

# AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30

Ausgabe Juni 2017

<b>Herstellung und Prüfung von Druckbehältern</b>	<b>Verfahrensprüfung für Fügeverfahren Verfahrensprüfung für Schweißungen</b>	<b>AD 2000-Merkblatt HP 2/1</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 Qualifikation des Verfahrens.....	2
3 Prüfgrundlagen .....	2
4 Betriebstemperaturen .....	6
5 Erschwerende Bedingungen.....	6
6 Schweißverfahrensprüfungen für spezielle Anwendungen .....	6
7 Sonderfälle.....	6
8 Ergänzung und Wiederholung der Schweißverfahrensprüfung.....	6

Ersatz für Ausgabe Juli 2012; | = 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 wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-richtlinie 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 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 regelt die Verfahrensprüfung für Schweißverbindungen und Auftragschweißungen als Voraussetzung für die Herstellung geschweißter Druckbehälter oder Druckbehälterteile.

## 2 Qualifikation des Verfahrens

**2.1** Hersteller von geschweißten Druckbehältern oder Druckbehälterteilen haben der zuständigen unabhängigen Stelle in einer dem Herstellungsverfahren angepassten Schweißverfahrensprüfung nachzuweisen, dass sie die angewendeten Schweißverfahren beherrschen. Ergänzungsprüfungen sind notwendig, wenn Werkstoffe, Abmessungen oder Schweißverfahren über den Geltungsbereich der Schweißverfahrensprüfung hinaus geändert werden.

**2.2** Die Prüfungen werden unter Aufsicht der zuständigen unabhängigen Stelle durchgeführt. Die zuständige unabhängige Stelle überzeugt sich vom sachgemäßen Durchführen der Schweißverfahrensprüfung und begutachtet die Prüfergebnisse. Die Ergebnisse der Schweißverfahrensprüfung sollen vor Fertigungsbeginn vorliegen.

## 3 Prüfgrundlagen

### 3.1 Allgemeine Festlegungen

Die Feststellung der Eignung des Schweißverfahrens erfolgt nach DIN EN ISO 15607, Abschnitt 6.2 durch Schweißverfahrensprüfungen.

Für Schweißverfahrensprüfungen sind folgende Normen zulässig:

- DIN EN ISO 15614-1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen
- DIN EN ISO 15614-2: Lichtbogenschweißen von Aluminium und seinen Legierungen
- DIN EN ISO 15614-5: Lichtbogenschweißen von Titan, Zirkonium und ihren Legierungen
- DIN EN ISO 15614-6: Lichtbogen- und Gasschweißen von Kupfer und seinen Legierungen
- DIN EN ISO 15614-7: Auftragschweißen
- DIN EN ISO 15614-8: Einschweißen von Rohren in Rohrböden
- DIN EN ISO 15614-11: Elektronenstrahl- und Laserstrahlschweißen
- DIN EN ISO 15614-12: Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen

Wenn Form und Maße der in den vorgenannten Normen festgelegten Prüfstücke die zu schweißende Verbindung nicht angemessen repräsentieren, ist das Schweißverfahren gemäß DIN EN ISO 15613 zu qualifizieren.

Die Einteilung der Werkstoffuntergruppen erfolgt nach DIN CEN ISO/TR 15608:2013.

Für Werkstoffe, die besonderen Korrosionsbedingungen unterliegen (z. B. bei Gefahr von Spannungsrisskorrosion), ist die Schweißverfahrensprüfung darauf abzustimmen.

Sieht die Berechnung für die Kehlnaht einen Mindesteinbrand vor, so ist dieser in einer Schweißverfahrensprüfung nachzuweisen. Diese Prüfung deckt alle Nähte mit einem geforderten geringeren Einbrand ab.

#### 3.1.1 Schweißzusätze

Schweißzusätze schließen andere Schweißzusätze mit vergleichbaren mechanischen Eigenschaften und gleicher nominaler Zusammensetzung ein, wenn für den verwendeten typgleichen Schweißzusatz eine Eignungsfeststellung nach AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 4.3 vorliegt, die den Geltungsbereich der Schweißverfahrensprüfung erfasst.

#### 3.1.2 Wärmebehandlung

Die Schweißverfahrensprüfung gilt für den bei der Prüfung vorliegenden Wärmebehandlungszustand. Die Wärmebehandlung des Prüfstückes ist abweichend von den Normen der Reihe DIN EN ISO 15614 so durchzuführen, dass ein geeigneter Wärmebehandlungszustand wie am Bauteil erreicht wird.

### 3.1.3 Prüfanforderungen für zerstörungsfreie Prüfungen

Die Durchführung und Bewertung der zerstörungsfreien Prüfungen erfolgt nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3.

## 3.2 Ergänzende Festlegungen

### 3.2.1 Ergänzungen für Schweißverfahrensprüfungen an Stahl, Nickel und Nickellegierungen

Die Qualifizierung der Schweißverfahren ist nach DIN EN ISO 15614-1 nachzuweisen.

#### 3.2.1.1 Prüfumfang

Abweichend von DIN EN ISO 15614-1, Abschnitt 7.1 und Tabelle 1 ist Folgendes zu beachten:

- 1) Sofern für den Schweißzusatz keine Eignungsfeststellung gemäß AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 4.3 vorliegt, gilt Folgendes:
  - Eine Längszugprobe ist aus dem reinen Schweißgut nach DIN EN ISO 5178 mit einem Minstdurchmesser von 6 mm aus dem stumpfnahgeschweißten Prüfstück  $\geq 20$  mm Dicke anzufertigen und zu prüfen.
  - Bei Prüfstücken für die Schweißverfahrensprüfung mit einer Dicke unter 20 mm ist eine Längszugprobe aus einer Schweißgutprobe gemäß DIN EN ISO 15792-1:2008, Tabelle 1 (Form 1.3) anzufertigen und zu prüfen. Die Probe muss den Mindestanforderungen an den Grundwerkstoff genügen.
  - Der Geltungsbereich der Schweißverfahrensprüfung ist auf die entsprechende Charge des Schweißzusatzes begrenzt.
- 2) Sofern Kerbschlagproben nach DIN EN ISO 148-1 bei Wanddicken über 5 mm bis 12 mm entnommen werden können, sind diese je Schweißposition nach DIN EN ISO 6947 bei allen Werkstoffgruppen immer aus der Mitte des Schweißgutes zu entnehmen und bei den Werkstoffgruppen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 auch aus dem Schweißnahtübergang (WEZ).
- 3) Mikroschliff an Werkstoffen der Werkstoff(unter)gruppen 8.1 (soweit mit Schweißzusätzen mit  $\leq 3$  % Deltaferrit im Schweißgut verschweißt), 8.2, 10, 41 bis 48. Die Gefügeausbildung ist zu beschreiben und durch Bilder zu belegen.
- 4) Bei nicht artgleich geschweißter Verbindung muss die Probe den in den Konstruktionsfestlegungen für die Verbindung festgelegten Werten genügen. Diese Abweichung ist im Geltungsbereich der Schweißverfahrensprüfung zu dokumentieren.

#### 3.2.1.2 Prüfanforderungen für zerstörende Prüfungen

Für die zerstörenden Prüfungen gilt DIN EN ISO 15614-1 in Verbindung mit Tafel 1.

#### 3.2.1.3 Abweichender Geltungsbereich

##### 3.2.1.3.1 Bezogen auf die Werkstoffdicke

Abweichend von DIN EN ISO 15614-1, Tabelle 5 ist beim einlagigen Schweißen, beim Lage/Gegenlage-Schweißen und bei Verfahren ohne Schweißzusatzwerkstoffe die obere Begrenzung das 1,1-Fache der bei der Schweißverfahrensprüfung geprüften Werkstoffdicke.

##### 3.2.1.3.2 Bezogen auf die Schweißpositionen

Es müssen die bei der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen in der Schweißverfahrensprüfung nachgewiesen werden.

### 3.2.2 Ergänzungen für Schweißverfahrensprüfungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen

#### 3.2.2.1 Prüfumfang

Abweichend von DIN EN ISO 15614-2, Abschnitt 7.1 und Tabelle 1 sowie Abschnitt 7.2 und Bild 5 und 6 sind den Prüfstücken folgende Proben zusätzlich zu entnehmen:

- 1) Kerbschlagproben nach DIN EN ISO 148-1 aus der Mitte des Schweißgutes bei Wanddicken über 5 mm bei den Werkstoffuntergruppen 22.3 und 22.4. Wenn eine Schweißverfahrensprüfung objektbezogen für nicht stoßartig beanspruchte Druckbehälter durchgeführt wird, kann der Kerbschlagbiegeversuch entfallen.
- 2) Mikroschliff bei den Werkstoffgruppen 22 bis 26. Die Gefügeausbildung ist zu beschreiben und durch Bilder zu belegen.
- 3) Schweißgutanalyse bei allen Werkstoffgruppen. Sie kann entfallen, wenn die Analyse des Schweißzusatzes vorliegt.

## 3.2.2.2 Prüfanforderungen für zerstörende Prüfungen

Für die zerstörenden Prüfungen gilt DIN EN ISO 15614-2 und zusätzlich Tafel 2. Wird bei Aluminiumlegierungen der Werkstoffuntergruppen 22.2, 22.3 und 22.4 bei Dicken über 20 mm im Zugversuch quer zur Schweißnaht der Mindestwert der Zugfestigkeit für den Grundwerkstoff nicht erreicht, ist zusätzlich ein Zugversuch an einer Schweißgutprobe mit 10 mm Durchmesser und  $L_0 = 5 d$  durchzuführen, wobei 0,2%-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung zu ermitteln sind.

## 3.2.2.3 Abweichender Geltungsbereich

### 3.2.2.3.1 Bezogen auf die Werkstoffgruppen

- 1) Abweichend von DIN EN ISO 15614-2, Tabelle 4 schließt eine Schweißverfahrensprüfung an Werkstoffuntergruppen der Werkstoffgruppe 22 nur die jeweils niedriger legierten Werkstoffuntergruppen ein.
- 2) Schweißverfahrensprüfungen an Werkstoffen der Werkstoffgruppe 23 gelten nur für den verschweißten Werkstoff.

### 3.2.2.3.2 Bezogen auf die Werkstoffdicke

Abweichend von DIN EN ISO 15614-2, Abschnitt 8.3.2 ist beim einlagigen Schweißen, beim Lage/Gegenlage-Schweißen und bei Verfahren ohne Schweißzusatzwerkstoff die obere Begrenzung das 1,1-Fache der bei der Schweißverfahrensprüfung verwendeten Werkstoffdicke.

### 3.2.2.3.3 Bezogen auf die Schweißpositionen

Es müssen die bei der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen in der Schweißverfahrensprüfung nachgewiesen werden.

## 3.2.3 Ergänzungen für Schweißverfahrensprüfungen an Titan, Zirkonium und ihren Legierungen

### 3.2.3.1 Prüfumfang

Abweichend von DIN EN ISO 15614-5, Abschnitt 7.1 und Tabelle 1 sind folgende Proben zusätzlich den Prüfstücken zu entnehmen:

- 1) Längszugprobe nach DIN EN ISO 5178 mit einem Mindestdurchmesser von 6 mm an Testplatten  $\geq 20$  mm Dicke für Stumpfnähte. Die Probe muss dabei den Mindestanforderungen des Grundwerkstoffes genügen.
- 2) Bei Werkstoffen der Werkstoffgruppen 51 bis 54 sowie 61 und 62 mit Wanddicken über 5 mm Kerbschlagbiegeproben; Kerbform entsprechend der Festlegung für den Grundwerkstoff, Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016.
- 3) Härteprüfung HV 5 am Makroschliff.
- 4) Mikroschliff quer zur Schweißnaht. Die Gefügeausbildung ist zu beschreiben und durch Bilder zu belegen.

### 3.2.3.2 Prüfanforderungen für zerstörende Prüfungen

Für die zerstörenden Prüfungen gilt DIN EN ISO 15614-5.

Zusätzlich gilt:

- 1) Die Kerbschlagarbeit soll der Mindestanforderung für den Grundwerkstoff entsprechen.
- 2) Die bei der Härteprüfung ermittelte Aufhärtung in der Schweißverbindung darf nicht mehr als 50 Härteeinheiten über dem unbeeinflussten Grundwerkstoff liegen.

### 3.2.3.3 Abweichender Geltungsbereich

#### 3.2.3.3.1 Bezogen auf die Werkstoffdicke

Abweichend zu den Regelungen in Abschnitt 8.3.2 der DIN EN ISO 15614-5 ist beim einlagigen Schweißen, beim Lage/Gegenlage-Schweißen und bei Verfahren ohne Schweißzusatzwerkstoff die obere Begrenzung das 1,1-Fache der bei der Schweißverfahrensprüfung verwendeten Werkstoffdicke.

#### 3.2.3.3.2 Bezogen auf die Schweißpositionen

Es müssen die in der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen in der Schweißverfahrensprüfung nachgewiesen werden.

## 3.2.4 Ergänzungen für Schweißverfahrensprüfungen an Kupfer und Kupferlegierungen

### 3.2.4.1 Abweichender Geltungsbereich

#### 3.2.4.1.1 Geltungsbereich für Bleche und Rohre

Abweichend von DIN EN ISO 15614-6, Abschnitt 9.3.2.4 schließt die Qualifizierung für Bleche diejenige für Rohre nicht ein.

#### 3.2.4.1.2 Bezogen auf die Werkstoffdicke

Abweichend von DIN EN ISO 15614-6, Abschnitt 9.3.2 ist beim einlagigen Schweißen, beim Lage/Gegenlage-Schweißen und bei Verfahren ohne Schweißzusatzwerkstoff die obere Begrenzung das 1,1-Fache der bei der Schweißverfahrensprüfung verwendeten Werkstoffdicke.

#### 3.2.4.1.3 Bezogen auf die Schweißpositionen

Es müssen die in der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen in der Schweißverfahrensprüfung nachgewiesen werden.

## 3.2.5 Ergänzungen für Schweißverfahrensprüfungen für das Auftragschweißen

Bei Hartauftragungen ist ergänzend zu DIN EN ISO 15614-7, Abschnitt 7.1 die Wärmeeinflusszone des Trägerwerkstoffes auf etwaige Versprödung zu untersuchen. Hierzu sind dem Prüfstück 2 Biegeproben FBC entsprechend DIN EN ISO 5173, Abschnitt 4 quer zur Schweißfortschrittsrichtung zu entnehmen. Probendicke ca. 10 mm; bei dickerem Trägerwerkstoff ist dieser auf 10 mm abzarbeiten. Die Hartauftragung ist auf 0,5 mm Höhe über Trägerwerkstoff abzarbeiten. Prüfung der Biegeproben mit Dorndurchmesser  $6 \cdot a$ .

Ergänzende Empfehlung zur Probenvorbereitung: In die Hartauftragung sollen im Abstand von ca. 10 mm Querrillen (ca. 2 mm bis 3 mm breit/0,3 mm tief) eingebracht werden. Die Proben werden vorgebogen, um Risse in der Panzerung zu erzeugen. Die Risse in der Panzerung dürfen nicht in die Wärmeeinflusszone oder in den Grundwerkstoff weiterlaufen.

## 3.2.6 Einschweißen von Rohren in Rohrböden

### 3.2.6.1 Prüfumfang und Anforderungen

Ergänzend zu den Festlegungen aus DIN EN ISO 15614-8 ist für Festigkeitsschweißungen von Rohr-Rohrbodenverbindungen an zwei Rohreinschweißungen ein Rohrausdrück- oder -ausziehversuch durchzuführen. Die Mindestzugfestigkeit des Rohrwerkstoffes ist zu erreichen. Eventuelle Abweichungen hiervon müssen in der Konstruktionsfestlegung enthalten sein. Diese Abweichungen sind im Geltungsbereich der Schweißverfahrensprüfung zu dokumentieren.

Die Schlißbeurteilung und die Bewertung der Härteprüfungen erfolgen nach Tafel 1 bzw. nach den Regelungen des Abschnittes 3.2.3 dieses AD 2000-Merkblattes für Werkstoffe der Werkstoffgruppen 51 bis 54, 61 und 62.

## 3.2.7 Elektronen- und Laserstrahlschweißen

### 3.2.7.1 Prüfumfang und Anforderungen

Für Schweißverfahrensprüfungen beim Elektronen- und Laserstrahlschweißen ist die Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 13919-1 und -2 zugrunde zu legen.

Härteprüfungen sind bei Werkstoffen der Werkstoffgruppen 1 bis 7, 9 bis 11 sowie 51 bis 54, 61 und 62 erforderlich.

Vorzugsweise ist die Härte HV 1 zu bestimmen. Die Bewertung der Härteprüfung erfolgt nach Tafel 1 bzw. nach den Regelungen des Abschnittes 3.2.3 für Werkstoffe der Werkstoffgruppen 51 bis 54, 61 und 62.

Die Schlißbeurteilung für Werkstoffe der Werkstoffgruppen 8 und 41 bis 48 erfolgt nach Tafel 1.

Bei Werkstoffen der Werkstoff(unter)gruppen 1 bis 7, 9 bis 11, 22.1, 22.2, 41 bis 48, 51 bis 54 sowie 61 und 62 mit Wanddicken über 5 mm ist eine Kerbschlagbiegeprüfung erforderlich. Die Kerbform entspricht der Festlegung für den Grundwerkstoff, Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016. Anforderungen entsprechend Tafel 1 oder 2 bzw. Abschnitt 3.2.3.2 dieses AD 2000-Merkblattes.

Es sind Querbiegeprüfungen nach DIN EN ISO 5173 durchzuführen. Anforderungen und Bewertung sind den Tafeln 1 und 2 zu entnehmen.

### 3.2.7.2 Abweichender Geltungsbereich

1) bezogen auf die Verbindungsgeometrie:

Es gilt die in der Schweißverfahrensprüfung nachgewiesene maximale Breite der Spalte der Schweißfuge, entsprechend den Toleranzangaben der pWPS.

2) bezogen auf den Grundwerkstoff:

Es gelten die Festlegungen in der DIN EN ISO 15614-1, -2 und -5.

3) bezogen auf den Schweißzusatz:

Das Schweißen ohne und mit Schweißzusatz ist getrennt nachzuweisen.

### 3.2.8 Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen

Es dürfen folgende Schweißprozesse angewendet werden:

- 211 einseitiges Widerstandspunktschweißen;
- 212 zweiseitiges Widerstandspunktschweißen;
- 221 Überlapp-Rollennahtschweißen;
- 231 einseitiges Buckelschweißen;
- 232 beidseitiges Buckelschweißen.

Die Prüfbedingungen für andere Schweißprozesse sind mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.

#### 3.2.8.1 Prüfumfang und Anforderungen

Der Prüfumfang ist in Tafel 3 festgelegt:

Ergänzend zu DIN EN ISO 15614-12, Abschnitt 8.3 gilt die Überprüfung an einem Werkstoff für die jeweilige Werkstoffuntergruppe nach DIN CEN ISO/TR 15608.

Bei unterschiedlichen Werkstoffdicken sind jeweils die Kombinationen mit den dünnsten und dicksten Werkstoffen zu überprüfen. Die Zwischendicken gelten als qualifiziert im Sinne dieser Norm.

## 4 Betriebstemperaturen

4.1 Schweißverfahrensprüfungen gelten von  $-10\text{ °C}$  bis zur oberen für den Grundwerkstoff oder den Schweißzusatz gültigen Anwendungstemperatur.

4.2 Bei Betriebstemperaturen unter  $-10\text{ °C}$  gilt die Schweißverfahrensprüfung im Beanspruchungsfall I bis zur tiefsten Prüftemperatur, bei der die Erfüllung der Anforderungen an die Kerbschlagarbeit erfolgte, jedoch nicht tiefer als die tiefste zulässige Anwendungstemperatur von Grundwerkstoff oder Schweißzusatz. Sofern die Schweißverfahrensprüfung bei der tiefsten Anwendungstemperatur nach AD 2000-Merkblatt W 10, Tafel 1, Spalte 4 durchgeführt wurde, gilt sie auch für die tiefsten Temperaturen der Beanspruchungsfälle II und III.

4.3 Wird bei einer höheren Temperatur als nach AD 2000-Merkblatt W 10, Tafel 1, Spalte 4 geprüft, gelten für die Inanspruchnahme der Schweißverfahrensprüfung für die Beanspruchungsfälle II und III die gleichen Temperaturdifferenzen wie für die Grundwerkstoffe.

## 5 Erschwerende Bedingungen

Sofern erschwerende Bedingungen in Fertigung oder Montage vorliegen, müssen diese bei der Schweißverfahrensprüfung berücksichtigt werden.

## 6 Schweißverfahrensprüfungen für spezielle Anwendungen

Die Durchführung von Schweißverfahrensprüfungen für spezielle Anwendungen erfolgt in Abstimmung mit der zuständigen unabhängigen Stelle.

## 7 Sonderfälle

Wenn für Sonderfälle, z. B. Sickennähte, Schweißen plattierter Stähle, Bestiftungen, sowie für schwierige Ausbesserungen im Zuge der Fertigung an schweißempfindlichen Stählen auf diese Fälle abgestimmte Schweißverfahrensprüfungen erforderlich sind, ist der Geltungsbereich mit der zuständigen unabhängigen Stelle abzustimmen.

## 8 Ergänzung und Wiederholung der Schweißverfahrensprüfung

8.1 Bei wesentlichen Änderungen der festgelegten Bedingungen ist eine Ergänzungsprüfung erforderlich. Die Ergänzungsprüfung kann als Arbeitsprüfung durchgeführt werden.

8.2 Wird die Fertigung von Druckbehältern oder Druckbehälterteilen länger als ein Jahr komplett unterbrochen, so sind die für die neue Fertigung erforderlichen Schweißverfahrensprüfungen durchzuführen.

**Tafel 1 — Prüfanforderungen für Schweißverbindungen an Stählen, Nickel und Nickellegierungen**

Art der Prüfung	Anforderungen		
Querzugversuch nach DIN EN ISO 4136	Zugfestigkeit wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Längszugversuch nach DIN EN ISO 5178 an einer Schweißgutprobe <sup>1)</sup>	Streckgrenze oder 0,2-%-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Kerbschlagbiegeversuch <sup>2)</sup> nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV <sub>2</sub> ) aus der Mitte der Schweißnaht (Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016)	Bei Betriebstemperaturen von –10 °C und höher	Wie für den Grundwerkstoff in Querrichtung festgelegt, jedoch mindestens 27 J <sup>3)</sup> . Davon abweichend gilt bei Verwendung ferritisch-austenitischer, austenitischer und nickel-basislegierter Schweißzusätze ≥ 40 J <sup>3)</sup> . Die Prüfung erfolgt bei tiefster Betriebstemperatur, jedoch nicht tiefer als die Prüftemperatur bei der Prüfung des Grundwerkstoffes und nicht höher als 20 °C.	
	Bei Betriebstemperaturen tiefer als –10 °C	Bei Verwendung ferritischer Schweißzusätze ≥ 27 J <sup>3)</sup> , bei Verwendung ferritisch-austenitischer, austenitischer und nickel-basislegierter Schweißzusätze ≥ 32 J <sup>3)</sup> . Die Prüfung erfolgt bei tiefster Betriebstemperatur. Die Festlegungen in den Abschnitten 4.2 und 4.3 sind zu beachten.	
Kerbschlagbiegeversuch <sup>2)</sup> nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV <sub>2</sub> ) im Bereich des Schweißnahtübergangs (Probenlage und Kerbrichtung VHT nach DIN EN ISO 9016)	Bei Betriebstemperaturen von –10 °C und höher	≥ 27 J <sup>3/4)</sup> bei tiefster Betriebstemperatur, jedoch nicht tiefer als die Prüftemperatur bei der Prüfung des Grundwerkstoffes und nicht höher als 20 °C.	
	Bei Betriebstemperaturen tiefer als –10 °C	≥ 27 J <sup>3/4)</sup> bei tiefster Betriebstemperatur. Die Festlegungen in den Abschnitten 4.2 und 4.3 sind zu beachten.	
Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173	Biegewinkel Grad	Werkstoff	Biegedorn-durchmesser <sup>8)</sup>
	180 <sup>6)</sup>	Werkstoffgruppen <sup>5)</sup> 1 bis 7, 9, 11 mit einer Mindestzugfestigkeit < 430 MPa Mindestzugfestigkeit ≥ 430 bis < 460 MPa Mindestzugfestigkeit ≥ 460 MPa	2 · a 2,5 · a 3 · a
	180 <sup>6)</sup>	Werkstoffgruppen 8, 41-48 Werkstoffgruppe 10 und warmfeste Stähle der Werkstoffgruppe 8	2 · a 3 · a
	≥ 90  < 90	Werden 180 Grad Biegewinkel nicht erreicht, gilt:  Dehnung ( $L_0$ = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) ≥ Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes  Dehnung über Schweißnahtbreite > 30 % <sup>7)</sup> sowie fehlerfreies Bruchaussehen	
Schliffbeurteilung	Bei Mikroschliffen ist eine Untersuchung auf Risse durchzuführen. Dabei sind nur Heißrisse zulässig, und solche nur dann, wenn sie nach Anzahl und Lage nur als vereinzelte Heißrisse festgestellt werden und Einvernehmen mit der zuständigen unabhängigen Stelle über deren Zulässigkeit im Hinblick auf Werkstoff und Anwendungsbereich vorliegt.		
Härteprüfung nach DIN EN ISO 9015-1	Grundsätzlich gelten die Grenzwerte der Tabelle 2 der DIN EN ISO 15614-1. Jedoch sind Werte über 350 HV 10 in schmalen Übergangszonen nur dann nicht zu beanstanden, wenn sie örtlich begrenzt sind. Bei Werkstoffen der Werkstoffuntergruppe 3.2 sind die Grenzwerte mit der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren.		

# AD 2000-Merkblatt

Seite 8 AD 2000-Merkblatt HP 2/1, Ausg. 06.2017

- 1) Die Längszugprobe kann entfallen, wenn für den Schweißzusatz eine Eignungsfeststellung entsprechend AD 2000-Merkblatt W 0, Abschnitt 4.3 vorliegt.
- 2) Bei Proben, die nicht der genormten Breite von 10 mm entsprechen, verringern sich die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit proportional zum Probenquerschnitt.
- 3) Der Mindestmittelwert darf nur von einem Einzelwert, und zwar höchstens um 30 %, unterschritten werden.
- 4) Bei Schweißverbindungen an X20CrMoV11-1 darf dieser Wert um 10 % unterschritten werden.
- 5) Für die Zugfestigkeit ist der kleinste Dickenbereich maßgebend.
- 6) 180 Grad gelten als erfüllt, wenn die Biegeprobe nach DIN EN ISO 5173 geprüft und ohne Anriss durch die Auflager gedrückt wurde.
- 7) Bei nicht artgleich geschweißten Stählen, z. B. X8Ni9, können abweichende Werte mit der zuständigen unabhängigen Stelle vereinbart werden.
- 8) Schweißverfahrensprüfungen, die mit kleineren Biegedorndurchmessern durchgeführt wurden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen.



**Tafel 2 — Prüfanforderungen für Schweißverbindungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen**

Art der Prüfung	Anforderungen		
Querzugversuch nach DIN EN ISO 4136	Zugfestigkeit wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Zugversuch nach DIN EN ISO 5178 an einer Schweißgutprobe	0,2-%-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Kerbschlagbiegeversuch <sup>1)</sup> nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm) aus der Mitte der Schweißnaht (Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016; Mittelwert aus 3 Proben)	Bei Raumtemperatur  Bei Betriebstemperaturen tiefer als –50 °C	≥ 16 J, kein Einzelwert unter 12 J  ≥ 14 J, kein Einzelwert unter 12 J	
Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173	Biegewinkel Grad	Werkstoff	Biegedorn-durchmesser <sup>2)</sup>
	180	EN AW-AI99,98 EN AW-AI99,8 EN AW-AI99,7 EN AW-AI99,5 EN AW-AIMn1	2 · a
	180	EN AW-AIMn1Cu EN AW-AIMg3 EN AW-AIMg2Mn0,8 EN AW-AIMg4,5Mn0,7	4 · a
	≥ 90  oder  < 90	Werden 180 Grad Biegewinkel nicht erreicht, gilt:  Dehnung ( $L_0$ = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) > Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes  Dehnung über Schweißnahtbreite > 20 % sowie fehlerfreies Bruchaussehen	
Schliffbeurteilung	Die Schweißverbindung muss im Makroschliff einen einwandfreien Nahtaufbau und eine einwandfreie Durchschweißung erkennen lassen. Bei Mikroschliffen ist eine Untersuchung auf Risse durchzuführen. Risse sind nicht zulässig.		

1) Nur für Aluminiumlegierungen der Werkstoffgruppe Al 2 nach AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafel 2a. Wenn eine Schweißverfahrensprüfung objektbezogen für nicht stoßartig beanspruchte Druckbehälter durchgeführt wird, kann der Kerbschlagbiegeversuch entfallen.

2) Schweißverfahrensprüfungen, die mit kleineren Biegedorndurchmessern durchgeführt wurden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen.

# AD 2000-Merkblatt

Seite 10 AD 2000-Merkblatt HP 2/1, Ausg. 06.2017

**Tafel 3 — Prüfumfang und Anforderungen für das Punkt-, Rollnaht- und Buckelschweißen**

Prüfstücke/Probe	Prüfart	Probenanzahl	Anforderungen
Einzelpunkt-, Zweipunkt-, Vielpunkt- oder Buckelschweißprobe	Sichtprüfung	alle	
	Oberflächenrissprüfung	100 %	Lineare Anzeigen unzulässig
	Scherzugprüfung oder Kopfzugprüfung <sup>a</sup>	11	
	Makroschliff <sup>b</sup>	2	
	Härteprüfung	2	Tafel 1
Überlapp-Rollennahtprobe (Prüfstück)  Länge min. 350 mm	Sichtprüfung	alle	
	Schälprüfung	11	
	Scherzugprüfung <sup>c</sup>	4	
	Berstdruckprüfung <sup>d</sup>	3	
	Makroschliff <sup>e</sup>	3	
	Härteprüfung	2	Tafel 1
<sup>a</sup> Ersatzprüfung für die Scherzugprüfung bei überwiegend Kopfzugbelastung. <sup>b</sup> Die beiden Schliffe sind um 90° versetzt und senkrecht zur Blechebene zu legen, bei Längsbuckeln in die beiden Hauptachsen. <sup>c</sup> Ersatzprüfung für Schälprüfung, wenn überwiegend Scherzugbeanspruchung vorliegt. <sup>d</sup> Nur wenn Dichtheit verlangt wird (Kissenprobe). <sup>e</sup> 1 Querschliff und 1 Längsschliff.			



---

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)