

Hydropneumatische Druckspeicher

Hydropneumatische Druckspeicher – kurz Hydrospeicher - werden in ölhydraulisch betriebenen Maschinen und Anlagen eingesetzt. Die Anwendungsgebiete sind im Wesentlichen die Speicherung von Energie, die Kompensation von Volumenströmen bei kurzfristigem hohem Bedarf oder bei Volumenschwankungen, die Leckölkompensation bei abgeschalteter Pumpe sowie die Pulsationsdämpfung und Schockabsorption. Hydrospeicher sind Druckgeräte und unterliegen den Anforderungen der europäischen Druckgeräterichtlinie (DGRL) [1].

Dieses Fachausschuss-Informationsblatt gibt einen Überblick über wichtige Regelungen im Zusammenhang mit ölhydraulischen Hydrospeichern.



Bild 1: Ölhydraulische Hydrospeicher

1 Aufbau und Funktionsweise

Hydrospeicher können anhand der Merkmale „Energieträger“ und „Trennglied“ unterschieden werden. Dabei beruht das Funktionsprinzip stets darauf, Druckenergie zu speichern.

Während gewichts- oder federbelastete mechanische Systeme durch die Änderung von potentieller Energie die Druckenergie speichern, er-

Inhaltsverzeichnis:

- 1 Aufbau und Funktionsweise
- 2 Einteilung von Hydrospeichern nach Druckgeräterichtlinie (DGRL)
- 3 Inverkehrbringen
- 4 Verwendung in Maschinen
- 5 Betrieb von Hydrospeichern
- 6 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

folgt die Speicherung bei gasbelasteten Speichern durch Veränderung der inneren Energie eines Gases. Alle nachfolgenden Informationen beziehen sich nur noch auf hydropneumatische Speicher und gelten somit nicht für mechanische Systeme.

Die verschiedenen Bauweisen von gasbelasteten, d.h. hydropneumatischen Druckspeichern oder Hydrospeichern unterscheiden sich neben dem wesentlichen Trennglied noch durch Bauart, Anordnung und Befestigung der Komponenten sowie durch die Materialauswahl. Im Bild 1 sind zwei Blasenspeicher unterschiedlicher Größe mit den erforderlichen Ausrüstungen abgebildet.

Die Hydrospeicher werden durch das Trennglied in Blasen-, Kolben- und Membranspeicher (siehe Bilder 2, 3 und 4) aufgeteilt. Die Funktionsweise dieser Hydrospeicher beruht stets darauf, die Kompressibilität eines Gases - meist Stickstoff - zur Flüssigkeitsspeicherung zu nutzen. Das Trennglied muss gasdicht sein.

Die Gasseite des Hydrospeichers wird für den Einsatz mit dem erforderlichen Gasdruck vorgespannt. Wird auf der Flüssigkeitsseite das System mit zunehmendem Druck beaufschlagt, stellt sich durch die Beweglichkeit des Trenngliedes und durch Kompression auch im Gas der gleiche Druck ein, so dass Gasdruck und Flüssigkeitsdruck im Gleichgewicht sind und die Flüssigkeit im Speicher aufgenommen worden ist. Sobald der Hydraulikdruck sinkt, expandiert das verdichtete Gas wieder und drückt die Flüssigkeit zurück in den Hydraulikkreislauf.

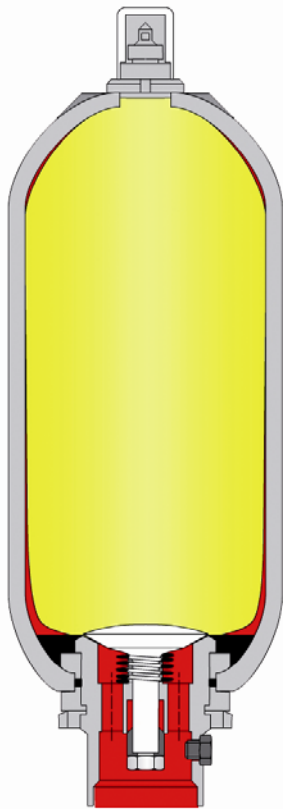


Bild 2: Blasenspeicher, leer

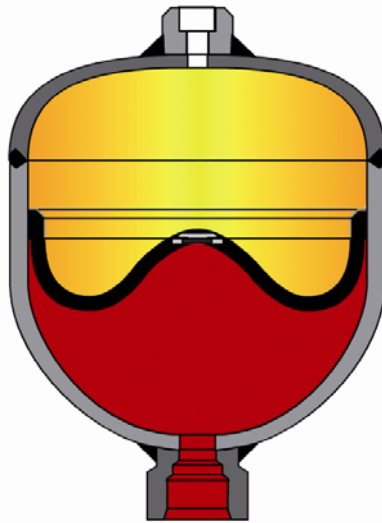


Bild 3: Membranspeicher, gefüllt

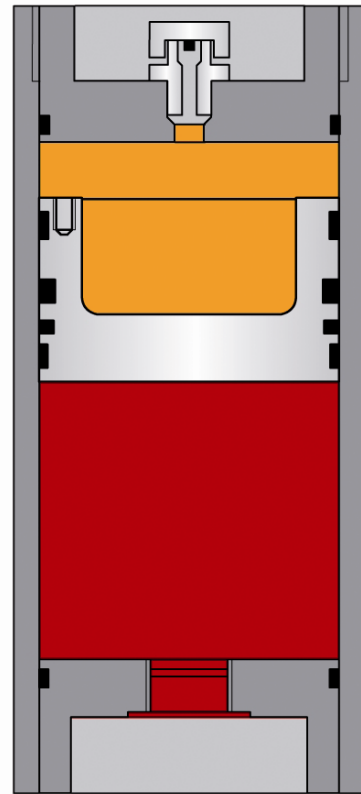


Bild 4: Kolbenspeicher, gefüllt

1.1 Blasenspeicher

Blasenspeicher bestehen aus einem hochfesten Druckbehälter in dessen Inneren sich eine geschlossene Blase zur Aufnahme des Gases befindet. Die Blase besteht aus einem gummielastischen Werkstoff (Elastomer). Befüllt wird die Blase über ein Gasventil, das sich am oberen Ende des Speichers befindet. Das am unteren Ende angebrachte Flüssigkeitsventil verhindert in erster Linie das Herausziehen der Blase aus dem Druckbehälter bei ausströmendem Fluid und ist so bemessen, dass der freie Querschnitt des Ventils den Volumenstrom auf einem maximalen Wert, z.B. von 120 L/s, begrenzt.

Blasenspeicher weisen ein begrenztes zulässiges Druckverhältnis von maximalem ölseitigem Betriebsdruck zu gasseitigem Vorfülldruck auf, z.B. 4:1. Das maximal zulässige Verhältnis ist den Herstellerangaben zu entnehmen. Blasenspeicher zeichnen sich durch hohe Reaktionsgeschwindigkeit und begrenztes Druckverhältnis aus und sollten vertikal eingebaut werden.

1.2 Membranspeicher

Membranspeicher bestehen ebenfalls aus einem hochfesten Druckbehälter, der meist kugelig bis zylindrisch ausgebildet ist. Als Trennglied dient eine Membrane aus einem elastischen, walkfähigen Werkstoff (Elastomer). Befüllt wird die Gasseite ebenfalls über ein Gasventil, welches sich am oberen Ende des Speichers befindet.

Membranspeicher weisen im Vergleich zu Bla-

senspeichern ein wesentlich höheres zulässiges Druckverhältnis von max. Betriebsdruck zu Gas-Vorfülldruck auf (z.B. 6:1 bis max. 8:1, siehe Herstellerangaben). Dagegen ist der max. Volumenstrom bei Membranspeichern wesentlich geringer und sollte nicht mehr als 6 L/s betragen. Membranspeicher haben prinzipiell ähnliche Eigenschaften wie Blasenspeicher, sind jedoch robuster gegen äußere dynamische Kräfte und sollten vertikal eingebaut werden.

1.3 Kolbenspeicher

Kolbenspeicher bestehen im Wesentlichen aus dem äußeren Zylinderrohr, dem Kolben mit dem Dichtungssystem sowie den beiden Verschlussdeckeln. Dabei muss das Zylinderrohr sowohl den inneren Druck aufnehmen als auch die Führung des Kolbens übernehmen. Der Kolben dient als Trennglied zwischen Gas- und Flüssigkeitsraum.

Bei Kolbenspeichern gibt es beim max. zulässigen Druckverhältnis zwischen max. Betriebsdruck und Gas-Vorfülldruck keine Beschränkung. Die max. Kolbengeschwindigkeit sollte 3,5 m/s nicht überschreiten.

Kolbenspeicher werden häufig im Fahrwerksteil mobiler Arbeitsmaschinen eingesetzt, können kurzfristig hohe Volumenströme bereitstellen, verfügen über ein großes Druckverhältnis und können an die Anwendung angepasst werden.

Als Besonderheit wird bei einigen Bauarten der Kolbenspeicher der Kolben mit einer Kolben-

stange verbunden und diese aus dem Speicher herausgeführt. Dadurch können Steuerungsaufgaben realisiert werden. Mithilfe von Schaltnocken oder Permanentmagneten, die an der Kolbenstange angebracht werden, können Versorgungspumpen abgeschaltet oder der Füllstand des Speichers überwacht werden.

1.4 Eingesetzte Fluide

Bei den in ölhydraulischen Maschinen und Anlagen eingesetzten Hydraulikflüssigkeiten handelt es sich in der Regel um Fluide der Gruppe 2, die in Artikel 9 Absatz 2 Abschnitt 2.2 der DGRL definiert sind. Auf der Gasseite der Hydrospeicher wird ein Inertgas (z.B. Stickstoff) verwendet. Auch bei diesem Gas handelt es sich um ein Fluid der Gruppe 2.

Die Zugehörigkeit der vorgesehenen Hydraulikflüssigkeit bzw. des Gases zur entsprechenden Fluidgruppe gemäß DGRL muss jeweils unter Zuhilfenahme des Sicherheitsdatenblattes oder nach Rücksprache mit dem Hersteller festgestellt werden.

2 Einteilung von Hydrospeichern nach DGRL

Hydrospeicher unterliegen der DGRL, in der die Sicherheitsanforderungen für Druckgeräte sowie die Kriterien für Ausschlüsse von der DGRL verbindlich festgelegt sind. Da Hydrospeicher maßgeblich aufgrund des Druckes ausgelegt werden, entfällt die Möglichkeit des Ausschlusses von der DGRL.

Merke:
Hydrospeicher unterliegen der europäischen Druckgeräterichtlinie.

Hydrospeicher unterliegen ferner harmonisierten europäischen Normen. Derzeit gibt es eine allgemeine europäische Produktnorm für Druckbehälter, DIN EN 13445 [2], sowie eine detaillierte Norm für Hydrospeicher DIN EN 14359 [3]. Die Einhaltung dieser europäischen Normen ist nicht zwingend.

Hydrospeicher vor Anwendung der DGRL (ab 29. November 1999 optional, ab 29. Mai 2002 ausschließlich DGRL), unterlagen der deutschen Druckbehälterverordnung [4].

Aufgrund der Kompressibilität des Gases stellt die Gasseite des Hydrospeichers ein größeres Gefahrenpotential dar als die Flüssigkeitsseite.

Gemäß Artikel 3 Absatz 1.1 a der DGRL erfolgt daher die Einteilung von Hydrospeichern entsprechend dem Konformitätsbewertungsdiagramm 2 im Anhang II der DGRL. Anhand dieses Diagramms können die (Modul)-Kategorien nach DGRL bestimmt werden, in die Hydrospeicher eingestuft werden (siehe Bild 5).

Maßgebend für die Einteilung sind der maximal

zulässige Druck PS (der Auslegungsdruck), das innere Volumen des Druckbehälters und die Art des Fluids. Beträgt der maximal zulässige Druck PS nicht mehr als 0,5 bar, unterliegen die Druckgeräte nicht der DGRL.

Hydrospeicher fallen unter Art. 3 Absatz 3 der DGRL, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Volumen nicht größer als 1 Liter und der Betriebsdruck nicht mehr als 1000 bar, oder
- das Druck-Volumen-Produkt darf nicht mehr als 50 bar x Liter betragen.

Diese Hydrospeicher nach Art. 3 Absatz 3 der DGRL sind nach guter Ingenieurpraxis (GIP) auszulegen und herzustellen, wobei der Stand der Technik zu berücksichtigen ist.

Merke:
Die Einteilung von Hydrospeichern erfolgt entsprechend Diagramm 2 nach Anhang II der DGRL maßgeblich aufgrund der beiden Parameter „maximal zulässiger Druck PS“ und „Volumen V“.

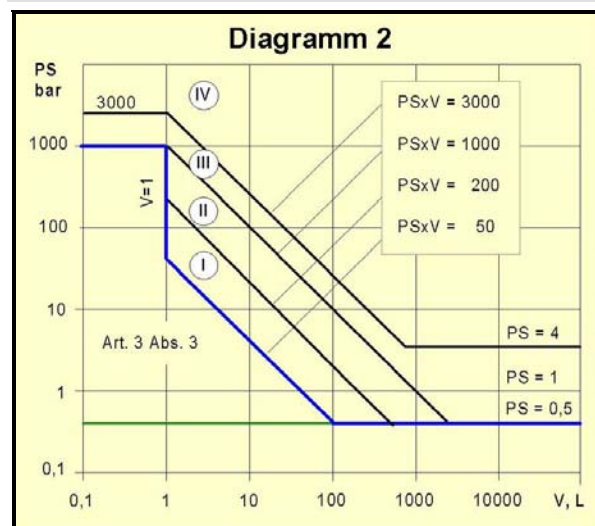


Bild 5: Diagramm 2 nach Anhang II der DGRL für Behälter für Gase (auch überhitzte Flüssigkeiten) der Fluidgruppe 2

Mit zunehmender Energiespeicherkapazität sind die Hydrospeicher in die Kategorien I, II, III oder IV nach Diagramm 2 im Anhang II der DGRL einzuteilen (s. Tabelle 1).

Kategorie	Grenzwerte von Druck (PS), Volumen (V) bzw. Druck-Volumen-Produkt (PS x V)
I	$PS \times V \leq 200 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$
II	$PS \times V \leq 1000 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$
III	Bei $V < 750 \text{ Liter}$: $PS \leq 3000 \text{ bar}$ <u>und</u> $PS \times V \leq 3000 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$ Bei $V \geq 750 \text{ Liter}$: $PS \leq 4 \text{ bar}$
IV	Bei $V < 750 \text{ Liter}$: $PS > 3000 \text{ bar}$ <u>und</u> $PS \times V > 3000 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$ Bei $V \geq 750 \text{ Liter}$: $PS > 4 \text{ bar}$

Tabelle 1: Einteilung der Hydrospeicher

Für den konkreten Anwendungsfall muss das Diagramm 2 nach Anhang II der DGRL herangezogen werden.

Die DGRL ist auch für Hydrospeicher mit einem Volumen von kleiner gleich 0,1 Liter anzuwenden. Sofern die Grenze für den Druck PS von 1000 bar (s. Diagramm 2, in Verbindung mit Leitlinie 1/5 [5]) überschritten ist, gelten auch für diese Hydrospeicher die grundlegenden Sicherheitsanforderungen nach Anhang I der DGRL.

Entsprechend Anhang II der DGRL sind bei der Konformitätsbewertung des Hydrospeichers je nach Kategorie nach Diagramm 2 bestimmte Module gemäß Anhang III der DGRL bzw. Beschluss 93/465/EWG [6] des Rates vom 22.07.1993 zu berücksichtigen (siehe Tabelle 2).

Kategorie	Modul(e)
I	A
II	A1, D1, E1
III	B1+D, B1+F, B+E, B+C1, H
IV	B+D, B+F, G, H1

Tabelle 2: Konformitätsbewertungsmodule

Die jeweiligen Anforderungen zu den o.g. Modulen sind im Anhang III der DGRL aufgeführt.

Hinweise:

- Hydrospeicher, die höchstens in die Kategorie I eingestuft würden und in Maschinen nach der Maschinenrichtlinie (MRL) 2006/42/EG [7] eingebaut werden, sind vom Anwendungsbereich der DGRL ausgenommen (siehe Ausschussregelung nach Artikel 1 Abs. 3 Nr. 3.6 DGRL). Für diese v.g. Druckgeräte sind die Sicherheitsanforderungen der MRL anzuwenden, insbesondere bzgl. des Bruchrisikos bei Betrieb (siehe Anh. I, Nr. 1.3.2 der MRL sowie neuer Leitfaden [8] der EU zur MRL).
- Hydrospeicher sind keine einfachen Druckbehälter nach der Richtlinie 2009/105/EG [9] (bisher 87/404/EWG [10]).

3 Inverkehrbringen

Beim Inverkehrbringen von Hydrospeichern der Kategorie I (sofern nicht für den Einbau in eine Maschine vorgesehen) bis IV nach Diagramm 2 aus Anhang II der DGRL sind gemäß der 14. Geräte- und Produktsicherheitsverordnung (14. GPSGV) [11]:

- die EG-Konformitätserklärung (s. Anhang VII der DGRL) mit auszuliefern,
- eine CE-Kennzeichnung (s. Artikel 15 der DGRL) sowie weitere Angaben nach DGRL Anhang I Abschnitt 3.3 anzubringen,
- eine Betriebsanleitung (s. DGRL Anhang I Abschnitt 3.4) in deutscher Sprache mit auszuhändigen.

Die 14. GPSGV (auch Druckgeräteverordnung genannt) regelt und erläutert die Umsetzung der europäischen Druckgeräte-Richtlinie in deutsch-

es Recht und präzisiert die Anforderungen der DGRL beim Inverkehrbringen von Druckgeräten in Deutschland.

Die Hydrospeicher nach Art. 3 Abs. 3 der DGRL sind mit einer ausreichenden Benutzungsanweisung auszuliefern, müssen eine Kennzeichnung tragen, anhand derer der Hersteller oder sein in der Gemeinschaft ansässiger Bevollmächtigter ermittelt werden kann, und dürfen nicht die in Art. 15 der DGRL genannte CE-Kennzeichnung tragen.

Die Betriebsanleitung des Hydrospeichers sollte Hinweise zur Wartung und Prüfung (einschl. Prüfmethode, Umfang, Intervall) enthalten, die der Maschinenhersteller bzw. Integrator in die Betriebsanleitung der Maschine für den späteren Betreiber aufnehmen muss.

Bei Hydrospeichern, die gemäß Diagramm 2 nach Anhang II der DGRL unter die Kategorie II bis IV fallen, muss der Hersteller eine „benannte Stelle“ für die Konformitätsbewertung hinzuziehen. Dies sind die akkreditierten und notifizierten Prüf- und Zertifizierungsstellen für Druckgeräte. Die Nummer der benannten Stelle muss der CE-Kennzeichnung angefügt sein. Bei Hydrospeichern, die gemäß Diagramm 2 nach Anhang II der DGRL unter die Kategorie I fallen, entfällt letztgenannte Anforderung.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Hydrospeicher zu bauen. Die Einhaltung der europäischen Normen ist nicht zwingend; es können auch andere technische Spezifikationen angewandt werden, welche die Anforderungen der DGRL erfüllen, z. B. das AD 2000-Regelwerk [12].

Der Hersteller muss jedoch in jedem Fall vor Inverkehrbringen die Konformitätsbewertung nach Anhang III der DGRL durchführen. Alle Hydrospeicher müssen die grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhang I der DGRL erfüllen.

Der Hersteller hat die Dokumente der während des Fertigungsprozesses durchgeführten Prüfungen (z.B. zerstörungsfreie Materialprüfung) aufzubewahren.

Ausrüstungen mit Sicherheitsfunktion zum Schutz des Hydrospeichers bei Überschreitung der zulässigen Grenzen sind wie Druckgeräte der Kategorie IV zu behandeln.

4 Verwendung in Maschinen

Wird ein Hydrospeicher in eine Maschine eingebaut, so muss der Konstrukteur gemäß MRL eine Gefahrenanalyse und eine Risikobewertung nach DIN EN ISO 12100-1 [13] sowie DIN EN ISO 14121 [14] durchführen. Die Maschine selbst fällt auch bei eingebautem Hydrospeicher nicht unter die DGRL.

Hydrospeicher, die in die Kategorie I nach DGRL eingestuft würden, sind vom Anwendungsbereich

der DGRL ausgenommen (siehe Hinweis unter Abschnitt 2). Nur Hydrospeicher der Kategorie II, III und IV in Maschinen sind Druckgeräte nach DGRL und müssen die CE-Kennzeichnung tragen.

Bei der Verwendung des Hydrospeichers in hydraulischen Anlagen bzw. Maschinen sind mögliche Fehler zu betrachten. Hierzu sind in der BIA-Fehlerliste 340225 im BIA-Report 6/97 [15] folgende vier Fehlerarten bei Druckbehältern näher betrachtet worden:

- a) Das Bersten des Druckbehälters und der Bruch von Verbindungs- und Deckelschrauben sowie das Ausreißen von Anschlußgewinden kann ausgeschlossen werden, wenn Bau, Ausrüstung und Anordnung im System den Anforderungen (hier: DGRL und EN bzw. TRB) entsprechen sowie nach dem Stand der Technik erfolgt sind.
- b) Das Undichtwerden des Trenngliedes zwischen Gas und Druckflüssigkeit kann wegen Verschleiß von Dichtungen und Führungen (Kolbenspeicher) sowie durch Alterung von Membranen oder Speicherblasen nicht über eine längere Zeitspanne ausgeschlossen werden.
- c) Das Versagen des Trenngliedes zwischen Gas und Druckflüssigkeit kann bei Membran- und Blasenspeichern nicht ausgeschlossen werden. Ein plötzliches Versagen von Dichtungen bei Kolbenspeichern wird nicht angenommen.
- d) Das Versagen des Füllventils auf der Gasseite kann ausgeschlossen werden, wenn das Füllventil nach dem Stand der Technik ausgeführt ist und ein ausreichender Schutz vor äußeren Einflüssen (wie herabfallende Teile) gegeben ist.

Zum Schutz gegen mechanische Beschädigungen sollten Hydrospeicher räumlich getrennt oder abgeschirmt von betrieblichen Verkehrswegen aufgestellt und zu Bedienständen hin möglichst abgeschirmt sein. Auch sollte ein Hydrospeicher gegen herabfallende Teile nach oben hin abgeschirmt sein, was insbesondere bei mobilen Anwendungen zu beachten ist. Die Integration des Hydrospeichers sowie des Hydraulikaggregates hinter die Einhausung der Maschine stellt einen guten Schutz für Bediener und andere sich in der Nähe aufhaltende oder vorbeigehende Personen dar und reduziert zugleich die Lärmemission der Maschine.

Die DGRL fordert im Anhang I Abschnitt 2.10 Sicherheitsausrüstungen zum Schutz gegen unzulässige Überschreitung der Auslegungsparameter. Für die Sicherheitsausrüstung sowie den Einbau des Hydrospeichers sind die Vorgaben der DIN EN 982 [16] oder des AD 2000-Merkblattes A 403 (siehe auch [12]) zu beachten. Ausrüstungen mit Sicherheitsfunktion sind im Bild 1 zu sehen. Auch Hydrospeicher, die nicht zu den überwachungsbedürftigen Anlagen nach

BetrSichV gehören und somit als Arbeitsmittel zu betrachten sind, müssen gegen unzulässige Überschreitung der Auslegungsparameter abgesichert sein bzw. mit Ausrüstungen mit Sicherheitsfunktion versehen sein.

Die Betriebsanleitung der Maschine muss Wartungshinweise bzgl. des Hydrospeichers enthalten, die den sicheren Betrieb und die sichere Instandhaltung betreffen. Dies betrifft u.a. Angaben für Prüfungen sowie den Austausch von Verschleißteilen wie z.B. Membranen, Blasen, Dichtungen usw. Die Dokumentation des Speicherherstellers ist in die Betriebsanleitung der Maschine zu übernehmen.

Hinweis:

Die Wartung von Hydrospeichern sollte nur gemäß der Betriebsanleitung oder nach einer Rücksprache mit dem Hersteller oder durch dessen Kundendienst erfolgen.

5 Betrieb von Hydrospeichern

Beim Betrieb von Hydrospeichern sind grundsätzlich alle Herstellerinformationen zu beachten.

Darüber hinaus unterliegt der Betrieb von Maschinen und Anlagen mit eingebauten Hydrospeichern - wie auch der Betrieb aller anderen Maschinen - der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [17]. Darin sind verschiedene Betreiberpflichten vorgeschrieben. Neben allgemeiner Gefährdungsbeurteilung und dem Prüfen von Betriebseinrichtungen sind darin insbesondere auch die Prüfpflichten für überwachungsbedürftige Anlagen (ÜA) geregelt.

Gemäß BetrSichV muss der Betreiber eine sicherheitstechnische Bewertung seiner Druckgeräte vornehmen, sofern die Druckgeräte unter Anhang I der DGRL fallen. Nicht überwachungsbedürftig sind Hydrospeicher, die unter den Artikel 3 Abs. 3 der DGRL fallen. Ein Hydrospeicher in einer Maschine, der in die Kategorie I nach DGRL eingestuft würde, fällt nicht unter die DGRL und ist daher auch keine überwachungsbedürftige Anlage nach BetrSichV.

Überwachungsbedürftige Hydrospeicher unterliegen sowohl Prüfungen vor Inbetriebnahme als auch wiederkehrenden Prüfungen.

Nicht überwachungsbedürftige Hydrospeicher sind als *Arbeitsmittel* einzustufen. Aufgrund der Gefährdungsbeurteilung des Arbeitgebers/Betreibers können Prüfungen nach § 10 der BetrSichV erforderlich sein.

Werden bei der Prüfung Schäden festgestellt, die zu gefährlichen Situationen führen können, darf der Hydrospeicher nicht weiter betrieben werden.

Die unter Abschnitt 4 genannte Ausrüstung mit Sicherheitsfunktion des Hydrospeichers, wie auch in der TRBS 2141-1 [18] gefordert, muss bei der wiederkehrenden Prüfung mitgeprüft werden. Der Prüfumfang ist in der TRBS 1201-2 [19] beschrieben.

Merke:

Prüfungen von Hydrospeichern müssen nach Betriebssicherheitsverordnung durchgeführt werden. Daher müssen u.a. die Vorgaben der Betriebsanleitung beachtet werden oder eine Rücksprache mit dem Hersteller oder dessen Kundendienst genommen werden.

Die betrieblichen Festlegungen zur Qualifikation der Instandhalter, der Prüfer, zu Vorgehensweisen beim Austausch von Hydrospeichern oder deren Komponenten, zu Prüfungen usw. sollten schriftlich in Verfahrens- und Arbeitsanweisungen aufgenommen und regelmäßig überprüft werden.

5.1 Prüfung vor Inbetriebnahme

Bei der „Prüfung vor Inbetriebnahme“ sind die Bedienungsanleitung bzw. die Unterlagen des Herstellers der Maschine bzw. des Hydrospeichers bereitzuhalten. Die Angaben des Herstellers für die Inbetriebnahme des Hydrospeichers sind zu beachten.

Alle Hydrospeicher der Kategorien I bis IV nach DRGL sind sog. überwachungsbedürftige Anlagen und unterliegen bei der Inbetriebnahme besonderen Prüfpflichten nach der BetrSichV.

Bei der Inbetriebnahmeprüfung von Hydrospeichern der Kategorien I bis IV nach DRGL muss überprüft werden, ob der Hydrospeicher eine CE-Kennzeichnung besitzt, eine Betriebsanleitung vorliegt und die Ausrüstungen mit Sicherheitsfunktion vorhanden sind. Bei der Inbetriebnahmeprüfung von Hydrospeichern der Kategorien II bis IV nach DRGL muss zudem überprüft werden, ob die Kennnummer der benannten Stelle der CE-Kennzeichnung angefügt ist.

Maßgeblich für die Festlegungen von Prüfungen ist nicht der maximal zulässige Druck PS des Hydrospeichers sondern der mittels Sicherheitsausrüstung abgesicherte zulässige Betriebsdruck PB. Wird der Betriebsdruck des Hydrospeichers nach der Inbetriebnahme verändert, wodurch die Sicherheit der Anlage beeinflusst wird, so ist eine erneute Prüfung vor Inbetriebnahme im Hinblick auf die Änderung erforderlich.

Der Betreiber muss die überwachungsbedürftigen Hydrospeicher intern, d.h. in seinen Betriebsunterlagen als prüfpflichtiges Gerät vermerken und die Prüfbescheinigungen aufbewahren.

Hinweis:

Auch die nicht überwachungsbedürftigen Hydrospeicher nach Art. 3 Abs. 3 sollten in den Betriebsunterlagen aufgelistet werden.

5.1.1 Hydrospeicher „ZÜS“

Für Hydrospeicher der Kategorie II bis IV nach DGRL und mit einer Druck-Volumen-Einteilung oberhalb der roten Linie (siehe Bild 6), ist die

Prüfung vor Inbetriebnahme von einer zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS) durchzuführen. Der Betreiber hat die Fristen der wiederkehrenden Prüfungen auf der Grundlage der sicherheitstechnischen Bewertung spätestens 6 Monate nach Inbetriebnahme festzulegen und durch eine ZÜS überprüfen zu lassen.

5.1.2 Hydrospeicher „Befähigte Person“

Für Hydrospeicher der Kategorie I, sofern sie nicht in Maschinen eingebaut sind und daher nicht unter den Ausschluss der Anwendung der DGRL fallen, sowie für die Hydrospeicher der Kategorien II und III mit einem Betriebsdruck von maximal 1 bar, d.h. für Hydrospeicher mit einer Druck-Volumen-Einteilung zwischen blauer und roter Linie (siehe Bild 6), ist die Prüfung vor Inbetriebnahme von einer befähigten Person nach TRBS 1203-2 [20] durchzuführen.

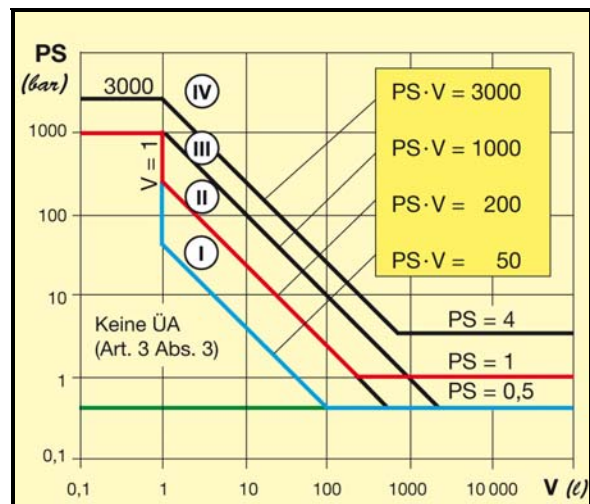


Bild 6: Diagramm 2 nach Anhang II der DGRL für Behälter für Gase (auch überhitzte Flüssigkeiten) der Fluidgruppe 2 mit Prüfstufen für die Prüfung vor Inbetriebnahme (§14 BetrSichV)

(Hinweis: An Stelle von PS kann PB verwendet werden.)

Prüfer kann ein zur „befähigten Person“ bestellter Mitarbeiter des Kundendienstes des Herstellers oder ein ausgebildeter und zur „befähigten Person“ bestellter Mitarbeiter des Betreibers sein. Sofern beim Betreiber keine Fachkenntnisse im Umgang mit Hydrospeichern vorhanden sind, wird empfohlen, dass dessen zukünftige befähigte Person vor deren Bestellung einen Lehrgang, z.B. bei einer technischen Überwachungsorganisation, absolviert.

Sofern die wiederkehrenden Prüfungen durch befähigte Personen durchgeführt werden, sind keine Höchstfristen gemäß BetrSichV §15 Absatz 5 vorgesehen. Der Betreiber legt die Prüffristen aufgrund der Herstellerinformation sowie der Erfahrung mit „Betriebsweise und Beschickungsgut“ fest. Eine Überprüfung dieser vom Betreiber festgelegten Prüffristen durch eine ZÜS

oder eine befähigte Person ist nicht vorgesehen. Sollte der Betreiber über keine Fachkenntnisse oder Erfahrung verfügen, wird empfohlen bei der Festlegung der Prüffristen die Höchstfristen nach §15 Absatz 5 der BetrSichV zu berücksichtigen.

5.1.3 Hydrospeicher „nach Art. 3 Abs. 3“

Bei Hydrospeichern nach Art. 3 Abs.3 der DGRL, d.h. mit einer Druck-Volumen-Einteilung zwischen grüner und blauer Linie (ist im Bereich zwischen 0,1 L und 1 L Volumen von der roten Linie verdeckt, siehe Bild 6), handelt es sich um nicht überwachungsbedürftige Druckanlagen. Diese Hydrospeicher gelten als *Arbeitsmittel* im Sinne der BetrSichV. Als Arbeitsmittel werden auch Hydrospeicher in Maschinen eingestuft, die in Kategorie I eingestuft würden und daher unter den Ausschluss der Anwendung der DGRL fallen.

Dennoch muss der Betreiber aufgrund einer Gefährdungsbeurteilung entsprechende Schutzmaßnahmen festlegen und ggf. eine Prüfung nach §10 der BetrSichV von einer befähigten Person nach TRBS 1203 [21] durchführen lassen.

5.1.4 Weitere wichtige Hinweise

Mit der Prüfung vor Inbetriebnahme sind die weiteren Intervalle für die wiederkehrenden Prüfungen festzulegen. Bei der Festlegung der wiederkehrenden Prüfungen sind die Informationen des Herstellers des Hydrospeichers zu beachten.

Insbesondere sind Angaben bzgl. der Auslegung (z.B. gemäß dem AD-Regelwerk oder nach ausländischen Normenwerken) zu beachten. Dies kann u.U. dazu führen, dass die Prüfintervale deutlich kleiner ausfallen als die in der Tabelle zu Abs. 5 § 15 der BetrSichV genannten Werte. Es kann also sein, dass ein Hydrospeicher z.B. bereits nach einem Jahr einer inneren Prüfung zu unterziehen ist.

Es wird empfohlen, die wiederkehrenden Prüfungen (z.B. auch Druckprüfungen) vom Kundendienst des Herstellers oder nach dessen Vorgaben durchführen zu lassen. Die betriebsinterne Abwicklung dieser späteren wiederkehrenden Prüfungen und der Wartung sollte mit der Prüfung vor Inbetriebnahme festgelegt werden.

5.2 Wiederkehrende Prüfungen

Bei den wiederkehrenden Prüfungen sind die Bedienungsanleitung, die Unterlagen des Herstellers der Maschine bzw. des Hydrospeichers sowie die betrieblichen Unterlagen der Prüfung vor Inbetriebnahme und der allg. Gefährdungsbeurteilung bereitzuhalten. Die Angaben des Herstellers zu den wiederkehrenden Prüfungen sind zu beachten.

Alle Hydrospeicher der Kategorie I bis IV nach DRGL sind sog. überwachungsbedürftige Anlagen und unterliegen vorgeschriebenen, wiederkehrenden Prüfpflichten nach der BetrSichV. In den §§15-17 der BetrSichV sind die wiederkehrenden Prüfungen geregelt.

Bei der wiederkehrenden Prüfung von Hydrospeichern der Kategorien I bis IV nach DRGL muss u.a. überprüft werden, ob der Hydrospeicher noch die CE-Kennzeichnung besitzt, die Betriebsanleitung vorliegt und die Ausrüstung mit Sicherheitsfunktion noch vorhanden und richtig eingestellt ist.

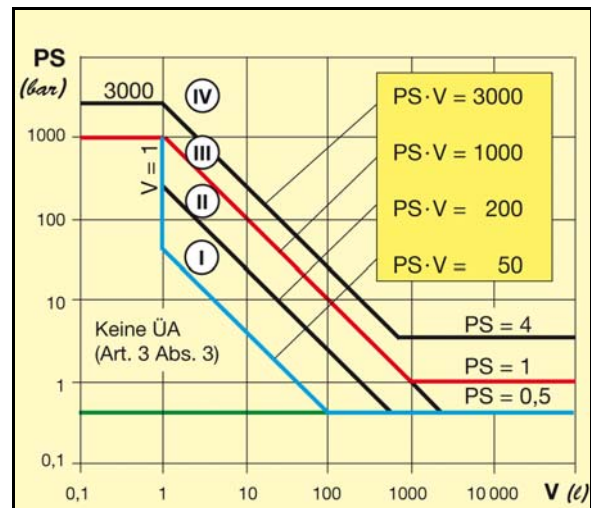


Bild 7: Diagramm 2 nach Anhang II der DGRL für Behälter für Gase (auch überhitzte Flüssigkeiten) der Fluidgruppe 2 mit Prüfstufen für die wiederkehrende Prüfung (§15 BetrSichV) (Hinweis: An Stelle von PS kann PB verwendet werden.)

Mit der wiederkehrenden Prüfung ist auch zu prüfen, ob die Voraussetzungen für das nächste Prüfintervall noch stimmen. Maßgeblich für die Festlegungen von Prüfungen ist nicht der Auslegungsdruck PS des Hydrospeichers sondern der mittels Sicherheitsausrüstung abgesicherte zulässige Betriebsdruck PB. Wird der Betriebsdruck des Hydrospeichers nach der Inbetriebnahme verändert, so kann sich u.U. eine Änderung bzgl. der Prüfungen ergeben, z.B. eine erneute „Prüfung vor Inbetriebnahme“.

5.2.1 Hydrospeicher „ZÜS“

Für Hydrospeicher der Kategorie III und IV nach DGRL und mit einer Druck-Volumen-Einteilung oberhalb der roten Linie (siehe Bild 7), ist die wiederkehrende Prüfung von einer zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS) durchzuführen.

Für vorgenannte Druckgeräte sind die inneren Prüfungen nach der Tabelle in Abs. 5 §15 der BetrSichV spätestens alle 5 Jahre und die Festigkeitsprüfungen spätestens alle 10 Jahre vorgeschrieben (s. Punkt 2 der Tabelle).

Das Intervall der inneren Prüfung kann gemäß Anhang 5 Nr. 2 Abs. 1 BetrSichV auf 10 Jahre ausgedehnt werden, wenn es sich bei den eingesetzten Fluiden der Gruppe 2 um Flüssigkeiten und Gase handelt, die keine korrodierende Wirkung auf die drucktragende Wandung ausüben. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

Die wiederkehrende Festigkeitsprüfung erfolgt üblicherweise als Flüssigkeitsdruckprobe mit mindestens dem 1,3-fachen des zulässigen Betriebsdruckes geprüft (s. TRBS 1201-2). Bei neuen Hydrospeichern nach der DGRL kann der Prüfdruck das 1,43-fache des zulässigen Betriebsdruckes betragen, sofern der Hersteller des Hydrospeichers die erstmalige Druckprüfung mit diesem Prüfdruckfaktor durchgeführt hat. Als Regel gilt: Bei der wiederkehrenden Flüssigkeitsdruckprobe darf der Prüfdruck nicht höher sein als der vom Hersteller bei der erstmaligen Prüfung aufgebrachte Prüfdruck.

Hinweis:

Nähere Information zur Durchführung der wiederkehrenden Prüfung siehe TRBS 1201-2.

Bei der sog. inneren Prüfung handelt es sich um eine Sichtprüfung der inneren Wandung des Hydrospeichers und der sicherheitsrelevanten Ausrüstung. Hierbei sollte der Hersteller des Hydrospeichers, wenn möglich, Empfehlungen geben, die vom Prüfer zu berücksichtigen sind. Eine Oberflächenrissprüfung mit Hilfe von Farbeindring- bzw. Magnetpulververfahren ist bei Kolbenspeichern nicht empfehlenswert, da die Laufflächen des Hydrospeichers nach der Prüfung wieder frei von Rückständen zusammengebaut werden müssen. Daher kommt nur eine Ultraschallprüfung in Frage. Ist eine innere Prüfung des Hydrospeichers aufgrund der Abmessungen nicht möglich, so bietet sich als Alternative eine Druckprüfung an. Je nach Größe des Hydrospeichers kann u.U. auch der Austausch gegen einen neuen Hydrospeicher vorgezogen werden.

Eine sog. „äußere Prüfung“ ist nur bei überhitzungsgefährdeten Druckgeräten erforderlich. Dies ist für Hydrospeicher nicht zutreffend.

5.2.2 Hydrospeicher „Befähigte Person“

Für Hydrospeicher der Kategorie I sowie für die Hydrospeicher der Kategorien II und III mit einem Betriebsdruck von maximal einem bar, d.h. für Hydrospeicher mit einer Druck-Volumen-Einteilung zwischen blauer und roter Linie (siehe Bild 7), ist die wiederkehrende Prüfung von einer befähigten Person nach TRBS 1203-2 durchzuführen.

Wiederkehrende innere Prüfungen und wiederkehrende Festigkeitsprüfungen sind auch bei Hydrospeichern der Kategorie I, sofern diese Hydrospeicher nicht in Maschinen eingebaut sind und daher nicht unter den Ausschluss der

Anwendung der DGRL fallen, und der Kategorie II nach DGRL erforderlich. Der Betreiber hat die Fristen für die vg. Prüfungen bei der Inbetriebnahme festzulegen.

Die in der Tabelle zu Abs. 5 §15 der BetrSichV angegebenen Prüfintervalle dienen bei den Hydrospeichern der Kategorien I und II nach DGRL nur zur Orientierung.

Der Betreiber legt die Prüffristen aufgrund der Herstellerinformation sowie seiner Erfahrungswerte mit der Betriebsweise fest. Die wiederkehrende Prüfung muss dann durch eine befähigte Person erfolgen. Weitere Hinweise zu den Festigkeitsprüfungen und zum Prüfdruck sind in der TRBS 1201-2 festgelegt.

5.2.3 Hydrospeicher „nach Art. 3 Abs. 3“

Bei Hydrospeichern nach Art. 3 Abs.3 der DGRL, d.h. mit einer Druck-Volumen-Einteilung zwischen grüner und blauer Linie (ist im Bereich zwischen 0,1 L und 1 L Volumen von der roten Linie verdeckt, siehe Bild 7), handelt es sich um nicht überwachungsbedürftige Druckanlagen. Diese Hydrospeicher gelten als *Arbeitsmittel* im Sinne der BetrSichV.

Dennoch muss der Betreiber aufgrund einer Gefährdungsbeurteilung entsprechende Schutzmaßnahmen festlegen und ggf. eine Prüfung nach § 3 Absatz 3 der BetrSichV durch eine unterwiesene Person (z.B. eine arbeitstägliche Sichtprüfung durch den Bediener) und ggf. Prüfungen nach §10 der BetrSichV von einer befähigten Person nach TRBS 1203 durchführen lassen.

5.2.4 Weitere wichtige Hinweise

Eine innere Prüfung (Sichtprüfung, Inspektion) kann durch eine Festigkeitsprüfung (Druckprüfung) ersetzt werden, sofern eine innere Besichtigung nicht möglich ist oder nicht in ausreichendem Umfang durchgeführt werden kann.

Eine Druckprüfung nach einem Blasen- oder Membranwechsel oder nach einem Dichtungswechsel bei Kolbenspeichern kann also u.U. anstelle der inneren Prüfung direkt als Festigkeitsprüfung durchgeführt werden und stellt somit die wiederkehrende Prüfung nach der BetrSichV dar.

Merke:

Eine innere Prüfung des Hydrospeichers kann ggf. durch eine Festigkeitsprüfung (Druckprüfung) ersetzt werden.

Wird ein Hydrospeicher z. B. nach erfolgter Instandsetzung wiederkehrend geprüft, muss eine Prüfbescheinigung über die erfolgreich durchgeführte Prüfung mit dem Gerät an den Betreiber ausgehändigt werden.

Anmerkung:

Bzgl. der Prüfung ist ferner sicherzustellen, dass bei deren Durchführung eine Gefährdung von Personen vermieden wird. Näheres dazu siehe auch BGI 619 [22], welche die erforderlichen Schutzmaßnahmen beschreibt. Die BGI 619 fordert, dass bei Flüssigkeitsdruckprüfungen mit Prüfdrücken von über 100 bar Personenschutzmaßnahmen wie bei einer Gasdruckprüfung zu ergreifen sind.

Nicht jeder Betrieb verfügt über die erforderliche Infrastruktur sowie die erforderlichen Druckerzeuger für die hohen Prüfdrücke. Wegen der speziellen Anforderungen bei diesen Prüfungen wird empfohlen, dass auch die Druckprüfung von Hydrospeichern der Kategorien I und II nach DGRL durch den Hersteller oder Kundendienst unter Einbindung der erforderlichen Prüfkompetenz (ZÜS, befähigte Person) durchgeführt wird.

Merke:

Druckprüfungen von Hydrospeichern gehören in die Hände von Experten!

5.3 Ausfallverhalten

Hydrospeicher unterliegen dem Verschleiß. Das Ausfallverhalten unterscheidet sich je nach Speicherbauart.

Bei Blasenspeichern und Membranspeichern deutet sich das Versagen der Blase bzw. Elastomereinlage nicht an. Diese Speichertypen fallen plötzlich und ohne Vorwarnung aus. Kolbenspeicher zeigen infolge von Verschleiß an den Dichtungen und Laufflächen allmähliches Ausfallverhalten. Kolbenspeicher sind empfindlich gegen Verunreinigungen in der Hydraulikflüssigkeit.

Sofern konstruktionsbedingt möglich, sind Blase, Membran oder Dichtungen sowie ggf. auch weitere Bauelemente auszutauschen. Die Hinweise des Herstellers bzgl. typischer Verschleißanzeichen des Hydrospeichers sind zu beachten.

Hinweis:

Um den Verschleiß so gering wie möglich zu halten, ist stets für eine sehr gute Reinheit der Hydraulikflüssigkeit zu sorgen.

5.4 Auswechseln baugleicher Hydrospeicher

Im Falle von Verschleiß der Blase, Membrane oder Kolbendichtung sind Instandsetzungsarbeiten an Hydrospeichern erforderlich. Zur Vermeidung allzu langer Unterbrechungen der Produktion halten sich einige Betreiber einen baugleichen Hydrospeicher als Ersatz auf Lager.

Beim Auswechseln des Hydrospeichers einer Maschine gegen einen baugleichen Hydrospeicher ist keine Neuabnahme (vgl. Abschnitt 5.1) erforderlich. Gemäß § 14 Absatz 2 der BetrSichV ist nur bei einer Änderung an der über-

wachungsbedürftigen Anlage oder an dem Hydrospeicher vor der Wiederinbetriebnahme eine neue Erstprüfung erforderlich. Die BetrSichV erläutert das Wort „Änderung“ nicht näher. Ein Auswechseln gegen einen identischen Hydrospeicher ist keine Änderung im Sinne des § 2 Abs. 5 der BetrSichV. Das Auswechseln muss jedoch in den Betriebsunterlagen des Betreibers festgehalten werden.

Bei überwachungsbedürftigen Hydrospeichern, die wiederkehrend durch eine ZÜS geprüft werden müssen, ist die vom Betreiber ermittelte Prüffrist auch bei identischen eingewechselten Hydrospeichern mit einer ZÜS abzustimmen.

Hydrospeicher werden u.U. nach Instandsetzungsarbeiten bei einem Betreiber eingelagert und bei Bedarf als Ersatz in einer anderen Maschine eingebaut.

Für diese sog. „Druckgeräte an wechselnden Orten“ gilt der § 14 Absatz 5 der BetrSichV. Eine erneute Prüfung vor Inbetriebnahme nach dem Wechsel des Aufstellungsortes, d.h. beim Einbau in eine andere Maschine, ist dann nicht erforderlich, wenn bereits eine Bescheinigung über eine anderenorts durchgeführten Prüfung vor Inbetriebnahme vorliegt, sich beim Ortswechsel keine neue Betriebsweise ergeben hat und die Anschlussverhältnisse sowie die Ausrüstung unverändert bleiben und wenn an die Aufstellung keine besonderen Anforderungen zu stellen sind.

Es wird daher empfohlen, dass der Betreiber darauf achtet, dass

- a) grundsätzlich der eigene Hydrospeicher nach der Instandhaltung beim Hersteller bzw. Kundendienst zurückgeliefert wird,
- b) beim Auswechseln des Hydrospeichers die Vorgaben nach § 14 Absatz 5 der BetrSichV beachtet werden und
- c) nach einer Instandsetzung (wie z.B. Blasen-, Membran- oder Dichtungswechsel) eine wiederkehrende Prüfung (z.B. innere Prüfung oder Druckprüfung) veranlasst wird.

Wird ein Hydrospeicher nach einer wiederkehrenden Prüfung an eine andere Maschine angebaut, so muss eine Prüfbescheinigung über die erfolgreich durchgeführte Prüfung mit dem Druckgerät an den neuen Verantwortlichen ausgehändigt werden. Innerhalb eines Betriebes werden die Prüfbescheinigungen aller Speicher meist zentral verwaltet.

Anmerkungen:

- Ein fachgerechter Dichtungswechsel ist keine sicherheitsrelevante Änderung des Hydrospeichers.
- Hinweise zu „Änderung“ an Druckgeräten finden sich in der BGI 822 [23].

5.5 Sonstiges

Das gasseitige Befüllen von Hydrospeichern mit Inertgas erfordert genaue Kenntnisse und sollte

geschultem Personal oder dem Kundendienst des Herstellers vorbehalten bleiben.

Alte Hydrospeicher dürfen beliebig lange weiterbetrieben werden, sofern die Wiederholungsprüfungen gemäß Betriebssicherheitsverordnung durchgeführt werden und das Druckgerät weiterhin betriebssicher ist.

6 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Dieses Informationsblatt beruht auf dem durch den Fachausschuss Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau (FA MFS) zusammengeführten Erfahrungswissen auf dem Gebiet der hydraulischen Ausrüstungen von Maschinen und Anlagen.

Das vorliegende Informationsblatt wurde unter Einbeziehung des Sachgebietes Druck des Fachausschuss Chemie (FA CH) bei der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) sowie des IFA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung - erarbeitet. Es soll insbesondere der Information von Betreibern beim Betrieb von Hydrospeichern dienen, welche in den Maschinen und Anlagen eingesetzt werden, die zum Anwendungsbereich der europäischen MRL zählen.

Die besonderen Bestimmungen für andere Anwendungsfälle (im Bergbau o. ä.) sind zu beachten.

Der FA MFS setzt sich u. a. zusammen aus Vertretern von Unfallversicherungsträgern, staatlichen Stellen, Sozialpartnern sowie Herstellern und Betreibern von Maschinen.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch dieses Informationsblatt unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt. Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, die in Frage kommenden Vorschriftentexte einzusehen.

Weitere Informationsblätter des FA MFS stehen im Internet zum Herunterladen bereit [24].

Literatur:

- [1] Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte (Druckgeräte-Richtlinie, DGRL), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 181 vom 09.07.1997, S. 0001 – 0055.
- [2] DIN EN 13445, Unbefeuerte Druckbehälter, 2007-09, Beuth-Verlag Berlin.
- [3] DIN EN 14359, Hydrospeicher für Hydraulikanwendungen, 2007-02, Beuth-Verlag Berlin.
- [4] Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Füllanlagen - DruckbehV, zuletzt vom September 1995, außer Kraft
- [5] Leitlinie 1/5 zur Druckgeräte-Richtlinie, Kommissions-Arbeitsgruppe, Originalversion vom 08.11.1999, Bezugsquelle: www.druckgeraete-online.de
- [6] Beschluss 93/465/EWG des Rates vom 22.07.1993.

- [7] Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 157/24 vom 09.06.2006 mit Berichtigung im Amtsblatt L76/35 vom 16.03.2007.
- [8] Guideline to Application of the Machinery Directive 2006/42 EC, 1st Edition, December 2009, Ian Fraser, European Commission, Enterprise and Industry
- [9] Richtlinie 2009/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. September 2009 über einfache Druckbehälter, Amtsbl. L 264 vom 8.10.2009, S. 12–29
- [10] Richtlinie 87/404/EG des Europäischen Rates vom 25/06/1987 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für einfache Druckbehälter, Amtsblatt Nr. L 220 vom 08/08/1987 S. 0048 - 0059, zuletzt geändert durch 93/68/EWG - (ABl. Nr. L 220 vom 30/08/1993 S. 1), ersetzt durch RL 2009/105/EG [7]
- [11] 14. Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz, vom 27.09.2002, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil I Nr. 1, Bonn, 9.1.2004.
- [12] AD 2000-Regelwerk, Taschenbuchausgabe 2009, Beuth-Verlag Berlin.
- [13] DIN EN ISO 12100 Sicherheit von Maschinen - Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze - Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie, 2004-04, Beuth-Verlag Berlin.
- [14] DIN EN ISO 14121 Sicherheit von Maschinen - Risiko- beurteilung - Teil 1: Leitsätze, 2005-12, Beuth-Verlag Berlin.
- [15] BIA-Report 6/97 „Kategorien für sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen“ des Berufsgenossenschaftlichen Institutes für Arbeitsschutz BGIA in Sankt Augustin, 1997
- [16] DIN EN 982, Sicherheit von Maschinen – Sicherheits- technische Anforderungen an fluidtechnische Anlagen und deren Bauteile – Hydraulik; 1996, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [17] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über die Sicherheit beim Betrieb überwachungs- bedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 27. September 2002, zuletzt geändert durch Artikel 8 der „Verordnung zur Rechtsvereinfachung und Stärkung der arbeitsmedizinischen Vorsorge“ vom 18. Dezember 2008 (BGBl. 2008, Teil I, Nr. 6, S. 2778 vom 23. Dezember 2008)
- [18] Technische Regel für Betriebssicherheit TRBS 2141-1 „Versagen der drucktragenden Wandung durch Abweichen von zulässigen Betriebsparametern“ vom 21.02.2008
- [19] Technische Regel für Betriebssicherheit TRBS 1201-2 „Prüfungen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck“ vom 18.09.2008
- [20] Technische Regel für Betriebssicherheit TRBS 1203-2 „Befähigte Personen“ – Besondere Anforderungen – Druckgefährdung, vom 18.11.2004, (BAnz. S. 23 797 f)
- [21] Technische Regel für Betriebssicherheit TRBS 1203 „Befähigte Personen“ – Allgemeine Anforderungen, vom 18.11.2004, (BAnz. S. 23 797 f)
- [22] BGI 619 „Druckprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen - Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen“, Merkblatt T 039 der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie, 10/2000
- [23] Berufsgenossenschaftliche Information „Leitfaden Druck- geräte“ BGI 822 (Merkblatt T 024), Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie, Ausgabe 1/2007, Jedermann-Verlag, Heidelberg
- [24] Internet: www.fa-mfs.bg-metall.de oder www.bg-metall.de Webcode: <97>

Bildnachweis:

Die Bilder und Graphiken dieses Fachausschuss-Informations- blattes wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

- Bild 1: Institut für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV, 53754 Sankt Augustin,
- Bilder 2, 3, 4: Hydac International GmbH D-66280 Sulzbach/Saar
- Bilder 5 ,6, 7: Fachausschuss Chemie (FA CH) bei der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) Kurfürstenanlage 62, 69115 Heidelberg