

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30

Ausgabe Juli 2009

Sonderfälle	Berechnung von Druckbehältern Experimentelle Auslegungsmethode	AD 2000-Merkblatt S 5
--------------------	---	----------------------------------

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G 1.

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

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

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

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

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

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

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

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

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

- | | |
|---|---|
| 0 Präambel | 6 Prüfmedium und Sicherheitsanforderungen während der Prüfung |
| 1 Geltungsbereich | 7 Prüfmethode und erforderlicher Berstdruck |
| 2 Allgemeines | 8 Bedingungen für eine positive Bewertung des Berstdruckversuches |
| 3 Formelzeichen und Einheiten | 9 Prüfbericht |
| 4 Prüfprogramm | |
| 5 Anforderungen an den Prüfkörper vor der Berstdruckprüfung | |

0 Präambel

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

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

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

1 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt beschreibt eine experimentelle Vorgehensweise zum Festigkeitsnachweis von Strukturen oder Teilstrukturen, deren Berechnung mit den Formeln in den AD 2000-Merkblättern der Reihe B nicht möglich ist.

Das beschriebene Verfahren ist begrenzt auf:

- den Beanspruchungsfall I entsprechend AD 2000-Merkblatt W 10,
 - den Bereich $PS \times V < 6000 \text{ bar} \cdot \text{l}$ und $PS \times DN < 3000 \text{ bar}$, sofern keine zusätzlichen Berechnungen angewendet werden,
 - Bauteilbelastungen, die überwiegend ruhend im Sinne des AD 2000-Merkblattes S 1 sind.
- Die in diesem Merkblatt beschriebene Methode der experimentellen Auslegung ist nicht anzuwenden
- auf Druckgeräte, die im Zeitstandbereich betrieben werden,
 - zur Bemessung gegen gegebenenfalls gesondert zu berücksichtigende Zusatzbeanspruchungen aus thermischen Einflüssen sowie äußeren Kräften,
 - zum Nachweis stabilitätsgefährdeter Strukturen.

Dieses AD 2000-Merkblatt findet für Plattenwärmetauscher keine Anwendung.

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

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden. Zugelassen sind die Werkstoffe, die im AD 2000-Merkblatt B 0 Tafel 2 genannt sind.

2.2 Der Prüfkörper muss in seinen zu prüfenden festigkeitsmäßig relevanten Abmessungen, dem Herstellungsverfahren, Werkstoff und Prüfumfang dem Druckgerät entsprechen. Sind Teilbereiche des Druckgerätes mit Formeln zu berechnen, sind die nach den Bemessungsformeln ermittelten erforderlichen Wanddicken einzuhalten.

2.3 Der für die Berstdruckprüfung eingesetzte Prüfkörper darf nach der Berstdruckprüfung nicht verwendet werden, auch wenn der Prüfkörper weder Verformungen, Risse oder Leckagen aufweist.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

s_y	se-c1-c2	mm
s_g	am Prüfkörper gemessene Wanddicken	mm
n	Formfaktor	–
$R_{m(3)}$	Mittelwert der Zugfestigkeit an 3 Proben aus gleicher Schmelze	N/mm ²
R_m	Mindestwert der Zugfestigkeit nach Norm	N/mm ²
SF	Sicherheitsbeiwert zur Berechnung von PB	–
PB	erforderlicher Berstdruck	bar

Der erforderliche Sicherheitsbeiwert gegen den Berstdruck zur Berechnung von PB beträgt für:

Walz- und Schmiedestähle	$SF = 5,0$
Stahlguss	$SF = 6,0$
Gusseisen mit Kugelgraphit	$SF = 7,0$
Grauguss	$SF = 9,0$
Aluminium und Legierung/Knetwerkstoff	$SF = 5,0$
Nickel 1+2, Titan	$SF = 5,0$
Kupfer	$SF = 6,0$

4 Prüfprogramm

Die Durchführung des Berstversuches ist in einem Prüfprogramm festzulegen und mit der benannten Stelle abzustimmen. Im Prüfprogramm sind mindestens die unten aufgeführten Angaben erforderlich:

- Konstruktionszeichnungen mit Hauptabmessungen und Angaben zum Werkstoff des Prüfstückes
- Herstellungsverfahren
- Prüfbedingungen, Anzahl der Prüflinge
- Beschreibung der Prüfinstrumentierung
- Beurteilung des Prüfergebnisses
- Kriterien für die Anerkennung oder Verwerfung des Prüfergebnisses

5 Anforderungen an den Prüfkörper vor der Berstdruckprüfung

Der Prüfkörper muss der Produktion entnommen werden. Am Prüfkörper sind ausreichende Entlüftungsstutzen vorzu-

sehen oder eine ausreichende Entlüftung zu gewährleisten. Während der weiteren Fertigung dürfen keine Änderungen an den Fertigungstoleranzen, Fertigungsmethoden oder Werkstoffen vorgenommen werden. Die mechanisch-technologischen Güteeigenschaften der verwendeten Werkstoffe sind entsprechend den Anforderungen AD 2000, Reihe W, zu bescheinigen.

6 Prüfmedium und Sicherheitsanforderungen während der Prüfung

Der im Berstversuch erforderliche Druck wird aus Sicherheitsgründen mit einer Flüssigkeit aufgebracht (Hydrauliktest), die weder korrosiven noch sonstigen Einfluss auf den Werkstoff hat. Da die Prüfung bis zum schlagartigen Versagen des Prüfkörpers führen kann, sind angemessene Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

7 Prüfmethode und erforderlicher Berstdruck

Methode: Berstdruckversuch

Diese Methode ist für die im Geltungsbereich (siehe Kapitel 2.1) benannten Werkstoffe anwendbar. Der werkstoffabhängige Sicherheitsbeiwert ist in Abschnitt 3 definiert.

Es sollten nur Strukturen mit einfachen Formen und weichen Übergängen geprüft werden. Diese Methode ist bedingt geeignet für Strukturen mit ebenen Flächen. Die bleibende Verformung für Bauteile aus duktilen Stählen darf nach dem Berstversuch im Bereich ebener Flächen die zulässigen Grenzen der Kaltverformung (siehe AD 2000-Merkblätter HP 7/2 und 7/3) nicht überschreiten.

Der erforderliche Berstdruck wird nach Formel (1) berechnet.

$$PB = SF \times PS \times R_{m(3)} / R_m \times K_{20} / K \times (s_g / s_y)^n \quad (1)$$

mit:

$n = 1$ für gekrümmte Flächen (Zylinder, Kugel) oder Kegel mit einem Winkel $\varphi \leq 30^\circ$

$n = 2$ für alle anderen Flächen

Der Exponent n bzw. die relevante Stelle in der Struktur wird mit der benannten Stelle im Prüfprogramm festgelegt.

Durchführung des Versuches:

- Prüfkörper und Prüfflüssigkeit sollten bei Versuchsbeginn eine Temperatur nahe Raumtemperatur haben, während der Versuchsdurchführung muss die Temperatur der Prüfflüssigkeit mindestens 10 °C unterhalb der Siedetemperatur bei Atmosphärendruck liegen
- Im ersten Lastschritt werden 50 % des erforderlichen Mindestberstdruckes aufgebracht. Die weitere Laststeigerung erfolgt jeweils mit 10 % des erforderlichen Mindestberstdruckes. Nach jeder Laststeigerung muss der Druck eine ausreichende Zeit konstant anstehen.

8 Bedingungen für eine positive Bewertung des Berstdruckversuches

Der Prüfkörper darf bis zum Erreichen des nach Formel (1) berechneten erforderlichen Berstdruckes keine unzulässigen plastischen Verformungen (vergleiche Abschnitt 7) und keine Leckagen in der drucktragenden Wand aufweisen.

Falls ein Prüfkörper den erforderlichen Berstdruck nicht erreicht, kann der Berstversuch mit einem zweiten Prüfkörper aus der gleichen Fertigung wiederholt werden. Wird mit dem zweiten Prüfkörper der erforderliche Berstdruck erreicht, kann die Prüfung als erfolgreich angesehen werden, sofern man den Grund des Versagens des ersten Prüfkörpers nachvollziehen kann. Versagt jedoch der zweite Prüfkörper ebenso, ist die Konstruktion entsprechend zu verstärken.

Leckagen an Flanschverbindungen sind während des Berstdruckversuches zulässig, sofern der erforderliche Berstdruck erreicht wird. Hierbei muss sichergestellt werden, dass die Flanschverbindungen nach den Anforderungen des AD 2000-Merkblattes B 8 für den maximal zulässigen Druck *PS* ausreichend dimensioniert sind. Ebenso ist der Einsatz von höherfestem Schraubenwerkstoff, verglichen mit der erforderlichen Schraubenqualität nach Auslegungsberechnung, zulässig.

9 Prüfbericht

Der Hersteller des Druckgerätes muss mindestens Folgendes dokumentieren:

- Herstellerregistrierung
- Apparatenummer
- Datum und Ort der Prüfung
- Beschreibung des Apparates
- Einzelheiten oder Referenzen über das Prüfverfahren
- Kalibrierung der Messeinrichtung
- Maximal aufgebrachter Berstdruck *PB*
- Prüfdruckmedium
- Berechnung des maximal zulässigen Drucks *PS*
- Zusammenfassung
- Name des Prüfers und der zuständigen unabhängigen Stelle

Herausgeber:



Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
<http://www.vdtuev.de>

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de