verunreinigt wurde (z.B. mit Sand), kann es abgedeckt gelassen und in der nächsten verfügbaren Acetylen-Entwickler-Charge verwendet werden.

13.1.5 Carbid-Feuer

13.1.5.1 Bekämpfen eines Calciumcarbid-Feuers

Calciumcarbid ist nicht entzündlich, erzeugt jedoch Acetylen-Gas, wenn es mit Feuchtigkeit in Kontakt kommt.

Deshalb darf zum Löschen eines Calciumcarbid-Feuers niemals Wasser oder ein Schaumfeuerlöscher verwendet werden. Das Wasser würde mit dem Calciumcarbid reagieren und dabei noch mehr Acetylen-Gas erzeugen, welches das Feuer weiter anfacht.

Die bevorzugte Vorgehensweise ist, Feuer in verschüttetem Carbid von selbst ausbrennen zu lassen. Dabei wird das entweichende Acetylen verbraucht, sodass die Bildung zündfähiger Atmosphäre vermieden wird.

13.1.5.2 Vorgehensweise

Die folgende flammhemmende persönliche Schutzausrüstung ist zu tragen:

- Lederhandschuhe (Handschuhe mit langen Stulpen),
- Lederstiefel,
- chemikalienbeständiger Augenschutz,

- flammhemmende Kleidung.

Das Personal ist aus dem Bereich an einen Ort zu evakuieren, der entgegen der Windrichtung liegt; der Zugang zu dem Bereich ist durch Absperrungen zu verhindern.

Alle Zündquellen in dem Bereich sind fernzuhalten.

Eine erneute Entzündung des erzeugten Acetylen nach dem Löschen des Feuers könnte eine Folgegefahr darstellen.

Wenn Wasser vorhanden ist, muss versucht werden, die Wasserquelle abzusperren. Die beste Vorgehensweise ist, das Feuer von selbst ausbrennen zu lassen, bis das gesamte erzeugte Acetylen aufgebraucht ist. Die Hitze des Feuers trocknet das Carbide aus und bringt die Erzeugung des Acetylen, das als Brennstoff dient, zum Stillstand.

In Extremsituationen ist es möglich, das Feuer mit einem Trockenlöschmittel (Löschpulver) zu löschen, dies ist jedoch nur erforderlich, wenn das Feuer eine extreme Gefahr darstellt. Diese Arbeiten sollen nur von dazu befugten Rettungsdiensten durchgeführt werden, die im Umgang mit derartigen Maßnahmen geschult sind, beispielsweise die Feuerwehr.

Gebäude sind durch Öffnen der Türen und Fenster mindestens 30 Minuten lang frei durchzulüften, oder es ist so lange zu warten, bis die Atmosphäre nicht mehr zündfähig ist.

Das verschüttete Carbide ist sofort in luftdichte Stahlfässer zu geben und darin zu lagern, bis es in der nächstmöglichen Acetylen-Entwickler-Charge verwendet werden kann.

Bevor die Deckel der Fässer dicht verschlossen werden, sollen die Fässer mit Stickstoff gespült werden, da immer noch Acetylen erzeugt werden könnte.

13.1.6 Verschütteter Carbidekalk

Die folgende persönliche Schutzausrüstung ist zu tragen:

- flammhemmende Handschuhe (Handschuhe mit langen Stulpen);
- chemikalienbeständiger Augenschutz;
- flammhemmende Kleidung und Baumwoll-Overalls; und
- Gummistiefel.

Vorgehensweise bei Verschütten größerer Carbidekalk-Mengen

Alle Zündquellen in dem Bereich sind fernzuhalten.

Mit Hilfe von Sandsäcken, Kissen mit Absorptionsmitteln oder anderen dafür geeigneten Vorrichtungen ist zu verhindern, dass verschüttete Mengen in die Abwasserkanalisation gelangen.

Flüssiger Abfall wird mit Sand oder anderen Absorptionsmitteln gebunden, festes Material wird aufgedreht und in Behältern zur Entsorgung gelagert (vorzugsweise durch Rückführung in die Carbidekalk-Aufbereitungsanlage).

Der gebrauchte Sand ist über eine zugelassene Entsorgungsfirma zu entsorgen.

Alle verunreinigten Betonoberflächen werden mit reichlich Wasser abgespritzt, das dabei anfallende Abwasser wird vorzugsweise in die Carbidekalk-Aufbereitungsanlage zurückgeleitet.

13.2 Brandbekämpfung in Acetylen-Werken

13.2.1 Allgemeine Anforderungen

Alle Brandschutz- bzw. Brandbekämpfungsvorschriften der nationalen und örtlichen Behörden müssen eingehalten werden.

Feueralarm- und Notfallübungen müssen regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich, durchgeführt werden.

Brandschutzausrüstung muss regelmäßig gemäß den Anweisungen des Herstellers oder den örtlichen Vorschriften gewartet und geprüft werden.

In allen Werken müssen Systeme und Verfahren vorhanden sein, um ein unkontrolliertes Entweichen von Acetylen-Gas in die Atmosphäre zu verhindern und ein Feuer unter Kontrolle zu bringen, wenn es zu einer Entzündung von Acetylen-Gas gekommen ist.

13.2.2 Brandbekämpfungsausrüstung

Bevorzugt werden Pulverfeuerlöscher. CO₂-Feuerlöscher können zu elektrostatischer Aufladung führen und werden vorzugsweise zur Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen eingesetzt.

Pulverfeuerlöscher müssen an den folgenden Orten aufgestellt sein:

- Ausgänge von Calciumcarbid-Lagern
- Ausgänge von Acetylen-Entwicklerräumen
- Ausgänge von Gasspeicher- und Reinigungsräumen
- Ausgänge von Kompressorräumen
- Ausgänge des Raums zur Wartung von Flaschen
- Aceton-Pumpen und Acetontank-Kupplungspunkte
- Ausgänge der Lagerbereiche für Aceton-Fässer
- Umfüllpunkte von Aceton (oder DMF) aus Fässern in den Prozess
- Acetylen-Entwicklerbühne
- Flaschenabfüll- und -vorbereitungsbereich – einsetzbar für kleine Feuer (z.B. wenn es nach einer kurzen Leckage aus einem Flaschenventil zu einer Zündung gekommen ist)
- Kalkgruben
- Räume für elektrische Schalteinrichtungen und elektrische Antriebe (hier wird CO₂ bevorzugt)

In einem Acetylen-Werk besteht die Möglichkeit, dass aufgrund eines Vorfalls bei Füllständen viele Flaschen gleichzeitig heiß werden. Deshalb ist es von entscheidender Bedeutung, dass eine Notberieselungsanlage zur Verfügung steht, um die Flaschen in solchen Situationen kühlen zu können (siehe Abschnitt 7.3.2).

13.2.3 Brandbekämpfungstechniken

Bei einem Brand soll immer, wenn dies (unter Gewährleistung der Sicherheit des Personals) möglich ist, die Acetylen-Quelle, die den Brand speist, abgesperrt werden. Acetylen-Brände werden normalerweise auf keine andere Weise gelöscht, außer bei einem sehr kleinen Feuer, bei dem ein Feuerlöscher erfolgreich eingesetzt werden kann, sodass ein sicherer Zugang zum Absperrern der undichten Stelle möglich ist.

Es müssen Notabschaltsysteme vorhanden sein, um die Anlagen des Werks im Brandfall abzufahren. Siehe Abschnitt 7.1.2.

Von Bränden in den Hochdruckanlagen können sehr große Gefahren ausgehen. Diese Brände können nur gelöscht werden, indem das nachströmende Acetylen abgesperrt wird, sofern dies unter sicheren Bedingungen möglich ist. Das Löschen einer Flamme aus einer unter hohem Druck sehenden Acetylen-Leckage könnte zu einer anschließenden Explosion führen, wenn das Gas weiterhin entweicht und sich erneut entzündet.

Flaschen und Einrichtungen, die dem Feuer ausgesetzt sind, müssen mit reichlich Wasser gekühlt werden. Dabei muss die Möglichkeit einer Explosion oder das weitere Entweichen durch Schutzvorrichtungen wie Schmelzsicherungen und Berstscheiben (sofern eingebaut) verringert werden.

Ein Feuer kann sich rasch im gesamten Acetylen-Werk ausbreiten, wenn sich aus einem Flaschenventil oder einer geborstenen Schlauchleitung entweichendes Gas entzündet. Als Schutzmaßnahme wird die Installation von Wasser-Notberieselungsanlagen empfohlen, siehe Abschnitt 7.3.2.

13.2.4 Heiße Acetylen-Flaschen

Von Acetylen-Flaschen, die heiß werden, können sehr große Gefahren ausgehen. Die Flaschen können auf verschiedene Weise heiß werden:

- Wenn sie direkt einem Feuer oder einer Quelle extremer Wärme ausgesetzt sind.
- Durch einen inneren Flammenrückschlag aus verbundenen Rohrleitungen, der zu einem Zerfall des Acetylens in der Flasche führt.
- Durch einen inneren Zerfall aufgrund von hohem Druck oder hoher Temperatur in der Flasche. Heiße Flaschen können schwer zu erkennen sein. Einige Hinweise darauf könnten sein:
 - Ein plötzliches scharfes Geräusch beim Schließen des Ventils;
 - Bemerkung eines Temperaturanstiegs im Schulterbereich des Flaschenmantels, wenn die Flasche vom Füllstand abgeschlossen wird;
 - Von der Oberfläche der Flasche aufsteigender Dampf;
 - Ungewöhnlicher Geruch nach verbrannter Farbe oder Ventildichtungen;
 - Blasenbildung der Lackierung auf dem Flaschenmantel; und
 - Rot oder weiß glühender Flaschenmantel.

Es müssen Verfahren für den sicheren Umgang mit diesen heiß gewordenen Flaschen vorhanden sein:

1. Nachdem die heiße Flasche entdeckt wurde, müssen die folgenden Maßnahmen ergriffen werden. Sie können in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden, wie jeweils vom ausführenden Bediener festgelegt (die Reihenfolge muss den Umständen des konkreten Notfalls angepasst werden, beispielsweise der räumlichen Anordnung des Bereichs).
 - Eine heiße Flasche nicht bewegen.
 - Wenn am Standort Wasser zum Kühlen der Flaschen verwendet wird, das Wasser laufen lassen, um eine maximale Kühlwirkung zu erzielen. Wenn die Kühlwasseranlage zu dem Zeitpunkt, an dem die heiße Flasche erkannt wird, nicht in Betrieb ist, soll sie wieder eingeschaltet werden.
 - Das Notabschaltssystem betätigen, um den Füllvorgang abubrechen und das Notfallverfahren für den Standort einzuleiten.
 - Die Notfall-Alarmanlage betätigen, um das gesamte Personal zu den angegebenen Sammelpunkten zu evakuieren. Das gesamte Personal muss sofort evakuiert werden.
 - Sichere Bereiche müssen mindestens 200 Meter von der direkten Sichtlinie der Flaschen entfernt sein. Dieser Abstand darf verringert werden, wenn durch massive Gegenstände wie Mauer- oder Betonwände oder schwere Teile des Werks ein geeigneter Schutz geboten wird.

2. Wenn eine Notberieselungsanlage oder fest installierte Monitore am Standort verfügbar sind, sollen sie ebenfalls eingeschaltet werden, um zusätzliches Kühlwasser in die Richtung der heißen Flasche zu lenken.

Das Aktivieren der Notberieselungsanlage oder von Monitoren soll die Evakuierung des gesamten Personals in den geschützten Bereich nicht verzögern. Eine kleine, in der Hand gehaltene Schlauchleitung stellt keine sichere Möglichkeit dar und soll nicht verwendet werden.

3. Die verantwortliche Person ist unverzüglich über den Vorfall zu informieren. Diese Person muss die Kontrolle über die Notfallmaßnahmen übernehmen.

4. Nach einer Stunde muss eine sachkundige und geschulte Person (mit Erlaubnis der verantwortlichen Person) den Zustand der Flasche untersuchen, um festzustellen, ob sich noch Dampf bildet. Dies muss aus dem weitest möglichen Abstand (sofern erforderlich unter Verwendung von Sehhilfen wie z.B. Fernglas, Wärmebildkamera) sowie abgesichert hinter einem massiven Bauwerk erfolgen, um im Fall einer Explosion vor Splintern geschützt zu sein.

Wenn bei einer vorübergehenden Unterbrechung der Kühlwasserzufuhr festgestellt wird, dass weiterhin Dampf von der Flasche aufsteigt, wird die Kühlung eine weitere Stunde fortgesetzt, bevor erneut in gleicher Weise kontrolliert wird.

Dieser Zyklus wird so lange wiederholt, bis kein Dampf mehr zu sehen ist.

VORSICHT

Wenn es nicht möglich ist, die Flasche zu sehen, ohne Personal zu gefährden, sollte das Wasser weiterlaufen, bevor die Flasche auf Anzeichen von Restwärme überprüft wird.

Ein Annähern an Flaschen, bei denen Gas aus Schmelzsicherungen oder an Berstscheiben austritt, darf unter keinen Umständen erfolgen. Es muss abgewartet werden, bis das gesamte Gas sicher entleert ist. Dabei ist weiter mit Wasser zu kühlen.

5. Wenn sich an der Flasche kein Dampf mehr bildet, ist nach dem Abschalten des Wassers abzuwarten und zu beobachten, ob das Wasser auf der Flaschenoberfläche rasch verdampft. Wenn dies der Fall ist, deutet es darauf hin, dass die Flasche noch warm ist.

Das Wasser einschalten und eine weitere Stunde kühlen, danach, wie oben beschrieben, erneut kontrollieren.

Diesen Zyklus fortsetzen, bis die Flasche nach dem Abschalten des Wassers feucht bleibt. Erst danach mit dem nächsten Schritt fortfahren.

6. Die Flasche aus dem Gebäude entfernen und vorsichtig für einen weiteren Zeitraum von mindestens 12 Stunden in ein kaltes Wasserbad legen (oder unter Sprühdüsen, die die Flaschen reichlich mit Wasser beregnen).

Der Wasserstand muss regelmäßig kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass keine undichte Stelle vorhanden ist oder Wasser verdampft. Der Wasserstand muss auf der geforderten Höhe gehalten werden.

Die Verwendung eines Wasserbads für Acetylen-Bündel ist aufgrund ihrer Größe möglicherweise nicht möglich, deshalb müssen Bündel statt durch Eintauchen in ein Wasserbad 12 Stunden lang durch Besprühen mit Wasser gekühlt werden.

Eventuell ist es nicht möglich zu kontrollieren, dass die Flaschen in der Mitte des Bündels ausreichend gekühlt wurden. Daher wird nicht empfohlen, die Flaschen aus dem Rahmen des Bündels auszubauen.

Das Bündel nicht auseinanderbauen, bevor nicht für alle Flaschen überprüft wurde, dass sie abgekühlt sind.

Wenn eine große Zahl von Flaschen von einer Hitzeeinwirkung betroffen ist, gelten ebenfalls die oben genannten Punkte, da es praktisch nicht durchführbar ist, alle Flaschen in Wasser zu tauchen.

7. Nach zwölf Stunden kontrollieren, ob die Flasche vollständig abgekühlt ist. Andernfalls die Flasche bis zur vollständigen Abkühlung im Wasserbad lassen.

Wenn die Flasche vollständig abgekühlt ist, mit dem nächsten Schritt fortfahren.

8. Die Flasche entleeren. Sofern möglich, sollte dies erfolgen, während die Flasche unter Wasser getaucht ist. Wenn dies nicht möglich ist, die Flasche aus dem Wasserbad nehmen und zum Entleeren an einen sicheren Ort bringen (siehe Abschnitt 8.6).

Anmerkung 1: Das Entleeren der Flasche unter Wasser ist sicherer, weil die Flasche infolge des Acetylen-Zerfalls entsprechende Mengen an Wasserstoff enthalten kann.

Anmerkung 2: Um sicherzustellen, dass die übrigen Flaschen nicht von der Zündung betroffen werden, diese Flaschen zwölf Stunden lang am Füllstand belassen, bevor sie abgeschlossen werden.

Die Füllschlauch- und Rohrleitungen auf Schäden und innere Verunreinigungen durch Ruß prüfen. Alle Einrichtungen, bei denen ein Verdacht auf einen Defekt besteht, müssen ausgetauscht werden.

Weitere Hinweise sind den EIGA-Sicherheitsinformationen 02 [75] zu entnehmen.

Anmerkung 3: Eine weitere Methode für den Umgang mit heißen Acetylen-Flaschen besteht darin, zum Abbauen des Drucks mit einem Gewehr auf die Flasche zu schießen. Dies ist nur in einigen Ländern zulässig und wird dort immer von den Notfalldiensten durchgeführt; dabei muss immer auf die Vorgaben des jeweiligen Landes Bezug genommen werden.

13.2.5 Stickstoff-Notspülsysteme

In Situationen, in denen im Inneren der Einrichtung oder Rohrleitung ein Brand oder Zerfall auftritt, besteht eine wirksame Möglichkeit, mit der das entzündliche Gas aus dem Werk entfernt werden kann, darin, automatisch oder ferngesteuert eine große Menge Inertgas einzuleiten, das über die kontrollierten Abzugsstellen in die Atmosphäre abgeleitet wird.

Ein Stickstoff-Notspülsystem kann so gebaut werden, dass das gesamte Acetylen aus dem Werk entfernt wird und es in einen sicheren Zustand versetzt. Es ist zu aktivieren, wenn von einem Bediener eine Notsituation beobachtet wird, z.B. ein größeres Problem mit einer Flasche auf dem Füllstand, oder wenn an einer beliebigen Stelle in einem Produktionsgebäude ein Feuer ausbricht. Dieses System hat die Aufgabe:

- die Anlagen des Werks herunterzufahren;
- die Maschinen auszuschalten (z.B. Kompressoren, Carbid-Zufuhr, Aceton-Versorgung); und
- die automatischen Stickstoff-Einlassventile zu öffnen und die Abblaseventile in die Atmosphäre zu öffnen.

13.3 Herunterfahren der Anlagen und Evakuierung des Werks

In den in diesem Kapitel beschriebenen Situationen kann auch eine Notabschaltung des Werks erforderlich sein, die dazu dient, das Personal zu schützen, die Hauptzündquellen auszuschließen (z.B. elektrische Anlagen) und das Werk in einen sicheren Zustand zu versetzen.

In Abschnitt 7.1.2 wird die Auslegung der Teilsysteme festgelegt.

In allen Fällen wird empfohlen, dass geeignete Aktivierungseinrichtungen (z.B. Not-Aus-Einrichtungen) verfügbar und einfach vor Ort oder aus der Ferne zu aktivieren sind und dass ein Evakuierungsalarm ausgelöst wird, dessen Ton sich von den Prozessalarmen unterscheidet.

14 Normen und Gesetzgebung

14.1 Quellenangaben

- [1] EN 1800 Acetylene cylinders – Basic requirements and definitions (deutscher Titel: Acetylenflaschen – Grundanforderungen und Definitionen)
- [2] EIGA Doc 23 Safety Training of Employees (deutscher Titel: Sicherheitsunterweisung von Mitarbeitern)
- [3] EIGA Doc 51 Management of change
- [4] S A Miller, Properties of Acetylene, Band 2
- [5] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maschinen
- [6] Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte
- [7] 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 (ATEX)
- [8] EN ISO 9539 Materials for equipment used in gas welding, cutting and allied processes (deutscher Titel: Werkstoffe für Geräte für Einrichtungen zum Gasschweißen, Schneiden und verwandte Prozesse)
- [9] EN ISO 7291: Gas welding equipment – Pressure regulators for manifold systems used in welding, cutting and allied processes up to 300 bar (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Hauptstellendruckregler für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse bis (300 bar))
- [10] EN ISO 14113 Gas welding equipment – Rubber and plastic hoses assembled for compressed or liquefied gases up to a maximum design pressure of 450 bar. (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Gummi- und Kunststoffschlauchleitungen und Schlauchleitungen für Industriegase bis zu einem Druck von 450 bar)
- [10a] EN 12115 Rubber and thermoplastics hoses and hose assemblies for liquid or gaseous chemicals. Specification (deutscher Titel: Gummi- und Kunststoffschlauchleitungen für flüssige oder gasförmige Chemikalien – Anforderungen)
- [11] EN 837 Pressure gauges (deutscher Titel: Druckmessgeräte)
- [12] EN ISO 15615 Gas welding equipment – Acetylene manifold systems for welding, cutting and allied processes, and safety requirements in high-pressure devices (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Acetylenflaschen-Batterieanlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse – Sicherheitsanforderungen für Hochdruckeinrichtungen)
- [13] EIGA Doc 136 Selection of personal protective equipment
- [14] EIGA Doc 40 Work permit systems
- [15] NFPA 51A Standard for acetylene cylinder charging plants
- [16] NFPA 77 Recommended practices on static electricity
- [17] PD CLC/TR 50404 2003 Electrostatics, Code of Practice for the avoidance of hazards due to static electricity
- [18] EIGA Doc 75 Determination of safety distances
- [19] EN 1755 Safety of industrial trucks – Operation in potentially explosive atmospheres – Use in flammable gas, vapour, mist and dust (deutscher Titel: Sicherheit von Flurförderzeugen – Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – Verwendung in Bereichen mit brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben)
- [20] EIGA SAC NL 76 Risk of generating static electricity when using CO2 as an inerting agent

- [21] BS 5306 Code of practice for fire extinguishing installations and equipment (deutscher Titel: Feuerlöscheinrichtungen und -geräte für Grundstücke und Gebäude. Leitfaden für die Auswahl ortsfester Anlagen und anderer Feuerlöscheinrichtungen)
- [22] NFPA 15 Standard for water spray fixed systems for fire protection
- [23] EN 12845 Fixed fire fighting installations: Automatic sprinkler systems, Design installation and maintenance (deutscher Titel: Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen – Automatische Sprinkleranlagen – Planung, Installation und Instandhaltung)
- [24] EIGA SAC NL 89 Typical cylinder bundle/pallet tow away incidents
- [25] NFPA 55 Compressed gases and cryogenics fluids code
- [26] EIGA Doc 109 Environmental impacts of acetylene plants
- [27] Richtlinie 2010/75/EU Industrieemissionsrichtlinie über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung)
- [28] Richtlinie 1999/92/EG Ratsrichtlinie über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können
- [29] EIGA Doc 134 Potentially explosive atmospheres
- [30] EIGA Doc 143 Guide to lime applications
- [31] *Richtlinie 2010/10/EG*: Richtlinie 2010/35/EG des Europäischen Parlaments vom 16. Juni 2010 über ortsbewegliche Druckgeräte
- [32] EN 1964-1 Specification for the design and construction of refillable transportable seamless steel gas cylinders of water capacities from 0.5 litre up to and including 150 litres
Part 1: Cylinders made of seamless steel with an Rm value of less than 1100 Mpa
(deutscher Titel: 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 Rm-Wert weniger als 1100 MPa)
- [33] ISO 9809-1 Refillable seamless steel gas cylinders -- Design, construction and testing -- Part 1: Quenched and tempered steel cylinders with tensile strength less than 1 100 MPa (deutscher Titel: Gasflaschen – Wiederbefüllbare nahtlose Gasflaschen aus Stahl – Gestaltung, Konstruktion und Prüfung – Teil 1: Flaschen aus vergütetem Stahl mit einer Zugfestigkeit kleiner als 1100 MPa)
- [34] EN 13322-1 transportable Gas cylinders Refillable welded steel gas cylinders – Design and construction (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Wiederbefüllbare geschweißte Flaschen aus Stahl – Gestaltung und Konstruktion – Teil 1: Flaschen aus Kohlenstoffstahl)
- [35] ISO 4706 Gas cylinders – Refillable welded steel cylinders – Test pressures 60 bar and below (deutscher Titel: Nachfüllbare, geschweißte Stahlgasflaschen – Teil 1: Prüfdruck bis 60 bar)
- [36] ISO 3807-1 Cylinders for acetylene – Basic requirements
Part 1: Cylinders without fusible plugs (deutscher Titel: Acetylen-Flaschen – Grundanforderungen – Teil 1: Flaschen ohne Schmelzsicherungen)
- [37] EN 13769 Cylinder bundles – Design, manufacture, identification and testing (deutscher Titel: Flaschenbündel – Konstruktion, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung)
- [38] ISO 10961 Gas cylinders – Cylinder bundles – Design, manufacture, testing and inspection
- [39] EN 13807 Design of battery vehicles (deutscher Titel: Batterie-Fahrzeuge – Konstruktion, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung)
- [40] CGA G-1.6 Standard for Mobile Acetylene Trailer Systems
- [41] CR 14473 Transportable gas cylinders – Porous masses for acetylene cylinders

- [42] EN 1801 Filling conditions for single acetylene cylinders (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Abfüllbedingungen für einzelne Acetylen-Flaschen)
- [43] EIGA Doc 26 Permissible charge/filling conditions for acetylene cylinders
- [44] ISO 11372 Gas Cylinders Acetylene Cylinders Filling conditions and filling inspection (deutscher Titel: Gasflaschen – Acetylenflaschen – Füllbedingungen und Inspektion beim Füllen)
- [45] EN 12755 Transportable gas cylinders – Filling conditions for acetylene bundles (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Abfüllbedingungen für Acetylen-Bündel)
- [46] ISO 13088 Gas cylinders Acetylene cylinder bundles Filling conditions and filling inspection (deutscher Titel: Gasflaschen – Acetylenflaschenbündel – Füllbedingungen und Inspektion beim Füllen)
- [47] EN 13720 Battery vehicles – Design, manufacture, identification and testing (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Abfüllbedingungen für Acetylen-Batterie-Fahrzeuge)
- [48] EN 12863 Periodic inspection and maintenance of dissolved acetylene cylinders (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Wiederkehrende Prüfung und Instandhaltung von Gasflaschen für gelöstes Acetylen)
- [49] ISO 10462 Gas cylinders –Transportable cylinders for dissolved acetylene – Periodic inspection and maintenance (deutscher Titel: Gasflaschen – Ortsbewegliche Flaschen für gelöstes Acetylen – Wiederkehrende Prüfung und Instandhaltung)
- [50] EN 14189 Inspection and maintenance of cylinder valves at time of periodic inspection of gas cylinders (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Prüfung und Wartung von Gasflaschenventilen zum Zeitpunkt der wiederkehrenden Prüfung von Gasflaschen)
- [51] ISO 22434 Transportable gas cylinders – Inspection and maintenance of cylinder valves (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Inspektion und Instandhaltung von Gasflaschenventilen)
- [52] EIGA Doc 129 Pressure receptacles with blocked or inoperable valves
- [53] CGA C-13 Guidelines for periodic visual inspection and requalification of acetylene cylinders.
- [54] EIGA Doc 05 Guidelines for the management of waste acetylene cylinders
- [55] EN ISO 10297 Transportable gas cylinders – Cylinder valves – Specification and type testing (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Flaschenventile – Spezifikation und Typprüfung)
- [56] EN ISO 14246 Transportable gas cylinders – Gas cylinder valves – Manufacturing tests and inspections (deutscher Titel: Gasflaschen – Flaschenventile – Herstellungsprüfungen und -überprüfungen)
- [57] ISO 15996 Gas cylinders – Residual pressure valves – General requirements and type testing (deutscher Titel: Gasflaschen – Restdruckventile – Allgemeine Anforderungen und Typprüfung)
- [58] ISO 22435 Gas cylinders – Cylinder valves with integrated pressure regulators – Specification and type testing (deutscher Titel: Gasflaschen – Flaschenventile mit integriertem Druckminderer – Allgemeine Anforderungen und Typprüfung)
- [59] EN 962 Valve protection caps and valve guards for industrial and medical gas cylinders – Design construction and tests (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Ventilschutzkappen und Ventilschutzvorrichtungen für Gasflaschen in industriellem und medizinischem Einsatz – Gestaltung, Konstruktion und Prüfungen)
- [60] ISO 11117 Gas cylinders Valve protection caps and valve guards for industrial and medical gas cylinders – Design, construction and tests (deutscher Titel: Gasflaschen – Ventilschutzkappen und Ventilschutzkörbe – Auslegung, Bau und Prüfungen)
- [61] EN 1089-3 Transportable gas cylinders – cylinder identification – colour coding Part 3 (deutscher Titel: Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung – Teil 3: Farbcodierung)

- [62] EN 12754 Cylinders for dissolved acetylene – Inspection at time of filling (deutscher Titel: Gasflaschen – Acetylenflaschen – Füllbedingungen und Inspektion beim Füllen)
- [63] EIGA Doc 78 Leak detection fluids
- [64] EN 10216 Seamless steel tubes for pressure purposes (deutscher Titel: Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen)
- [65] EIGA SL 04 The safe transport, use and storage of acetylene cylinders for users
- [66] EN ISO 2503 Gas welding equipment. Pressure regulators and pressure regulators with flow-metering devices for gas cylinders used in welding, cutting and allied processes up to 300 bar (30 MPa) (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Druckregler und Druckregler mit Durchflussmessgeräten für Gasflaschen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse bis 300 bar (30 MPa))
- [67] EN ISO 3821 Gas welding equipment. Rubber hoses for welding, cutting and allied processes (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Gummischlauchleitungen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse)
- [68] EN 560 Gas welding equipment – Hose connections for welding, cutting and allied processes (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Schlauchanschlüsse für Geräte und Anlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse)
- [69] EN 1256 Gas welding equipment – Specification for hose assemblies for equipment for welding cutting and allied processes (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Festlegungen für Schlauchleitungen für Ausrüstungen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse)
- [70] EIGA SI 05 Flashback and flame arrestors
- [71] EN 730 Gas welding equipment – Equipment used in gas welding, cutting and allied processes, safety devices for fuel gases and oxygen or compressed air – General specifications and tests (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Einrichtungen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren, Sicherheitseinrichtungen für Brenngase und Sauerstoff oder Druckluft – Allgemeine Festlegungen, Anforderungen und Prüfungen)
- [72] EN ISO 14114 Gas welding equipment – Acetylene manifold systems for welding cutting and allied processes – General requirements (deutscher Titel: Gasschweißgeräte – Acetylenflaschen-Batterieanlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren – Allgemeine Anforderungen)
- [73] EIGA Campaign for transporting gas cylinders in non-dedicated vehicles
- [74] G-1.7 Standard For Storage And Handling of Calcium Carbide In Containers
- [75] EIGA Safety Information 02 Handling of Gas Cylinders at and after Fire/Heat Exposure
- [76] Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates
- [77] EIGA Doc 60 Prevention of Major Accidents

14.2 Seveso-Richtlinie

Es muss beachtet werden, dass die Lagerung von Acetylen von mehr als 5 Tonnen in Europa erfordert, dass der Betrieb den Bestimmungen der Seveso-Richtlinie [76] (untere Klasse) unterliegt, wobei für ihn insbesondere die Verpflichtung gilt, die zuständige Behörde zu benachrichtigen und ein Konzept zur Verhütung schwerer Unfälle zu erstellen. Wenn die Lagerung von Acetylen 50 Tonnen übersteigt (obere Klasse), gelten zusätzliche Anforderungen, insbesondere die Vorlage eines Sicherheitsberichts. Auch die Lagerung von Calciumcarbid und von Lösemitteln (Aceton und DMF) unterliegt Einschränkungen. Wenn darüber hinaus in einem Betrieb weitere gefährliche Stoffe in einer oder mehreren Anlagen vorhanden sind (z.B. Lagerung von Sauerstoff), muss dies durch Anwendung der Additionsregel in Anhang I der Seveso-Richtlinie überprüft werden: Es ist möglich, dass ein Betrieb, in dem die Lagerung von Acetylen unter den Grenzen von 5 oder 50 Tonnen bleibt, in dem jedoch andere gefährliche Stoffe vorhanden sind, dadurch heraufgestuft wird, sodass er der Anwendung der Seveso-Richtlinie unterliegt oder von der unteren in die obere Klasse umgestuft wird. Hierbei muss auf das EIGA-Dokument Doc 60, „Prevention of Major Accidents“ [77] über die Verhütung schwerer Unfälle Bezug genommen werden.