

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30

Ausgabe Mai 2019

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Herstellung und Prüfung der Verbindungen Arbeitsprüfung an Schweißnähten, Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen	AD 2000-Merkblatt HP 5/2
---	---	-------------------------------------

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.

Inhalt

	Seite
0 Präambel	2
1 Geltungsbereich.....	2
2 Art der Prüfstücke	2
3 Anzahl der Prüfstücke bei Längsnähten	2
4 Anzahl der Prüfstücke bei Rundnähten (getrennt geschweißte Prüfstücke).....	3
5 Anzahl der Prüfstücke bei geschweißten Böden.....	3
6 Auswahl und Abmessungen der Prüfstücke	3
7 Prüfung der Schweißverbindungen.....	3
8 Anforderungen an die Schweißverbindungen.....	4
9 Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen	4

Ersatz für Ausgabe Mai 2011; | = 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 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 Geltungsbereich

Dieses AD 2000-Merkblatt regelt die Prüfung der Güteeigenschaften von Schweißverbindungen sowie die Prüfung der Grundwerkstoffe nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen bei Druckbehältern oder Druckbehälterteilen (Arbeitsprüfungen) aus Stahl, Aluminium und Aluminiumlegierungen, Nickel und Nickellegierungen und reaktiven Metallen. Bei anderen Nichteisenmetallen sind die nachfolgenden Regelungen sinngemäß anzuwenden.

2 Art der Prüfstücke

Bei Druckbehältern oder Druckbehälterteilen mit Längsnähten¹⁾ oder Längs- und Rundnähten, die nach gleichem Schweißverfahren hergestellt werden, sind die nach Abschnitt 3 erforderlichen Prüfstücke in Verlängerung der Längsnaht zu schweißen. Werden nur Rundnähte oder Rundnähte nach anderen Verfahren hergestellt, sind die nach Abschnitt 4 erforderlichen Prüfplatten oder Prüfringe getrennt zu schweißen.

3 Anzahl der Prüfstücke bei Längsnähten

Die Anzahl der Prüfstücke richtet sich nach den verwendeten Werkstoffen, der Anzahl der Schüsse und nach der nach den Tafeln 1b, 2b oder 3b des AD 2000-Merkblattes HP 0 möglichen Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung (K/S) in der Schweißnaht zu 100 % oder 85 %.

Drucktragende Schweißnähte in Halbkugelböden sowie deren Anschlussnaht zum Behältermantel sind wie Längsnähte zu behandeln (siehe AD 2000-Merkblatt B 3, Bild 7).

Die nachfolgend genannten Prüfgruppen sind im AD 2000-Merkblatt HP 0 festgelegt.

Folgende Prüfstücke sind erforderlich:

3.1 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung zu 100 %

3.1.1 Werkstoffe der Prüfgruppen 1, 4.1, 5.1, 6, 7 und Al 1, Ni 1

Unabhängig von der Zahl der Schmelzen ein Prüfstück je Druckbehälter, bei mehr als fünf Schüssen je Druckbehälter zwei Prüfstücke.

Bei wärmebehandelten Druckbehältern ein Prüfstück je Wärmebehandlungslos. Für den Stahl X11CrMo9-1 der Prüfgruppe 4.1 gilt jedoch Abschnitt 3.1.2. Bestehen die Schüsse, Böden oder Segmente des Druckbehälters aus unterschiedlichen Werkstoffsorten, so sind alle verwendeten Werkstoffsorten zu erfassen. In einem Prüfstück können zwei Werkstoffsorten erfasst werden.

3.1.2 Werkstoffe der Prüfgruppen 2, 3, 4.2, 5.2, 5.3, 5.4, 8 und Al 2, Al 3, Ni 2 und Ti 1

Ein Prüfstück je Schmelze und Druckbehälter, bei Druckbehältern mit mehr als fünf Schüssen gleicher Schmelze zwei Prüfstücke. In einem Prüfstück können zwei Schmelzen erfasst werden.

Bei Werkstoffen der Prüfgruppen

- 2 und 5.2, für die keine Wärmebehandlung erforderlich ist,
 - 3 und 5.3 bei Wanddicken < 20 mm oder entsprechend der Wanddickenbegrenzung, für die nach der Eignungsfeststellung auf eine Wärmebehandlung verzichtet werden kann,
 - 5.4, wenn keine Wärmebehandlung durchgeführt wird,
- gilt Abschnitt 3.1.1.

1) Längsnahtgeschweißte Stutzen sind wie Schüsse zu behandeln.

3.1.3 Erleichterungen

Eine Verringerung der Anzahl der Prüfstücke bis auf 10 % ist zulässig, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- 1) Serienfertigung ab 50. Druckbehälter oder jeweils innerhalb des Geltungsbereiches einer Verfahrensprüfung bei den Werkstoffen der Prüfgruppen 1, 2, 6, AI 1, AI 2 und AI 3 nach 25 Arbeitsprüfungen, bei den Werkstoffen der Prüfgruppen 3, 4.1, 5.1 bis 5.4 und 7 nach 50 Arbeitsprüfungen.
- 2) Die Ergebnisse der vorausgegangenen Arbeitsprüfungen müssen den Anforderungen der Tafel 1 oder Tafel 2 genügt haben.

Bei einem Wechsel der Schweißaufsicht und bei längerer Unterbrechung der Fertigung können die Erleichterungen nur in Anspruch genommen werden, wenn die Erfahrungen erhalten geblieben sind.

Flüssigkeitsvergütete Feinkornbaustähle sind von den Erleichterungen ausgenommen.

3.2 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung zu 85 %

Soweit nach den Tafeln 1b, 2b oder 3b des AD 2000-Merkblattes HP 0 die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung der Schweißnaht zu 85 % möglich ist und in Anspruch genommen wird, ist ein Prüfstück an 2 % der Schüsse erforderlich, mindestens jedoch ein Prüfstück je Jahr, Prüfgruppe und Schweißverfahren.

4 Anzahl der Prüfstücke bei Rundnähten (getrennt geschweißte Prüfstücke)

Werden an Druckbehältermänteln nur Rundnähte geschweißt oder hierfür andere Schweißverfahren als für die Längsnähte angewendet, so ist je Prüfgruppe und Schweißverfahren ein Prüfstück je Jahr erforderlich.

5 Anzahl der Prüfstücke bei geschweißten Böden

5.1 Aus geschweißten Ronden hergestellte Böden

Bei Schweißnähten von aus geschweißten Ronden hergestellten Böden – ausgenommen Halbkugelböden – wird nach Abschnitt 4 verfahren, wenn die Schweißnaht oder ihre Verlängerung den Scheitelpunkt von $0,6 \cdot D_a$ schneidet (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 3, Bilder 5 und 6, linkes Teilbild).

5.2 Aus Pressteilen geschweißte Böden

Bei Schweißnähten von aus Pressteilen geschweißten Böden – ausgenommen Halbkugelböden – wird nach Abschnitt 4 verfahren, wenn die Schweißnaht oder ihre Verlängerung den Scheitelpunkt von $0,6 \cdot D_a$ schneidet (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 3, Bilder 5 und 6, linkes Teilbild).

6 Auswahl und Abmessungen der Prüfstücke

6.1 Soweit die Prüfungen schmelzenunabhängig erfolgen, können die Prüfstücke aus Teilen etwa gleicher Dicke (Abweichungen von ± 20 % sind zulässig) entnommen werden. Bei schmelzenabhängiger Prüfung müssen die Prüfstücke in Dicke und Schmelze den ausgeführten Druckbehältern entsprechen. Soweit Erleichterungen nach Abschnitt 3.1.3 in Anspruch genommen werden, können Prüfstücke aus Schmelzen vergleichbarer Zusammensetzung verwendet werden.

Bei Dicken < 10 mm kann die Gesamtterolanz auf eine Seite verlagert werden.

6.2 Die Prüfstücke sind so zu wählen, dass die nach den Tafeln 1b, 2b oder 3b des AD 2000-Merkblattes HP 0 und die gegebenenfalls nach Abschnitt 9 erforderlichen Proben entnommen werden können und die Möglichkeit der Entnahme von Ersatzproben gegeben ist. Die Länge der Schweißnaht soll 300 mm nicht unterschreiten.

Bei getrennt geschweißten Prüfstücken sind die Abmessungen und die Schweißbedingungen dem Bauteil anzupassen.

7 Prüfung der Schweißverbindungen

Die Prüfstücke müssen im gleichen Wärmebehandlungszustand vorliegen, der der letzten Wärmebehandlung des Behälters entspricht. Bei Böden, die aus geschweißten Ronden hergestellt oder aus Pressteilen geschweißt sind, müssen die Prüfstücke im gleichen Wärmebehandlungszustand vorliegen, der der letzten Wärmebehandlung der Böden entspricht. Soweit bei gewölbten Böden auf eine Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen verzichtet werden kann, müssen die Prüfstücke im Wärmebehandlungszustand der Ausgangsbleche vorliegen. Anschließend sind die Proben herauszuarbeiten und zu prüfen.

Die Prüfung erfolgt in Gegenwart der zuständigen unabhängigen Stelle. Der Prüfungsumfang richtet sich hierbei nach dem Werkstoff, der Wanddicke und der Wärmebehandlung und ist den Tafeln 1b, 2b oder 3b des AD 2000-Merkblattes HP 0 zu entnehmen.

In besonderen Fällen können ergänzende oder abweichende Proben vereinbart werden.

Die Probenaufteilung und die Prüfung erfolgen sinngemäß nach AD 2000-Merkblatt HP 2/1.

Bei tiefster Betriebstemperatur unter -200 °C erfolgt die Prüfung der Kerbschlagarbeit bei -196 °C unter der Voraussetzung, dass

- 1) in der Verfahrensprüfung und in der ersten Arbeitsprüfung die Kerbschlagarbeit bei -196 °C und bei tiefster Betriebstemperatur geprüft wird. Hierbei darf kein wesentlicher Abfall der Prüfergebnisse bei der tiefsten Betriebstemperatur gegenüber denen bei -196 °C erfolgen;
- 2) in den weiteren Arbeitsprüfungen die Prüfergebnisse der Kerbschlagarbeit nicht wesentlich von denen abweichen, die in der Verfahrensprüfung oder in der ersten Arbeitsprüfung ermittelt wurden.

8 Anforderungen an die Schweißverbindungen

Für die Anforderungen an die Schweißverbindungen gelten Tafel 1 oder 2.

9 Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen

9.1 Die Prüfung der Grundwerkstoffe nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen erfolgt an den Prüfstücken, die nach den Abschnitten 3.1.1 und 3.1.2 vorgesehen sind.

9.2 Bei den Prüfgruppen 1, 4.1 und 5.1 erfolgt die Prüfung von Zugfestigkeit und Streckgrenze des Grundwerkstoffes nur bei der Durchführung des Quersugversuches nach DIN EN ISO 4136 (jedoch Versuchslänge gleich Schweißnahtbreite + mindestens 80 mm) nach Tafel 1b des AD 2000-Merkblattes HP 0, Spalte 12. Wenn die Prüfergebnisse eine Beurteilung des Grundwerkstoffes nicht erlauben, ist die Entnahme einer Zugprobe aus dem durch das Schweißen unbeeinflussbaren Grundwerkstoff der Prüfstücke erforderlich. In Einzelfällen sind geringfügige Unterschreitungen der Mindeststreckgrenze und Mindestzugfestigkeit bis zu 5 % zulässig. Unterschreitungen der Mindeststreckgrenze und Mindestzugfestigkeit über 5 % bis zu 10 % sind zulässig, wenn der Nachweis geführt wird, dass

- 1) die Wärmebehandlung ordnungsgemäß durchgeführt wurde,
- 2) die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit des Grundwerkstoffes erfüllt sind,
- 3) die Dimensionierung des Druckbehälters noch ausreichend ist.

9.3 Bei den Prüfgruppen 2, 3, 4.2, 5.2 und 5.3 erfolgt die Prüfung von Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung an Zugproben und die Prüfung der Kerbschlagarbeit an Kerbschlagproben, die aus dem durch das Schweißen unbeeinflussten Grundwerkstoff der Prüfstücke für jede Schmelze entnommen werden. Bruchdehnung und Kerbschlagarbeit müssen den Anforderungen an den Grundwerkstoff (Prüfung – soweit möglich – in Querrichtung) genügen. In Einzelfällen sind geringfügige Unterschreitungen der Mindeststreckgrenze und Mindestzugfestigkeit bis zu 5 % zulässig. Unterschreitungen der Mindeststreckgrenze und Mindestzugfestigkeit über 5 % bis zu 10 % sind zulässig, wenn der Nachweis geführt wird, dass

- 1) die Wärmebehandlung ordnungsgemäß durchgeführt wurde,
- 2) die Dimensionierung des Druckbehälters noch ausreichend ist.

Tafel 1 — Prüfanforderungen für Schweißverbindungen an Stählen, Nickel und Nickellegierungen (für die Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung nach dem Schweißen gilt Abschnitt 9)

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	Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung wie für den Grundwerkstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt		
Kerbschlagbiegeversuch ¹⁾ nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV ₂) 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 ²⁾ . Bei Verwendung ferritisch-austenitischer, austenitischer und nickelbasislegierter Schweißzusätze ≥ 40 J ²⁾ . 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 ⁷⁾ tiefer als –10 °C	Wie für den Grundwerkstoff in Querrichtung festgelegt. Bei Verwendung ferritischer Schweißzusätze ≥ 27 J ²⁾ , bei Verwendung ferritisch-austenitischer, austenitischer und nickelbasislegierter Schweißzusätze ≥ 32 J ²⁾⁶⁾ . Prüftemperatur wie in AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafel 1b bzw. 3b, Spalte 9 festgelegt.	
Kerbschlagbiegeversuch ¹⁾ nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV ₂) im Bereich des Schweißnahtübergangs (Probenlage und Kerbrichtung VHT nach DIN EN ISO 9016)	Bei Betriebstemperaturen von –10 °C und höher	≥ 27 J ²⁾³⁾ bei tiefster Betriebstemperatur, jedoch nicht tiefer als die Prüftemperatur bei der Prüfung des Grundwerkstoffes und nicht höher als 20 °C.	
	Bei Betriebstemperaturen ⁷⁾ tiefer als –10 °C	≥ 27 J ²⁾³⁾ bei einer Prüftemperatur wie in AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafel 1b bzw. 3b, Spalte 9 festgelegt.	
Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173	Biegewinkel Grad	Festigkeitsgruppe (maßgeblich ist der kleinste Dickenbereich)	Biegedorn-durchmesser ⁸⁾
	180 ⁴⁾	Ferritische Stähle mit einer Mindestzugfestigkeit < 430 MPa Mindestzugfestigkeit ≥ 430 bis < 460 MPa Mindestzugfestigkeit ≥ 460 MPa	2 · a 2,5 · a 3 · a
	180 ⁴⁾	Nichtrostende und kaltzähe austenitische Stähle Ferritisch-austenitische Stähle Nickel und Nickellegierungen Warmfeste austenitische Stähle	2 · a 3 · a 2 · a 3 · a
	≥ 90	Werden 180 Grad Biegewinkel nicht erreicht, gilt: Dehnung (L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) ≥ Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes	
	< 90	Dehnung über Schweißnahtbreite > 30 % ⁵⁾ sowie fehlerfreies Bruchaussehen	
Schliffbeurteilung	Die Schweißverbindung muss im Makroschliff einen einwandfreien Nahtaufbau und eine einwandfreie Durchschweißung der Naht erkennen lassen. 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 6 AD 2000-Merkblatt HP 5/2, Ausg. 05.2019

- 1) Bei Proben, die nicht der genormten Breite von 10 mm entsprechen, verringern sich die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit proportional dem Probenquerschnitt.
- 2) Der Mindestmittelwert darf nur von einem Einzelwert, und zwar höchstens um 30 %, unterschritten werden.
- 3) Bei Schweißverbindungen an X20CrMoV11-1 darf dieser Wert um 10 % unterschritten werden.
- 4) 180 Grad gelten als erfüllt, wenn die Biegeprobe nach DIN EN ISO 5173 geprüft und ohne Anriss durch die Auflager gedrückt wurde.
- 5) Bei nicht artgleich geschweißten Stählen, z. B. X8Ni9, können abweichende Werte mit der zuständigen unabhängigen Stelle vereinbart werden.
- 6) Bei tiefster Betriebstemperatur unter -200 °C erfolgt die Prüfung der Kerbschlagarbeit bei -196 °C unter der Voraussetzung, dass in der Verfahrensprüfung und in der ersten Arbeitsprüfung die Kerbschlagarbeit bei -196 °C und bei tiefster Betriebstemperatur geprüft wird. Hierbei darf kein wesentlicher Abfall der Prüfergebnisse bei der tiefsten Betriebstemperatur gegenüber denen bei -196 °C erfolgen; dürfen in den weiteren Arbeitsprüfungen die Prüfergebnisse der Kerbschlagarbeit nicht wesentlich von denen abweichen, die in der Verfahrensprüfung bzw. in der ersten Arbeitsprüfung ermittelt wurden.
- 7) Liegt die tiefste Betriebstemperatur höher als nach AD 2000-Merkblatt W 10, Tafel 1, Spalte 4, gelten bei Inanspruchnahme der Beanspruchungsfälle II und III nach AD 2000-Merkblatt W 10 die gleichen Temperaturdifferenzen wie für die Grundwerkstoffe (vgl. AD 2000-Merkblatt HP 2/1, Abschnitt 4.3).
- 8) Mit a = Dicke der Biegeprobe. Verfahrensprüfungen, 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 Grundstoff 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 ¹⁾ 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 bei $t \leq 15$ mm Querbiegeproben ober-/wurzelseitig bei $t > 15$ mm Seitenbiegeproben	Biegewinkel Grad	Werkstoff und Werkstoffzustand	Biegedorn-durchmesser ²⁾
	180	EN AW-AI99,98 EN AW-AI99,8 EN AW-AI99,7 EN AW-AI99,5 EN AW-AIMn1	$2 \cdot a$
	180	EN AW-AIMn1Cu EN AW-AIMg3 EN AW-AIMg2Mn0,8 EN AW-AIMg4,5Mn0,7	$4 \cdot a$
	≥ 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.		

¹⁾ Nur für Aluminiumlegierungen der Werkstoffuntergruppen 22.1 bis 22.4 nach AD 2000-Merkblatt HP 0, Tafel 2a bei Druckbehältern, bei denen mit stoßartiger Beanspruchung gerechnet werden muss.

²⁾ Mit a = Dicke der Biegeprobe. Verfahrensprüfungen, die mit einem kleineren Biegedorndurchmesser durchgeführt wurden, erfüllen ebenfalls die Anforderungen.

Tafel 3 — Prüfanforderungen für Titan, Zirkonium und ihre Legierungen

Art der Prüfung	Anforderungen	
Querzugversuch nach DIN EN ISO 9015-1	Zugfestigkeit wie für den Grundstoff oder wie in der Eignungsfeststellung für den Schweißzusatz festgelegt	
Kerbschlagbiegeversuch ¹⁾ nach DIN EN ISO 148-1 (Radius der Hammerfinne 2 mm, KV ₂) aus der Mitte der Schweißnaht (Probenlage und Kerbrichtung VWT nach DIN EN ISO 9016; Mittelwert aus 3 Proben)	Bei Betriebstemperaturen des Beschickungsgutes von –10 °C und höher	Wie für den Grundwerkstoff in Querrichtung festgelegt. Prüftemperatur wie bei der Prüfung des Grundwerkstoffes festgelegt.
Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173	Biegedorndurchmesser, Biegewinkel und Anforderungen nach DIN EN ISO 15614-5, Abschnitt 7.4.3. Während der Prüfung dürfen keine Anrisse auftreten.	
Querbiegeproben ober-/wurzelseitig	Biegewinkel Grad ≥ 90	Wird der Biegewinkel gemäß Norm nicht erreicht, gilt: Dehnung (L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) ≥ Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffes
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. Am Makroschliff ist eine Härteprüfung HV 5 durchzuführen. Die ermittelte Aufhärtung in der Schweißverbindung darf nicht mehr als 50 Härteeinheiten über dem unbeeinflussten Grundwerkstoff liegen.	

¹⁾ Bei Proben, die nicht der genormten Breite von 10 mm entsprechen, verringern sich die Anforderungen an die Kerbschlagarbeit proportional dem Probenquerschnitt.

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
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de