

# AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30

Ausgabe Mai 2016

<b>Herstellung und Prüfung von Druckbehältern</b>	<b>Durchführung von Druckprüfungen</b>	<b>AD 2000-Merkblatt HP 30</b>
---	--	------------------------------------

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.

FDBR e. V. Fachverband Anlagenbau, 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

	Seite
0 Präambel .....	2
1 Geltungsbereich.....	2
2 Allgemeines .....	2
3 Zeitpunkt der Prüfung .....	2
4 Durchführung der Prüfung .....	2
5 Schrifttum.....	5

Ersatz für Ausgabe Juni 2014; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

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

## 0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie 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 Druckgeräterichtlinie 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 regelt die Durchführung der Druckprüfung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen, soweit nicht für Druckbehälter aus nichtmetallischen Werkstoffen in den AD 2000-Merkblättern der Reihe N andere Regelungen getroffen sind. Für die Druckprüfung von Armaturengehäusen gilt AD 2000-Merkblatt A 4. Für die Druckprüfung von Gussstücken gelten die entsprechenden AD 2000-Merkblätter der Reihe W.

## 2 Allgemeines

Bei der Druckprüfung wird geprüft, ob die drucktragenden Wandungen unter Prüfdruck dicht sind und ob keine sicherheitstechnisch bedenklichen Verformungen auftreten.

## 3 Zeitpunkt der Prüfung

**3.1** Druckprüfungen sind zeitlich so zu veranlassen, dass der Prüfende alle drucktragenden Teile ausreichend besichtigen kann. Ist dies im Endzustand nicht möglich, wird die erstmalige Druckprüfung als Teilprüfung im prüffähigen Zustand durchgeführt.

**3.2** Die erstmalige Druckprüfung erfolgt

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

## 4 Durchführung der Prüfung

**4.1** Eine Druckprüfung ist in der Regel als Flüssigkeitsdruckprüfung mit Wasser durchzuführen, soweit es die Bauart oder die Betriebsweise des Druckbehälters oder seine Beschickung zulässt. Andere geeignete Flüssigkeiten können verwendet werden, wenn dies zweckmäßig ist.

**4.2** Ist eine Flüssigkeitsdruckprüfung nicht möglich oder nicht zweckmäßig, kann die Druckprüfung unter Beachtung besonderer Schutzmaßnahmen, insbesondere der nach 4.16, auch als Gasdruckprüfung erfolgen, wenn dies in den technischen Unterlagen der Entwurfsprüfung vorgesehen ist.

**4.3** Bei Behältern mit mehreren Räumen 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 wird. In solchen Fällen sind die angrenzenden Räume zunächst einzeln entsprechend diesem Differenzdruck und anschließend die betroffenen Räume gleichzeitig mit dem Prüfdruck  $p'$  zu beaufschlagen.

**4.4** Der vom Manometer bei der Prüfung angezeigte Druck muss durch geeignete Maßnahmen (z. B. Kontrollmanometer) kontrolliert werden können.

**4.5** Der Druckbehälter ist bei Flüssigkeitsdruckprüfungen so zu entlüften, dass er vollständig mit Prüfflüssigkeit gefüllt ist. Der Druckbehälter ist so aufzulagern, dass weder Personen gefährdet werden können, noch der Druckbehälter beschädigt wird.

**4.6** Während der Flüssigkeitsdruckprüfung müssen die Außenwandungen des Druckbehälters trocken sein. Bei Umgebungstemperaturen  $\leq 0^\circ\text{C}$  darf eine Wasserdruckprüfung nur durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass Behälterinhalt, Manometer und Zuleitungen nicht einfrieren können.

**4.7** Soweit das Zähigkeitsverhalten (Formänderungsvermögen des Werkstoffes oder des Bauteiles) die Prüftemperatur oder die Druckanstiegsgeschwindigkeit begrenzt, ist dies zu berücksichtigen und in den Prüfunterlagen zu vermerken.

**4.8** Bis zum Zeitpunkt der Prüfung durch die zuständige unabhängige Stelle darf der Druckbehälter nur bis zum maximal zulässigen Druck  $p_S$  vorgedrückt werden. Erst nach Zustimmung der zuständigen unabhängigen Stelle ist der Druck bis zum Prüfdruck langsam zu steigern und für die Dauer von mindestens 30 Minuten zu halten. Eine abweichende Haltedauer kann mit der zuständigen unabhängigen Stelle vereinbart werden.

**4.9** Sollen bei der Druckprüfung Dehnungsmessungen durchgeführt werden, so ist das Vorgehen einschließlich Füllen, Vordrücken usw. mit dem Prüfenden abzustimmen.

**4.10** Bei Druckbehältern, bei denen der statische Druck der Flüssigkeitssäule (im Betrieb oder bei einer Flüssigkeitsdruckprüfung) zu berücksichtigen ist, ist die Druckprüfung am stehenden Behälter durchzuführen oder zu wiederholen, wenn der Behälter liegend geprüft wurde und bei der Festlegung des Prüfdruckes der statische Druck der Flüssigkeitssäule im stehenden Behälter nicht berücksichtigt werden konnte, soweit in den Prüfunterlagen nichts anderes vermerkt ist.

Der bei der Druckprüfung am Druckmessgerät maximal zu erreichende Prüfdruck ergibt sich aus 4.10.1 bis 4.10.3 (Bezeichnungen und verwendete Einheiten siehe Bild 1).

**4.10.1** Bei einer stehend durchgeführten Druckprüfung muss der am höchsten Punkt des Behälters gemessene Druck sein:

$$p_P = F_P \cdot p,$$

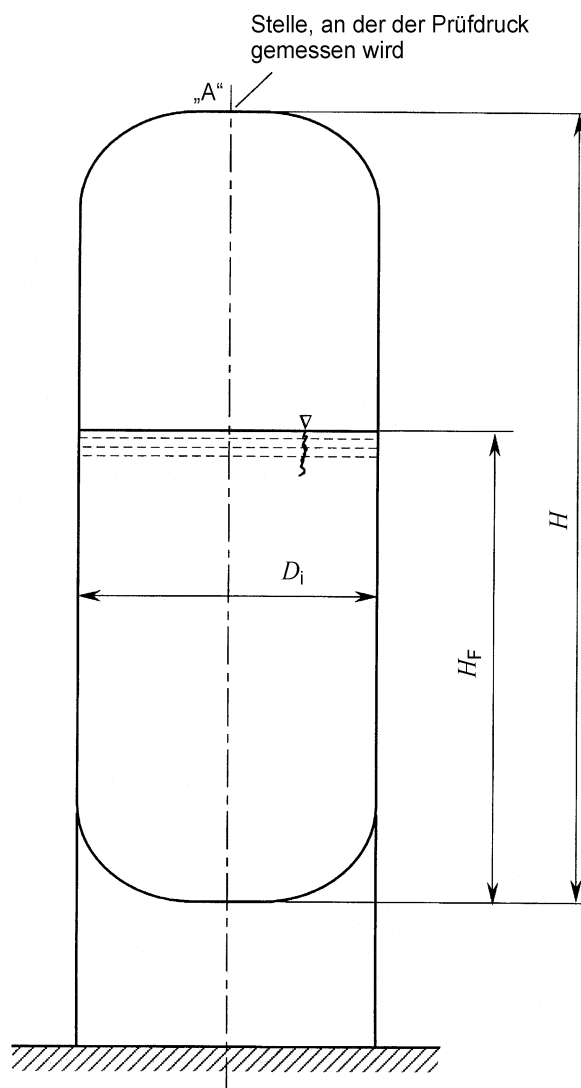
sofern das Betriebsmedium ein höheres spezifisches Gewicht als das Prüfmedium besitzt, ist der zu messende Prüfdruck zu erhöhen auf:

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

wobei stets

$$p_P \geq F_P \cdot p$$

sein muss.



**Bild 1**

**4.10.2** Wird vorab eine Druckprüfung am liegenden Behälter (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 Behälters und der Messstelle am Punkt „A“ der Behältermitte (vgl. Bild 1).

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

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

Bei Doppelmantelbehältern sind ggf. zusätzliche Betrachtungen erforderlich.

$p$  = Druck am höchsten Punkt im stehenden Behälter (= maximal zulässiger Druck) in bar

$p_P$  = bei der Druckprüfung aufgebracht Druck, gemessen an der Stelle „A“ (= Prüfdruck gemäß Druckbehälterbuch), in bar

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

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

$\gamma_P$  = spezifisches Gewicht des Prüfmediums in  $\text{dN/dm}^3$  (= 1 bei Wasser)

$\gamma_F$  = spezifisches Gewicht des Betriebsmediums in  $\text{dN/dm}^3$

$D_i$  = Innendurchmesser des Behälters in m

$F_P$  = Prüfdruckfaktor nach 4.17 bis 4.19

**4.11** Spätestens bei der Druckprüfung – bei mehreren Druckräumen bei der zuletzt durchgeführten – muss der Druckbehälter mit der vorgeschriebenen Kennzeichnung (z. B. Fabrikschild) versehen sein. Abweichungen, z. B. bei Emaillierungen, sind in den Prüfunterlagen festzulegen.

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

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

**4.14** 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 dazu bestimmten Werkzeuge benutzt werden.

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

**4.16** Bei Wasserdruckprüfungen mit Prüfdrücken über  $100 \text{ bar}^1$ , bei Flüssigkeitsdruckprüfungen mit Temperaturen des Druckprüfmittels größer als  $50^\circ\text{C}$  und bei Gasdruckprüfungen ist zusätzlich zu beachten:

**4.16.1** Die Druckprüfungen sollen in einem Raum oder Hallenteil durchgeführt werden, der während der Prüfung nur dem Prüfpersonal zugänglich ist.

**4.16.2** Steht ein besonderer Raum nicht zur Verfügung, sind geeignete Schutzvorkehrungen zu treffen, z. B. Aufstellen von Schutzwänden. Die nähere Umgebung des zu prüfenden Druckbehälters ist abzusperren und durch Hinweisschilder als Gefahrzone und Sperrgebiet zu kennzeichnen.

**4.16.3** Es muss möglich sein, den angezeigten Druck aus sicherer Entfernung oder von einer geschützten Stelle aus festzustellen.

1) Werden andere Prüfflüssigkeiten verwendet, ist diese Grenze entsprechend den zutreffenden Kompressibilitätsfaktoren zu ändern.

**4.16.4** Die unmittelbare Besichtigung darf in der Regel erst erfolgen, wenn der Druckbehälter unter Prüfdruck gestanden hat und danach der Druck bei Flüssigkeitsdruckprüfungen auf etwa den maximal zulässigen Druck  $PS$ , bei Gasdruckprüfungen erforderlichenfalls noch weiter auf einen dem Dichtheitsprüfverfahren angepassten Druck abgesenkt wurde.

**4.17** Bei hydrostatischer Druckprüfung von Druckbehältern beträgt der in 4.10 einzusetzende Prüfdruckfaktor

$$F_P = \max. \left[ 1,43; 1,25 \cdot \frac{K_{20}}{K_g} \right]$$

$K_{20}$  Festigkeitskennwert nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W für Prüftemperatur 20 °C

$K_g$  Festigkeitskennwert nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W für die angegebene Bauteilberechnungstemperatur

Bestehen Druckbehälter aus mehreren Werkstoffen und/oder sind den Bauteilen des Druckbehälters unterschiedliche Berechnungstemperaturen zugeordnet, so ist bei der Ermittlung des Prüfdruckfaktors  $F_P$  wie folgt vorzugehen:

In Abhängigkeit der eingesetzten Werkstoffe und der zugehörigen Bauteilberechnungstemperaturen ist in der o. g. Gleichung das kleinste Verhältnis  $K_{20}/K_g$  anzusetzen. Maßgebend sind dabei die wesentlichen drucktragenden Bauteile des Druckbehälters (Mantel und Böden). Für alle übrigen Bauteile ist mit den Sicherheitsbeiwerten nach AD 2000-Merkblättern sicherzustellen, dass die zulässigen Spannungen eingehalten werden.

Für stabilitätsgefährdete Konstruktionen ist die Zulässigkeit des Prüfdruckes nachzuweisen und dieser ggf. zu reduzieren.

Die Anwendung eines höheren Prüfdruckes auch unter Verwendung des größten Verhältnisses ( $K_{20}/K_g$ ) ist möglich, bedarf aber des detaillierten rechnerischen Nachweises, dass die Festigkeitsreserven des Druckgerätes dafür ausreichend sind.

Bei Bauteilen, bei denen zur Auslegung die Zeitstandfestigkeitskennwerte berücksichtigt werden müssen, ist bei der Prüfdruckermittlung zu beachten, dass 95 % der Kaltstreckgrenze nicht überschritten werden.

**4.18** Werden an Druckbehältern mit Auskleidungen Wasserdruckprüfungen durchgeführt, so ist bei Auskleidungen, die dem Prüfdruck nach 4.17 nicht standhalten (z. B. Emaille, Porzellan), die Druckprüfung vor der Auskleidung mit einem Prüfdruck gemäß 4.17 durchzuführen. Falls in der Bestellung eine zusätzliche Druckprüfung nach der Auskleidung vereinbart wurde, darf bei der zusätzlichen Druckprüfung der Prüfdruck auf das 1,1-Fache des höchstzulässigen Druckes herabgesetzt werden.

Bei Druckbehältern, die erst nach dem Auskleiden mit einem Doppelmantel versehen werden, darf der Prüfdruck für den Doppelmantel auch auf das 1,25-Fache des höchstzulässigen Differenzdruckes herabgesetzt werden.

Bei Plattenwärmetauschern, die aus lösbar verbundenen Platten bestehen, darf der Prüfdruck ebenfalls auf das 1,25-Fache des höchstzulässigen Differenzdruckes herabgesetzt werden.

**4.19** Bei einer Gasdruckprüfung als erstmaliger Druckprüfung ist für die Festlegung des Prüfdruckes zu unterscheiden zwischen:

**4.19.1** einer Prüfung, bei der der Druckbehälter an einem Ort steht, in dessen unmittelbaren Gefahrenbereich sich niemand begibt, während der Druckbehälter unter dem Prüfdruck steht. Bei derartigen Prüfungen ist der Prüfdruck nach 4.17 zu wählen. Der genannte Ort ist in der Regel eine besondere Kammer, die einem Zerknall des Druckbehälters standzuhalten vermag, oder ein Wasserbecken, in dem der Druckbehälter erforderlichenfalls ausreichend befestigt ist und Vorkehrungen gegen ein Herausschleudern von Teilen getroffen sind,

**4.19.2** einer Prüfung, die nicht nach 4.19.1 erfolgt und bei der Maßnahmen zum Schutz des Prüfpersonals getroffen sind (siehe auch 4.16.1 bis 4.16.4). Bei derartigen Prüfungen beträgt der Prüfdruck das 1,1-Fache des höchstzulässigen Druckes.

**4.19.3** Wenn eine Gasdruckprüfung als erstmalige Druckprüfung vorgesehen ist, sind mindestens 10 % der Längsnähte im Fall 4.19.1 und 100 % der Längsnähte im Fall 4.19.2 unter Einschluss aller Stoßstellen und 10 % der Rundnähte objektgebunden zerstörungsfrei zu prüfen.

**4.19.4** Die für den Personenschutz erforderlichen Maßnahmen sind vom Hersteller mit den für den Prüfort zuständigen Aufsichtsbehörden abzustimmen. Die nationalen Regelungen bezüglich des Arbeitsschutzes sind einzuhalten. Hinsichtlich der Durchführung der Gasdruckprüfung wird auf Merkblatt T 039 [1] verwiesen<sup>2)</sup>.

## 5 Schrifttum

- [1] Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (April 2012). Merkblatt Sichere Technik T 039 Druckprüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen – Flüssigkeitsdruckprüfungen, Gasdruckprüfungen. Heidelberg: Mediashop der BG Rohstoffe und chemische Industrie. [www.bgrci.de/mediashop](http://www.bgrci.de/mediashop)

2) Die in 4.19.4 enthaltenen Anforderungen können von den Vorschriften anderer EU-Mitgliedstaaten abweichen.





Herausgeber:



Verband der TÜV e.V.

E-Mail: [berlin@vdtuev.de](mailto: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  
[kundenservice@beuth.de](mailto:kundenservice@beuth.de)  
[www.beuth.de](http://www.beuth.de)