

Sichere Technik

Druckprüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen

Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen



Sichere Technik
Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen
T 039
Stand: April 2012

Inhaltsverzeichnis dieses Ausdrucks

Deckblatt	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffsbestimmungen	4
2.1 Maximal zulässiger Druck PS (nach DGRL)	4
2.2 Zulässige minimale/maximale Temperatur TS (nach DGRL)	4
2.3 Zulässiger Betriebsdruck PB (nach TRBS 2141)	5
2.4 Zulässige Betriebstemperatur TB (nach TRBS 2141)	5
2.5 Prüfdruckfaktor FP (nach AD 2000-Merkblatt HP 30 bzw. TRBS 2141, TRBS 1201-2)	5
3 Rechtsgrundlagen	6
3.1 Druckprüfung nach Richtlinie 97/23/EG (DGRL)	6
3.2 Druckprüfung nach Betriebssicherheitsverordnung	6
3.2.1 Wiederkehrende Prüfung	6
3.2.2 Prüfung nach einer Änderung	7
4 Flüssigkeitsdruckprüfungen	7
4.1 Allgemeine Anforderungen bei der Flüssigkeitsdruckprüfung	8
4.2 Durchführung der Flüssigkeitsdruckprüfung	9
4.2.1 Prüftechnische Anforderungen	9
4.2.1.1 Prüfmedium	9
4.2.1.2 Prüfdruck	10
4.2.1.2.1 Prüfdruck bei der erstmaligen Druckprüfung nach DGRL	10
4.2.1.2.2 Prüfdruck bei Druckprüfungen nach Betriebssicherheitsverordnung	12
4.2.2 Ablauf der Flüssigkeitsdruckprüfung	15
4.2.3 Zusätzliche Anforderungen bei Prüfdrücken über 100 bar und bei Temperaturen des Prüfmediums höher als 50 °C	16
5 Gasdruckprüfungen	16
5.1 Gasdruckprüfung mit Luft oder inerten Gasen	16
5.1.1 Allgemeine Anforderungen bei der Gasdruckprüfung	16
5.1.1.1 Vorangehende Maßnahmen	17
5.1.1.2 Vermeidung von Sprödbruch	17
5.1.2 Vorangehende Prüfungen, zerstörungsfreie Prüfungen	17
5.1.2.1 Gasdruckprüfung als erstmalige Druckprüfung	17
5.1.2.2 Gasdruckprüfung bei wiederkehrenden Prüfungen	18
5.1.3 Durchführung der Gasdruckprüfung	18
5.1.3.1 Prüftechnische Anforderungen	18
5.1.3.1.1 Prüfdruck bei der erstmaligen Druckprüfung	18
5.1.3.1.2 Prüfdruck bei wiederkehrenden Prüfungen	20
5.1.3.1.3 Maßnahmen gegen Überschreitung des Prüfdrucks	20
5.1.3.1.4 Druckmessung	20
5.1.3.1.5 Prüftemperatur	20
5.1.3.2 Ablauf der Gasdruckprüfung	20
5.1.4 Personenschutzmaßnahmen	21
5.2 Gasdruckprüfung mit Gasen mit Gefährlichkeitsmerkmalen	22
5.2.1 Gasdruckprüfung als erstmalige Druckprüfung	22
5.2.2 Gasdruckprüfung bei wiederkehrenden Prüfungen	22
5.2.2.1 Anforderungen nach Gefährlichkeitsmerkmalen	22
5.2.2.2 Zusätzliche Personenschutzmaßnahmen	23
Anhang 1: Fachbegriffe	24
Anhang 2: Literaturverzeichnis	24
Bildnachweis	26
Änderungen gegenüber der Vorfassung	27

Ziel der Überarbeitung dieses Merkblatts ist die Anpassung an die neue Rechtslage bedingt durch die Richtlinie 97/23/EG über Druckgeräte und die Betriebssicherheitsverordnung. Hierbei wurde der aktuelle Stand der Technik entsprechend den Regelwerken und europäischen Normen im Bereich der Herstellung sowie den Technischen Regeln für Betriebssicherheit im Bereich der betrieblichen Prüfungen berücksichtigt.

Das Merkblatt wurde sorgfältig erstellt. Trotzdem wird der Unternehmer nicht von der Pflicht und Verantwortung befreit, die Angaben auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit selbst zu überprüfen.

In den Betrieben nehmen Frauen und Männer gleichermaßen verantwortungsvolle Aufgaben wahr. Um das Lesen zu erleichtern, wird in diesem Merkblatt – wie auch in den Vorschriften – unabhängig davon nur von „dem Unternehmer“ bzw. „dem Vorgesetzten“ gesprochen.

Das Arbeitsschutzgesetz spricht vom Arbeitgeber, das Sozialgesetzbuch VII und die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften vom Unternehmer. Beide Begriffe sind nicht völlig identisch, weil Unternehmer nicht notwendigerweise Arbeitnehmer beschäftigen. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Thematik ergeben sich daraus keine relevanten Unterschiede.

1 Anwendungsbereich

Das Merkblatt gilt für Flüssigkeitsdruckprüfungen und Gasdruckprüfungen

- im Bereich der Richtlinie 97/23/EG¹ über Druckgeräte (Druckgeräterichtlinie – DGRL), umgesetzt durch die 14. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz², als erstmalige Druckprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen und
- im Bereich der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)³ im Rahmen der wiederkehrenden Festigkeitsprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen gemäß § 15 sowie der Prüfung vor Inbetriebnahme nach einer Änderung gemäß § 14 Abs. 2. Einfache Druckbehälter nach der Richtlinie 2009/105/EG⁴ (ehemals Richtlinie 87/404/EWG) werden mit behandelt.

Bei einer Druckprüfung als Flüssigkeitsdruckprüfung oder Gasdruckprüfung wird geprüft, ob die drucktragenden Wandungen unter Prüfdruck gegenüber dem Prüfmittel dicht sind und ob keine sicherheitstechnisch bedenklichen Verformungen auftreten.

Bei **Gasdruckprüfungen** ist bei Vorliegen der im Merkblatt aufgeführten Voraussetzungen und Einhaltung der darin beschriebenen Schutzmaßnahmen eine Abstimmung der für den Personenschutz erforderlichen Maßnahmen mit der für den Prüfort zuständigen Berufsgenossenschaft und der zuständigen Behörde nicht erforderlich.

Anmerkungen

Bei der

- erstmaligen Druckprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen nach DGRL, die dem Artikel 3 Abs. 3 unterliegen und nach der „guten Ingenieurpraxis“ in einem der Mitgliedstaaten ausgelegt und gefertigt werden, und
- erstmaligen bzw. wiederkehrenden Druckprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen, die nach Betriebssicherheitsverordnung als Arbeitsmittel eingestuft werden und bei denen das Erfordernis der Prüfung vom Arbeitgeber auf der Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung ermittelt wird,

können die prüftechnischen Anforderungen und erforderlichen Personenschutzmaßnahmen in Anlehnung an dieses Merkblatt ermittelt werden.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Maximal zulässiger Druck PS (nach DGRL)

Der maximal zulässige Druck PS (nach DGRL) ist der vom Hersteller angegebene höchste Druck, für den das Druckgerät ausgelegt ist.

Er wird für eine vom Hersteller vorgegebene Stelle festgelegt. Hierbei handelt es sich um die Anschlussstelle der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion oder um den höchsten Punkt des Druckgerätes (in der Regel bei Druckbehältern) oder, falls nicht geeignet, um eine andere angegebene Stelle.

Anmerkung

Bei Druckgeräten mit Differenzdrücken und/oder statischen Drücken von Flüssigkeitssäulen im Betriebs- oder Prüfzustand kann der Berechnungsdruck vom maximal zulässigen Druck PS abweichen.

2.2 Zulässige minimale/maximale Temperatur TS (nach DGRL)

Die zulässige minimale/maximale Temperatur TS (nach DGRL) ist die vom Hersteller angegebene minimale/maximale Temperatur, für die das Druckgerät ausgelegt ist.

Anmerkung

Bei beheizten Druckgeräten kann die Berechnungstemperatur, d. h. die zu erwartende Wandtemperatur von der zulässigen maximalen Temperatur TS je nach Beheizungsart abweichen. Sie errechnet sich aus der zulässigen maximalen Temperatur mit einem entsprechenden Temperaturzuschlag.

- 1 Siehe Anhang 2 Nr. (1)
- 2 Siehe Anhang 2 Nr. (4)
- 3 Siehe Anhang 2 Nr. (5)
- 4 Siehe Anhang 2 Nr. (2)

2.3 Zulässiger Betriebsdruck P_B (nach TRBS 2141⁵)

Der zulässige Betriebsdruck P_B (nach TRBS 2141⁵) ist der vom Arbeitgeber/Betreiber aus Sicherheitsgründen festgelegte höchste bzw. niedrigste Wert (im Vakuumbereich) des Drucks, für den das Druckgerät bzw. der einfache Druckbehälter ggf. durch ein Ausrüstungsteil mit Sicherheitsfunktion abgesichert ist. Dieser darf im Betrieb nicht über- bzw. unterschritten werden.

Der zulässige Betriebsdruck (P_B) kann sich vom maximal zulässigen Druck (PS) gemäß DGRL unterscheiden.

2.4 Zulässige Betriebstemperatur T_B (nach TRBS 2141)

Die zulässige Betriebstemperatur T_B (nach TRBS 2141) ist der vom Arbeitgeber/Betreiber aus Sicherheitsgründen festgelegte höchste bzw. niedrigste Wert der Temperatur, auf den das Druckgerät ggf. durch ein Ausrüstungsteil mit Sicherheitsfunktion abgesichert ist. Dieser darf im Betrieb nicht über- oder unterschritten werden.

Die zulässige Betriebstemperatur (T_B) kann sich von der zulässigen minimalen/maximalen Temperatur (TS) gemäß DGRL unterscheiden.

2.5 Prüfdruckfaktor F_P (nach AD 2000-Merkblatt HP 30⁶ bzw. TRBS 2141, TRBS 1201-2⁷)

Der Prüfdruckfaktor F_P (nach AD 2000-Merkblatt HP 30⁶ bzw. TRBS 2141, TRBS 1201-2⁷) ist ein Faktor größer als 1, der durch Multiplikation mit

- dem maximal zulässigen Druck PS bei der Druckprüfung nach DGRL oder
- dem zulässigen Betriebsdruck P_B bei der wiederkehrenden Druckprüfung nach Betriebssicherheitsverordnung den Wert des Prüfdrucks bestimmt.

Anmerkungen

- Bei der wiederkehrenden Druckprüfung nach Betriebssicherheitsverordnung darf der Prüfdruck auf den vom Arbeitgeber/Betreiber festgelegten bzw. abgesicherten, in der Regel niedrigeren Wert des zulässigen Betriebsdrucks P_B bezogen werden. Wenn nach der Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung des Arbeitgebers/Betreibers die Druckfestigkeit entsprechend den anfänglichen Auslegungsgrenzen nachgewiesen werden soll, muss der Prüfdruck auf den maximal zulässigen Druck PS bezogen werden.
- Bei Druckbehältern oder Rohrleitungen, bei denen der statische Druck einer Flüssigkeitssäule im Betrieb oder bei der Flüssigkeitsdruckprüfung zu berücksichtigen ist, ist der Prüfdruck ggf. um hydrostatische Druckanteile zu erhöhen.

5 Siehe Anhang 2 Nr. (9)

6 Siehe Anhang 2 Nr. (14)

3 Rechtsgrundlagen

3.1 Druckprüfung nach Richtlinie 97/23/EG (DGRL)

Im Rahmen der Abnahme von Druckgeräten, die dem Anhang I der DGRL unterliegen, ist jedes einzelne Druckgerät einer Druckfestigkeitsprüfung zu unterziehen. Als Ausnahme darf die Druckfestigkeitsprüfung bei serienmäßig hergestellten Druckgeräten der Kategorie I auf statistischer Grundlage durchgeführt werden.

Gemäß Anhang I Nr. 7.4 DGRL muss der Prüfdruck dem höheren der folgenden Werte entsprechen:

- dem 1,25-fachen Wert der Höchstbelastung des Druckgerätes im Betrieb unter Berücksichtigung des maximal zulässigen Drucks und der maximal zulässigen Temperatur oder
- dem 1,43-fachen Wert des maximal zulässigen Drucks.

Die Druckfestigkeitsprüfung erfolgt in der Regel als „hydrostatischer Druckversuch“ (Flüssigkeitsdruckprüfung). Ist der hydrostatische Druckversuch nachteilig oder nicht durchführbar, können andere Prüfungen, die sich als wirksam erwiesen haben, durchgeführt werden. Für andere Prüfungen als den hydrostatischen Druckversuch müssen zuvor zusätzliche Maßnahmen, wie zerstörungsfreie Prüfungen oder andere gleichwertige Verfahren, angewandt werden.

„Andere Prüfungen“ als der hydrostatische Druckversuch werden in den harmonisierten europäischen Normen DIN EN 13 445-5⁸, DIN EN 13 480-5⁹ sowie im AD 2000-Merkblatt HP 30 konkretisiert. Es handelt sich insbesondere um eine Gasdruckprüfung, die in der Regel mit Druckluft oder Stickstoff durchgeführt wird.

Gemäß DIN EN 13 445-5 kann die Druckfestigkeitsprüfung von Druckbehältern in bestimmten Fällen auch als eine kombinierte Flüssigkeits- und Gasdruckprüfung durchgeführt werden.

Gemäß DIN EN 13 480-5 darf die Flüssigkeits- oder Gasdruckprüfung einzelner Schweißnähte (Verbindungsnahte) von Rohrleitungen, wenn diese Prüfungen sich nachteilig auswirken oder nicht durchführbar sind, durch geeignete zerstörungsfreie Prüfungen (100 % Volumenprüfung und 100 % Oberflächenrissprüfung) ersetzt werden.

3.2 Druckprüfung nach Betriebssicherheitsverordnung

3.2.1 Wiederkehrende Prüfung

Im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung nach § 15 der Betriebssicherheitsverordnung wird bei Druckbehältern und Rohrleitungen, die dem Abschnitt 3 „Besondere Vorschriften für überwachungsbedürftige Anlagen“ unterliegen, u. a. eine Festigkeitsprüfung gefordert. Dies betrifft

7 Siehe Anhang 2 Nr. (7)

7 Siehe Anhang 2 Nr. (7)

8 Siehe Anhang 2 Nr. (16)

9 Siehe Anhang 2 Nr. (17)

- Druckbehälter im Sinne der DGRL, die in die Kategorie I oder höher eingestuft werden,
- einfache Druckbehälter im Sinne der Richtlinie 2009/105/EG mit einem Druck-Inhaltsprodukt $PS \cdot V > 50 \text{ bar} \cdot \text{l}$ und
- Rohrleitungen im Sinne der DGRL, die in die Kategorie I oder höher eingestuft werden und soweit sie für hochentzündliche, leichtentzündliche, entzündliche, sehr giftige, giftige oder ätzende Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten bestimmt sind.

Nach § 15 Abs. 10 kann bei Festigkeitsprüfungen die statische Druckprobe (Druckprüfung) durch gleichwertige zerstörungsfreie Verfahren ersetzt werden, wenn ihre Durchführung aus Gründen der Bauart des Druckgerätes nicht möglich oder aus Gründen der Betriebsweise nicht zweckdienlich ist.

Ausnahmen von den Regelungen des § 15 der Betriebssicherheitsverordnung sind im Anhang 5 „Prüfung besonderer Druckgeräte nach § 17“ festgelegt.

3.2.2 Prüfung nach einer Änderung

Im Rahmen der Prüfung vor Inbetriebnahme nach einer Änderung gemäß § 14 Abs. 2 der Betriebssicherheitsverordnung kann, soweit die Bauart oder der Betrieb des Druckbehälters oder der Rohrleitung durch diese Änderung beeinflusst wird, u. a. eine Festigkeitsprüfung erforderlich sein. Das Erfordernis einer Festigkeitsprüfung – und der Durchführung als Druckprüfung und/oder zerstörungsfreie Prüfung – legt der Betreiber auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung bzw. Gefährdungsbeurteilung fest. Eine Abstimmung mit der zuständigen Prüfstelle¹⁰ bzw. Prüfperson sollte, soweit möglich, bereits im Vorfeld der Änderung erfolgen.

Dies betrifft die im Abschnitt 3.2.1 des Merkblatts genannten Druckbehälter und Rohrleitungen, die dem Abschnitt 3 „Besondere Vorschriften für überwachungsbedürftige Anlagen“ der Betriebssicherheitsverordnung unterliegen.

Anmerkungen

- Bei Eigenherstellung von Druckgeräten durch den Betreiber ist die Druckgeräteverordnung als nationale Umsetzung der DGRL nicht anzuwenden, da es sich nicht um ein Inverkehrbringen im Sinne des EG-Rechts handelt. Gemäß § 12 der Betriebssicherheitsverordnung ist in diesem Fall bei Druckgeräten, die dem Anhang I DGRL unterliegen würden, der Stand der Technik einzuhalten. Als Stand der Technik für Beschaffenheitsanforderungen ist Anhang I DGRL heranzuziehen. Somit gelten die Bestimmungen der DGRL auch für die erstmalige Druckprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen in Eigenherstellung.
- Das Gleiche gilt für Druckbehälteranlagen und Rohrleitungen, die nach einer wesentlichen Veränderung in Betrieb genommen werden. Nach Betriebssicherheitsverordnung gelten für die Beschaffenheit die gleichen Anforderungen wie für Neuanlagen nach DGRL.

4 Flüssigkeitsdruckprüfungen

¹⁰ Siehe Anhang 1

4.1 Allgemeine Anforderungen bei der Flüssigkeitsdruckprüfung

4.1.1

Die sich durch das spezifische Gewicht des Prüfmediums ergebenden z. T. konstruktiven Anforderungen sind bereits bei der Planung zu berücksichtigen.

4.1.2

Druckprüfungen sind zeitlich so zu veranlassen, dass die zuständige Prüfstelle bzw. Prüfperson alle drucktragenden Teile ausreichend besichtigen kann. Ist dies bei der erstmaligen Druckprüfung im Endzustand nicht möglich, wird die erstmalige Druckprüfung als Teilprüfung im prüffähigem Zustand durchgeführt.

4.1.3

Die erstmalige Druckprüfung erfolgt

- nach der letzten Wärmebehandlung, bei emaillierten Druckbehältern vor einer Emaillierung,
- in der Regel nach dem Plattieren und nach der spanenden Bearbeitung,
- vor dem Anbringen von Farbanstrichen, Dämmungen, Gummierungen, Ausmauerungen und Ähnlichem,
- in der Regel vor dem Anbringen von Auskleidungen, Verzinkungen,
- soweit in den Prüfunterlagen vorgesehen: nach zerstörungsfreien Prüfungen oder besonderen Dichtheitsprüfungen.

4.1.4

Bei Druckbehältern oder Rohrleitungen mit mehreren Druckräumen ist jeder Druckraum einzeln einer Druckprüfung zu unterziehen. Von dieser Regel kann abgewichen werden, wenn eine Wand zwischen zwei Druckräumen nur für den Differenzdruck ausgelegt ist und durch betriebliche Maßnahmen sichergestellt wird, dass nicht ein Raum unabhängig vom anderen unter Druck gesetzt werden kann. In solchen Fällen sind die angrenzenden Räume zunächst einzeln entsprechend diesem Differenzdruck und anschließend die betroffenen Räume gleichzeitig mit dem Prüfdruck P_p zu beaufschlagen.

4.1.5

Der vom Manometer bei der Prüfung angezeigte Druck muss durch geeignete Maßnahmen, z. B. Kontrollmanometer, kontrolliert werden können.

4.1.6

Sollen bei der Druckprüfung Dehnungsmessungen durchgeführt werden, so ist das Vorgehen einschließlich Füllen, Vordrücken usw. mit der zuständigen Prüfstelle bzw. Prüfperson abzustimmen.

4.1.7

Bei Druckbehältern oder Rohrleitungen, bei denen der statische Druck der Flüssigkeitssäule (im Betrieb oder bei einer Flüssigkeitsdruckprüfung) zu berücksichtigen ist, ist die Druckprüfung in der Regel am stehenden Behälter bzw. der senkrecht verlaufenden Rohrleitung durchzuführen. Wird die erstmalige Flüssigkeitsprüfung am liegenden Druckbehälter oder an der liegenden Rohrleitung durchgeführt, ist der zu messende Prüfdruck ggf. um die in senkrechter Lage wirksamen statischen Druckanteile zu korrigieren.

Anmerkung

Die im Betrieb oder auch bei der Flüssigkeitsdruckprüfung auftretenden statischen Drücke der Flüssigkeit (Betriebs- bzw. Prüfmedium) brauchen nur berücksichtigt werden, soweit sie die Beanspruchung der Wand um mehr 5 % erhöhen, sofern in den Prüfunterlagen nicht anders vorgesehen. Dies gilt für Druckbehälter und Rohrleitungen nach AD 2000 sowie DIN EN 13 445 bzw. DIN EN 13 480.

4.1.8

Kontrollbohrungen zur Überprüfung der Dichtheit verdeckter Schweißnähte müssen bei den Druckprüfungen offen sein.

4.2 Durchführung der Flüssigkeitsdruckprüfung

4.2.1 Prüftechnische Anforderungen

4.2.1.1 Prüfmedium

Die Flüssigkeitsdruckprüfung wird in der Regel mit Wasser durchgeführt, soweit es die Bauart oder die Betriebsweise des Druckbehälters oder der Rohrleitung bzw. das Beschickungsgut dies zulassen.

Andere geeignete, nicht heiße Flüssigkeiten, z. B. Hydrauliköl, Kältemittel der Gruppe 1 nach DIN EN 378-1¹¹ können verwendet werden, wenn dies zweckdienlich ist.

Anmerkungen

Sofern andere Flüssigkeiten als Wasser verwendet werden, sind ggf. zusätzliche Gefährdungen durch die Eigenschaften des Prüfmittels im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Hierzu liefert die DIN EN 13 480-5¹² einige Anhaltspunkte; bei der erstmaligen Druckprüfung sollen Flüssigkeiten verwendet werden, die

- nicht giftig sind und
- einen Flammpunkt von über 60 °C haben und nicht weniger als 25 °C unter diesem Flammpunkt eingesetzt werden.

Außerdem sollte die Prüftemperatur mindestens 10 °C unter dem Siedepunkt bei Atmosphärendruck und mindestens 5 °C oberhalb des Erstarrungspunktes der Flüssigkeit liegen.

4.2.1.2 Prüfdruck

Die Höhe des Prüfdrucks P_P beträgt für Druckbehälter und Rohrleitungen, die nicht für den Zeitstandbereich ausgelegt sind

$$P_P = F_P \cdot p$$

p = Druck im höchsten Punkt des Druckgerätes, falls die Prüfunterlagen keinen anderen Bezugspunkt angeben, in bar

p = PS bei einer Druckprüfung nach DGRL, in bar

p = P_B bei einer Druckprüfung nach Betriebssicherheitsverordnung, in bar.

Bei gleichzeitigem Auftreten von Überdruck und Unterdruck an der drucktragenden Wand, z. B. bei einem Druckbehälter mit Vakuumschale, ist der Druck p durch die Druckdifferenz zu ersetzen. Ist der Unterdruck nicht zuverlässig begrenzt, ist die Druckdifferenz gleich dem um 1 bar erhöhten Druck p

$$\Delta p = p + 1$$

Δp = Druckdifferenz an der drucktragenden Wand, in bar.

4.2.1.2.1 Prüfdruck bei der erstmaligen Druckprüfung nach DGRL

a) Für Druckbehälter und Rohrleitungen, die **nicht für den Zeitstandbereich ausgelegt sind**, darf der Prüfdruckfaktor den höheren der folgenden beiden Werte nicht unterschreiten:

$$\begin{cases} F_P = 1,25 \frac{f_{20}}{f_{\theta}} \\ F_P = 1,43 \end{cases}$$

worin

11 Siehe Anhang 2 Nr. (15)

12 Siehe Anhang 2 Nr. (17)

f_{20} = Berechnungsspannung für Prüftemperatur 20 °C, in MPa

f_{ϑ} = Berechnungsspannung für Berechnungstemperatur, in MPa

Nach AD 2000 Merkblatt HP 30 darf der Prüfdruckfaktor den höheren der folgenden beiden Werte nicht unterschreiten:

$$\begin{cases} F_p = 1,25 \frac{K_{20}}{K_{\vartheta}} \\ F_p = 1,43 \end{cases}$$

K_{20} = Festigkeitskennwert nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W für Prüftemperatur 20 °C, in MPa

K_{ϑ} = Festigkeitskennwert nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W für Berechnungstemperatur, in MPa

Erläuterung

Nach DGRL werden die Berechnungsspannungen für bestimmte Werkstoffe aus jeweils zwei Festigkeitskennwerten (Streckgrenze/Dehngrenze und Zugfestigkeit) mittels unterschiedlicher Sicherheitsbeiwerte hergeleitet. Diese Festlegung gilt z. B. für ferritische Stähle (mit Ausnahme von Feinkornstahl und Stahl mit besonderer Wärmebehandlung), austenitische Stähle, unlegierten und niedriglegierten Stahlguss, nicht aushärtbare Aluminiumlegierungen.

Nach AD 2000 werden die Berechnungsspannungen für die Werkstoffe der Reihe W aus jeweils demselben Festigkeitskennwert (Streckgrenze/Dehngrenze oder Zugfestigkeit) mittels des jeweils gleichen Sicherheitsbeiwertes hergeleitet. Deshalb kann das Verhältnis der Berechnungsspannungen durch das Verhältnis der Festigkeitskennwerte ersetzt werden.

Bestehen Druckbehälter oder Rohrleitungen aus unterschiedlichen Werkstoffen und/oder Bauteilen mit unterschiedlichen Berechnungstemperaturen, so ist das kleinste Verhältnis der Berechnungsspannungen bzw. Festigkeitskennwerte für die wesentlichen drucktragenden Bauteile einzusetzen.

Anmerkungen

Für Druckbehälter nach DIN EN 13 445, die mit einem Schweißnahtfaktor 0,7 ausgelegt und somit der Prüfgruppe 4 zugeordnet werden, gelten wesentlich erhöhte Prüfdruckfaktoren – siehe Abschnitt 10.2.3.3.2 der DIN EN 13 445-5. Nach AD 2000 ist die Auslegung von Druckbehältern und Rohrleitungen mit einem Schweißnahtfaktor von 0,7 nicht vorgesehen.

b) Für Druckbehälter und Rohrleitungen, die **für den Zeitstandbereich ausgelegt sind**, ist der Prüfdruck so zu ermitteln, dass im Prüfzustand ein Sicherheitsbeiwert von mindestens 1,05 entsprechend einer Auslastung von maximal 95 % der Kaltstreckgrenze (Streckgrenze für 20 °C) des Werkstoffs gewährleistet ist.

4.2.1.2.2 Prüfdruck bei Druckprüfungen nach Betriebssicherheitsverordnung

a) Bei einer wiederkehrenden Druckprüfung beträgt der Prüfdruckfaktor¹³ gemäß Abschnitt 3.4.2.3.3 der TRBS 1201-2

$$F_P \geq 1,3$$

bezogen auf den zulässigen Betriebsdruck P_B .

Der Prüfdruck darf in der Regel nicht höher sein als bei der erstmaligen Festigkeitsprüfung, es sei denn, es erfolgt eine Neuberechnung des zulässigen Prüfdrucks aufgrund einer Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung.

Sofern mehrere Anlagenteile (Druckbehälter oder Rohrleitungen) zu Prüfkreisen zusammengefasst sind, ist der Prüfdruck gleich dem niedrigsten Prüfdruck der Anlagenteile, auch unter Berücksichtigung weiterer Einschränkungen des Prüfdrucks z. B. durch eingebaute Armaturen, zu wählen. Bei Anlagenteilen, bei denen aufgrund eines niedrigen Prüfdrucks die Druckfestigkeit nicht ausreichend beurteilt werden kann, sind ggf. zusätzliche Prüfungen z. B. zerstörungsfreie Prüfungen durchzuführen.

Anmerkungen

- Nach dem AD-Regelwerk (alt) in Verbindung mit dem TRB/TRR-Regelwerk unter der Druckbehälterverordnung waren bei der erstmaligen Druckprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen niedrigere Prüfdrücke als nach DGRL anzuwenden. Z. B. bei Druckbehältern aus Walz- und Schmiedestählen war im Prüfzustand ein Sicherheitsbeiwert von mindestens 1,1 entsprechend einer Belastung von höchstens 90 % der Kaltstreckgrenze (Streckgrenze für 20 °C) zu gewährleisten. Bei Anwendung des üblichen Prüfdruckfaktors $F_P = 1,3$ ist diese Bedingung konservativ erfüllt. Bei der wiederkehrenden Druckprüfung von Altanlagen ist dies zu berücksichtigen.
- Bei der wiederkehrenden Druckprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen nach DGRL werden die hohen Prüfdrücke wie bei der erstmaligen Druckprüfung nicht explizit gefordert. Das Erfordernis der höheren Prüfdrücke kann sich ggf. aufgrund einer Gefährdungsbeurteilung/sicherheitstechnischen Bewertung, unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise und der Einbauverhältnisse in der Anlage, ergeben.

b) Bei der Prüfung vor Inbetriebnahme nach einer Änderung der Bauart oder nach einer Instandsetzung, die die Sicherheit der Anlage beeinflusst, ist die Sicherheit entsprechend dem bei der Auslegung und Herstellung angewandten Regelwerk zu gewährleisten.

Wenn die Festigkeitsprüfung als statische Druckprüfung durchgeführt wird, ist der Prüfdruckfaktor

- gleich dem Prüfdruckfaktor bei der erstmaligen Druckprüfung entsprechend dem angewandten Regelwerk, bezogen auf den maximal zulässigen Druck P_S bzw. den zulässigen Betriebsdruck P_B , oder
- gleich dem Prüfdruckfaktor bei der wiederkehrenden Druckprüfung gemäß Buchstabe a), wobei in der Regel ergänzende zerstörungsfreie Prüfung der Montageschweißnähte durchgeführt wird.

4.2.1.3

Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass der Prüfdruck nicht überschritten werden kann. Die Maßnahmen sind mit der zuständigen Prüfstelle bzw. Prüfperson abzustimmen.

¹³ In der BetrSichV sind keine Prüfdruckfaktoren festgelegt.

4.2.1.4

Erforderliche Bedienungselemente sind so anzubringen, dass das Prüfpersonal nicht gefährdet wird.

4.2.1.5

Die Prüfung ist bei Umgebungstemperatur durchzuführen. Bei Umgebungstemperaturen ≤ 0 °C darf eine Wasserdruckprüfung nur durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass das Prüfmedium, das Manometer und die Zuleitungen nicht einfrieren.

4.2.1.6

Soweit das Formänderungsvermögen und/oder das Zähigkeitsverhalten des Werkstoffs oder Bauteils die Prüftemperatur oder die Druckanstiegsgeschwindigkeit begrenzen, ist dies zu berücksichtigen und in den Prüfunterlagen zu vermerken.

4.2.1.7

Werden an Druckbehältern oder Rohrleitungen mit Auskleidungen Flüssigkeitsdruckprüfungen durchgeführt, so ist bei Auskleidungen, die dem Prüfdruck nicht standhalten, z. B. Emaille, Porzellan, die erstmalige Druckprüfung vor der Auskleidung mit dem Prüfdruckfaktor gemäß Abschnitt 4.2.1.2.1 Buchstabe a) durchzuführen. Nach der Auskleidung darf der Prüfdruck auf das 1,1-Fache des maximal zulässigen Drucks PS herabgesetzt werden. Der gleiche herabgesetzte Prüfdruck gilt für die wiederkehrende Druckprüfung.

4.2.1.8

Bei Druckbehältern, bei denen der statische Druck der Flüssigkeitssäule im Betrieb oder bei der Flüssigkeitsdruckprüfung zu berücksichtigen ist, ist der im höchsten Punkt („Referenzpunkt“ A – siehe Abbildung 1) zu erreichende Prüfdruck¹⁴ zu bestimmen wie folgt:

a) Bei einer stehend durchgeführten Druckprüfung muss der am höchsten Punkt des Druckbehälters gemessene Druck sein:

$$P_P = F_P \cdot \rho$$

Sofern das Betriebsmedium ein höheres spezifisches Gewicht als das Prüfmedium besitzt, ist der zu messende Prüfdruck zu erhöhen auf:

$$P_P = F_P \cdot \rho + 0,1 (\gamma_F \cdot H_F - \gamma_P \cdot H)$$

wobei stets

$$P_P \geq F_P \cdot \rho$$

sein muss.

b) Wird vorab eine Druckprüfung am liegenden Druckbehälter (Kolonne) durchgeführt, so muss der gemessene Druck sein:

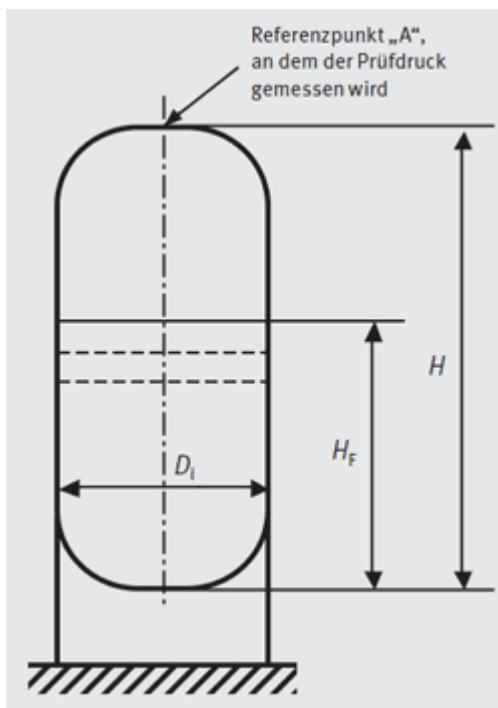
$$P_P = F_P \cdot p + 0,1 \gamma_P \cdot \frac{D_i}{2}$$

Dabei berücksichtigt der zweite Summand den hydrostatischen Druckanteil zwischen der höchsten Mantellinie des liegenden Druckbehälters und der Messstelle am Referenzpunkt „A“ der Druckbehältermitte.

c) Wird nur eine Druckprüfung im liegenden Zustand durchgeführt, so muss der gemessene Druck sein:

$$P_P = F_P \cdot p + \max \left\{ \begin{array}{l} 0,1 \gamma_P \cdot \left(H + \frac{D_i}{2} \right) \\ 0,1 \gamma_P \cdot \frac{D_i}{2} + 0,1 \gamma_P \cdot H_F \end{array} \right\}$$

Bei Doppelmantelbehältern sind ggf. zusätzliche Betrachtungen erforderlich, z. B. sofern einer der Druckräume im Vakuumbereich arbeitet.



p Druck am höchsten Punkt im stehenden Druckbehälter in bar

P_P bei der Druckprüfung aufgebracht Prüfdruk, gemessen am Referenzpunkt „A“ in bar

H maximale Füllhöhe (= Füllhöhe bei der Wasserdruckprüfung) in m

H_F maximaler betrieblicher Füllzustand (abgesichert durch Füllstandbegrenzer oder vergleichbare Absicherung) des flüssigen Betriebsmediums in m

γ_P spezifisches Gewicht des Prüfmediums in dN/dm^3 (= 1 bei Wasser)

γ_F spezifisches Gewicht des Betriebsmediums in dN/dm^3

D_i Innendurchmesser des Druckbehälters in m

F_P Prüfdruckfaktor

Abbildung 1: Druckbehälter mit Flüssigkeitssäule

14 Wenn sich das Manometer an einem anderen Punkt befindet, muss die Manometeranzeige bezogen auf den Referenzpunkt „A“ korrigiert werden.

4.2.2 Ablauf der Flüssigkeitsdruckprüfung

4.2.2.1

Der Druckraum ist so zu entlüften, dass er vollständig mit Prüfflüssigkeit gefüllt ist.

4.2.2.2

Druckbehälter sind so aufzulagern, dass weder Personen gefährdet werden können noch der Druckbehälter beschädigt wird.

4.2.2.3

Während der Flüssigkeitsdruckprüfung müssen die Außenwandungen, lösbare sowie unlösbare Verbindungen des Prüfobjektes trocken sein. In der Regel lassen sich Leckagen nicht an der Manometeranzeige feststellen.

4.2.2.4

Zum Verschließen der Prüfobjekte für Druckprüfungen dürfen Hilfsmittel wie Flansche, Deckel, Schrauben, Dichtungen, zusätzliche Schweißverbindungen usw. nur dann verwendet werden, wenn die für den Betriebszustand vorgesehenen Verschlusssteile nicht zum Lieferumfang der Prüfobjekte gehören. Werkstoff und Bemessung der verwendeten Hilfsmittel müssen den bei der Druckprüfung auftretenden Beanspruchungen genügen.

4.2.2.5

Sämtliche lösbaren Hilfsmittel müssen nach Durchführung der Flüssigkeitsdruckprüfung entweder sofort und vollständig entfernt oder so gekennzeichnet werden, dass eine irrtümliche Verwendung für den Betrieb des Druckbehälters oder der Rohrleitung ausgeschlossen ist.

4.2.2.6

Beim Schließen von Verschlussdeckeln sind stets sämtliche vorgesehenen Schrauben zu benutzen. Sie sind gleichmäßig und nicht stärker anzuziehen, als es zum Abdichten erforderlich ist. Zum Anziehen dürfen nur die dafür bestimmten Werkzeuge verwendet werden.

4.2.2.7

Das Prüfobjekt soll stufenweise und gleichmäßig bis zum maximal zulässigen Druck P_S bzw. dem zulässigen Betriebsdruck P_B vorgedrückt werden. Erst nach Absprache mit der zuständigen Prüfstelle bzw. Prüfperson ist

der Druck bis zum festgelegten Prüfdruck langsam zu steigern und dann ausreichend lange, in der Regel ½ Stunde, zu halten.

4.2.2.8

Die unmittelbare Besichtigung soll erst dann erfolgen, wenn der Druckbehälter bzw. die Rohrleitung ausreichend lange, ca. ½ Stunde, unter Prüfdruck gestanden haben und danach der Druck auf den maximal zulässigen Druck PS bzw. den zulässigen Betriebsdruck P_B abgesenkt wurde.

4.2.2.9

Beim Entleeren des Prüfobjektes ist darauf zu achten, dass das Prüfmedium

- gefahrlos abgeleitet wird oder
- wenn es kontaminiert ist, einer besonderen Behandlung zugeführt wird.

4.2.3 Zusätzliche Anforderungen bei Prüfdrücken über 100 bar und bei Temperaturen des Prüfmediums höher als 50 °C

Bei Wasserdruckprüfungen mit Prüfdrücken über 100 bar (werden andere Prüfmedien verwendet, ist die Grenze entsprechend den zutreffenden Kompressibilitätsfaktoren zu ändern), sowie bei Flüssigkeitsdruckprüfungen mit Temperaturen des Prüfmediums größer als 50 °C ist zusätzlich zu beachten:

- Flüssigkeitsdruckprüfungen sollen in einem Raum oder absperrbaren Bereich durchgeführt werden, der während der Druckprüfung nur dem Prüfpersonal zugänglich ist.
- Steht ein besonderer Raum nicht zur Verfügung, sind geeignete Schutzvorkehrungen zu treffen, z. B. Aufstellen von Schutzwänden. Die nähere Umgebung des zu prüfenden Druckbehälters bzw. der zu prüfenden Rohrleitung ist abzusperrern und durch Hinweisschilder als Gefahrenzone zu kennzeichnen.
- Es muss möglich sein, den angezeigten Prüfdruck aus sicherer Entfernung oder von einer geschützten Stelle aus festzustellen.
- Die unmittelbare Besichtigung darf erst erfolgen, wenn der Prüfdruck mindestens auf den maximal zulässigen Druck PS bzw. den zulässigen Betriebsdruck P_B abgesenkt wurde.

5 Gasdruckprüfungen

5.1 Gasdruckprüfung mit Luft oder inerten Gasen

5.1.1 Allgemeine Anforderungen bei der Gasdruckprüfung

5.1.1.1 Vorgehende Maßnahmen

Gasdruckprüfungen beinhalten gegenüber Flüssigkeitsdruckprüfungen ein erhöhtes Gefahrenpotenzial infolge der höheren Spannungsenergien im kompressiblen Gas.

Beispiel:

Bei gleichem Druck und Volumen verhalten sich die Spannungsenergien bei einer Gasdruckprüfung mit Luft gegenüber einer Flüssigkeitsdruckprüfung mit Wasser im Verhältnis von ca. 14 000:1. Dieses Verhältnis entspricht dem Verhältnis der Kompressibilitätsfaktoren von Luft gegenüber Wasser.

Bei einer Flüssigkeitsdruckprüfung mit Wasser, sofern durch unvollständige Entlüftung eine Luftblase von 5 % des Volumens des Anlagenteils verbleibt, erhöht sich die Spannungsenergie auf ungefähr das 700-Fache.

Als Personenschutzmaßnahmen sind u. a. vor der Gasdruckprüfung von Druckbehältern und Rohrleitungen zerstörungsfreie Prüfungen und ggf. weitere Prüfungen in ausreichendem Umfang durchzuführen. Diese Prüfungen müssen einschließlich der Auswertung vor der Gasdruckprüfung abgeschlossen sein.

Nur wenn die Ergebnisse von allen vorab durchzuführenden Prüfungen sicherheitstechnisch keine Beanstandungen aufweisen, darf die Gasdruckprüfung unter Einhaltung besonderer Personenschutzmaßnahmen durchgeführt werden.

5.1.1.2 Vermeidung von Sprödbruch

Die mit Gasdruck beaufschlagten drucktragenden Wandungen von Anlagen und Anlagenteilen müssen aus zähem Werkstoff gefertigt sein. Das gilt sinngemäß auch für Bauteile aus Kunststoff.

5.1.2 Vorgehende Prüfungen, zerstörungsfreie Prüfungen

5.1.2.1 Gasdruckprüfung als erstmalige Druckprüfung

5.1.2.1.1

Bei einer Gasdruckprüfung als erstmalige Druckprüfung sind zuvor

- die Schlussprüfung nach DGRL bzw. eine entsprechende Bauprüfung sowie alle für die Abnahme erforderlichen Prüfungen ohne Beanstandung abzuschließen,
- die Schweißnähte bei metallischen Werkstoffen objektgebunden zerstörungsfrei in folgendem Umfang, bezogen auf die Anzahl der Schweißnähte, zu prüfen:
 - bei Druckbehältern
 - mindestens 10 % der Rundnähte und
 - 100 % der Längsnähte unter Einschluss aller Stoßstellen,
 - bei Rohrleitungen
 - mindestens 10 % der Rundnähte unter Erfassung der Stoßstellen mit Längsnähten,

- mindestens 10 % der Stutzennähte $DN \geq 100$ unter Erfassung der Stoßstellen mit Langsnähten und
- 100 % der Längsnähte, soweit nicht bereits beim Rohrhersteller zerstörungsfrei- bzw. druckgeprüft.

5.1.2.1.2

Wird die Gasdruckprüfung unter den Bedingungen entsprechend Abschnitt 5.1.4.7 durchgeführt, kann der Prüfumfang bei Längsnähten auf 10 % reduziert werden, sofern im Herstellregelwerk keine höheren Prüfumfänge vorgesehen sind.

5.1.2.1.3

Bei Kunststoff-Werkstoffen sind Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen mit den Beteiligten abzustimmen.

5.1.2.2 Gasdruckprüfung bei wiederkehrenden Prüfungen

Vor der Gasdruckprüfung im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen sind zerstörungsfreie Prüfungen entsprechend Abschnitt 5.1.2.1.1 durchzuführen, wenn

- im Rahmen der Schlussprüfung nach DGRL oder der Bauprüfung zerstörungsfreie Prüfungen in dem Abschnitt 5.1.2.1.1 entsprechendem Umfang nicht erforderlich waren und somit nicht durchgeführt worden sind, oder
- bei Druckbehältern die Beurteilung der inneren Wandung im Rahmen der inneren Prüfung nicht oder nicht in ausreichendem Maße durchgeführt werden konnte, oder
- auf Grund der gegebenen Betriebsweise und des Beschickungsgutes Schädigungen zu erwarten sind, wobei zusätzlich zu den Schweißverbindungen nach Abschnitt 5.1.2.1.1 auch weitere Bereiche der drucktragenden Wandung (z. B. im Bereich von Hilfsschweißungen) einer zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen sind; bei besonderen Schädigungsmechanismen (z. B. wasserstoffinduzierte Rissbildung, Spannungsrisskorrosion) sind gezielte zerstörungsfreie Prüfungen durchzuführen.

5.1.3 Durchführung der Gasdruckprüfung

5.1.3.1 Prüftechnische Anforderungen

5.1.3.1.1 Prüfdruck bei der erstmaligen Druckprüfung

Bei einer Gasdruckprüfung als erstmalige Druckprüfung nach DGRL sind bei der Festlegung des Prüfdrucks in Abhängigkeit von den ergriffenen Schutzmaßnahmen zwei Fälle möglich:

a) Sofern die in Abschnitt 5.1.4.7 genannten Voraussetzungen erfüllt sind, können die nach DGRL vorgegebenen Prüfdrücke angewendet werden.

a1) Für Druckbehälter und Rohrleitungen, die **nicht für den Zeitstandbereich ausgelegt sind**, darf der Prüfdruckfaktor den höheren der folgenden beiden Werte nicht unterschreiten¹⁵:

$$\begin{cases} F_p = 1,25 \frac{f_{20}}{f_{\Theta}} \\ F_p = 1,43 \end{cases}$$

beziehungsweise nach AD 2000:

$$\begin{cases} F_p = 1,25 \frac{K_{20}}{K_{\Theta}} \\ F_p = 1,43 \end{cases}$$

bezogen auf den maximal zulässigen Druck PS .

a2) Für Druckbehälter und Rohrleitungen, die **für den Zeitstandbereich ausgelegt sind**, ist der Prüfdruck so zu ermitteln, dass im Prüfzustand ein Sicherheitsbeiwert von mindestens 1,05 entsprechend einer Belastung von maximal 95 % der Kaltstreckgrenze (Streckgrenze für 20 °C) des Werkstoffs gewährleistet ist.

b) Sofern die in Abschnitt 5.1.4.7 genannten Voraussetzungen nicht erfüllt sind, beträgt der Prüfdruckfaktor

$$F_p = 1,1$$

bezogen auf den maximal zulässigen Druck PS .

In diesem Fall sind die in den Abschnitten 5.1.4.1–5.1.4.6 beschriebenen Personenschutzmaßnahmen zu ergreifen.

Anmerkungen

Der reduzierte Prüfdruckfaktor $F_p = 1,1$ ist in AD 2000-Merkblatt HP 30 aus Gründen des Personenschutzes festgelegt für den Fall, dass die in Abschnitt 5.1.4.7 genannten Voraussetzungen nicht erfüllt sind. Dadurch werden die hohen Prüfdrücke nach DGRL nicht erreicht. Das geforderte Gesamtsicherheitsniveau nach DGRL wird im Rahmen des AD 2000-Regelwerks in diesem Fall durch zusätzliche Maßnahmen gewährleistet.

Nach DIN EN 13 445 und DIN EN 13 480 gelten grundsätzlich auch für die Gasdruckprüfung die hohen Prüfdrücke nach DGRL entsprechend Abschnitt 5.1.3.1.1 Buchstabe a1) dieses Merkblatts.

¹⁵ Siehe Abschnitt 4.2.1.2.1 Buchstabe a) dieses Merkblatts

5.1.3.1.2 Prüfdruck bei wiederkehrenden Prüfungen

Bei einer Gasdruckprüfung im Rahmen der wiederkehrenden Festigkeitsprüfungen beträgt der Prüfdruckfaktor

$$F_P = 1,1$$

bezogen auf den zulässigen Betriebsdruck P_B .

Bei Einhaltung der in Abschnitt 5.1.4.7 genannten Voraussetzungen kann der Prüfdruckfaktor

$$F_P = 1,3$$

bezogen auf den zulässigen Betriebsdruck P_B angewandt werden.

5.1.3.1.3 Maßnahmen gegen Überschreitung des Prüfdrucks

Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass der Prüfdruck nicht überschritten werden kann. Die Maßnahmen sind mit der zuständigen Prüfstelle bzw. Prüfperson abzustimmen.

5.1.3.1.4 Druckmessung

Der Druck muss durch zwei voneinander unabhängige Druckmessungen angezeigt werden und aus sicherer Entfernung oder von geschützter Stelle aus ablesbar sein. Mit der zuständigen Prüfstelle bzw. Prüfperson ist abzustimmen, ob der zeitliche Druckverlauf aufzuzeichnen ist.

5.1.3.1.5 Prüftemperatur

Die Prüfung ist bei Umgebungstemperatur durchzuführen. Die Einsatzgrenzen der Werkstoffe sind entsprechend der Temperatur zu berücksichtigen.

Es ist zu beachten, dass beim Aufbringen des Prüfdrucks durch Überströmen des Gases von einem höheren Druckpotenzial sich das Gas durch plötzliche Entspannung stark abkühlen kann. Eine Versprödung des Wandungswerkstoffs kann die Folge sein.

5.1.3.2 Ablauf der Gasdruckprüfung

- Vor der Durchführung der Druckprüfung überzeugt sich die zuständige Prüfstelle bzw. Prüfperson von der ordnungsgemäßen Vorbereitung. Dazu zählen beispielsweise vorab durchgeführte Prüfungen und Schutzmaßnahmen, wie sie in diesem Merkblatt gefordert sind.
- Zweckmäßigerweise wird der Druck stufenweise bis zum Prüfdruck erhöht und beim ersten Haltepunkt im Bereich von 0,2 bis 0,5 bar von der zuständigen Prüfstelle bzw. Prüfperson eine Dichtheitsprüfung der zu prüfenden Druckbehälter und Rohrleitungen durchgeführt. Dazu werden die drucktragenden Teile an Stellen, die besonders beachtet werden müssen (z. B. Schweißnähte, Dichtungen oder Armaturen) mit schaubildender Flüssigkeit benetzt. Bei den weiteren Haltepunkten (beim halben und beim maximal zulässigen Druck PS bzw. Betriebsdruck P_B) werden in der Regel die Druckbehälter oder Rohrleitungen von der zuständigen Prüfstelle bzw. der Prüfperson überprüft, im Allgemeinen durch Sicht- und Geräuschkontrolle.

- Nach Gutbefund wird der Druck weiter erhöht. Der Prüfdruck ist ausreichend lange zu halten, in der Regel $\frac{1}{2}$ Stunde. Druckänderungen durch Temperatenausgleich sind hierbei zu berücksichtigen. Solange der Druck größer als der maximal zulässige Druck PS bzw. zulässige Betriebsdruck P_B ist, darf der abgesperrte Bereich nicht betreten werden. Das gilt auch für die zuständige Prüfstelle bzw. Prüfperson.
- Nach Absenken des Prüfdrucks auf einen Druck unterhalb des maximal zulässigen Drucks PS bzw. des zulässigen Betriebsdrucks P_B wird die Dichtheit noch einmal geprüft. Das erfolgt in der Regel durch die zuständige Prüfstelle bzw. die Prüfperson durch Sicht- und Geräuschkontrolle oder durch eine Prüfung mit einem schaubildenden Mittel.

5.1.4 Personenschutzmaßnahmen

5.1.4.1

Der Bereich um die mit Gasdruck beaufschlagten Druckbehälter oder Rohrleitungen, der z. B. durch andere Anlagenteile, Gebäude, Wände nicht abgeschirmt ist, ist je nach den örtlichen Gegebenheiten deutlich sichtbar abzusperren. Dieser Bereich darf nur betreten werden

- von den mit der Prüfung beauftragten Personen,
- bei einem Druck unterhalb des maximal zulässigen Drucks PS bzw. des zulässigen Betriebsdrucks P_B .

Erforderliche Bedienungselemente sind in sicherer Entfernung anzubringen. Siehe hierzu die Merkblätter A 016 und A 017 zur Gefährdungsbeurteilung¹⁶.

5.1.4.2

Der Zeitpunkt der Prüfung ist so zu wählen, dass sich in der näheren Umgebung des abgesperrten Bereichs möglichst wenig Personen aufhalten.

5.1.4.3

Insbesondere an den Zugängen zu dem gefährdeten Bereich sind zusätzlich Schilder (Verbotszeichen P006: „Zutritt für Unbefugte verboten“ und darunter das Hinweisschild „Achtung! Gasdruckprüfungen!“) oder erforderlichenfalls Sicherungsposten aufzustellen und gegebenenfalls Personen in benachbarten Bauten bzw. Anlagen zu informieren.

5.1.4.4

Die zuständige Prüfstelle bzw. Prüfperson begutachtet die Schutzmaßnahmen, insbesondere die Grenzen des abgesperrten Bereichs, ggf. zusammen mit der Sicherheitsfachkraft und legt erforderlichenfalls auf Grund von besonderen Gegebenheiten in Abstimmung mit den betroffenen und zuständigen Stellen Zusatzanforderungen fest.

¹⁶ Siehe Anhang 2 Nr. (12), (13)

5.1.4.5

Es sind Maßnahmen festzulegen, damit beim Abblasen bzw. Ablassen des Prüfgases keine Gefährdungen (z. B. durch das Verdrängen von Luftsauerstoff aus der Atmosphäre) auftreten können.

5.1.4.6

Bei der Gasdruckprüfung von Rohrleitungen sind Personenschutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.1.4 nicht erforderlich, wenn

- der Prüfdruck kleiner ist als der Nenndruck, für den die gesamte Rohrleitung ausgelegt ist,
- die vorab durchzuführenden Prüfungen nach Abschnitt 5.1.2.1 bei der erstmaligen Gasdruckprüfung bzw. 5.1.2.2 bei einer wiederkehrenden Gasdruckprüfung keine Beanstandungen ergaben und
- die zuständige Prüfstelle bzw. Prüfperson davon ausgehen kann, dass keine Schädigungen zu erwarten sind.

5.1.4.7

Die Forderungen nach den Abschnitten 5.1.4.1–5.1.4.6 hinsichtlich von geeigneten Personenschutzmaßnahmen gelten als erfüllt, wenn die Gasdruckprüfung

- in einer besonderen Kammer, die dem Zerknall des Druckbehälters standzuhalten vermag, oder
- in einem Wasserbecken, in dem der Druckbehälter erforderlichenfalls ausreichend befestigt ist und Vorkehrungen gegen ein Herausschleudern von Teilen getroffen sind,

durchgeführt wird.

5.2 Gasdruckprüfung mit Gasen mit Gefährlichkeitsmerkmalen

5.2.1 Gasdruckprüfung als erstmalige Druckprüfung

Wegen der Möglichkeit unerkannter Schweißfehler oder Konstruktionsfehler, die zu einer erhöhten Gefährdung führen können, ist die erstmalige Gasdruckprüfung mit Gasen mit Gefährlichkeitsmerkmalen nach Gefahrstoffverordnung¹⁷ nicht zulässig.

5.2.2 Gasdruckprüfung bei wiederkehrenden Prüfungen

5.2.2.1 Anforderungen nach Gefährlichkeitsmerkmalen

¹⁷ Siehe Anhang 2 Nr. (6)

5.2.2.1.1

Eine Gasdruckprüfung mit

- sehr giftigen, krebserzeugenden oder erbgutverändernden Gasen im Sinne der Gefahrstoffverordnung oder
- für Druckbehälter mit einem Druckinhaltsprodukt von mehr als 10^6 bar · l, ausgenommen den im Abschnitt 5.2.2.1.3 genannten Fall,

ist nicht zulässig.

5.2.2.1.2

Besteht im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen für den begründeten Einzelfall die Notwendigkeit, die Gasdruckprüfung mit einem Gas durchzuführen, das ein Gefährlichkeitsmerkmal nach Gefahrstoffverordnung hat (ausgenommen die Gase nach Abschnitt 5.2.2.1.1), sind gegenüber dem Abschnitt 5.1.4 zusätzliche Personenschutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.2.2.2 festzulegen.

5.2.2.1.3

Bei den hochentzündlichen Gasen Erdgas und Wasserstoff ist eine Gasdruckprüfung bei Druckbehältern auch mit einem Druckinhaltsprodukt von mehr als 10^6 bar · l zulässig, wenn ergänzend zu den Anforderungen nach den Abschnitten 5.1 und 5.2 dieses Merkblatts eine Schallemissionsprüfung unter Einhaltung der im VdTÜV-Merkblatt 369¹⁸ angegebenen Verfahrensparameter als zusätzliche Personenschutzmaßnahme durchgeführt wird.

5.2.2.2 Zusätzliche Personenschutzmaßnahmen

Bei Gasdruckprüfungen mit Gasen, die Gefährlichkeitsmerkmale nach der Gefahrstoffverordnung haben, sind entsprechend den Eigenschaften des Gefahrstoffs zusätzlich zu den in Abschnitt 5.1.4 aufgeführten Personenschutzmaßnahmen folgende Maßnahmen einzuhalten und mit der zuständigen Prüfstelle bzw. Prüfperson abzustimmen:

- Kontrolle und ggf. Festlegung von ergänzenden Maßnahmen zum Alarm- und Gefahrenabwehrplan bezüglich der Maßnahmen und des Verhaltens bei Gasalarm.
- Im Einzelfall sind für das Prüfpersonal Selbstretter, geeignete Atemschutzgeräte und ggf. Körperschutzmittel bereitzuhalten.
- Im abgesperrten Bereich nach Abschnitt 5.1.4.1 dürfen keine Zündquellen vorhanden sein.
- Für die Entspannung vom Prüfdruck sind die Anforderungen der TRBS 2141-3¹⁹ Abschnitt 4.1.2.2 nach gefahrloser Ableitung zu erfüllen.
- Bereitschaft der Feuerwehr vor Ort zur Begrenzung der Auswirkungen möglicher störungsbedingter Gasaustritte bei einem Druckinhaltsprodukt von mehr als 100 000 bar · l.
- Festlegung und Freihaltung von Fluchtwegen.

18 Siehe Anhang 2 Nr. (18)

19 Siehe Anhang 2 Nr. (10)

Anhang 1: Fachbegriffe

Zuständige Prüfstelle

Im Bereich der Richtlinie 97/23/EG:

Konformitätsbewertungsstelle nach § 13 des Produktsicherheitsgesetzes, insbesondere als

- benannte Stelle nach Artikel 11 der Richtlinie,
- Betreiberprüfstelle nach Artikel 13 der Richtlinie.

Im Bereich der Betriebssicherheitsverordnung:

- zugelassene Überwachungsstelle nach § 37 Abs. 1 des Produktsicherheitsgesetzes i. V. m. § 21 Abs. 1 der Betriebssicherheitsverordnung,
- Prüfstelle eines Unternehmens nach § 37 Abs. 5 Satz 3 des Produktsicherheitsgesetzes i. V. m. § 21 Abs. 3 der Betriebssicherheitsverordnung.

Prüfperson

Im Bereich der Richtlinie 97/23/EG:

Beauftragter des Herstellers bei Anwendung des Moduls A (Interne Fertigungskontrolle) sowie der auf Qualitätssicherungs-Systemen basierten Module D, D1, E, E1, H und H1.

Im Bereich der Betriebssicherheitsverordnung:

Befähigte Person für Prüfungen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck; für die Prüfung von überwachungsbedürftigen Druckbehältern und Rohrleitungen muss die befähigte Person die besonderen Anforderungen nach Abschnitt 3.2 der TRBS 1203 erfüllen.

Anhang 2: Literaturverzeichnis

Verbindliche Rechtsnormen sind Gesetze, Verordnungen und der Normtext von Unfallverhütungsvorschriften. Abweichungen sind nur mit einer Genehmigung der zuständigen Behörde bzw. des zuständigen Unfallversicherungsträgers (z. B. Berufsgenossenschaft) erlaubt. Voraussetzung für die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung ist, dass die Ersatzmaßnahme ein mindestens ebenso hohes Sicherheitsniveau gewährleistet.

Keine verbindlichen Rechtsnormen sind Technische Regeln zu Verordnungen, Durchführungsanweisungen von Unfallverhütungsvorschriften, BG-Regeln, BG-Informationen, Merkblätter, DIN-/VDE-Normen. Sie gelten als wichtige Bewertungsmaßstäbe und Regeln der Technik, von denen abgewichen werden kann, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

Fundstellen im Internet

Die Merkblattreihen der BG RCI sowie ein umfangreicher Teil des staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Vorschriften- und Regelwerkes (rund 1 750 Titel) sind im Kompendium Arbeitsschutz der BG RCI verfügbar. Die Nutzung des Kompendiums im Internet ist kostenpflichtig. Ein kostenfreier, zeitlich begrenzter Probezugang wird angeboten. Weitere Informationen unter www.kompendium-as.de.

Zahlreiche aktuelle Informationen bietet die Homepage der BG RCI unter www.bgrci.de.

Detaillinformationen zu Schriften und Medien der BG RCI sowie Bestellung siehe www.bgrci.de/medienshop.

Ausgewählte Anhänge und Vordrucke aus Merkblättern und BG-Regeln sowie ergänzende Arbeitshilfen werden im Downloadcenter Prävention unter www.bgrci.de/downloadcenter zur Verfügung gestellt.

Unfallverhütungsvorschriften, BG-Regeln, BG-Grundsätze und viele BG-Informationen sind in der BGVR-Online-Datenbank auf der Homepage der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter publikationen.dguv.de zu finden.

Nachstehend sind die im Zusammenhang mit diesem Merkblatt insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und andere Schriften zusammengestellt.

1. Europäische Richtlinien, Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquelle: Bundesanzeiger-Verlag, Postfach 10 05 34, 50445 Köln
Freier Download unter <http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm>

- (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)
- (2) Richtlinie 2009/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. September 2009 über einfache Druckbehälter

Bezugsquellen: Buchhandel
Freier Download unter www.gesetze-im-internet.de (Gesetze und Verordnungen) bzw. www.baua.de (Technische Regeln)

- (3) Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG)
- (4) Vierzehnte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Druckgeräteverordnung – 14. ProdSV)
- (5) Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)
- (6) Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)
- (7) TRBS 1201 Teil 2: Prüfungen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck
- (8) TRBS 1203 Befähigte Personen
- (9) TRBS 2141 Gefährdungen durch Dampf und Druck – Allgemeine Anforderungen
- (10) TRBS 2141 Teil 3: Gefährdungen durch Dampf und Druck bei Freisetzung von Medien

2. Berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Merkblätter

Bezugsquellen: Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, www.jedermann.de und Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, www.bgrci.de/medienshop

- (11) BGV A8: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz
Mitgliedsbetriebe der BG RCI können die folgenden Schriften (bis zur nächsten Bezugsquellenangabe) in einer der Betriebsgröße angemessenen Anzahl kostenlos beziehen.
- (12) Merkblatt A 016 Gefährdungsbeurteilung – Sieben Schritte zum Ziel
- (13) Merkblatt A 017 Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog

3. Andere Schriften und Medien

Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, www.beuth.de

- (14) AD 2000 Regelwerk, insbesondere
Merkblatt HP 30 Durchführung von Druckprüfungen
Merkblatt HP 512 R Bauvorschriften – Entwurfsprüfung, Schlussprüfung und Druckprüfung von Rohrleitungen
- (15) DIN EN 378-1 Kälteanlagen und Wärmepumpen; Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen; Grundlegende Anforderungen, Definitionen, Klassifikationen und Auswahlkriterien
- (16) DIN EN 13 445 Unbefeuerte Druckbehälter, insbesondere Teil 5 Inspektion und Prüfung
- (17) DIN EN 13 480 Metallische industrielle Rohrleitungen, insbesondere Teil 5 Prüfung

Bezugsquelle: Verband der TÜV e. V. (VdTÜV), Friedrichstraße 136, 10117 Berlin, www.vdtuev.de

- (18) VdTÜV-Merkblatt 369 Durchführung der Schallemissionsprüfung (SEP) bei Gasdruckprüfungen an Druckbehältern in Gasspeicheranlagen

Bildnachweis

Das in diesem Merkblatt verwendete Titelbild dient nur der Veranschaulichung.

Eine Produktempfehlung seitens der BG RCI wird damit ausdrücklich nicht beabsichtigt.

Es wurde freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

SIKA
Dr. Siebert und Kühn GmbH & Co. KG
Struthweg 7–9
34260 Kaufungen

Ausgabe 4/2012

Dieses Merkblatt können Sie über den Medienshop der BG Rohstoffe und chemische Industrie beziehen unter www.bgrci.de/medienshop

Haben Sie zu diesem Merkblatt Fragen, Anregungen, Kritik?

Dann nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf.

- Schriftlich:
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie,
Prävention, Wissens- und Informationsmanagement
Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg
- Kontaktformular im Internet:
www.bgrci.de/kontakt-schriften
- E-Mail: praevention@bgrci.de