

**Errata**  
für den Titel

**AD 2000-Taschenbuch 2023**

ISBN 978-3-410-31880-4

Die folgenden Seiten wurden in der Buchausgabe  
versehentlich unvollständig abgedruckt.

Wir bitten um Entschuldigung.

**DIN** Media

## 0 Präambel

Zur Erfüllung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B (Baumuster) + 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 Allgemeines

Für die Ausführung, Konstruktion und Berechnung der Klammerschrauben ist das AD 2000-Merkblatt B 7 anzuwenden. Für Herstellung, Werkstoffe und Nachweis der Werkstoffeigenschaften gilt in sinngemäßer Anwendung das AD 2000-Merkblatt W 7.

## 2 Durchführung der Prüfung

**2.1** Die Prüfung einer Klammer muss im betriebsmäßig zusammengeschraubten Zustand derart erfolgen, dass hierbei die Zugkräfte an denjenigen Stellen der Klammerteile angreifen, an denen sie auch betriebsmäßig wirken. Die Prüfung soll bei der maximal ausnutzbaren Länge der Schraube erfolgen.

**2.2** Im Rahmen der Bauteilprüfung sind erstmalig von jedem durch Nenngröße und Werkstoff bestimmten Klammertyp so viele Klammern zu prüfen, wie dies für eine eindeutige Feststellung des Formfaktors nach Absatz (4) erforderlich ist, mindestens aber je fünf Klammern für die Versuche nach den Absätzen (1) und (2) bzw. (3). Bei den Prüfungen wird bestimmt:

- (1)  $P_S$  als Belastung in N, bei der an der Klammer oder an einem ihrer Teile wesentliche bleibende Verformungen eingetreten sind

$$\bar{P}_S = \frac{\sum P_S}{n} \quad \text{als Mittelwert der Belastungen bis zur erkennbaren bleibenden Verformung}$$

$$s_{(P_S)} = \sqrt{\frac{\sum (P_S - \bar{P}_S)^2}{n-1}} \quad \text{als Streuung der Belastungen bis zur erkennbaren bleibenden Verformung}$$

$$s(\bar{P}_S) = \frac{s_{(P_S)}}{\sqrt{n}} \quad \text{als Streuung des Mittelwertes der Belastungen bis zur erkennbaren bleibenden Verformung}$$

$$\bar{P}_{S \min} = \bar{P}_S - 3 s(\bar{P}_S) \quad \text{als wahrscheinlich kleinster Mittelwert des Kollektivs für die Belastung } P_S$$

- (2)  $P_B$  als Belastung in N, bei der Bruch eines Klammerteils, Aufbiegen der Schraubenbolzen und/oder Klammerhaken oder Abrutschen der Klammer eingetreten ist

$$\bar{P}_B = \frac{\sum P_B}{n} \quad \text{als Mittelwert der Belastungen } P_B \text{ bei Versagen der Klammer}$$

$$s_{(P_B)} = \sqrt{\frac{\sum (P_B - \bar{P}_B)^2}{n-1}} \quad \text{als Streuung der Belastungen } P_B \text{ bei Versagen der Klammer}$$

$$s(\bar{P}_B) = \frac{s_{(P_B)}}{\sqrt{n}} \quad \text{als Streuung des Mittelwertes der Belastungen } P_B \text{ bei Versagen der Klammer}$$

$$\bar{P}_{B \min} = \bar{P}_B - 3 s(\bar{P}_B) \quad \text{als wahrscheinlich kleinster Mittelwert des Kollektivs für die Belastung } P_B$$

- (3)  $R_{p0,2}$  und  $R_m$  als Kennwerte des Schraubenbolzenwerkstoffes<sup>1)</sup>, dazu:

$$\bar{R}_{p0,2} \text{ und } \bar{R}_m \quad \text{als Mittelwert der Streckgrenze und der Zugfestigkeit<sup>2)</sup>}$$

$$s_{(R_{p0,2})} \text{ und } s_{(R_m)} \quad \text{als Streuung der Streckgrenzen und Zugfestigkeiten<sup>2)</sup>}$$

$$s(\bar{R}_{p0,2}) \text{ und } s(\bar{R}_m) \quad \text{als Streuung des Mittelwertes der Streckgrenze und der Zugfestigkeit<sup>2)</sup>}$$

1) Die Werte der Bruchdehnung A sind zur Information zu dokumentieren. Eine Möglichkeit zur Ermittlung der Werkstoffkennwerte ist in DIN EN ISO 898-1, Abschnitt 9.7 beschrieben (Zugversuch an abgedrehten Proben).

2) Die Berechnung erfolgt analog mit den in (1) und (2) verwendeten Gleichungen.

Aus diesen Spannungen ist für die primären Spannungen die Vergleichsspannung zu bilden. Für die Summe aus primären und sekundären Spannungen sowie für die Summe aus primären Spannungen, sekundären Spannungen und Spannungsspitzen ist jeweils die Vergleichsspannungsschwingbreite zu bilden (für weitergehende Angaben vergleiche [6]).

## 5.1 Vergleichsspannungen

**5.1.1** Nach Festlegung eines kartesischen Koordinatensystems sind die Summen aller gleichzeitig wirkenden Normal- und Schubspannungen der jeweiligen Achsenrichtung für

- die primären globalen Membranspannungen oder
- die primären lokalen Membranspannungen und
- die Summe aus primären Biegespannungen und entweder den primären globalen oder den lokalen Membranspannungen

gesondert zu bilden.

Hieraus ist die Vergleichsspannung nach *v. Mises* unmittelbar zu berechnen

$$\sigma_{v, \text{v. Mises}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - (\sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_z + \sigma_z \sigma_x)} \quad (1)$$

$$+ 3 (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)$$

**5.1.2** Zur Bildung der Vergleichsspannung nach *Tresca* sind für jeden der drei Fälle nach Abschnitt 5.1.1 a) bis c) unter Berücksichtigung der jeweiligen primären Schubspannungen die Hauptspannungen zu ermitteln, es sei denn, die primären Schubspannungen verschwinden oder sind vernachlässigbar klein, so dass die vorhandenen Normalspannungen bereits die Hauptspannungen darstellen. Die Vergleichsspannung ist dann jeweils gleich der Differenz aus der größten und der kleinsten Hauptspannung.

$$\sigma_{v, \text{Tresca}} = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

Für die drei Fälle nach Abschnitt 5.1.1 a), b) und c) erhält man so die Vergleichsspannung aus  $P_m$ ,  $P_1$  und  $P_m + P_b$  oder  $P_1 + P_b$ .

## 5.2 Vergleichsspannungsschwingbreiten

**5.2.1** Zur Vermeidung des Versagens infolge

- eines unbegrenzt fortschreitenden Dehnungszuwachses infolge zyklischer Belastung,

- Ermüdung (vgl. AD 2000-Merkblatt S 2)

sind die zugehörigen Vergleichsspannungsschwingbreiten aus unterschiedlichen Spannungskategorien zu ermitteln und unterschiedlich zu begrenzen.

**5.2.2** Im Falle nach Abschnitt 5.2.1 a) sind die benötigten Spannungssensoren aus den gleichzeitig wirkenden Spannungen der primären und sekundären Spannungskategorien zu bilden, im Fall b) aus den gleichzeitig wirkenden Spannungen aller Spannungskategorien.

**5.2.3** Aus der Menge der zu betrachtenden Beanspruchungszustände sind unter Verwendung eines festen Koordinatensystems zwei Beanspruchungszustände so auszuwählen, dass die aus der Differenz der zugehörigen Spannungssensoren nach der verwendeten Festigkeitshypothese gebildete Vergleichsspannung ein Maximum wird. Dieses Maximum stellt die Vergleichsspannungsschwingbreite dar.

**5.2.4** Haben die zu betrachtenden Beanspruchungszustände gleichbleibende Hauptspannungsrichtungen, so

genügt es bei der Anwendung der Festigkeitshypothese nach *Tresca*, das Maximum der Differenzen je zweier Hauptspannungsdifferenzen gleicher Paare von Hauptspannungsrichtungen zu bilden. Dieses Maximum stellt dann die Vergleichsspannungsschwingbreite (nach *Tresca*) dar.

## 6 Begrenzung der Vergleichsspannungen und der Vergleichsspannungsschwingbreiten

### 6.1 Allgemeines

**6.1.1** Für jeden Lastfall (Betriebs-, Prüf-, Montage-, Sonderfälle) nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 sind die Vergleichsspannungen und die Vergleichsspannungsschwingbreiten in Abhängigkeit von den mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes zu begrenzen. Die hier verwendeten Begrenzungen gelten für volle Rechteckquerschnitte, wie sie zum Beispiel der betrachteten Spannungsverteilung in Schalen zugrunde gelegt werden. Bei anderen Querschnitten sind die Stützziffern in Abhängigkeit von dem jeweiligen Tragverhalten festzulegen.

**6.1.2** Im Falle der Vergleichsspannungen aus primären Spannungen und der Vergleichsspannungsschwingbreiten aus primären und sekundären Spannungen hat die Begrenzung unter Zugrundelegung des Spannungsvergleichswertes  $f$  (zulässige statische Berechnungsspannung) gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 zu erfolgen.

**6.1.3** Bei der Bildung der zulässigen statischen Berechnungsspannung  $f$  nach AD 2000-Merkblatt S 3/0 darf bei den verschiedenen Lastfällen (Betriebs-, Prüf-, Montage- und Sonderfälle) die örtlich und zeitlich jeweils vorhandene Temperatur verwendet werden.

**6.1.4** Die Vergleichsspannungsschwingbreiten aus primären Spannungen, sekundären Spannungen und Spannungsspitzen sind im Rahmen einer Ermüdungsanalyse nach AD 2000-Merkblatt S 2 zu begrenzen.

### 6.2 Begrenzung der primären Vergleichsspannungen

Die primären Vergleichsspannungen sind für alle Lastfälle gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 zu begrenzen mit

$$P_m \leq f$$

$$P_1 \leq 1,5f$$

$$(P_m + P_b) \text{ oder } (P_1 + P_b) \leq 1,5f$$

$$P_e \leq 1,5f$$

Die Einordnung für  $P_e$  ist abhängig von der Anordnung der betrachteten Stelle im Bauteil zu entscheiden, siehe hierzu Abschnitt 4.3.3.

### 6.3 Begrenzung der primären und sekundären Vergleichsspannungsschwingbreiten

Die primären und sekundären Vergleichsspannungsschwingbreiten sind für alle Betriebsfälle gemäß AD 2000-Merkblatt S 3/0 zu begrenzen mit

$$(P_m + P_b + Q) \text{ bzw. } (P_1 + P_b + Q) \leq 3f$$

$$P_e \leq 3f$$

Bei Stahlguss darf die Vergleichsspannungsschwingbreite anstelle von  $3f$  mit  $4f$  begrenzt werden.

Die Zulässigkeit der Einordnung von  $P_e$  als Sekundärspannung ist abhängig von der Anordnung der betrachteten Stelle im Bauteil zu entscheiden, vgl. Abschnitt 4.3.3.

Tafel 1 (fortgesetzt)

DGR Anhang I Abschnitt	Wesentliche Sicherheitsanforderungen	AD 2000-Merkblatt Abschnitt
4.2 b)	Verwendung von — harmonisierten Normen — europäischer Werkstoffzulassung (EAM) — Einzelgutachten (PMA)	S 6 Abschnitt 1.2 Reihe W W 0 Abschnitt 2.3
4.2 c)	Bewertung des Einzelgutachtens durch die notifizierte Stelle	A 4 Abschnitt 4.2 HP 100 R Abschnitt 5 HP 110 R Abschnitt 5 HP 120 R Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 5.2 N 2 Abschnitt 3.2 S 6 Abschnitt 1.2 W 0 Abschnitt 2.3 und 3.2
4.3	Sicherstellung, dass die verwendeten Werkstoffe den vorgegebenen Anforderungen entsprechen; Bescheinigung mit spezifischer Prüfung der Produkte (Werkstoffnachweise)	A 4 Abschnitt 4.3 HP 8/3 Abschnitt 7 und Tafel 2 HP 100 R Abschnitt 5 HP 110 R Abschnitt 5 HP 120 R Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 3.8 und 5.2 N 2 Abschnitt 6 N 4 Abschnitt 4 Reihe W
	Zertifiziertes QM-System des Werkstoffherstellers mit spezifischer Bewertung der Werkstoffe	W 0 Abschnitt 3.1.2
5	Zusätzliche Anforderungen für befeuerte oder anderweitig beheizte überhitzungsgefährdete Druckgeräte gemäß Artikel 4 Absatz 1 — Dampf- und Heißwassererzeuger  — Prozessheizgeräte für andere Medien als Dampf und Heißwasser	im AD 2000-Regelwerk nicht enthalten  B 0 Abschnitt 5
5 a)	Schutzvorrichtungen zur Begrenzung von Betriebsparametern	A 403 Abschnitt 5 A 404 Abschnitt 6
5 b), c)	Probeentnahmestellen und Vorkehrungen zur Vermeidung von Ablagerungen und/oder Korrosion	A 404 Abschnitt 4
5 d)	Schaffung von Möglichkeiten der sicheren Wärmeabführung nach Abschalten	A 404 Abschnitt 6.2 und 6.4
5 e)	Maßnahmen zur Vermeidung der Ansammlung entzündlicher Gemische und von Flammenrückschlag	A 404 Abschnitt 7
6	Zusätzliche Anforderungen für Rohrleitungen gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe c)	
6 a)	Ausreichende Unterstützung, Befestigung, Verankerung, Ausrichtung oder Vorspannung	HP 100 R Abschnitt 6.2.2 und 6.2.3 HP 110 R Abschnitt 6.2 und 6.3 HP 120 R Abschnitt 6.2
6 b)	Einrichtungen zur Entwässerung bzw. Entfernung von Ablagerungen	HP 100 R Abschnitt 7.4.6 HP 110 R Abschnitt 7.4.9 HP 120 R Abschnitt 7.4.9
6 c)	Berücksichtigung möglicher Schäden durch Turbulenzen und Wirbelbildung	HP 100 R Abschnitt 3 HP 110 R Abschnitt 3 HP 120 R Abschnitt 3