

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30

Ausgabe Februar 2004

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Besondere Druckbehälter Flüssiggaslagerbehälteranlagen	AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 25
---	---	--

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

0	Präambel	5	Herstellung
1	Geltungsbereich	6	Ausrüstung
2	Begriffsbestimmungen	7	Aufstellung
3	Allgemeine Anforderungen	8	Prüfung
4	Berechnung		

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie (DGR) oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Dieses AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 25 enthält zusätzliche Anforderungen für Flüssiggaslagerbehälteranlagen und geht insoweit den anderen AD 2000-Merkblättern vor.

1.2 Dieses AD 2000-Merkblatt gilt nicht für Lagerbehälter, in denen Flüssiggas tiefkalt gelagert wird.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Flüssiggaslagerbehälteranlagen (Anlagen) im Sinne dieses AD 2000-Merkblattes sind die Gesamtheit aller notwendigen sowie in Reserve stehenden Einrichtungen für das Lagern und zur Versorgung von Verbrauchsanlagen und Füllanlagen. Die Anlage endet an der Verbindungsstelle der Leitung zur Fortleitung des Flüssiggases an der Ausgangsseite der Druckregelung bzw. an der Verbindungsstelle mit Anlagen zum Füllen von Druckgasbehältern.

Im Wesentlichen sind Flüssiggaslagerbehälteranlagen

- die in einem engen räumlichen und betrieblichen Zusammenhang stehenden Druckbehälter zur Lagerung von Flüssiggas, Einrichtungen zum Abfüllen von Druckgasbehältern in Druckbehälter, Pumpen, Verdichter, Verdampfer und Rohrleitungen,
- die Sicherheitseinrichtungen (wie Wasserberieselungseinrichtungen, Messwarten, PLT-Systeme, Gaswarneinrichtungen, Feuerlöscheinrichtungen) sowie
- die sonstigen betriebstechnischen und sicherheitstechnischen Ausrüstungen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

AD 2000-Merkblatt

Seite 2 AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 25, Ausg. 02.2004

2.2 Anlagen werden entsprechend ihres gesamten Fassungsvermögens in folgende Gruppen eingeteilt:

Gruppe 0	<	3 t	
Gruppe A	≥	3 t	< 200 t; Entnahme aus der Gasphase
Gruppe B	≥	3 t	< 30 t; Entnahme aus der Flüssigphase
Gruppe C	≥	30 t	< 200 t; Entnahme aus der Flüssigphase
Gruppe D	≥	200 t	

2.3 Flüssiggase im Sinne dieser Anlage sind Gase in handelsüblicher technischer Qualität der C3- und C4-Kohlenwasserstoffe Propan, Propylen (Propen), Butan, Butylen (Buten) und deren Gemische; dies sind Flüssiggase nach DIN 51622.

2.4 Technisch dicht sind Anlagenteile, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z. B. mit schaumbildenden Mitteln, mit Lecksuch- oder -anzeigergeräten, eine unzulässige Undichtheit nicht festgestellt wird.

2.5 Umschlagläger sind Behälteranlagen, die dem Umschlag von Flüssiggas von einem Verkehrsmittel auf ein anderes dienen.

2.6 Verteilläger sind Behälteranlagen, die dem Umfüllen von Flüssiggas aus Druckbehältern in Druckgasbehälter dienen.

2.7 Verbrauchsläger dienen der Versorgung von Verbrauchseinrichtungen oder dem Befüllen von Druckgasbehältern.

2.8 Verdampfer sind Wärmetauscher, die Gase aus dem flüssigen Zustand vollständig in den gasförmigen Zustand zum Zweck der weiteren Verwendung überführen.

2.9 Dem Fassungsvermögen einer Flüssiggaslagerbehälteranlage entspricht die Summe der zulässigen Massen der Gase in den ortsfesten Lagerbehältern.

Das durch den zulässigen Füllgrad bestimmte zulässige Fassungsvermögen kann durch den Einbau von Überfüllsicherungen reduziert werden; dies ist als wesentliche Änderung der Betriebsweise zu betrachten und dementsprechend in der Dokumentation und Kennzeichnung des Lagerbehälters festzuhalten.

2.10 Lagern ist das Aufbewahren zur späteren Verwendung sowie zur Abgabe an andere.

3 Allgemeine Anforderungen

Gasbeaufschlagte Anlagenteile sowie ihre Ausrüstungsteile einschließlich aller Rohrleitungsverbindungen müssen so ausgeführt sein, dass sie bei den aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen technisch dicht sind.

4 Berechnung

4.1 Lagerbehälter

Die Bemessung der Behälterwandung ist für einen maximal zulässigen Druck von 15,6 bar, bezogen auf eine maximal zulässige Temperatur von 40 °C, vorzunehmen.

4.2 Verdampfer

Flüssiggasbeaufschlagte Verdampferteile sind festigkeitsmäßig in der Regel für einen maximal zulässigen Druck von 25 bar auszulegen. Dieser Druck von 25 bar ergibt sich aus dem in der Regel wechselweisen Betrieb mit Propan oder Butan.

4.3 Rohrleitungen

Rohrleitungen, die mit Flüssiggas in der Flüssigphase oder in unregelter Gasphase betrieben werden, sind festigkeitsmäßig in der Regel für einen maximal zulässigen Betriebsüberdruck von 25 bar zu bemessen.

4.4 Armaturen

Armaturen, die mit Flüssiggas in der Flüssigphase oder in unregelter Gasphase betrieben werden, sind festigkeitsmäßig in der Regel für einen maximal zulässigen Druck von 25 bar zu bemessen.

5 Herstellung

5.1 Lagerbehälter

5.1.1 Bei Lagerbehältern ab der Gruppe C darf die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht 0,85 nicht überschreiten, es sei denn, es wird eine Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle durchgeführt.

5.1.2 An Lagerbehältern sollten nicht mehr Öffnungen angebracht werden, als für den vorgesehenen Betrieb unbedingt notwendig sind.

5.1.3 Stutzen, sonstige Anschlüsse und Einstiegsöffnungen sind im Bereich der Gasphase anzuordnen. Ist dies aus technischen Gründen nicht zu erfüllen, dürfen sie auch im Bereich der Flüssigphase angeordnet werden.

5.1.4 Bei erdgedeckter Aufstellung von Lagerbehältern sollen die ersten Absperrarmaturen innerhalb des Domschachtes angebracht werden.

5.1.5 Bei standortgefertigten Lagerbehältern ist während der Herstellung eine begleitende Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle erforderlich.

5.2 Füllanlagen

Bewegliche Anschlussleitungen müssen für Temperaturen von -20 °C bis + 70 °C geeignet sein – siehe hierzu auch DIN EN 1763-1.

5.3 Armaturen

Drucktragende Teile von sicherheitstechnisch erforderlichen Absperrarmaturen von Lagerbehältern und die sicherheitstechnisch erforderlichen Hauptabsperrarmaturen von flüssiggasbeaufschlagten Rohrleitungen müssen

- in Anlagen bei Umschlaglagern ab der Gruppe B und bei Verbrauchslagern ab der Gruppe C frei von Buntmetallen sein und
- in Anlagen ab der Gruppe B so angeordnet oder ausgeführt sein, dass sie ausreichend gegen Wärmeeinwirkung geschützt sind, z. B. durch Fire-Safe-Ausführungen nach ISO 10497.

5.4 Flanschverbindungen

Flanschverbindungen sind ausreichend gegen die Folgen einer Wärmeeinwirkung zu schützen, z. B. durch Verwendung von Dichtungswerkstoffen, die nachweislich bei einer Temperatur von 620 °C bis zu 30 min wärmebeständig bleiben.

6 Ausrüstung

6.1 Anlagen

6.1.1 Anlagen mit einem gesamten Fassungsvermögen ab 30 t müssen zur Abwendung oder Minderung einer unmittelbar drohenden oder eingetretenen Gefährdung mit einem Not-Aus-System ausgerüstet sein. Dazu muss an leicht erreichbarer Stelle auch mindestens ein Notaus-schlagtaster vorhanden sein, z. B. im Bereich von Armaturenanhäufungen, Verdampfern, Pumpen, Verdichtern, Füllanlagen und Fluchtwegen.

6.1.1.1 Die Betätigung des Not-Aus-Systems muss in der Messwarte oder am Messstand angezeigt werden.

6.1.1.2 Not-Aus-Systeme müssen nach dem Betätigen in der „Aus“-Stellung verbleiben, bis sie durch Entsperren oder bewusstes Zurückführen wieder die Ausgangsstellung erreichen.

6.1.2 Anlagen müssen so ausgeführt sein, dass ein Überfüllen der Lagerbehälter sicher verhindert wird.

6.1.2.1 Diese Forderung ist insbesondere erfüllt, wenn

- eine bauteilgeprüfte Überfüllsicherung eingebaut ist oder
- eine Einzelprüfung der Überfüllsicherung durch die zuständige unabhängige Stelle durchgeführt wird.

Diese Überfüllsicherung muss auf den zulässigen Füllgrad des Lagerbehälters eingestellt sein.

6.1.2.2 An Lagerbehältern in Umschlag- und Verteillägern von Anlagen mit einem gesamten Fassungsvermögen ab 30 t

- ist ein Füllstandsanzeiger anzubringen, der den Füllstand örtlich anzeigt und zum Messstand oder zur Messwarte überträgt und Vor- und Hauptalarm auslöst und
- sind mindestens zwei voneinander unabhängige Überfüllsicherungen zu installieren.

6.2 Lagerbehälter

6.2.1 Für Lagerbehälter in Anlagen der Gruppe 0 sind Sicherheitsventile mit Schließventil und akustischer Signaleinrichtung für den Austauschvorgang zulässig.

6.2.2 Ergänzend zu AD 2000-Merkblatt A 403 sind die Sicherheitsventile an Lagerbehältern für das verdrängte Gasvolumen auszuliegen. Hierbei sind die maximale Förderleistung der Pumpe oder des Verdichters zu berücksichtigen.

6.2.3 Lagerbehälter in Umschlag- oder Verteillägern ab der Gruppe C sind mit zwei Sicherheitsdruckbegrenzern auszustatten, die sich gegenseitig nicht beeinflussen. Die Ansprechdrücke müssen mindestens 2 bar unter dem maximal zulässigen Druck des Lagerbehälters liegen.

6.2.3.1 Druckbegrenzer müssen beim Ansprechen einen Alarm auslösen und das selbständige Schließen aller Armaturen in Behälterfüll- und Gaspendelleitungen und selbsttätiges Abschalten der Fördereinrichtungen bewirken können.

6.2.4 In Anlagen ab der Gruppe C ist ein Füllstandsanzeiger anzubringen, der den Füllstand örtlich anzeigt und zum Messstand oder zur Messwarte überträgt und Vor- und Hauptalarm auslöst.

6.2.5 Lagerbehälter müssen mit Füllstandspeilventilen zur Überprüfung des zulässigen Füllstandes ausgerüstet sein. Der Öffnungsdurchmesser von den Füllstandspeilventilen darf höchstens 1,5 mm betragen.

6.2.6 In Anlagen müssen die Rohrleitungsanschlüsse am Lagerbehälter für Befüll-, Entnahme- und Pendelleitungen ab

- der Gruppe A mit > DN 32 mit einer fernbetätigbaren Schnellschlussarmatur mit Stellungsanzeige,
- der Gruppe B mindestens mit einer fernbetätigbaren Schnellschlussarmatur mit Stellungsanzeige und für den Wartungsfall zusätzlich mit einer Handabsperrarmatur und
- mit einem gesamten Fassungsvermögen ab 30 t mindestens mit zwei fernbetätigbaren Schnellschlussarmaturen mit Stellungsanzeige, ausgenommen Leitungen < DN 50, die mit der Gasphase in Verbindung stehen, hier genügt eine Schnellschlussarmatur mit Stellungsanzeige,

ausgerüstet sein.

6.2.7 Bei Behälteranlagen der Gruppen A und B, deren Behälter entsprechend DIN 4680-1 und -2 oder DIN 4681-1 gebaut sind und die nur aus Straßentankwagen über Vollschauchsystem (Schlauchanschluss 1³/₄“ ACME) und über ein Füllventil mit Rückschlagklappe und Rückschlagventil betankt werden können, kann auf den Einbau einer Schnellschlussarmatur in die Füllleitung bzw. in den Füllanschluss (Rohrleitungsanschluss am Lagerbehälter) verzichtet werden.

6.2.8 Auf die Handabsperrarmatur kann verzichtet werden, wenn eine der fernbetätigbaren Schnellschlussarmaturen von Hand betätigt werden kann.

6.2.9 Die fernbetätigbaren Schnellschlussarmaturen sind in Fail-Safe-Schaltung (Ruhesignal-Prinzip) auszuführen und in das Not-Aus-System einzubeziehen. Die behälterseitigen Rohranschlüsse müssen bis zur ersten Absperrarmatur den materiellen Anforderungen der Druckbehälter und deren Prüfkriterien entsprechen.

6.2.10 Probenahmeöffnungen müssen

- mit zwei hintereinandergeschalteten Absperrarmaturen ausgerüstet und
- im Durchmesser mindestens an einer Stelle kleiner als 2 mm sein.

6.2.11 Es ist darauf zu achten, dass alle Stutzen, die nicht an Rohrleitungen angeschlossen sind, mindestens mit Blindverschlüssen, auch wenn Absperrarmaturen vorhanden sind, abgeschlossen sind. Dies gilt auch, wenn Rohrleitungsverbindungen kurzzeitig gelöst werden.

An Lagerbehältern sind Stutzen, die als Reservestutzen dienen und bereits zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme nicht zum Einsatz vorgesehen sind, mit Schweißkappen blindzusetzen.

6.2.12 In Anlehnung an AD 2000-Merkblatt A 403 darf bei Lagerbehältern anstelle eines Sicherheitsventils auch ein System von automatisch gesteuerten Sicherheitsmaßnahmen vorhanden sein, das durch eine entsprechende Mess- und Regeltechnik derart wirksam wird, dass der Betriebsüberdruck den maximal zulässigen Druck zu keiner Zeit um mehr als 10 % überschreitet. Die Anforderungen an PLT-Sicherheitseinrichtungen sind z. B. erfüllt, wenn das AD 2000-Merkblatt A 6 eingehalten ist. Zusätzlich muss der Lagerbehälter erdgedeckt aufgestellt sein und mit einer Überfüllsicherung nach Abschnitt 6.1.2.1 ausgerüstet sein.

6.2.13 Heizeinrichtungen für Lagerbehälter sind nur zulässig, wenn dies aus verfahrenstechnischen Gründen erforderlich ist.

Heizeinrichtungen für Druckbehälter zum Lagern von Flüssiggas nach DIN 51622 müssen so geregelt sein, dass zum Ansprechdruck des Sicherheitsventils des Lager-

behälters ein Abstand von mindestens 30 % verbleibt. Zusätzlich sind die Lagerbehälter mit einem Sicherheits-temperaturbegrenzer nach DIN 3440 oder mit einem Sicherheitsdruckbegrenzer auszurüsten, der ein Ansprechen des Sicherheitsventils des Lagerbehälters verhindert. Die Steuerung der Heizeinrichtung ist mit dem Begrenzer so zu verriegeln, dass ein Weiterbetrieb der Heizeinrichtung nach dem Ansprechen oder Ausfall des Begrenzers nicht möglich ist, auch nicht durch Handschaltung.

Die Heizeinrichtung ist so auszulegen, dass beim Ansprechen des Begrenzers mit der in der Heizeinrichtung vorhandenen Restwärmemenge bei 5 % Behälterfüllung zum Ansprechdruck des Sicherheitsventils noch ein Abstand von mindestens 20 % verbleibt.

6.2.13.1 Die Beheizung darf nur indirekt, z. B. über Wärmehaustauscher mit zwischengeschaltetem Sekundärkreislauf, erfolgen.

6.2.13.2 Rohrschlangenkreisläufe (Sekundärkreisläufe) zur Beheizung sind mindestens für einen Druck von 25 bar zu bemessen. Die Rohrschlangen müssen auch für den äußeren Druck bemessen sein.

6.2.14 Bei erdgedeckten unbeheizten Lagerbehältern ab der Gruppe A, bei denen unzulässiger Druckaufbau nur entstehen kann durch

- Erwärmung von außen,
- Überfüllung oder
- Pumpen- oder Kompressorendruck,

kann abweichend von AD 2000-Merkblatt A 403 auf den Einsatz eines Sicherheitsventils verzichtet werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Erddeckung bei Lagerbehältern
 - a) allseitig unter Erdgleiche: mindestens 0,5 m;
 - b) nicht allseitig unter Erdgleiche: mindestens 1 m, wobei als Bemessungsgrundlage für den Lagerbehälter der Betriebsdruck entsprechend einer Bezugstemperatur von 40 °C angesetzt wird,
2. redundante Sicherung gegen Überfüllung,
3. redundanter Sicherheitsdruckbegrenzer, der bei Überschreiten des maximal zulässigen Druckes den Füllvorgang unterbricht,
4. Auslegung des Lagerbehälters für 15,6 bar; aufgrund behördlicher Erlaubnisse oder Genehmigungen kann die Auslegung des Lagerbehälters auch für Flüssiggase mit niedrigerem Dampfdruck erfolgen, sofern die Verwechslung mit Flüssiggasen mit höherem Dampfdruck ausgeschlossen ist, und
5. ausreichender Schutz des Domschachtes für den Brandfall, z. B. Brandschutzisolierung, Möglichkeit zum Fluten des Domschachtes.

6.3 Verdampfer

6.3.1 An Verdampfern, bei denen die zur Verdampfung des Flüssiggases erforderliche Wärme durch stehende Flüssigkeit übertragen wird, muss der Flüssigkeitsstand jederzeit erkennbar und der Sollstand (Minimum und Maximum) gekennzeichnet sein.

6.3.2 Verdampfer müssen so ausgelegt oder ausgerüstet sein, dass das Gas in der flüssigen Phase nicht in das Leitungssystem hinter dem Verdampfer gelangen kann.

6.3.3 Zur Erfüllung der Anforderung nach Abschnitt 6.3.2 müssen die Verdampfer mit einer redundanten, und soweit möglich mit einer diversitären Sicherheitseinrichtung ausgerüstet sein.

6.3.4 Verdampfer sollten so ausgeführt sein, dass eine Gasaustrittstemperatur aus dem Verdampfer von 40 °C bis 80 °C eingehalten wird.

6.3.5 Verdampfer mit geschlossenen Heizsystemen sind mit einem Druckschalter mit Alarm und gleichzeitiger Heizungsabschaltung sowie einem Sicherheitsventil in ausreichender Leistung im Wärmeträgersystem auszurüsten.

6.3.6 Verdampfer mit offenen Heizungssystemen müssen in der Entlüftungsleitung der Heizung mit einer Gaswarneinrichtung oder einem Strömungswächter mit Einbindung in das Not-Aus-System ausgerüstet sein.

6.3.7 Am Verdampfereingang sind automatische Absperrventile nach DIN 3394-1 Entwurf 06.2000 (Gruppe A, B oder C) anzuordnen. Diese dürfen nur in Fließrichtung absperrbar sein. Das Stellglied des Verdampfers ist in das Not-Aus-System einzubeziehen.

6.3.8 Eine direkte Feuer-, Abgas- oder elektrische Beheizung der flüssiggasbeaufschlagten Teile des Verdampfers ist unzulässig.

6.4 Rohrleitungen

Absperrbare Rohrleitungen und Rohrleitungsteile mit Flüssiggas in der Flüssigphase müssen mit Sicherheits- oder Überströmventilen ausgerüstet sein. Aus Sicherheitseinrichtungen austretende Flüssigkeiten oder Gase müssen gefahrlos abgeleitet werden können.

6.5 Verdichter

6.5.1 Verdichter müssen mit Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung ausgerüstet sein. Diese können Sicherheits- oder Überströmventile sein, die höchstens auf den maximal zulässigen Druck des Verdichters eingestellt sind. Darüber hinaus sind Verdichter mit Druckschaltern als Höchstdruckbegrenzer auf der Druckseite bzw. als Tiefstdruckbegrenzer auf der Saugseite sowie mit Temperaturanzeigern und -begrenzern (bei Überströmventilen) auf Saug- und Druckseite auszurüsten.

6.5.2 Der Flüssigkeitsstand in Flüssigkeitsabscheidern vor Verdichtern muss überwacht werden. Bei Erreichen des Höchststandes müssen selbsttätig wirkende Einrichtungen vorhanden sein, die den Verdichter abschalten.

6.5.3 Die Leitungsverbindungen von Verdichtern müssen so ausgebildet sein, dass Schwingungen nicht auf andere Anlagenteile übertragen werden.

6.6 Pumpen

6.6.1 Bei Pumpen, bei denen funktionsbedingt ein Heißlaufen der Lager zu befürchten ist, muss die Lagertemperatur überwacht werden und bei Überschreiten des zulässigen Grenzwertes selbsttätige Abschaltung erfolgen.

6.6.2 Bewegte Teile von Flüssiggaspumpen müssen eine hochwertige dynamische Abdichtung gegenüber dem Gehäuse erhalten, z. B. doppelwirkende, entlastete Gleitringdichtungen in Back-to-Back-Anordnung mit drucküberwachtem Sperrmedium. Das Sperrmedium muss kontrolliert werden. Bei zu hohem oder zu niedrigem Druck im Sperrmediumkreislauf muss die Pumpe unter gleichzeitiger Alarmauslösung selbsttätig abschalten.

6.6.3 Flüssiggaspumpen müssen gegen Trockenlauf geschützt sein, z. B. durch Niveauwächter im Druckbehälter der Saugseite oder durch Differenzdruckschalter.

6.6.4 Zum Anfahren der Pumpen dürfen die Niveauwächter mit einem Schalter ohne Selbsthaltung überbrückt werden.

6.7 Füllanlagen

6.7.1 In Füllschläuchen und Verladearmen für Anlagen ab der Gruppe C sind Schnelltrennstellen vorzusehen, die sich beim Fortrollen des Eisenbahnkesselwagens bzw. Straßentankwagens selbsttätig lösen und durch das Schließen von Armaturen beiderseits der Trennstelle eine Gasfreisetzung begrenzen.

6.7.2 Die folgenden Anforderungen gelten für Anlagen ab der Gruppe D und für Umschlag- und Verteilläger.

6.7.2.1 In Zwischen- oder Kupplungsstücken muss eingeschlossenes Flüssiggas gefahrlos entspannt werden können.

6.7.2.2 In Rohrleitungen müssen unmittelbar vor den Füllstellen fernbetätigbare, in das Not-Aus-System einbezogene Schnellschlussarmaturen in redundanter Ausführung eingebaut werden. Die zweite Armatur kann durch eine Rückschlagarmatur ersetzt werden, wenn die Eignung und die Zuverlässigkeit dieser Armatur nachgewiesen sind. Die Eignung und die Zuverlässigkeit der Rückschlagarmatur als zweite Armatur können nachgewiesen werden durch z. B. eine Bauteilprüfung, eine Einzelprüfung, nachgewiesene Betriebsbewährung.

7 Aufstellung

7.1 Anlagen

7.1.1 Flüssiggasbeaufschlagte Anlagenteile müssen gegen Außenkorrosion geschützt sein.

Der Schutz gegen Außenkorrosion von erdgedeckten Behältern wird z. B. erreicht durch Umhüllungen aus:

- Bitumen nach DIN 30673,
- Polyethylen nach DIN 30670,
- Duroplaste nach DIN 30671.

Tragösen und andere Behälterteile, die aus der Umhüllung herausragen, sind gleichwertig wie der Behälter gegen Korrosion zu schützen.

Sind erdgedeckte Druckbehälter gegen Außenkorrosion nicht ausreichend beständig oder können sie durch eine Umhüllung nicht ausreichend geschützt werden, so muss ein kathodischer Korrosionsschutz angebracht werden.

Die nachfolgenden Hinweise sind durch den Hersteller in geeigneter Weise, z. B. in der Betriebsanleitung, an den Betreiber weiterzugeben:

Die Unversehrtheit der Umhüllung sollte unmittelbar vor dem Absenken des Behälters in die Behältergrube geprüft werden. Die Umhüllung ist mit einer auf die Art und Dicke der Beschichtung abgestellten Spannung auf Fehlerstellen zu prüfen. Die Prüfspannung beträgt z. B. für Bitumen 20 000 Volt. Weist die Umhüllung Schäden auf, so müssen die Schadstellen sorgfältig und mit geeigneten Mitteln ausgebessert werden; die ausgebesserten Stellen sind einer erneuten Prüfung auf Fehlerstellen zu unterziehen. Die Umhüllung darf durch die zur Einlagerung verwendeten Geräte nicht beschädigt werden.

Die Druckbehälter müssen zum Schutz der Umhüllung auf einer mindestens 20 cm dicken verdichteten Sandschicht eingelagert sein. Eine ebenfalls 20 cm dicke Sandschicht muss als Bestandteil der Erddeckung den Behälter umgeben. Der Sand muss steinfrei sein. Diese Forderung ist erfüllt bei Verwendung von z. B. Sand der Lieferkornung 0/2 nach DIN 4226-1, Flusssand mit maximal 3 mm Korngröße.

7.1.2 Kabel und Leitungen für Energienotversorgung, Sicherheitsfunktion und Kommunikationseinrichtungen sind vor mechanischen und thermischen Einflüssen geschützt zu verlegen. Eine gegenseitige Beeinträchtigung der Funktionen der Steuer- und Leitungskabel muss auch im Brandfall sicher ausgeschlossen sein (z. B. durch getrennte Verlegung).

7.1.3 Sicherheitsrelevante Ausrüstungsteile, die bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes funktionsfähig bleiben müssen und einer Energienotversorgung bedürfen, müssen zum Anschluss an eine Energienotversorgung vorgesehen sein, die mindestens ein sicheres Abfahren der Anlage und die Funktion der Sicherheits- und Alarmanrichtung gewährleistet. Sicherheitsrelevante Einrichtungen, deren Funktion auch bei Energieausfall sichergestellt sein muss, können z. B. Beleuchtungen, Überwachungseinrichtungen, Lüftungsanlagen, Gaswarneinrichtungen, Absperreinrichtungen, Berieselungsanlagen sein.

7.1.3.1 Bei Wiederkehr der Netzspannung ist selbsttätig von der Energienotversorgung auf das Netz zurückzuschalten. Ausfälle der Netzstromversorgung oder der Energienotversorgung müssen erkennbar sein.

7.1.3.2 Abschnitt 7.1.3 gilt nicht für Ausrüstungsteile, die bei Energieausfall selbsttätig in einen für die Anlage sicheren Betriebszustand übergehen.

7.1.4 Energienotversorgung muss gewährleistet sein

- für mindestens 72 Stunden bei
 - Brandmeldeanlagen und
 - Gaswarnanlagen,
- für mindestens 3 Stunden bei
 - Alarm- und Signalanlagen,
 - Stellungsanzeigen der Sicherheitsabsperroorgane,
 - Kommunikationseinrichtungen und Lautsprecheranlagen,
 - Lüftungseinrichtungen zur Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre,
 - Feuerlöschpumpen, sofern keine andere Ersatzwasserquelle oder Ersatzenergie zur Verfügung steht und
- für den Betrieb und den Notfall wichtigen Beleuchtungseinrichtungen.

7.1.5 Die Anlagen müssen so ausgeführt werden, dass Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen vermieden werden, z. B. durch Anwendung der BGR 132 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“.

Ferner sind geeignete Blitzschutzmaßnahmen zu treffen, auf VDE 0185-1 und -2 wird hingewiesen.

7.1.6 Sicherheitsrelevante Anlagenteile sind vor Eingriffen Unbefugter zu schützen, z. B. durch Einschluss von Armaturen.

7.1.7 Bei der Aufstellung von Anlagen sind Gefahrenquellen, die sich aus der Umgebung ergeben, z. B. Hochwasser, Erdbeben, Bergsenkungen, Nachbaranlagen, zu berücksichtigen.

7.1.8 Im Bereich der Anlagen mit einem gesamten Fassungsvermögen ab 30 t, wo eine gefährliche Wärmeeinwirkung auf die Anlage nicht auszuschließen ist, und im Bereich der Anlagen ab der Gruppe D müssen Brandmeldeanlagen z. B. nach DIN 14675 und DIN VDE 0833-1 und -2 vorhanden sein. Die Brandmeldung ist an eine ständig besetzte Stelle (z. B. betriebliche Zentralverwaltung, betrieblichen Notdienst oder Standleitung zur Feuerwehr/Polizei) weiterzuleiten.

7.1.9 Tragende Teile von Anlagenteilen müssen so ausgeführt oder geschützt sein, dass sie im Brandfall tragfähig bleiben und sich nicht unzulässig verformen. Die Forderung ist insbesondere erfüllt, wenn die Behälterfundamente mindestens entsprechend der Feuerwiderstandsklasse F 90, Stützen von Rohrleitungen mindestens entsprechend der Feuerwiderstandsklasse F 30 ausgeführt sind oder im Brandfall kühl gehalten werden können.

7.2 Lagerbehälter

7.2.1 Lagerbehälter in Anlagen ab der Gruppe A müssen in der Regel erdgedeckt aufgestellt werden. Bei Neuanlagen muss die Erddeckung mindestens 1 m betragen.

Anstelle der vollständigen Erddeckung kann auch an einer Stirnseite als Schutzmaßnahme gegen unzulässige Erwärmung eine Brandschutzdämmung, Brandschutzisolierung oder eine feuerfeste Ummauerung angebracht werden.

Eine Brandschutzdämmung erfüllt die zu stellenden Anforderungen, wenn

- die verwendeten Materialien nicht brennbar sind (Klasse A1 nach DIN 4102-1),
- der Wärmedurchgangswert (K-Wert) der Dämmung bei einer mittleren Temperatur von 350 °C nicht mehr als $1,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ beträgt,
- die unter der Dämmung befindlichen Anschlüsse und Armaturen, insbesondere deren Dichtungen, den im Brandfall zu erwartenden Temperaturen standhalten.

Anstelle einer Brandschutzdämmung kann auch ein geeignetes Brandschutzbeschichtungssystem (z. B. Intumeszenz- oder Sublimationsbeschichtung) verwendet werden. In beiden Fällen muss die Dämmung so aufgebaut sein, dass die Schutzwirkung im Brandfall mindestens 90 min erhalten bleibt.

Eine Wärmeschutzisolierung/Kälteedämmung ist einer Brandschutzdämmung gleichwertig, wenn sie die entsprechenden Anforderungen erfüllt.

Ist aus betriebstechnischen oder anderen Gründen eine allseitige Deckung nicht möglich, sind zum Schutz gegen unzulässige Erwärmung Maßnahmen der Brandschutzdämmung/Brandschutzisolierung oder auch Maßnahmen der Wasserberieselung oder Wasserbeflutung zulässig.

Bei erdgedeckten Lagerbehältern, außer mit Bitumenummüllung, kann auf einen kathodischen Korrosionsschutz verzichtet werden, wenn die Lagerbehälter besonders wirksam gegen chemische und mechanische Angriffe geschützt sind – siehe Anhang 5 Nr. 11 Abs. 4 BetrSichV*).

7.2.2 Bei der Verwendung einer Abblaseleitung zum gefahrlosen Ableiten des Gases beim Ansprechen des Sicherheitsventils sollte die Ausmündung der Abblaseleitung mindestens 2,5 m über der Erddeckung oder dem Behälterscheitel liegen.

7.2.3 Entwässerungsstutzen müssen mit zwei Absperrarmaturen oder einem absperzbaren Abscheidebehälter (Schleuse) versehen werden. Sie müssen gegen Einfrieren und unbeabsichtigte Gasfreisetzung geschützt sein.

Die Forderungen gegen Einfrieren und unbeabsichtigte Gasfreisetzung sind insbesondere erfüllt, wenn Entwässerungseinrichtungen beheizt werden oder durch zweckentsprechende Konstruktion verhindert wird, dass sich Wasser in dem Anschlussstutzen sammelt (Spazierstockmethode) bzw. das Einfrieren von Wasser im Anschluss Schäden hervorrufen kann. Hinter der ersten Absperrarmatur ist zusätzlich eine Querschnittsverengung vorzusehen. Hierdurch wird sichergestellt, dass der Lagerbehälter mit der zweiten Ab-

sperrarmatur noch abgesperrt werden kann, wenn die erste vereist.

7.3 Verdampfer

7.3.1 In explosionsgefährdeten Bereichen dürfen nur Verdampfer nachstehender Bauarten aufgestellt sein:

- Verdampfer mit elektrischer Beheizung und Ausrüstung nach DIN EN 50014,
- Verdampfer, die durch Warmwasser, Öl oder Dampf beheizt werden, wenn die Aufheizung des Wärmeträgers außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs erfolgt. Elektrische Ausrüstungen müssen DIN EN 50014 entsprechen.

7.4 Rohrleitungen

Rohrleitungsanschlüsse sind so auszuführen, dass durch die zulässigen Bewegungen an den Anschlüssen der Lagerbehälter keine unzulässigen Zusatzbeanspruchungen bewirkt werden (biegeweiche Verlegung der Leitungen federnd gelagert, Kompensatoren).

8 Prüfung

8.1 Lagerbehälter

8.1.1 Lagerbehälter mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 t und baustellengefertigte Schweißnähte sind einer objektbezogenen zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen. Prüfart und Prüfumfang richten sich bei Lagerbehältern aus der Stahlsorte P355N, Werkstoff-Nr. 1.0562 (StE 355) nach Tabelle 1. Dabei ist die Ultraschallprüfung der Röntgenprüfung, die Oberflächenprüfung nach dem magnetischen Streuflussverfahren der nach dem Farbeindringverfahren vorzuziehen. Abweichungen vom Prüfverfahren und vom Prüfumfang sind im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen. Bei Lagerbehältern aus anderen Werkstoffen ist der Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen im Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle festzulegen.

8.1.2 Zur Sicherung der Güte der Schweißungen sind baustellengefertigte Schweißnähte in Anlagen ab der Gruppe C während der Herstellung in Zusammenhang mit der Schlussprüfung einer begleitenden Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle zu unterziehen.

Diese besteht aus

- Prüfung der Voraussetzungen für eine ordnungsmäßige Herstellung einschließlich der Voraussetzungen bei ungünstigen Witterungseinflüssen;
- stichprobenweiser Prüfung der Nahtvorbereitungen, der Nahtflanken und Anpassarbeiten einschließlich Kantenversatz, der Schweißbedingungen, der evtl. erforderlichen Vorwärmung, der verwendeten Zusatzwerkstoffe und Trocknungsbedingungen für Schweißzusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe;
- Prüfung des Durchstrahlungsverfahrens sowie Auswertung von mindestens 10 % der Röntgenfilme und Prüfberichte;
- Prüfung für die ordnungsmäßige Anwendung der angewendeten Prüfverfahren;
- Nachprüfung von mindestens 10 % der mittels Ultraschall geprüften Schweißnähte. Wird bei der Nachprüfung ein vom Prüfer des Herstellers nicht registrierter Fehler festgestellt, so sind sämtliche Schweißnähte, die dieser Prüfer geprüft hat, zu 20 % durch die zuständige unabhängige Stelle nachzuprüfen. Werden 2 oder mehr Fehler festgestellt, so sind 100 % der von ihr geprüften Schweißnähte durch die zuständige unabhängige Stelle nachzuprüfen. Der Prüfumfang der zuständigen unabhängigen Stelle für die beanstandeten Schweißnahtlän-

*) In anderen EU-Mitgliedsstaaten können abweichende Vorschriften bestehen.

AD 2000-Merkblatt

AD 2000-Merkblatt HP 801 Nr. 25, Ausg. 02.2004 Seite 7

gen ist auf die ursprünglich geforderte Nachprüfung von mindestens 10 % der mittels Ultraschall geprüften Schweißnähte nicht anzurechnen. Werden bei der Prüfung der Schweißnähte eines Bauteils (vorgefertigte Großsektion) mittels Ultraschall Risse und Flankenbindefehler, die zur Ausbesserung der Schweißnaht führen, festgestellt, so sind sämtliche Nähte dieses Bauteils werkseitig mittels Ultraschall zu prüfen. Die vorgeschriebenen Durchstrahlungsprüfungen können dann entfallen. Das Gleiche gilt für jede einzelne Montagenäht, die

im Sandbett hergestellt wird. Montagenähte, die im Sandbett hergestellt werden, können zu 100 % mittels Ultraschall geprüft werden. Ausgebesserte Schweißnähte sind erneut mittels Ultraschall zu prüfen.

8.2 Rohrleitungen

In Anlagen ab der Gruppe C sind die Rohrleitungen einer Bauüberwachung durch die zuständige unabhängige Stelle zu unterziehen und alle Rundnähte 100 % zerstörungsfrei zu prüfen.

Tafel 1. Übersicht zerstörungsfreie Prüfung von Druckbehältern
Prüfumfang für die Stahlsorte P355N, Werkstoff-Nr. 1.0562 (StE 355)
(siehe auch AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Tafel 1 Gr. 1)

Schweißnahtwertigkeit v/ Wanddicke s	Prüfumfang an Lagerbehältern von mehr als 30 t	Prüfumfang für baustellengefertigte Schweißnähte an Flüssiggasdruckbehältern
0,85 s ≤ 15 mm	LN B + 10 % D/US St B + 100 % D/US + 100 % OR ¹⁾ RN B + 10 % D/US StN B + 100 % OR KN B + 100 % OR HSS B + 100 % OR	unabhängig von der Schweißnahtwertigkeit v: LN B + 50 % D + 50 % US + 25 % OR St B + 100 % D/US + 100 % OR RN B + 50 % D + 50 % US + 25 % OR StN B + 100 % US + 100 % OR KN B + 100 % OR HSS B + 100 % OR
0,85 s > 15 mm	LN B + 10 % D/US (keine Erleichterungen möglich) St B + 100 % D/US + 100 % OR RN B + 10 % D/US StN B + 100 % OR KN B + 100 % OR HSS B + 100 % OR	
1,0 s ≤ 30 mm	LN B + 100 % D/US ²⁾ St B + 100 % D/US + 100 % OR RN B + 25 % D/US ²⁾ StN B + 100 % OR KN B + 100 % OR HSS B + 100 % OR	
Schweißnähte:		Prüfverfahren:
LN Längsnähte		B Besichtigung
St Stoßstellen		D Durchstrahlungsprüfung
RN Rundnähte		US Ultraschallprüfung
StN Stutzennähte		OR Oberflächenprüfung
KN Kehlnähte		
HSS Hilfsschweißstellen		
¹⁾ bei entsprechenden Voraussetzungen ist das MP-Verfahren dem FE-Verfahren vorzuziehen ²⁾ Erleichterungen bei nachgewiesener Erfahrung: Reduzierung auf 10 % D/US		