

DIN EN 12732



ICS 25.160.40

Entwurf

Einsprüche bis 2020-06-03
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12732:2014-07

**Gasinfrastruktur –
Schweißen an Rohrleitungen aus Stahl –
Funktionale Anforderungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12732:2020**

Gas infrastructure –
Welding steel pipework –
Functional requirements;
German and English version prEN 12732:2020

Infrastructures gazières –
Soudage des tuyauteries en acier –
Prescriptions fonctionnelles;
Version allemande et anglaise prEN 12732:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-04-03 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nagas@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas), 53058 Bonn, Postfach 14 03 62 oder Josef-Wirmer-Str. 1 - 3, 53123 Bonn.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 164 Seiten

DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas)

Nationales Vorwort

Das europäische Dokument (prEN 12732:2020) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 234 „Gasinfrastruktur“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war für die Bearbeitung das Spiegelgremium NA 032-02-01 AA Gastransportleitungen des Normenausschusses Gastechnik (NAGas) verantwortlich und wurde durch den Arbeitsausschuss NA 032-02-08 AA „Werkstoffe und Schweißtechnik“ fachlich unterstützt.

Der Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) ist Mitträger dieser Norm.

Dieses Dokument wird EN 12732:2013+A1:2014 ersetzen.

In der aktuellen EN 12732 wurde der vollständige Text neu überdacht und überarbeitet, um die Lesbarkeit zu verbessern. Ein Abschnitt, der wiedergibt, dass die EN 12732 auch für Rohrleitungen zum Transport von nicht-konventionellen Gasen wie Biomethan und Wasserstoff anwendbar ist, wurde ergänzt.

Als detailliertere technische Regel im Sinne des Anwendungsbereichs der EN 12732 gilt insbesondere das DVGW-Arbeitsblatt GW 350. Die anderen Normen, welche im CEN/TC 234 erstellt wurden, werden in gleicher Weise durch DVGW-Arbeitsblätter ergänzt.

Es ist vorgesehen, diese Norm in das DVGW-Regelwerk „Gas“ aufzunehmen.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12732:2014-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ergänzung, dass die EN 12732 auch für Rohrleitungen zum Transport von nicht-konventionellen Gasen wie Biomethan und Wasserstoff anwendbar ist;
- b) Anforderungen der verschiedenen Qualitätsanforderungsstufen wurden in den Haupttext aufgenommen;
- c) Ergänzung einer Tabelle mit NDE-Normen;
- d) Überarbeitung von Anhang A und Anhang D;
- e) Ergänzung eines neuen Anhangs E für die AUT-Prüfung.

Gasinfrastruktur — Schweißen an Rohrleitungen aus Stahl — Funktionale Anforderungen

Infrastructures gazières — Soudage des tuyauteries en acier — Prescriptions fonctionnelles

Gas infrastructure — Welding steel pipework — Functional requirements

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.10b

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Definitionen	10
4 Qualitätssicherungssystem	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Schweißunternehmen	13
4.3 Anforderungen an das Schweißverfahren	13
4.4 Schweißer	14
4.5 Schweißaufsicht und Personal für die Koordination von Schweißaufgaben	14
4.6 Prüfunternehmen und Prüfpersonal	15
4.6.1 Allgemeines	15
4.6.2 Zerstörungsfreie Prüfung (NDT; en: non-destructive testing)	15
4.6.3 Prüfpersonal zerstörende Prüfung (DT)	15
5 Schweißzusätze	15
6 Durchführung der Schweißarbeiten	16
6.1 Allgemeine Anforderungen	16
6.1.1 Allgemeines	16
6.1.2 Arbeitsraum	16
6.1.3 Anordnung von Schweißverbindungen	16
6.1.4 Nahtarten	16
6.1.5 Nahtabstände	16
6.1.6 Ungleiche Wanddicken	17
6.1.7 Dopplungen	17
6.1.8 Wechselwirkung von Längs- oder Spiralnähten an einer Umfangsschweißnaht	17
6.2 Schweißnahtvorbereitung	17
6.2.1 Vorbereitung der Schweißkanten	17
6.2.2 Zentrieren der Schweißnähte	18
6.3 Vorwärmung	18
6.4 Heften	18
6.5 Schweißen	19
6.6 Nachbehandlung	19
6.7 Ausbessern von Schweißnahtfehlern	20
6.8 Zerstörende Prüfung von Produktionsschweißnähten für Auslegungsdruck über 16 bar	20
7 Befestigungs- und Betriebsschweißen	21
7.1 Allgemeines	21
7.2 Anschweißen von Konstruktionsteilen	21
7.3 Anbringen von Anschlüssen für kathodischen Korrosionsschutz	21
7.4 Anbohren und Schweißen an in Betrieb befindlichen Rohrleitungen und Systemen	22
8 Schweißnahtprüfung	22
8.1 Allgemeines	22
8.2 Prüfumfang	22
8.3 Zerstörungsfreie Prüfung, Bewertungsstufen und Abnahmekriterien	24
8.4 Zeitpunkt der Prüfung	25

8.5	Einbinden von Schweißnähten für Auslegungsdruck über 16 bar	25
8.6	Dokumentation von Prüfergebnissen.....	25
8.7	Anforderungen an die Dokumentation	26
9	Mess-, Regel- und Verdichterstationen	27
Anhang A (normativ) Qualifikation von Rohrleitungsschweißern und Bedienern von mechanisierten Schweißgeräten für Stahlrohrleitungen.....		28
A.1	Allgemeines	28
A.2	Zusätzliche Anforderungen zu EN ISO 9606-1:2017 und EN ISO 14732:2013	28
A.2.1	Geschweißte Länge	28
A.2.2	Schweißbedingungen.....	28
A.2.3	Bestätigung der Gültigkeit	28
A.2.4	Erneute Validierung der Schweißer	28
A.2.5	Entzug der Qualifikation.....	29
A.2.6	Prüfungsbescheinigung der Schweißerqualifikation	29
A.2.7	Bezeichnung	29
A.3	Zusätzliche Anforderungen an Bediener von mechanisierten Schweißgeräten.....	29
Anhang B (informativ) Prüfung von Dopplungsfehlern.....		30
Anhang C (informativ) Beugungslaufzeittechnik (TOFD)		31
C.1	Allgemeines	31
C.2	Ergänzende und ersetzende Anforderungen zur EN ISO 10863:2011	31
C.2.1	Ergänzung in dem gesamten Dokument EN ISO 10863:2011.....	31
C.2.2	Ergänzung zur EN ISO 10863:2011, Abschnitt 3, „Begriffe“	31
C.2.3	Ergänzung zu EN ISO 10863:2011, Abschnitt 5, „Prüfklassen“	33
C.2.4	Ergänzung zu EN ISO 10863:2011, 7.2.2 „Ultraschall-Prüfköpfe“	33
C.2.5	Ersatz von EN ISO 10863:2011, Abschnitt 11, dritter Absatz „Schweißnahtprüfung“	33
C.2.6	Ersatz von EN ISO 10863:2011, 12.5.2 „Größenbestimmung“	33
Anhang D (normativ) Kritische Gesichtspunkte für das Anbohren oder Schweißen an in Betrieb befindlichen Leitungen.....		39
D.1	Allgemeines	39
D.2	Verfahrensvorschriften.....	39
D.3	Aufsicht	40
D.4	Sicherheitsmaßnahmen	41
D.5	Schweißzusätze	41
D.6	Schweißanweisung (WPS).....	41
D.7	Schweißverfahrens-Qualifikation für Schweißen im Betrieb.....	41
D.8	Ausbildung der Schweißer	41
D.9	Schweißnahtvorbereitung langer Nähte	42
D.10	Schweißnahtvorbereitung kreisförmiger Nähte	42
D.11	Reparatur	42
D.12	Zerstörungsfreie Prüfung.....	42
D.13	Druckprüfung	42
D.14	Dokumentation	42
Anhang E (normativ) AUT-Untersuchung der Fugen		43
E.1	Anwendungsbereich.....	43
E.2	Allgemeine Anforderungen	43
E.3	AUT-Qualitätssicherung.....	43
E.3.1	Inhalt der Verfahrensanweisung.....	44
E.3.2	Ausrüstung und Komponenten von Ultraschallsystemen.....	46
E.3.3	Referenzblöcke.....	46
E.3.4	Einrichtung der Aufzeichnung.....	47
E.3.5	Umfangsab tastgeschwindigkeit.....	47
E.3.6	Software	48
E.3.7	Referenzlinie, Bandposition und Beschichtungsschnitt	48

E.3.8	Bediener.....	48	
E.3.9	Kalibrierung (Einstellung der Empfindlichkeit).....	49	
E.4	Inspektion vor Ort.....	52	
E.5	Anpassungen des AUT-Systems.....	53	
E.6	Abnahmekriterien Stufe 1.....	53	
E.7	Abnahmekriterien Stufe 2.....	55	
Anhang F (informativ) Manuelle Prüfung von Schweißverbindungen mit Ultraschall an			
	Wanddicken von etwa 6 mm bis 8 mm	59	
F.1	Allgemeines	59	
F.2	Entfernungsjustierung.....	59	
F.3	Empfindlichkeitseinstellung nach der AVG-Methode	59	
Anhang G (normativ) EPRG-Abnahmekriterien			63
G.1	EPRG-Fehlerakzeptanzgrenzen und Fehlergrenzen.....	63	
G.1.1	Anforderungen	63	
Anhang H (normativ) Visuelle Akzeptanzkriterien nach EN ISO 5817:2014			70
Anhang I (Normativ) RT-Abnahmekriterien nach EN ISO 10675 und EN ISO 5817:2014			72
Anhang J (normativ) Alternative Methode und Akzeptanzkriterien für die UT-Inspektion			74
J.1	AVG-Methode.....	74	
J.2	Vergleichskörpermethode	74	
J.3	Allgemeines	74	
Anhang K (informativ) Löten und aluminothermisches Schweißen von Anschlüssen für den			
	kathodischen Korrosionsschutz	76	
K.1	Verbindungstechniken	76	
K.2	Eignung des Verfahrens	76	
K.3	Qualifikation der Arbeitsdurchführung.....	77	
K.4	Durchführung von Bauarbeiten	77	
Anhang L (informativ) Wesentliche technische Änderungen dieser Europäischen Norm			
	gegenüber der vorhergehenden Ausgabe	78	
Literaturhinweise.....			79

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12732:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 234 „Gasinfrastruktur“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12732:2013+A1:2014 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter dem Normungsauftrag M/17 erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Im Anhang L sind die wesentlichen technischen Änderungen zwischen diesem Dokument und der Vorgängerversion enthalten.

Von CEN/TC 234 „Gasinfrastruktur“ ist eine vollständige Serie von Funktionsnormen erstellt worden, die alle Teile des Gasversorgungssystems vom Ort der Gaseinspeisung in das Transportsystem bis zum Anschluss am häuslichen, gewerblichen oder industriellen Gasgerät behandelt.

Bei der Erstellung dieses Dokuments wurde ein grundlegendes Verständnis der Gasinfrastruktur durch den Benutzer vorausgesetzt.

Die Gasinfrastruktur ist komplex, und der hohe Stellenwert der Sicherheit, der ihrer Errichtung und Verwendung beigemessen wird, hat zur Entwicklung sehr detaillierter Arbeitsblätter und Betriebsanweisungen in den Mitgliedsländern geführt. Diese detaillierten Festlegungen umfassen allgemein anerkannte Normen der Gastechnik sowie die spezifischen Anforderungen, die durch die gesetzlichen Strukturen der Mitgliedsländer vorgegeben werden.

CEN/TC 234 wird seine Arbeit fortsetzen und diese Norm in regelmäßigen Abständen an die neuesten Entwicklungen anpassen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält Anforderungen für die Herstellung und Prüfung von Schweißverbindungen für die Errichtung und Änderungen (einschließlich Schweißen an in Betrieb befindlichen Leitungen) von erdverlegten Stahlrohrleitungen und Anlagen, die in der Gasinfrastruktur verwendet werden. Dazu gehören alle Druckbereiche und aufbereitetes, ungiftiges und nicht korrosives Erdgas nach EN ISO 13686 und nichtkonventionelle Gase wie (eingespeistes) Biomethan und Wasserstoff, wo:

- die Leitungsbauteile aus nicht legiertem oder niedrig legiertem Kohlenstoffstahl bestehen;
- alle Leitungen und Anlagen, die sich auf Gewerbe- oder Werksgelände befinden, ausschließlich der Versorgung solcher Grundstücke dienen und kein wesentlicher Bestandteil der Anlagen für Betriebsabläufe auf diesem Gelände sind;
- es sich nicht um Leitungen innerhalb von Hausinstallationen handelt, die EN 1775 unterliegen;
- die Auslegungstemperatur zwischen -40 °C bis einschließlich 120 °C liegt.

Für eingespeistes Biomethan oder Wasserstoff ist eine detaillierte technische Bewertung der funktionellen Anforderungen erforderlich, um sicherzustellen, dass es keine anderen Bestandteile oder Eigenschaften der Gase gibt, die die Integrität der Leitung beeinträchtigen können.

Dieses Dokument ist nicht auf Schweißnähte anwendbar, die vor der Veröffentlichung dieses Dokuments erstellt wurden.

Tabelle 1 ordnet die Anwendungsbereiche in Abhängigkeit vom Betriebsdruck sowie vom eingesetzten Rohrwerkstoff bestimmten Qualitätsanforderungsstufen zu.

Bei Verwendung dieser Norm wird vom Leitungsbetreiber Folgendes definiert, der zutreffende Absatz ist in Klammern angegeben;

- a) Anwendbare Qualitätsanforderungsstufe. (Geltungsbereich)
- b) Anwendbare Qualitätsanforderungen sind in Tabelle 2 definiert. (4.1)
- c) Es gibt spezifische Anforderungen an VT-Tests, Personal und/oder Qualifikation. (4.1)
- d) Anwendbare Normen für die Schweißerqualifikation. (4.3)
- e) Es sind alle Zugversuche vom reinen Schweißgut erforderlich. (4.3)
- f) Wenn das Verfahren 311 verwendet wird, geltende Anforderungen für die Schweißerqualifizierung. (4.4)
- g) Für Stufe B und C sind Chargenzertifikate für Schweißzusätze erforderlich, wobei der Leitungsbetreiber bei Bedarf den Inhalt des Zertifikats festlegen muss. (Abschnitt 5)
- h) Für Füllstoffe, die nicht den aufgeführten europäischen Normen entsprechen, ist Chargenqualifizierung mit WPQR zulässig. (Abschnitt 5)
- i) Bei Überlappung ist Schweißmaterial erforderlich. (Abschnitt 5)
- j) Wenn Warmverformung zur Kompensation von Ausrichtungsfehlern erlaubt ist für Materialien von $R_{t0,5} \leq 360\text{ MPa}$. (6.2.2)
- k) Die Schweißnaht ist nach Abschluss des Schweißens immer abzudecken. (6.6)

- l) Für Anforderungen der Stufe D für Reparaturschweißverfahren. (6.7)
- m) Umfang der Techniken zur zerstörungsfreien Prüfung. (8.2)
- n) Alternative Abnahmekriterien, falls zutreffend. (8.3)
- o) Wenn alternative Kriterien nach Anhang G verwendet werden, wenn alternative Überlappungskriterien fürs Schweißen anwendbar sind.

Tabelle 1 — Zuordnung von Qualitätsanforderungsstufen

Qualitätsanforderungsstufe	Anwendungsbereich
B	≤ 5 bar Gruppen 1.1, 1.2 und 1.4 nach CEN ISO/TR 15608 $R_{t0,5} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ Beispiele: Versorgungsleitungen und Hausanschlussleitungen in Gasverteilungssystemen, Rohrleitungen in Anlagen
C	$> 5 \text{ bar} \leq 16 \text{ bar}$ Gruppen 1.1, 1.2 und 1.4 nach CEN ISO/TR 15608 $R_{t0,5} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ Beispiele: Fernleitungen einschließlich Rohrleitungen in Anlagen und in Gasverteilungssystemen
D	$> 16 \text{ bar}^a$ Gruppen 1, 2 und 3 nach CEN ISO/TR 15608 Beispiele: Fernleitungen einschließlich Rohrleitungen in Anlagen und in Gastransportsystemen
Legende $R_{t0,5}$ ist die Dehngrenze bei 0,5 % der gesamten Dehnung (spezifizierter Mindestwert) nach EN ISO 3183.	
ANMERKUNG 1 Die bislang separate Qualitätsanforderungsstufe A für Versorgungsleitungen bis 100 mbar in der EN 12732:2000 ist nun in der Qualitätsanforderungsstufe B eingeschlossen und wurde aus dieser Tabelle gelöscht.	
ANMERKUNG 2 Gasinfrastruktur mit einem MOP bis 16 bar wird in der Regel der Gasverteilung zugeordnet.	
^a Rohrleitungen, deren tatsächliche Umfangsspannung bei Auslegungsdruck $\leq 30 \%$ von $R_{t0,5}$ und deren Betriebsdruck $\leq 24 \text{ bar}$ beträgt, dürfen vom Leitungsbetreiber der Qualitätsanforderungsstufe C zugeordnet werden.	

Zusätzliche Anforderungen dürfen festgelegt werden, wenn z. B.:

- die Beanspruchung der Rohrleitungen und Anlagen,
- die Werkstoffe,
- die Trassenführung,
- die Planung oder die Schweißmethode

als kritisch betrachtet werden.

Dieses Dokument legt gemeinsame Grundprinzipien für die Gasinfrastruktur fest. Anwender dieses Dokuments sollten sich dessen bewusst sein, dass detailliertere nationale Normen bzw. Technische Regeln in den CEN-Mitgliedsländern existieren können.

Dieses Dokument ist für die Anwendung in Verbindung mit diesen nationalen Normen und/oder Verfahrensregeln vorgesehen, welche die vorstehend genannten Grundsätze darlegen.

Beim Auftreten von Widersprüchen aufgrund restriktiver Anforderungen in nationalen Gesetzen/Vorschriften als in diesem Dokument gefordert, haben nationale Gesetze/Vorschriften Vorrang wie in der CEN/TR 13737 (alle Teile) dargestellt.

ANMERKUNG CEN/TR 13737 (alle Teile) enthält:

- Klärung relevanter Rechtsvorschriften/Regelungen anwendbar in einem Land;
- gegebenenfalls restriktivere nationale Anforderungen;
- nationale Anlaufstelle für die neusten Informationen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 1708-1, *Schweißen — Verbindungselemente beim Schweißen von Stahl — Teil 1: Druckbeanspruchte Bauteile*

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN ISO 636, *Schweißzusätze — Stäbe, Drähte und Schweißgut zum Wolfram-Inertgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 636)*

EN ISO 2560, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 2560:2009)*

EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817)*

EN ISO 6520-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen — Teil 1: Schmelzschweißen (ISO 6520-1)*

EN ISO 9606-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1)*

EN ISO 9692-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Arten der Schweißnahtvorbereitung — Teil 1: Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen, Gasschweißen, WIG-Schweißen und Strahlschweißen von Stählen (ISO 9692-1)*

EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712)*

EN ISO 13588, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Anwendung von automatisierter phasengesteuerter Array-Technologie (ISO 13588)*

EN ISO 14171, *Schweißzusätze — Massivdrahtelektroden, Fülldrahtelektroden und Draht-Pulver-Kombinationen zum Unterpulverschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 14171)*

EN ISO 14174, *Schweißzusätze — Pulver zum Unterpulverschweißen und Elektroschlackeschweißen — Einteilung (ISO 14174)*

EN ISO 14175, *Schweißzusätze — Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse (ISO 14175)*

EN ISO 14341, *Schweißzusätze — Drahtelektroden und Schweißgut zum Metall-Schutzgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 14341)*

EN ISO 14732, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732)*

EN ISO 15609-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1)*

EN ISO 15609-2, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 2: Gasschweißen (ISO 15609-2)*

EN ISO 15614-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1)*

EN ISO/IEC 17020, *Konformitätsbewertung — Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen (ISO/IEC 17020)*

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025)*

EN ISO 17636-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen (ISO 17636-1)*

EN ISO 17636-2, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO 17636-2)*

EN ISO 17637, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen (ISO 17637)*

EN ISO 17638, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung (ISO 17638)*

EN ISO 17640, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Techniken, Prüfklassen und Bewertung (ISO 17640)*

EN ISO 18275, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von hochfesten Stählen — Einteilung (ISO 18275)*

EN ISO 19285, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Phasengesteuertes Array-Ultraschallprüfung (PAUT) — Zulässigkeitsgrenzen (ISO 19285)*

3 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Auslegungsdruck

DP (en: design pressure)

Druck, auf dem die Konstruktionsberechnungen beruhen

3.2

Auslegungstemperatur

DT (en: design temperature)

Temperatur, auf der die Konstruktionsberechnungen beruhen

3.3

Gas

bei einer Temperatur von 15 °C und Atmosphärendruck (1,013 25 bar absolut) in gasförmigem Zustand vorliegender Brennstoff

3.4

Gasinfrastruktur

alle Leitungen, Anlagen und Einrichtungen des Gasversorgungssystems vom Ort der Gaseinspeisung in das Transportsystem bis zum Anschluss am häuslichen, gewerblichen oder industriellen Gasgerät

3.5

Gasverteilungsnetz

zur Versorgung der Verbraucher erforderliches Leitungssystem einschließlich aller ober- und unterirdischen Leitungen sowie sonstiger Anlagen

3.6

Gastransport

leitungsgebundene Beförderung von Gas zur Belieferung von Gasverteilungsnetzen oder Industrieabnehmern

3.7

Anlage

System zur Gewinnung, Förderung, Aufbereitung, Messung, Regelung, Speicherung oder Übernahme des transportierten Gases

3.8

Nationale Anforderungen

Anforderungen, die sich aus der geltenden nationalen Gesetzgebung oder nationalen Normen ergeben

3.9

landverlegte Leitung

erdverlegte und/oder oberirdisch verlegte Rohrleitung einschließlich der in oder durch Binnenseen oder Wasserläufe verlegte Abschnitte

3.10

Leitungssystem

System aus Leitungen und den zugehörigen Einrichtungen sowie Stationen bis zur Lieferstelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Leitungen sind hauptsächlich erdverlegt, können aber auch oberirdische Abschnitte aufweisen.

3.11

Rohrleitungsteile

Teile aus denen ein Leitungssystem besteht. Die folgenden Elemente sind unterschiedliche Rohrleitungselemente: Rohr einschließlich kaltgeformter Bögen, Formstücke

Anmerkung 1 zum Begriff: Reduzierstücke, T-Stücke, Werkskrümmer und -bögen, Flansche, Verschlusskappen, Schweißstutzen, mechanische Verbindungen, aus den vorgenannten Bauteilen hergestellte Einrichtungen;

Anmerkung 2 zum Begriff: Sammler, Kondensatsammler, Molchschleusen, Mess- und Regelstrecken, Ausrüstung

Anmerkung 3 zum Begriff: Armaturen, Kompensatoren, Isolierstücke, Druckregelgeräte, Pumpen, Verdichter, zugeordnete Druckbehälter

3.12

Leitungsbetreiber

privatwirtschaftliches oder öffentliches Unternehmen, das die Erlaubnis besitzt, die Gasinfrastruktur zu planen, zu bauen und/oder zu betreiben und Instand zu halten, d. h. Gastransportnetzbetreiber (TSO) und Gasverteilnetzbetreiber (DSO)

3.13

Rohrleitungen

Verbund von Rohren und Formstücken

3.14

Druck

Überdruck des Gases innerhalb des Systems, gemessen im statischen Zustand

3.15

Station

Einrichtung, die dem Betrieb einer Gasinfrastruktur dient

3.16

Prüfdruck

TP (en: stationary test pressure)

Druck, dem die Gasinfrastruktur unterworfen wird, um einen sicheren Betrieb sicherzustellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Prüfdruck kann für verschiedene Teile des Systems variieren.

3.17

Reparaturschweißung

Ausbesserungsprozess an einem Schweißnahtfehler, der nach der Fertigstellung der Naht festgestellt wurde, durch Nachschweißen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Reparatur kann das vollständige Herausschneiden eines Rohrstücks oder das Entfernen einer begrenzten Fläche durch Schleifen oder auf anderem Weg sowie anschließendem Schweißen umfassen.

3.18

Schweißer

Person, die eine Schweißzange, einen Schweißbrenner oder ein Lötrohr in der Hand hält und dieses betätigt

3.19

Schweißsystembediener

Person, die ein mechanisiertes Schweißsystem bedient

3.20

Schweißanweisung

WPS (en: welding proce~~s~~ure specification)

Dokument, das qualifiziert wurde und die erforderlichen Einflussgrößen des Schweißverfahrens bereitstellt, um die Wiederholpräzision während der Produktionsschweißung sicherzustellen

3.21

„temper bead“-Verfahren

Schweißfolge, bei der die Wärmeeinflusszone des Grundwerkstoffes so weich wie möglich gemacht wird

3.22

in Metall gelöster Wasserstoff

HDM (en: hydrogen dissolved in metal)

diffusionsfähiger Wasserstoffgehalt in 100 mg Schweißgut

4 Qualitätssicherungssystem

4.1 Allgemeines

Auf Verlangen des Leitungsbetreibers kann beim Rohrleitungsschweißen ein Qualitätssicherungssystem angewandt werden. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die empfohlenen Qualitätsanforderungen nach EN ISO 3834 (alle Teile) und ordnet diese den in Tabelle 1 definierten Qualitätsanforderungsstufen zu.

Tabelle 2 — Empfohlene Qualitätsanforderungen

Anforderungen an:	Qualitätsanforderungsstufe nach Tabelle 1		
	B	C	D
Qualitätssicherungssystem nach:			
— EN ISO 3834-1 und EN ISO 3834-2 (komplett)	+	•	•
— EN ISO 3834-1 und EN ISO 3834-3 (Standard)	+	•	•
— EN ISO 3834-1 und EN ISO 3834-4 (elementar)	•	—	—
Schweißaufsicht:			
— Personal nach EN ISO 14731:2006			
— Schweißingenieur	+	+	•
— Schweißtechniker	+	•	+ ^a
— Schweißfachmann	•	•	— ^a
— Schweißvorarbeiter nach IIW-IAB-252-07	•	—	—
ZfP			
— Unabhängige ZfP-Firma nach ISO/IEC 17020 oder 17025.	•	•	•
— Personal, das ZfP durchführt, nach EN ISO 9712	•	•	•
— Personal, das Sichtprüfungen durchführt; VT-Stufe 2 oder Qualifikation als Schweißfachkraft oder darüber. ^a	+	+	•

Anforderungen an:	Qualitätsanforderungsstufe nach Tabelle 1		
	B	C	D
Schweißanweisung (WPS): — Nach EN ISO 15609-1 — nach EN ISO 15609-2 (bis 100 mbar)	 • •	 • —	 • —
Zulassung des Schweißverfahrens nach einer der nachgenannten Normen: — EN ISO 15614-1 Stufe 2 (Schweißverfahrensprüfung) — EN ISO 15610 (Verwendung von anerkannten Schweißzusatzstoffen) — EN ISO 15611 (vorliegende Erfahrungen) — EN ISO 15612 (Normschweißverfahren) ^b — EN ISO 15613 (Schweißprüfung vor Fertigungsbeginn)	 + • — + +	 • — — + —	 • — — — —
Legende: • empfohlen + optional — nicht empfohlen			
^a VT-Prüfpersonal kann entweder vom Leitungsbetreiber, vom Auftragnehmer oder von der ZfP-Firma angestellt werden. ^b Dieses darf auch in Qualitätsanforderungsstufe D bei kleineren Projekten oder bei Werkstoffen $R_{t0,5} \leq 360 \text{ N/mm}^2$ angewendet werden.			

4.2 Schweißunternehmen

Auf Verlangen des Leitungsbetreibers müssen die Schweißunternehmen ihre Eignung zur Durchführung der Schweißarbeiten nachweisen. Hierbei kann auf EN ISO 3834 Bezug genommen werden.

4.3 Anforderungen an das Schweißverfahren

Schweißverfahren müssen in Übereinstimmung mit den vom Leitungsbetreiber festgelegten Standards qualifiziert werden, zur Orientierung siehe Tabelle 2, empfohlene Qualitätsanforderungen. Für das Schweißverfahren 311 beträgt der maximale Auslegungsdruck, für den dieses Verfahren zulässig ist, 100 mbar.

Für Auslegungsdruck über 16 bar

Die Schweißanweisung ist in Übereinstimmung mit EN ISO 15609-1 zu erstellen und dem Leitungsbetreiber vor Aufnahme der Schweißarbeiten zur Genehmigung vorzulegen.

Zusätzlich zu EN ISO 15614-1 ist für die Schweißnaht- und Wärmeeinflusszone ab einer Wanddicke von 5 mm ein Kerbschlagbiegeversuch erforderlich. Beim Herausziehen der Kerbschlagproben muss die Dicke so groß wie möglich sein. Die Prüftemperatur ist bei der minimalen Auslegungstemperatur der Rohrleitung anzusetzen, sofern der Leitungsbetreiber nichts anderes vorschreibt.

Die geforderten Mindestwerte sind nachstehend aufgeführt:

- a) Stahlsorten mit einer spezifizierten Mindeststreckgrenze von weniger oder gleich 360 N/mm^2 , im Durchschnitt: 27 Joule (J), einzeln: 20 J (J)

- b) Stahlsorten mit einer spezifizierten Mindeststreckgrenze von mehr als 360 N/mm², im Durchschnitt: 40 Joule (J), einzeln: 30 J (J)
- c) Wenn die EPRG-Schweißfehler-Abnahmeregeln vom Leitungsbetreiber festgelegt werden, siehe Anhang G: Durchschnitt: 40 J (J), einzeln: 30 J (J)

Bei Proben von Untergröße muss die gemessene Energie mithilfe der Formel in die Kerbschlagarbeit KV (in Joule) in voller Größe umgerechnet werden:

$$KV = \frac{8 \times 10 \times KV_p}{S_p}$$

Dabei ist

KV die Mindestkerbschlagarbeit für die Vollprobe in J;

KV_p die gemessene Kerbschlagarbeit, in Joule;

S_p der Querschnitt der Probe gemessen unterhalb der Kerbe in mm².

Wenn ein Zugversuch im reinen Schweißgut vorgeschrieben wird, müssen die Probe und die Durchführung der Prüfung der einschlägigen Europäischen Norm entsprechen. Die Streckgrenze muss gleich oder höher als die spezifizierte Mindeststreckgrenze des Grundwerkstoffs sein.

Für Schweißnähte in Rohren, die mit einem Schweißzusatzwerkstoff geringerer Festigkeit in der Wurzel und mit einer aufgetragenen Schweißgutdicke im Qualifikationsprüfstück von 5 mm oder weniger hergestellt werden, sind keine separaten Schlagversuche erforderlich. Wenn diese separate Prüfung, wie in EN ISO 15614-1 gefordert, nicht durchgeführt wird, hat die PQR folgende Einschränkungen:

- Der PQR wird nur bei der gleichen Abfolge von Prozessen verwendet.
- Die maximale qualifizierte Dicke der Wurzelschicht beträgt das 1,5-fache der aufgetragenen Schweißgutdicke des Schweißprozesses oder des für die Wurzel verwendeten Zusatzwerkstoffes.

4.4 Schweißer

Alle Schweißer müssen in Übereinstimmung mit Anhang A für die Arbeiten, die sie durchführen sollen, qualifiziert sein.

Für Gasschweißen (Verfahren Nr. 311, dargestellt in EN ISO 15609-2) müssen die Anforderungen an die Qualifikation der Schweißer vom Leitungsbetreiber festgelegt werden.

4.5 Schweißaufsicht und Personal für die Koordination von Schweißaufgaben

Sofern vom Leitungsbetreiber ein Qualitätssicherungssystem gefordert ist, sollte die Schweißaufsicht und das Personal für die Koordination von Schweißaufgaben entsprechend Tabelle 2 qualifiziert sein.

Aufgaben und Verantwortlichkeiten für das Schweißen müssen eindeutig solchen Personen übertragen werden, die über die erforderliche Erfahrung sowie die notwendigen technischen Fachkenntnisse verfügen.

Die Überwachung von Schweißarbeiten an der Baustelle darf von einem verantwortlichen Schweißingenieur an eine nach EN ISO 14731 qualifizierte Schweißfachkraft übertragen werden.

4.6 Prüfunternehmen und Prüfpersonal

4.6.1 Allgemeines

Das Prüfpersonal für zerstörende und zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen muss entweder beim Rohrleitungsbauunternehmen oder beim Leitungsbetreiber oder bei einem unabhängigen Prüfunternehmen angestellt sein.

4.6.2 Zerstörungsfreie Prüfung (NDT; en: non-destructive testing)

Das Personal muss nach EN ISO 9712 zertifiziert sein. Ein unabhängiges zerstörungsfreie Prüfungen ausführendes Unternehmen muss nach EN ISO/IEC 17020 oder EN ISO/IEC 17025 zertifiziert sein.

4.6.3 Prüfpersonal zerstörende Prüfung (DT)

Das die zerstörende Prüfung ausführende Unternehmen muss nach EN ISO/IEC 17025 zertifiziert sein.

5 Schweißzusätze

Schweißzusätze und Hilfsstoffe müssen folgenden Normen entsprechen:

- EN ISO 2560 und EN ISO 18275 für umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen (Verfahren Nr. 111);
- EN ISO 14341 und EN ISO 636 für Schutzgasschweißen (Verfahren Nrn. 135, 141);
- EN ISO 17632 für Fülldrahtelektroden (Verfahren Nrn. 114, 136);
- EN ISO 14175 für Schutzgase;
- EN ISO 14171 für Unterpulverschweißen (Verfahren Nr. 12);
- EN ISO 14174 für Pulver zum Unterpulverschweißen (Verfahren Nr. 12);
- EN ISO 20378 für Autogenschweißen (Verfahren Nr. 311).

Die in Klammern angegebenen Kennnummern für die Schweißverfahren ergeben sich aus EN ISO 4063.

Wenn der beim Fertigungsschweißen zu verwendende Zusatzwerkstoff nicht in diesen Europäischen Normen aufgeführt ist, müssen die anwendbaren Maßnahmen vom Leitungsbetreiber festgelegt werden.

Der Leitungsbetreiber kann eine Chargenprüfung der Schweißzusätze verlangen. In diesem Fall müssen die Nachweise EN 10204, Typ 3.1 entsprechen. Die Bescheinigung muss mindestens die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften als geschweißt enthalten.

Für Auslegungsdruck über 16 bar

Schweißzusatzwerkstoffe müssen mindestens ein Abnahmeprüfzeugnis nach 3.1 nach EN 10204 aufweisen. Die chemische Zusammensetzung sowie die mechanischen Prüfungen, vorgegeben in der gültigen Norm, müssen in dem Abnahmeprüfzeugnis aufgeführt werden.

Soweit keine andere Vereinbarung getroffen wird, müssen bei Rundnähten technologisch gleichwertige Schweißzusätze eingesetzt werden. Die Verwendung von Überlappungsschweißzusätzen wird empfohlen. Ein höherfestes Schweißgut als der Grundwerkstoff kann eine Qualifikationsanforderung des Leitungsbetreibers für das Schweißverfahren sein, z. B. bei Verwendung der EPRG-Umfangsfehler-Abnahmekriterien (Anhang G).

Die chemische Zusammensetzung des eingebrachten Schweißgutes muss auf den Grundwerkstoff abgestimmt sein, dabei sind alle Anforderungen an spezifische Eigenschaften in Betracht zu ziehen.

Bei Wanddicken > 8 mm darf für das Schweißen der Wurzellagen eine Elektrode mit geringerer Zugfestigkeit eingesetzt werden.

Wenn ein Schweißzusatz aus seiner Verpackung entnommen worden ist, ist er entsprechend den Vorschriften des Herstellers so zu schützen und zu lagern, dass seine schweißtechnischen Eigenschaften nicht beeinträchtigt werden.

6 Durchführung der Schweißarbeiten

6.1 Allgemeine Anforderungen

6.1.1 Allgemeines

Alle Schweißarbeiten müssen nach der zugelassenen Schweißanweisung erfolgen.

6.1.2 Arbeitsraum

Aus Gründen der Arbeitssicherheit und für die einwandfreie Herstellung und Prüfung einer Schweißverbindung muss für alle Arbeitsgänge ausreichender Arbeitsraum vorhanden sein. Soweit möglich sollten Gruben oder Kopflöcher im Rohrgraben ausgehoben werden. Sie sollten im Schweißbereich eine freie Länge von mindestens $(3,0 \pm 0,1)$ m aufweisen. Der Abstand vom Rohr zur Kopflochsohle sollte mindestens $(0,4 \pm 0,1)$ m betragen. Zwischen dem Rohr und der Kopflochwand sollte ein Mindestabstand von $(0,6 \pm 0,1)$ m eingehalten werden.

Kopflöcher müssen beim Schweißen wasserfrei gehalten werden.

6.1.3 Anordnung von Schweißverbindungen

Schweißverbindungen, insbesondere Einbindenähte, müssen entsprechend dem vorgesehenen Schweiß- und Prüfverfahren ausführungs- und prüfgerecht angeordnet und gestaltet sein. Von besonderer Bedeutung ist die Anordnung bei Einbindenähten.

6.1.4 Nahtarten

Rohre und Formstücke sind im Allgemeinen mit Stumpfschweißnähten zu verbinden, soweit keine andere Nahtart vereinbart wird.

6.1.5 Nahtabstände

Die Nahtabstände müssen so groß sein, dass eine gegenseitige negative Beeinflussung der Schweißnähte ausgeschlossen ist. In Gebieten, in denen Erdbewegungen auftreten können, bei Rohrbrücken und bei Leitungen in Brücken sind Gehrungsschnitte unzulässig.

Für einen Auslegungsdruck bis einschließlich 16 bar

Gehrungsschnitte bis zu $7,5^\circ$ (Tangenten bis 15°) sind für Rohrleitungen und Systeme der Qualitätsanforderungsstufe B zulässig. Gehrungsschnitte bis zu $2,5^\circ$ (Tangenten bis 5°) sind für Rohrleitungen und Systeme der Qualitätsanforderungsstufe C zulässig.

Für Auslegungsdruck über 16 bar

Rohre, Rohrleitungsteile und andere Bauelemente, bei denen eine Kennzeichnung gefordert ist, müssen vor dem Schneiden in unmittelbarer Nähe zur Trennstelle umgestempelt oder neu gekennzeichnet werden.

Die Mindestlänge eines in eine Fernleitung einzuschweißenden Rohrstücks muss 0,5 DN betragen.

Wenn geschmiedete Formstücke an Einbindenähten eingesetzt werden, sollten an diese vor dem Einschweißen in die Rohrleitung Anschweißenden angeschweißt werden, sodass es sich bei der eigentlichen Einbindenaht um eine reine Rohr-zu-Rohr-Verbindung handelt.

Gehrungsschnitte sind lediglich bis 1,5° (Richtungsänderungen bis zu 3°) zulässig. Wenn Gehrungsschnitte zum Einsatz kommen, dürfen diese nur von Hand verschweißt werden.

6.1.6 Ungleiche Waddicken

Beim Schweißen unterschiedlicher Waddicken müssen die Anforderungen in 5.2.2 und/oder EN 1708-1 befolgt werden, um Spannungskonzentrationen und Schweißfehler zu vermeiden.

6.1.7 Dopplungen

Das Vorhandensein von Dopplungen sollte bei der Durchführung einer Stumpfschweißnaht berücksichtigt werden. Dopplungen sollten insbesondere beim Schweißen von Stutzen und Konstruktionsteilen geprüft werden. Beim Schweißen im Bereich von Dopplungen können besondere Maßnahmen erforderlich werden. Verfahren und Kriterien finden sich in Tabelle 6.

6.1.8 Wechselwirkung von Längs- oder Spiralnähten an einer Umfangsschweißnaht

Sofern nicht anders vereinbart, muss eine Wechselwirkung zwischen Längs- oder Spiralnähten an einer Umfangsschweißnaht vermieden werden. Als Anhaltspunkt kann der Abstand zwischen zwei Längs- oder Wendelnähten mit mindestens der 10-fachen Waddicke oder 100 mm angenommen werden.

6.2 Schweißnahtvorbereitung

6.2.1 Vorbereitung der Schweißkanten

Um die erforderliche Schweißnahtgüte sicherzustellen, müssen alle notwendigen Einzelheiten der Schweißnahtvorbereitung in der Schweißanweisung enthalten sein. Die Vorbereitung der Fugenform muss den einschlägigen Dokumenten, wie zum Beispiel der EN 1708-1 und EN ISO 9692-1 entsprechen. Bei der Festlegung der Fugenform sind Schweißverfahren, Schweißtechnik, zerstörungsfreie Prüfungstechnik und Zugänglichkeit der Verbindung zu berücksichtigen.

Für einen Auslegungsdruck bis einschließlich 5 bar

Muffenverbindungen nach EN 1708-1 sind in der Qualitätsanforderungsstufe B für alle Durchmesser zulässig, sofern der Leitungsbetreiber hierzu seine Zustimmung gegeben hat.

Für einen Auslegungsdruck bis einschließlich 16 bar

Muffen oder Überschieber sind vor dem Schweißen so anzurichten, dass der Wurzelspalt so klein wie möglich ist. Hierbei dürfen keine scharfkantigen Werkzeuge verwendet werden. Falls das Muffenende warm angerichtet werden muss, muss es auf die der Werkstoffqualität entsprechende Schmiedetemperatur erwärmt werden.

Das Anschweißen von Montagehilfen und ähnlichen provisorischen Vorrichtungen sollte vermieden werden. Falls erforderlich, dürfen Montagehilfen und ähnliche provisorische Vorrichtungen mit Genehmigung des Leitungsbetreibers eingesetzt werden. Der für diese temporären Befestigungen verwendete Stahl muss von geeigneter Stahlqualität sein.

Für Auslegungsdruck über 16 bar

Rohre und Rohrleitungsteile sind durch Zentriervorrichtungen so zu fixieren, dass Beanspruchungen der Schweißnähte durch Bewegungen während des Schweißens vermieden werden.

Das Anschweißen von Montagehilfen und ähnlichen provisorischen Vorrichtungen an Leitungen ist nicht zulässig.

Das Fehlen von Dopplungen muss durch Ultraschallprüfung oder ein anderes geeignetes Verfahren nachgewiesen werden, bevor Rohrabzweigungen, Stutzen oder Konstruktionsteile auf Rohre oder sonstige Bauteile aufgeschweißt werden (siehe *Anhang B*).

6.2.2 Zentrieren der Schweißnähte

Es müssen soweit wie möglich Zentriervorrichtungen eingesetzt werden. Nähere Einzelheiten zu ihrer Bauart und ihrer Verwendung sind in die Schweißanweisung aufzunehmen.

Ein wurzelseitiger Kantenversatz ist zulässig, soweit er nicht die Schweißverbindung beeinträchtigt und innerhalb der Abnahmekriterien für die Schweißnaht liegt. Empfehlungen enthält Tabelle 3.

Tabelle 3 — Empfohlener Versatz von Oberflächen

Wanddicke (t)	Zulässiger externer Versatz	Zulässiger interner Versatz
$\leq 10 \text{ mm}$	$0,3 \times t$	1 mm am gesamten Umfang
$10 \text{ mm} < t \leq 24 \text{ mm}$	3,0 mm	2 mm über die Länge DN
$t > 24 \text{ mm}$	$0,125 \times t$	2,5 mm über die Länge $1/3 \text{ DN}$

Wurzelversatz kann durch den Einsatz von Klemmen ausgeglichen werden. Unterschiede in der Wandstärke können durch Schleifen, Bearbeitung oder durch Übergangsstücke ausgeglichen werden.

Kantenversatz an Rohren und Rohrleitungen aus Stahlsorten mit $R_{t0,5}$ bis einschließlich 360 N/mm^2 , der außerhalb des Toleranzbereiches der von Tabelle 3 liegt, kann durch Warmverformung ausgeglichen werden, sofern der Leitungsbetreiber zugestimmt hat. Der Einfluss einer Wärmebehandlung auf die Materialeigenschaften muss beachtet werden.

ANMERKUNG Die Festigkeit von thermomechanisch gewalzten (TM) bzw. vergüteten (QT) Stählen wird in einigen Fällen bei einer Erwärmung auf eine Temperatur von über 580 °C bleibend verringert.

6.3 Vorwärmung

Das Vorwärmen muss nach den in der Schweißanweisung getroffenen Festlegungen durchgeführt werden.

6.4 Heften

Werden Heftscheidungen durchgeführt, so müssen sie nach dem für die Wurzellage vorgesehenen Schweißverfahren geschweißt und von einem Schweißer ausgeführt werden. Sie müssen gleichmäßig um den Rohrumfang verteilt sein.

Heftstellen müssen rissfrei sein. Gerissene Heftstellen dürfen nicht überschweißt werden, sondern sind auszuschleifen und neu zu schweißen.

6.5 Schweißen

Alle Schweißarbeiten einschließlich des Aufschweißens von Reparaturflicken müssen nach genehmigten Schweißanweisungen durchgeführt werden. Gasschweißen darf bei Rohren mit einem Betriebsdruck von mehr als 100 mbar nicht verwendet werden.

Schweißarbeiten an fester Position an Rohrleitungen mit einem Durchmesser $\geq$ DN 400 müssen von mindestens zwei Schweißern gleichzeitig, d. h. einem Schweißer auf jeder Seite, durchgeführt werden.

Durch geeignete Maßnahmen muss sichergestellt sein, dass

- bei den Schweißarbeiten, insbesondere bei kaltrissanfälligen Stählen, der Übergang von Wasserstoff in die Schweißnaht minimiert wird;
- die Bildung von Kondenswasser vermieden wird;
- Luftbewegungen im Rohr vermieden werden;
- unkontrollierte elektrische Ströme vermieden werden;
- magnetische Beeinflussungen so gering wie möglich gehalten werden;
- keine Kaltrisse auftreten;
- Zündstellen durch Lichtbogenbildung vermieden werden.

Für Auslegungsdruck über 16 bar

Bei den Schweißarbeiten ist insbesondere zu achten auf:

- die Vorwärmtemperatur;
- Interpass-Temperatur;
- die Anzahl der Schweißlagen oder die tatsächlich geschweißte Dicke, bevor die Schweißnaht unterbrochen werden kann;
- die Gesamtzeit für die Fertigstellung der Naht;
- die eingesetzte Schweißenergie.

Bei Einbindenähten, die nicht in die Druckprüfung für die Leitung einbezogen sind, ist das Schweißen von Werkstoffen mit einer Streckgrenze $R_{t0,5}$ über 360 N/mm^2 mit zelluloseumhüllten Elektroden nur mit Genehmigung des Leitungsbetreibers zulässig.

6.6 Nachbehandlung

Nach Fertigstellung der Naht sind Schweißspritzer zu entfernen. Von der Oberfläche der Schweißnaht muss die Schlacke entfernt werden. Der Abkühlungsprozess darf nicht über das in der Schweißanweisung festgelegte Maß hinaus beschleunigt werden.

Wenn es dazu kommt, müssen Zündstellen entfernt werden. Für Materialien mit $R_{t0,5} > 360 \text{ MPa}$ müssen MT-Tests nach Tabelle 6 durchgeführt werden.

Bei Lufttemperaturen unter 5 °C und/oder ungünstigen Witterungsbedingungen wie Wind oder Regen oder auf Verlangen des Leitungsbetreibers muss die Schweißnaht vor zu schneller Abkühlung geschützt werden.

Es kann erforderlich sein, die Schweißnaht spannungsarm zu glühen.

6.7 Ausbessern von Schweißnahtfehlern

Schweißnähte, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind auszubessern oder herauszuschneiden. An jeder Schweißnaht, an der eine Ausbesserung erforderlich ist, ist der fehlerhafte Bereich deutlich zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung muss erhalten bleiben, bis der Fehler ausgebessert und die Ausbesserung nachgeprüft wurde. Überschreitet ein reparaturbedürftiger Fehler mehr als 20 % der Gesamtschweißlänge oder beträgt die Gesamtlänge der Fehler in der Schweißnaht 20 % der Gesamtschweißlänge, müssen die gesamte Schweißverbindung und die wärmebeeinflusste Zone herausgeschnitten und neu verschweißt werden, sofern mit dem Leitungsbetreiber nichts anderes vereinbart wurde.

Schweißnähte mit Rissen sind vollständig herauszuschneiden. Sofern der Leitungsbetreiber seine Zustimmung erteilt hat, dürfen Risse auch ausgebessert werden, wenn die Rissursache zweifelsfrei festgestellt und die Rissausdehnung eindeutig erkannt ist und erneutes Auftreten verhindert wird.

Reparaturen müssen zerstörungsfrei mit der gleichen Technik wie bei der ersten Untersuchung erneut geprüft werden, sofern der Leitungsbetreiber keine anders lautende Genehmigung erteilt hat. Wenn sich bei der zerstörungsfreien Prüfung einer ausgebesserten Naht herausstellt, dass der Bereich immer noch unzulässige Fehler aufweist, muss die Naht einschließlich der von der Hitze betroffenen Zone herausgeschnitten und neu verschweißt werden, soweit der Leitungsbetreiber keiner anderen Lösung zustimmt.

Für Auslegungsdruck über 16 bar

Reparaturschweißungen müssen nach einem qualifizierten Schweißverfahren durchgeführt werden. Der Leitungsbetreiber muss festlegen, ob das gleiche Schweißverfahren zulässig ist oder ob ein bestimmtes Reparaturschweißverfahren qualifiziert werden muss.

6.8 Zerstörende Prüfung von Produktionsschweißnähten für Auslegungsdruck über 16 bar

Die Mindestanzahl der zerstörend zu prüfenden Schweißnähte ergibt sich aus Tabelle 4. Die zerstörenden Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 15614-1 und den Anforderungen des Leitungsbetreibers für die Schweißverfahrensprüfung erfolgen.

Die Testnaht muss repräsentativ für die gesamte Produktion sein.

Wenn ein Testergebnis nicht akzeptabel ist, müssen weitere Untersuchungen in Abstimmung mit dem Leitungsbetreiber getätigt werden, um:

- die Ursache des mangelhaften Ergebnisses zu ermitteln;
- die mangelhaften Teile der Leitung zu lokalisieren;
- die Konsequenzen des Ergebnisses zu analysieren.

Der Leitungsbetreiber muss über die Abnahme der Leitung entscheiden.

Tabelle 4 — Mindestanzahl der Testnähte in Abhängigkeit von der Leitungslänge

Leitungslänge L km	Anzahl der Proben
$1 < L \leq 10$	1
$10 < L \leq 50$	2
$L > 50$	2 plus eine weitere Testnaht für jede weiteren angefangenen 50 km

7 Befestigungs- und Betriebsschweißen

7.1 Allgemeines

Vor Durchführung von Schweißmaßnahmen, wie nachstehend beschrieben, müssen Art und Prüfumfang der Schweißverbindung festgelegt werden. Der Prüfumfang muss 7.2 entsprechen. Die anwendbaren Prüfverfahren richten sich nach der Art und der Größe der Schweißstücke.

7.2 Anschweißen von Konstruktionsteilen

Konstruktionsteile müssen mit einer durchgehenden Schweißnaht befestigt werden. Es dürfen keine intermittierenden Schweißnähte verwendet werden.

Beim Schweißen von Konstruktionsteilen an Bauteilen aus Stahlgüten mit $R_{t0,5} > 360 \text{ N/mm}^2$, müssen Vorkehrungen getroffen werden, die den Materialeigenschaften Rechnung tragen. Diese Maßnahmen müssen in der Schweißanweisung festgelegt werden.

7.3 Anbringen von Anschlüssen für kathodischen Korrosionsschutz

Vor dem Einsatz sollten alle Einzelheiten über die Verbindungstechnik und die dazu gehörenden Geräte dem Leitungsbetreiber zur Genehmigung vorgelegt werden. Sie sollten in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers sein.

Elektrische Anschlüsse an der Rohroberfläche müssen mit einem Schweiß- oder Lötverfahren hergestellt werden, das die Werkstoffeigenschaften nicht verändert. Wenn die Temperatur des Rohrmetalls während des Prozesses 450°C überschreitet, muss durch ein Protokoll zur Verfahrenseignung nachgewiesen werden, dass die metallurgische Struktur nicht nachteilig beeinflusst wird.

Die Anschweißstellen der Kabel bzw. Kontaktstücke sollten in einem Abstand von mindestens 100 mm zu anderen Schweißnähten angeordnet werden. Der Schweißbereich sollte sauber, trocken und frei von Öl, Fett, Zunder und anderen Fremdstoffen sein. Das Vorwärmen sollte nach der anerkannten Schweißanweisung durchgeführt werden.

Bediener müssen ihre Fähigkeiten prüfen lassen, um sich für die Herstellung von Kathodenschutzverbindungen zu qualifizieren.

Die Haftfestigkeit der Schweißpunkte für die Kabelanschlüsse muss nachgewiesen werden. Der elektrische Widerstand jeder Verbindung sollte gemessen werden und sollte nicht über $0,1 \Omega$ liegen.

Detailliertere Informationen zu den Qualifizierungsverfahren für bedienerseitige Verfahren finden sich in Anhang K.

7.4 Anbohren und Schweißen an in Betrieb befindlichen Rohrleitungen und Systemen

Anbohren und Schweißen darf nur nach einer ausreichenden Untersuchungs- und Entwicklungsarbeit durchgeführt werden, damit sichergestellt ist, dass die Arbeiten sicher durchgeführt werden und die Schweißverbindungen den Erfordernissen entsprechende mechanische Eigenschaften aufweisen.

Vor der Durchführung von Schweißarbeiten an in Betrieb befindlichen Rohrleitungen und Systemen ist vom Leitungsbetreiber zu entscheiden, ob Konstruktion, Werkstoff und Zustand des Leitungssystems ein Schweißen unter Druck zulassen. Kritische Aspekte für das Schweißen an druckführenden Leitungen sind in die Schweißanweisung aufzunehmen, die dem Leitungsbetreiber zur Genehmigung vorgelegt werden muss. Weitere detaillierte Informationen sind Anhang D zu entnehmen.

Die Längsnaht geteilter Aufschweißstücke darf nicht an die Rohrwand des in Betrieb befindlichen Rohres geschweißt oder angeheftet werden.

Werden Aufschweißstücke aus Werkstoffen mit $R_{t0,5} > 360 \text{ N/mm}^2$ verwendet oder handelt es sich um Konstruktionen, bei denen Längsspannungen Verformungen verursachen können, darf mit dem Schweißen der zweiten Rundkehlnaht erst begonnen werden, wenn die erste Rundkehlnaht vollständig fertig geschweißt ist.

Sofern im Bereich der zweiten Rundkehlnaht Heftstellen aus Montagegründen erforderlich sind, sind diese restlos auszuschleifen.

8 Schweißnahtprüfung

8.1 Allgemeines

Eine ausreichende Güte der Schweißnähte ist durch Überwachen der Schweißarbeiten mittels nichtzerstörender und/oder zerstörender Prüfung sicherzustellen. Die Ergebnisse der Prüfung sind zu protokollieren.

8.2 Prüfumfang

Zu den Überprüfungen gehören die Überwachung der Baustellenschweißarbeiten, die Sichtprüfung, zerstörungsfreie Prüfverfahren und zerstörende Prüfungen.

Der Mindestumfang der zerstörungsfreien Prüfung für die einzelnen Qualitätsanforderungsstufen sowie für die Art und Lage der Schweißnaht ergeben sich aus Tabelle 3.

Wenn weniger als 100 % der Schweißnähte geprüft werden, muss der Leitungsbetreiber oder die von ihm benannte Fachkraft auswählen, welche Schweißnähte geprüft werden sollen.

Bei nicht 100 %iger zerstörungsfreier Prüfung ist bei nicht ausreichender Schweißnahtgüte der Prüfumfang entsprechend zu erhöhen, um die Häufigkeit des Fehlers festzustellen. Die Ursache für den Fehler ist abzustellen. Sofern nicht anders vereinbart, sind für jede verworfene Schweißnaht zwei weitere Schweißverbindungen zu prüfen.

Tabelle 5 — Mindestumfang der zerstörungsfreien Prüfungen

Qualitätsanforderungsstufe nach Tabelle 1	Art/Lage der Schweißverbindung	Sichtprüfung durch die Schweißaufsichtsperson	Volumetrische NDE ^a	Oberflächenrissprüfung
B	Rundnähte	b	b	-
	Kehlnähte an Abzweigen und Stutzen, Kehlnähte am Überlappstoß	b	-	b
	Längsnähte	100 %	10 %	-
	Unverdeckte Rohrspannweiten ^g ;	100 %	c	-
C	Rundnähte	10 %	10 %	-
	Kehlnähte an Abzweigen und Stutzen, Kehlnähte am Überlappstoß	100 %	-	10 %
	Längsnähte	100 %	100 %	-
	Schweißnähte, die nicht in die Druckprüfung einbezogen werden	100 %	100 %	-
	Unverdeckte Rohrspannweiten ^g ;	100 %	100 %	-
D	Rundnähte	100 %	100 %	-
	Kehlnähte an Abzweigen und Stutzen, Kehlnähte am Überlappstoß	100 %	f	20 % ^d
	Längsnähte, Sweepolets	100 %	100 %	-
	Schweißnähte, die nicht in die Druckprüfung einbezogen werden	100 %	100 % ^e	-
	Rohrleitungen/Anlagen in bebauten Gebieten	100 %	100 %	-
	Unverdeckte Rohrspannweiten [*] ;	100 %	100 %	-

- ^a Über den Anteil des Einsatzes der Prüfverfahren ist Einigung zu erzielen.
- ^b Der Umfang der NDT richtet sich nach der repräsentativen Stichprobe für alle Schweißnähte eines Schweißers im Laufe eines Jahres.
- ^c Der Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen ist vom Leitungsbetreiber unter Berücksichtigung der konstruktiven Gegebenheiten festzulegen, wie z. B.:
- Auflasten zusätzlich zum Innendruck;
 - Rohrstutzen;
 - Wärmedehnung;
 - Erdbebenrisiko.
- ^d Falls nicht voll durchgeschweißte Nähte zum Einsatz kommen, kann der Leitungsbetreiber 100 % verlangen.
- ^e Nähte müssen zu 100 % mit zwei verschiedenen Prüftechniken geprüft werden, es sei denn, die Wahrscheinlichkeit der Erkennung für die zulässigen Fehlerabmessungen der verwendeten ZfP-Technik beträgt 90 % oder mehr.
- ^f Der Leitungsbetreiber sollte diese Prüfmethoden insbesondere für Abzweige und Stutzen beachten.
- ^{*} Rohrbrücken und freiverlegte Brückenleitungen sowie Kreuzungen von Leitungsabschnitten mit Eisenbahnstrecken, Fernstraßen und Autobahnen, schiffbaren Wasserwegen sowie Start- und Landebahnen

8.3 Zerstörungsfreie Prüfung, Bewertungsstufen und Abnahmekriterien

Das Verfahren oder die Kombination von Verfahren für Sichtprüfung und andere zerstörungsfreie Prüfung einschließlich der Abnahmekriterien für die Schweißnähte müssen Tabelle 6 entsprechen. Der Leitungsbetreiber muss angeben, ob alternative Abnahmekriterien anwendbar sind. Vor Beginn der Schweißarbeiten muss die Prüfanweisung dem Leitungsbetreiber zur Genehmigung vorgelegt werden. Mit Zustimmung des Leitungsbetreibers können die Prüfverfahren durch andere Methoden ersetzt werden. Das zerstörungsfreie Prüfverfahren muss durch eine ZfP-Fachkraft nach Stufe 3 der EN ISO 9712 für das entsprechende Prüfverfahren genehmigt werden.

Bei den Schweißverfahren Nr. 114, 135 und 136 nach EN ISO 4063 sollte zusätzlich eine Ultraschallprüfung angewendet werden.

Tabelle 6 — NDE-Methoden und Abnahmekriterien

Verfahren	Standard und Prüfniveau	Druckbereich			Alternative Abnahmekriterien
		MOP ≤ 5 bar	5 < MOP ≤ 16 bar	MOP > 16 bar	
		Qualitätsanforderungsstufe			
		(Kat. B)	(Kat. C)	(Kat. D)	
Untersuchung der Oberfläche		Abnahmestandard*			
Sichtprüfung	EN ISO 17637	ISO 5817 Kat. D und Anhang H	ISO 5817 Kat. C und Anhang H	ISO 5817 Kat. B und Anhang H	
Magnetpulverprüfung	EN ISO 17638	EN ISO 23278, Zulässigkeitsgrenze 2X			
Eindringprüfung	EN ISO 3452-1	EN ISO 23277, Zulässigkeitsgrenze 2X			
Volumetrische Prüfung		Abnahmestandard			
Durchstrahlungsprüfung	EN ISO 17636-1 oder EN ISO 17636-2 Klasse A oder B	EN ISO 10675-1 und EN ISO 5817 Anhang I		EN ISO 10675-1 und EN ISO 5817 Anhang I	
Ultraschallprüfung PE (Impulsecho)	WT ≥ 8 mm EN ISO 17640 Stufe B	EN ISO 23279 und EN ISO 11666 Zulässigkeitsgrenze 2 ^{b, c}			Anhang J
Ultraschallprüfung PE (Impulsecho)	6 mm ≤ WT ≤ 8 mm Anhang F	EN ISO 23279 und EN ISO 11666 Zulässigkeitsgrenze 2 ^{b, c}			Anhang J
Ultraschallprüfung für Dopplungen	EN ISO 10893-8 und Anhang B	Abnahmekriterien: Das Rohrende oder die Stelle des heißen Abstichs muss über eine Entfernung von einer Schweißnaht mit der 7-fachen Wanddicke frei von Laminierungen sein.			
Ultraschallprüfung PA (phasen-gesteuertes Array)	EN ISO 13588 Zuverlässigkeitsgrenze B	EN ISO 19285, Zulässigkeitsgrenze 2			Anhang J

Verfahren	Standard und Prüfniveau	Druckbereich			Alternative Abnahmekriterien
		MOP ≤ 5 bar	5 < MOP ≤ 16 bar	MOP > 16 bar	
		Qualitätsanforderungsstufe			
		(Kat. B)	(Kat. C)	(Kat. D)	
Ultraschallprüfung ToFD (Beugungslaufzeit)	EN ISO 10863 Zuverlässigkeitsgrenze B und Anhang C	EN ISO 15626, Zulässigkeitsgrenze 2			Anhang J
Automatisierte Ultraschallprüfung ^a	Anhang E	Anhang E, E.6 für Stufe 1 und E.7 für Stufe 2			
^a Falls vom Leitungsbetreiber akzeptiert oder gefordert					
^b Wenn der Eigentümer der Rohrleitung das Risiko von Querrissen als gegeben ansieht, muss die Stufe B die Prüfung der Abnahmekriterien für Querrisse nach EN ISO 23279 umfassen.					
^c Wenn die Charakterisierung von Indikationen von den Vertragsparteien vereinbart werden soll, muss die Charakterisierung nach EN ISO 23279 erfolgen.					
[*] Alternativ können vom Leitungsbetreiber auf der Grundlage von Anhang G Abnahmekriterien abgeleitet werden.					

8.4 Zeitpunkt der Prüfung

Alle zerstörungsfreien Schweißnahtprüfungen müssen, außer bei Einbindenähten, die nicht der gleichen Druckprüfung wie die Leitung unterliegen (Garantienähte), vor der Druckprüfung durchgeführt werden. Bei Verwendung des Verfahrens 111-C sollte eine angemessene Zeit zwischen der Fertigstellung der Schweißnaht und dem Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfung berücksichtigt werden. Die Wartezeit sollte sich nach der Rohrqualität und der Festigkeit des verwendeten Schweißzusatzes richten.

8.5 Einbinden von Schweißnähten für Auslegungsdruck über 16 bar

Beim Schweißen von Stahlgüten mit Streckgrenze $R_{t0,5} > 360 \text{ N/mm}^2$ mit Wandstärken $> 10 \text{ mm}$, die nicht druckgeprüft sind, gilt Folgendes:

- Eine der volumetrischen Prüfmethode muss ein Ultraschallverfahren sein.
- Diese zerstörungsfreie Prüfung darf bei der Verwendung von zelluloseumhüllten Elektroden nicht eher als 24 h nach Fertigstellung der Schweißnaht durchgeführt werden, falls die Naht nicht wasserstofffrei geglüht worden ist.

8.6 Dokumentation von Prüfergebnissen

Zwischen dem Prüfbericht, den Prüfergebnissen (z. B. Durchstrahlungsaufnahmen, AUT-Daten, TOFD-Bildern, usw.) und der geprüften Schweißverbindung muss eine eindeutige Zuordnung bestehen. Bei der visuellen Prüfung ist ein Mindestbericht zulässig, der die Anzahl der geprüften Schweißnähte und die für die Prüfung angewandte Norm widerspiegelt.

8.7 Anforderungen an die Dokumentation

Es sollten folgende Dokumente vorliegen:

- a) Schweißanweisung;
- b) Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens;
- c) Prüfberichte und/oder Daten von zerstörungsfreien Schweißnahtprüfungen;
- d) Durchstrahlungsaufnahme;
- e) Bestandspläne (Ist-Zustand).

Für Auslegungsdruck über 5 bar

- f) Rohrbuch

Für Auslegungsdruck über 16 bar

- g) Auflagen der zuständigen Behörden;
- h) Genehmigung zur Errichtung;
 - 1) Vertragsbedingungen;
 - 2) Planungs- und Bauunterlagen;

BEISPIEL Spezifikationen, Schweißanweisungen, Berechnungen, Konstruktionspläne und Stücklisten

- i) Zulassung bzw. Eignungsnachweise ggf. auch für Subunternehmer und Lieferanten;
 - 1) Zulassung von Schweißpersonal;
 - 2) Zulassung der Schweißaufsicht sowie Verantwortungsbereich der Schweißaufsicht;
- j) Zulassung der Schweißer (Schweißer-Prüfbescheinigung);
- k) Qualifikation der Bediener;
- l) Zulassung des Prüfpersonals:
 - 1) Zulassung der Prüfaufsicht nach der einschlägigen Europäischen Norm und Verantwortungsbereich der Prüfaufsicht;
 - 2) Qualifikation des Prüfpersonals;
- m) Dokumentation der Schweißverfahren;
- n) Schweißanweisung (WPS);
- o) Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR);
- p) Zeugnisse und Liefernachweise für Halbzeug und Bauteile;
- q) Wärmebehandlungsberichte;

r) Prüfberichte:

- 1) zerstörungsfreie und zerstörende Schweißnahtprüfungen;
- 2) Festigkeits und Dichtheitsprüfung;

s) Berichte über Sonderbedingungen beim Bau sowie Sondermaßnahmen;

BEISPIEL Arbeit unter erschwerten Bedingungen, wie schlechtes Wetter und beengte Verhältnisse

t) Bestandspläne;

u) Abnahmeberichte.

9 Mess-, Regel- und Verdichterstationen

Es wird empfohlen, für Anlagen dieselben Anforderungen wie für erdverlegte Leitungen in der entsprechenden Qualitätsanforderungsstufe festzulegen.

Für Schweißarbeiten in einer Anlage gelten die folgenden Anforderungen nicht:

- Prüfung von Schweißern unter Baustellenbedingungen;
- Allgemeine Anforderungen an Gruben und Kopflöcher;
- zerstörende Prüfung.

In bestimmten Fällen können zusätzliche Maßnahmen erforderlich sein.

BEISPIEL 1 Wenn die Auslegungstemperatur oder Schwingungen als kritisch angesehen werden.

BEISPIEL 2 Wenn spezielle Materialien oder verschiedene Materialqualitäten für Rohre und/oder Rohrleitungen verwendet werden.

Anhang A (normativ)

Qualifikation von Rohrleitungsschweißern und Bedienern von mechanisierten Schweißgeräten für Stahlrohrleitungen

A.1 Allgemeines

Die Schweißer oder das Bedienerpersonal müssen nach EN ISO 9606-1:2017 oder einer Bedienerprüfung nach EN ISO 14732:2013 und den Anforderungen dieses Anhangs qualifiziert sein. Bei begründeten Zweifeln an den Schweißfähigkeiten des Schweißers im Hinblick auf die Schweißaufgabe ist der Betreiber berechtigt, sich von den manuellen Fähigkeiten des Schweißers zu überzeugen.

A.2 Zusätzliche Anforderungen zu EN ISO 9606-1:2017 und EN ISO 14732:2013

A.2.1 Geschweißte Länge

Für Durchmesser von DN 200 und mehr kann mindestens die Hälfte des Rohrumfangs zur Qualifizierung geschweißt werden.

A.2.2 Schweißbedingungen

Das Schweißen der Prüfstücke muss unter Bedingungen durchgeführt werden, die einem Rohrgraben mit folgenden maximalen Maßen entsprechen (mit einer Toleranz von $\pm 0,1$ m):

- Länge des Rohrgrabens: 3,0 m;
- Abstand zwischen Rohrwand und Grabensohle: 0,4 m;
- Abstand zwischen Rohrwand und Grabenwand: 0,6 m.

Schweißer, die nur im Gasanlagenbau, beim Werkstattschweißen oder über Tage schweißen, brauchen die Prüfung unter Baustellenbedingungen nicht zu absolvieren. Dies ist auf dem Zertifikat anzugeben.

A.2.3 Bestätigung der Gültigkeit

Bereits ausgestellte Qualifikationen bleiben, wenn sie ordnungsgemäß erneut bestätigt werden, gültig, wenn sie innerhalb des ursprünglichen Qualifikationsbereichs auf dem neuesten Stand gehalten werden.

A.2.4 Erneute Validierung der Schweißer

Punkt c der jeweiligen Absätze der EN ISO 9606-1:2017 und EN ISO 14732:2013 wird ersetzt durch:

Die Qualifikation eines Schweißers für ein beliebiges Zertifikat ist gültig, solange es nach 9.2 bestätigt wird und sofern alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Der Schweißer arbeitet für denselben Hersteller, für den er sich qualifiziert hat und der für die Herstellung des Produkts verantwortlich ist;
- Das Qualitätsprogramm des Herstellers wurde von einer europäisch anerkannten Zertifizierungsstelle zertifiziert, und zwar in Übereinstimmung mit ISO 3834-2;

- Der Hersteller hat dokumentiert, dass der Schweißer Schweißnähte von akzeptabler Qualität auf der Grundlage von Anwendungsnormen hergestellt hat. Die geprüften Schweißnähte müssen folgende Bedingungen bestätigen: Schweißposition(en), Schweißnahttyp (FW, BW), Materialunterlage (mb) oder keine Materialunterlage (nb).

A.2.5 Entzug der Qualifikation

Wenn Schweißer den Durchmesser und/oder die Wanddicke ändern, an denen sie in der vorherigen Periode geschweißt haben, könnte der Leitungsbetreiber die erste(n) Schweißnaht/nähte bei der Arbeit beurteilen, um die tatsächliche Fähigkeit des Schweißers zu überprüfen.

A.2.6 Prüfungsbescheinigung der Schweißerqualifikation

Zusätzliche wesentliche Variablen:

- EN 12732 Anhang A
- Zustand des Grabens

A.2.7 Bezeichnung

Die folgenden, wesentlichen Variablen müssen hinzugefügt werden:

- EN 12732-A
- falls zutreffend: nur Baustellenbedingungen

A.3 Zusätzliche Anforderungen an Bediener von mechanisierten Schweißgeräten

Die Bediener mechanisierter Schweißgeräte müssen nach EN ISO 14732:2013 ausgebildet und qualifiziert sein. Sie müssen über ausreichende Kenntnisse im Umgang mit dem jeweiligen Schweißgerät verfügen. Eine Qualifikationsprüfung nach EN ISO 14732, Anhang B wird empfohlen.

Bei der Verwendung von automatisierten Schweißverfahren ist bei Wanddicken über 8 mm anstelle der Durchstrahlungsprüfung eine Ultraschallprüfung durchzuführen. Die Schweißnahtqualität sollte die Anforderungen von Anhang I dieser Norm erfüllen.

Die Verlängerung der Qualifikation ist nur durch einen unabhängigen Dritten oder durch eine Requalifizierung nach der Definition in der EN ISO 14732:2013, 5.3 a) und b) gestattet.

Anhang B (informativ)

Prüfung von Dopplungsfehlern

Für Dopplungsprüfungen können folgende Prüfverfahren eingesetzt werden:

- Prüfung der Nahtvorbereitungen
 - Ultraschallprüfung;
 - Magnetpulverprüfung (MPT);
 - Farbeindringprüfung;
- Prüfung des Grundwerkstoffes
 - Ultraschallprüfung.

Wird eine Ultraschallprüfung durchgeführt, sind Geräte zur Waddickenmessung nicht zulässig.

Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

- Sender/Empfänger-Prüfköpfe oder Senkrechtprüfköpfe mit einer Vorlaufstrecke größer als die Nahfeldlänge;
- Fähigkeit zur Fehlererkennbarkeit für einen Kreisscheibenreflektor von 2 mm Durchmesser in einem Tiefenbereich von 40 % der Waddicke bis zur jeweiligen Rückwand;

Prüfverfahren und Abnahmekriterien müssen mit Tabelle 2 übereinstimmen. Im Falle von Dopplungen außerhalb der Abnahmekriterien müssen die Schweißbarkeit und die Auswirkungen auf die Integrität überprüft werden.

Anhang C (informativ)

Beugungslaufzeittechnik (TOFD)

C.1 Allgemeines

Für die Beugungslaufzeittechnik (TOFD) ist EN ISO 10863:2011 anzuwenden.

Dieser Anhang enthält Ergänzungen und Ersetzungen des ursprünglichen Textes der EN ISO, die im Rahmen des Anwendungsbereiches dieser Europäischen Norm als notwendig erachtet werden. Die ergänzten oder ersetzten Abschnitte sind im nachstehenden Text wie folgt angegeben:

- ERGÄNZUNG;
- ERSATZ.

Der ursprüngliche Text der EN ISO wird in diesem Anhang nicht wiederholt.

Bei der Verwendung der TOFD-Technik müssen, im Hinblick auf mögliche Fehler nahe der Oberfläche und auf Querfehler, die mit der TOFD-Technik nicht gefunden werden können, zusätzlich zerstörungsfreie Prüfverfahren (NDT) in Betracht gezogen werden.

C.2 Ergänzende und ersetzende Anforderungen zur EN ISO 10863:2011

C.2.1 Ergänzung in dem gesamten Dokument EN ISO 10863:2011

ERGÄNZUNG des Abschnittes: Einschränkungen

Die Abnahmekriterien sind vom Leitungsbetreiber nach dessen Ermessen festzulegen.

C.2.2 Ergänzung zur EN ISO 10863:2011, Abschnitt 3, „Begriffe“

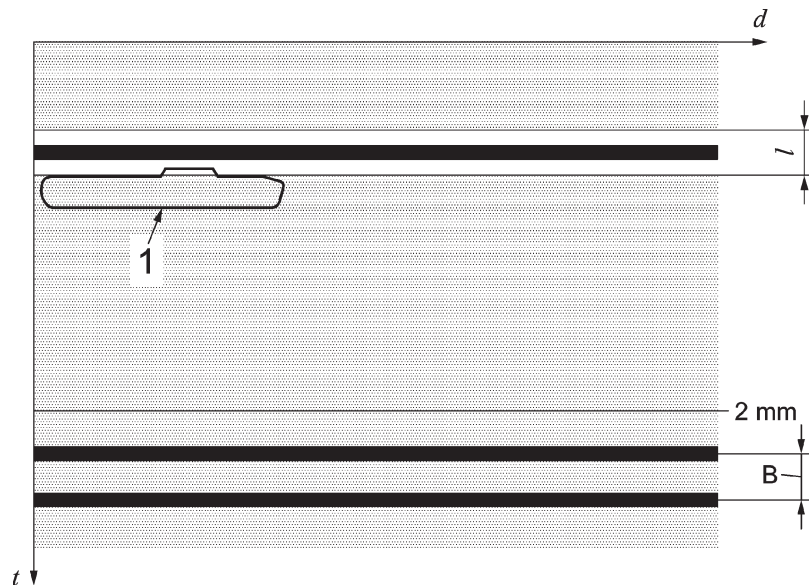
ERGÄNZUNG der Definition:

Unterscheidung zwischen zur Oberfläche offenen (austretenden) und inneren Schweißnahtfehlern

Es wird zwischen zur Oberfläche offenen (austretenden) und inneren Schweißnahtfehlern unterschieden, wobei dicht unter der Oberfläche liegende Schweißnahtfehler bei unzureichendem Auflösungsvermögen des Ultraschallsystems als zur Oberfläche offene Fehler zu betrachten sind.

Bei der Prüfung mit der TOFD-Technik ist ein Schweißnahtfehler als innerer Fehler zu betrachten, wenn das Beugungssignal über seine Gesamtlänge mehr als 2 mm von der Rückwand entfernt ist.

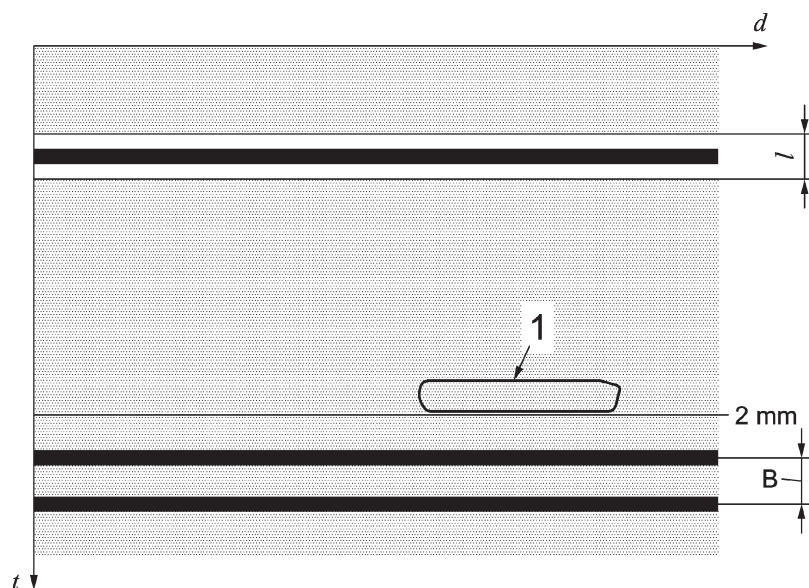
Echo und Oberflächenwelle nach Bild C.1 und Bild C.2. Der Schweißnahtfehler in C.1 ist als zur Oberfläche offen, der Schweißnahtfehler in C.2 als innerer Fehler zu betrachten.



Legende

- 1 zur Oberfläche offene Indikation
- t Laufzeit (μs)
- d Entfernung (mm)
- l Oberflächenwelle (mm)
- B Rückwandecho

Bild C.1 — Beispielhafte schematische Darstellung eines zur Oberfläche offenen Schweißnahtfehlers



Legende

- 1 in der Oberfläche eingebettete Indikation
- t Laufzeit (μs)
- d Entfernung (mm)
- l Oberflächenwelle (mm)
- B Rückwandecho

Bild C.2 — Beispielhafte schematische Darstellung eines in der Oberfläche eingebetteten Schweißnahtfehlers

C.2.3 Ergänzung zu EN ISO 10863:2011, Abschnitt 5, „Prüfklassen“

ERGÄNZUNG des Abschnitts:

Für die TOFD-Technik ist nur die Qualitätsanforderungsstufe „C“ nach EN ISO 10863, dargestellt in Tabelle 1, anzuwenden. (versetztes Abtasten bei Reparaturarbeiten)

C.2.4 Ergänzung zu EN ISO 10863:2011, 7.2.2 „Ultraschall-Prüfköpfe“

ERGÄNZUNG des Abschnitts:

Die tote Zone innerhalb der Oberflächenwelle (Lateralwelle) beträgt in der Regel 3,0 mm oder 20 % der Wanddicke.

C.2.5 Ersatz von EN ISO 10863:2011, Abschnitt 11, dritter Absatz „Schweißnahtprüfung“

ERSATZ des dritten Absatzes:

Die nachfolgenden Kriterien sind für Fehldaten anwendbar:

- Nur einzelne Linien dürfen fehlen;
- Zwei Linien dürfen fehlen, sofern diese durch mindestens 20 Linien getrennt sind (Der Mindestabstand zwischen zwei Fehllinien beträgt 20 Linien);
- Der niedrigste Wert von 2 % der Gesamtlinienanzahl oder 80 mm kumulativer, in einem Abtastvorgang erfasster Schweißnahtlänge darf fehlen.

C.2.6 Ersatz von EN ISO 10863:2011, 12.5.2 „Größenbestimmung“

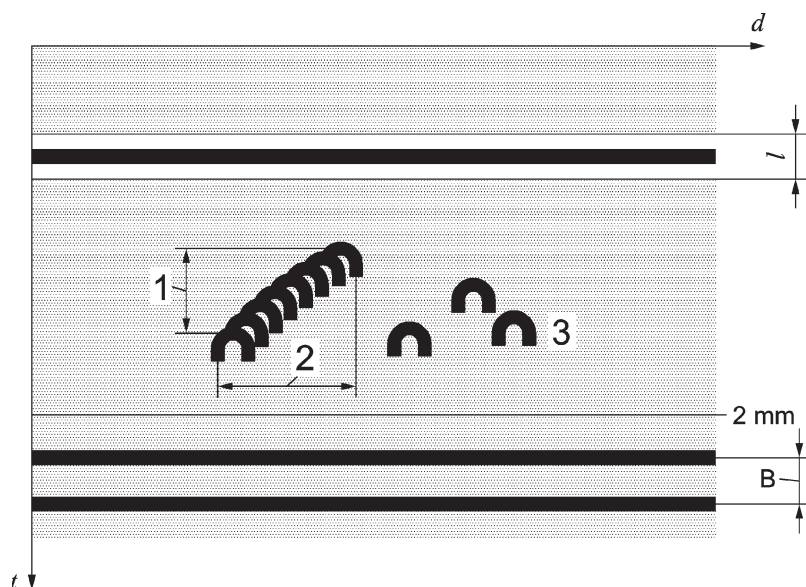
ERSATZ von 12.5.2 durch drei neue Begriffe:

- Abmessungen von Schweißnahtfehlern;
- Kantenversatz (HiLo);
- elektronische Glättung der Oberflächenwelle.

Abmessungen von Schweißnahtfehlern

Charakterisierung von Schweißnahtfehlern müssen fachsprachlich nach $h \cdot l_{\max}$ klassifiziert werden. Dabei ist:

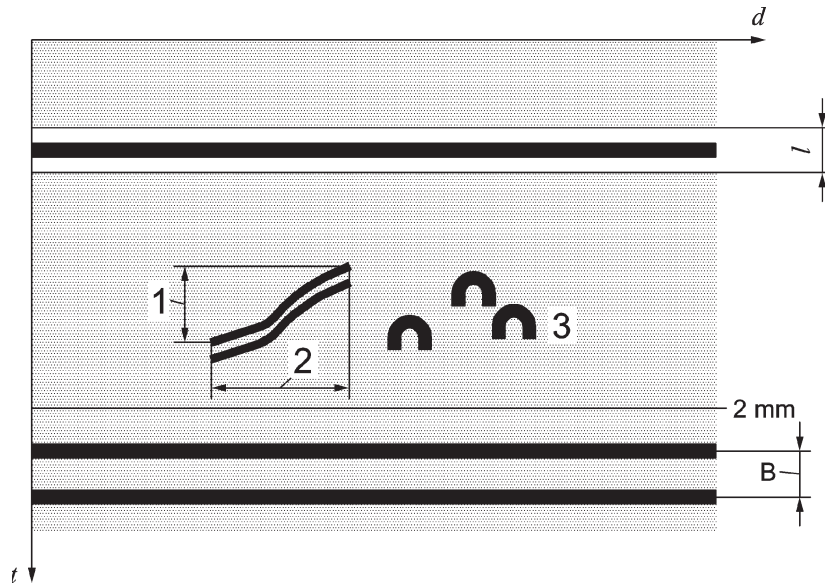
- a) $l_{\max}$ die maximal zulässige Länge des Schweißnahtfehlers in mm in Umfangsrichtung.
- b) h ist die maximal zulässige Höhe eines Schweißnahtfehlers in jeder anderen Richtung in mm. Beachten Sie die schematische Bild C.3 und Bild C.4 für übereinanderliegende Fehler.



Legende

- 1 Höhe des Schweißnahtfehlers (h) (mm)
- 2 Länge des Schweißnahtfehlers (l) (mm)
- 3 einzelne Beugungssignale
- B Rückwandecho
- t Laufzeit (μs)
- d Entfernung (mm)
- l Oberflächenwelle (mm)

Bild C.3 — Beispielhafte schematische Darstellung von übereinander liegenden Fehlern

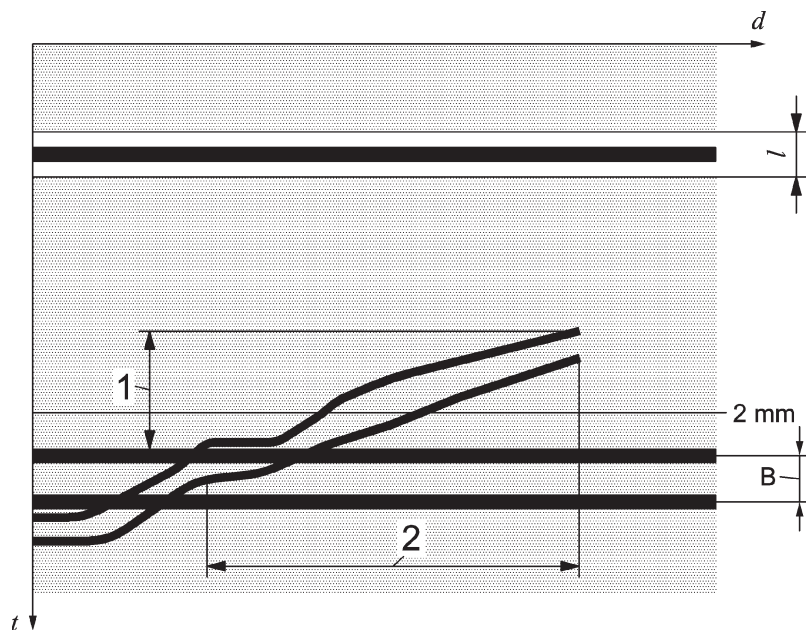


Legende

- 1 Höhe des Schweißnahtfehlers (h) (mm)
- 2 Länge des Schweißnahtfehlers (l) (mm)
- 3 einzelne Beugungssignale
- B Rückwandecho
- t Laufzeit (μs)
- d Entfernung (mm)
- l Oberflächenwelle (mm)

Bild C.4 — Beispielhafte schematische Darstellung von übereinander liegenden Fehlern

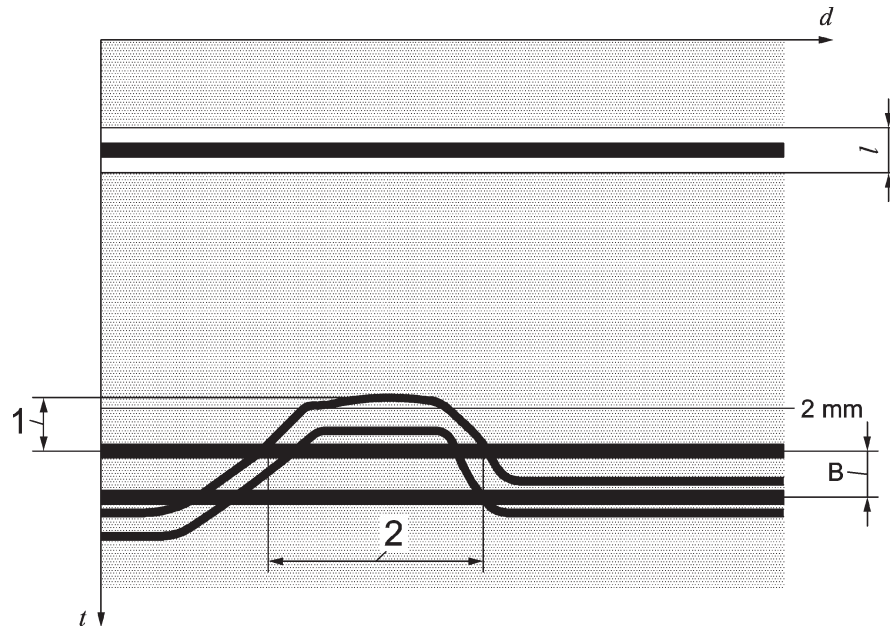
- c) Wenn TOFD-Indikationen Oberflächenverbundenheit nach Bild C.1 oder Bild C.2 vermuten lassen, muss der Abstand zur Oberfläche bei der Bestimmung der Schweißnahtfehlerhöhe berücksichtigt werden.
- d) Zur Bestimmung der Länge eines Schweißnahtfehlers sind die TOFD-Signale beider Enden zu nehmen. Bei Fehlern auf der Außenoberfläche ist die Höhe des Totbereichs (innerhalb der Oberflächenwelle) beidseitig in die Längenbestimmung mit einzubeziehen. Bei Fehlern an der Innenwand ist die Länge zu nehmen, bei der das erste TOFD-Signal an der Rückseite am Beginn und Ende des Schweißnahtfehlers erkennbar ist. Siehe auch die schematischen Darstellungen in Bild C.5 und Bild C.6.



Legende

- 1 Höhe des Schweißnahtfehlers (h) (mm)
- 2 Länge des Schweißnahtfehlers (l) (mm)
- B Rückwandecho
- t Laufzeit (μs)
- d Entfernung (mm)
- l Oberflächenwelle (mm)

Bild C.5 — Beispielhafte schematische Darstellung eines teilweise zur Oberfläche offenen Schweißnahtfehlers mit den zugehörigen Grenzbereichen zur Größenbestimmung von Schweißnahtfehlern



Legende

- 1 Höhe des Schweißnahtfehlers (h) (mm)
- 2 Länge des Schweißnahtfehlers (l) (mm)
- B Rückwandecho
- t Laufzeit (μs)
- d Entfernung (mm)
- l Oberflächenwelle (mm)

Bild C.6 — Beispielhafte schematische Darstellung eines teilweise zur Oberfläche offenen Schweißnahtfehlers mit den zugehörigen Grenzbereichen zur Größenbestimmung von Schweißnahtfehlern

Kantenversatz (HiLo)

Die Stellen, an denen sich die Beugungssignale allmählich dem normalen Wurzelverlauf annähern/davon entfernen und parallel zu diesem verlaufen, sind als Kantenversatz zu betrachten.

Zusammen mit HiLo ist der Schweißnahtfehler mittels „ h “ zu bestimmen, wobei das obere TOFD-Signal die Oberseite des Schweißnahtfehlers darstellt und das schwächste Rückwandecho die Unterseite des Schweißnahtfehlers bestimmt. Siehe Bild C.7.



- Bild C.7 — Beispielhafte schematische Darstellung zur Bestimmung von Schweißnahtfehlern mit HiLo**

Bei auf der Außenoberfläche der Rohrleitungen auftretenden Schweißnahtfehlern oder bei Kantenversatz ist die Schweißnahtfehlerhöhe mittels Sichtprüfung ausschließlich zu korrigieren.

Anhang D (normativ)

Kritische Gesichtspunkte für das Anbohren oder Schweißen an in Betrieb befindlichen Leitungen

D.1 Allgemeines

Dieser Anhang nimmt Bezug auf 7.4 und beschreibt für die Qualitätsanforderungsstufe D (Transportleitungen) Anforderungen für das Anbohren oder Schweißen an in Betrieb befindlichen Leitungen. Dieser Anhang gilt für geteilte T-Stücke und Reparaturhülsen, Vollumfassungsarmaturen, Aufsteckabzweige für Gewinde- oder Schweißverbindungen.

D.2 Verfahrensvorschriften

Wenn während des Betriebs geschweißt werden soll, sollte der Bediener über ein qualifiziertes Verfahren verfügen, um eine sichere Arbeitsweise zu gewährleisten. Allgemeine Hinweise können dem von TToolboxes veröffentlichten Reparaturhandbuch für Rohrleitungen entnommen werden. (http://www.ttoolboxes.com/documents/free_prci/l52047.pdf)

Das Verfahren sollte alle kritischen Aspekte und Methoden der Schadensbegrenzung berücksichtigen. Die wichtigsten zu behandelnden Aspekte sind nachstehend aufgeführt.

- Erforderliche Mindestwandstärke zur Verhinderung von Durchbrennen;
- Druck oder ob Druckreduzierung erforderlich ist;
- Flüssigkeitsgeschwindigkeit, Minimum und/oder Maximum;
- Maximale Härte;
- Chemische Zusammensetzung der Flüssigkeitsleitung;
- Kontrolle der Schweißparameter und des Wärmeeintrags;
- Kritische Kühlraten ($\Delta t_8/5$ oder $\Delta t_8/3$ oder Spot-Kühlrate);
- Kontrolle der Vorwärmtemperatur/Zwischenlagentemperatur;
- Kontrolle der maximalen Innenwandtemperatur, wenn von Gefahr einer Flüssigkeitszertrümmerung besteht*;
- Kontrolle und Beschränkungen für Schweißzusätze im Hinblick auf Verwendung, Lagerung und Beschaffung;
- Erforderliche Zeit zwischen der Beendigung des Schweißens und der Durchführung von Inspektionen.

* Um den Zerfall von molekularem Wasserstoff in atomaren Wasserstoff zu vermeiden, sollte die Innenwandtemperatur nicht höher sein als 120 °C.

Die oben genannten Aspekte zielen auf die beiden Hauptanliegen bei der Durchführung von Schweißarbeiten an Rohrleitungen aus Kohlenstoffstahl im Betrieb ab, nämlich die Gefahr von Kaltrissen und die Gefahr von Durchbrennen. Nachfolgend sind mögliche Methoden in Bezug auf das jeweilige Risiko aufgeführt.

Zur Vermeidung von Kaltrissen sind nachfolgende Vorsichtsmaßnahmen möglich:

- Butterung und/oder die Temper-Bead-Methode
- Reihenfolge des Schweißens
- Vorwärmung
- Reduzierung des Gasflusses
- Erhöhter Wärmeeintrag
- Zur Vermeidung von Durchbrennen sind nachfolgende Vorsichtsmaßnahmen möglich:
- Maximal zulässiger Stabdurchmesser
- Maximale Wärmeeinbringung/minimale Auslauflänge
- Druckentlastung der Rohrleitung
- Minimale Strömung zur Begrenzung der Innenwandtemperatur

Zur Vermeidung von Durchbrennen sind nachfolgende Vorsichtsmaßnahmen möglich:

- Maximal zulässiger Stabdurchmesser
- Maximale Wärmeeinbringung/minimale Auslauflänge
- Druckentlastung der Rohrleitung
- Minimale Strömung zur Begrenzung der Innenwandtemperatur
- Typ der Elektrode
- Polarität der Elektrode

Sofern nicht als allgemeiner Ansatz anders angegeben, sollte der maximale Elektrodendurchmesser für Wanddicken bis 7,0 mm 2,5 mm betragen. Über 7,0 mm Wanddicke können Elektroden mit 3,25 mm verwendet werden. Die Verwendung von Elektroden mit einem Durchmesser von 4,0 mm ist bei einer Wanddicke von mehr als 10,0 mm zulässig.

D.3 Aufsicht

Die Aufsicht muss vom Leitungsbetreiber oder seinem Beauftragten wahrgenommen werden.

D.4 Sicherheitsmaßnahmen

Die Sicherheitsmaßnahmen sollten nach den Anweisungen des Leitungsbetreibers und/oder den gesetzlichen Vorschriften getroffen werden. Diese können z. B. in Risikobeurteilungen und Arbeitsanweisungen festgelegt werden. Außerdem sollte ein Arbeitsplan mit der Regelung der Verantwortung erstellt werden.

Vor dem Schweißen muss die Wanddicke im Schweißbereich gemessen und aufgezeichnet werden. Die Rohrleitung sollte im Bereich der Schweißnaht auf Doppelung geprüft werden, siehe Tabelle 5.

Vor dem Anschweißen von Stutzen an Rohre muss die Notwendigkeit einer lokalen Verstärkung bewertet und verifiziert werden.

Vom Leitungsbetreiber sollte ein Mindestanstand zwischen dem Formstück und anderen Schweißnähten festgelegt werden.

D.5 Schweißzusätze

Die Schweißzusätze sollten so gewählt werden, dass sie die zusätzlichen Anforderungen erfüllen, die für das beim Produktionsschweißen verwendete Schweißverfahren gelten. Mögliche Zusatzanforderungen sind nachstehend aufgeführt.

- Wasserstoffarme Elektroden HDM < 5
- Spezifische Anforderungen an mechanische Werte
- Zusätzliche Zertifizierung
- Verpackung zur Verhinderung der Feuchtigkeitsaufnahme

D.6 Schweißanweisung (WPS)

Die Schweißanweisung sollte neben den in EN ISO 15609-1 geforderten Informationen alle vom Bediener identifizierten/spezifizierten zusätzlichen Schweißvariablen für das Schweißen im Betrieb enthalten. Die Schweißanweisung muss durch den Leitungsbetreiber genehmigt werden.

D.7 Schweißverfahrens-Qualifikation für Schweißen im Betrieb

Die Schweißanweisung muss nach EN ISO 15614-1 Stufe 2 qualifiziert sein.

Je nach gewählter Arbeitsweise können zusätzliche Prüfungen und wesentliche Variablen Teil der Schweißverfahrensprüfung sein. Diese können u. a. die Abkühlgeschwindigkeit der Schweißnaht, die Aufrechterhaltung der Vorwärmung, die Schweißreihenfolge der Raupen, Grenzwerte für CE_{iiw} - oder PCm-Werte umfassen. Diese zusätzlichen Anforderungen können mit zusätzlichen Prüfkörpern qualifiziert werden.

D.8 Ausbildung der Schweißer

Vor Beginn der Arbeiten sollten die Schweißer ihre Fähigkeiten nachweisen. Es sollte eine Testnaht geschweißt und geprüft werden (siehe auch D.9). Das Schweißverfahren und die Prüfstücke sollten dem Leitungsbetreiber zur Genehmigung vorgelegt werden. Die Anerkennung der Eignung/Qualifizierung des Schweißers für die Durchführung von Schweißarbeiten an in Betrieb befindlichen Leitungen sollte durch den Leitungsbetreiber erfolgen. Die Gültigkeitsdauer der Schweißerzulassung darf nach Ermessen des Leitungsbetreibers geändert werden.

D.9 Schweißnahtvorbereitung langer Nähte

Die Längsnähte geteilter Aufschweißstücke dürfen nicht mit der Wand der in Betrieb befindlichen Leitung in Berührung kommen. Um dies und/oder Lichtbogenschläge zu vermeiden, muss entweder ein angemessener Abstand zwischen Formstücken und der in Betrieb befindlichen Rohrleitung oder Stützstreifen verwendet werden. Um die Anzahl der Starts und Stopps in der Längsnaht zu reduzieren, wird die Verwendung von Ein- und Auslauflamellen empfohlen.

D.10 Schweißnahtvorbereitung kreisförmiger Nähte

Zwischen Formstück und Rohr sollte ein gleichmäßiger Abstand bestehen. Je nach Art des verwendeten Formstücks sollte die Decklage der Rohrnaht durch Schleifen im Bereich der Kehlnähte oder über die Länge des gesamten Formstücks entfernt werden. Die Lücke zwischen Formstück und Rohr kann durch Schmieden, Pufferschichten oder durch Schweißen über Metallstreifen geschlossen werden. Wenn Formstücke aus Materialien mit $R_{t0,5} > 360 \text{ N/mm}^2$ bestehen oder bei Konstruktionen, bei denen Längsspannungen Verformung verursachen können, darf mit der Schweißung der zweiten Kehlnaht erst begonnen werden, wenn die erste Kehlnaht vollständig verschweißt und abgekühlt ist. Bei der Verwendung von Heftschweißnähten sollten die folgenden Anforderungen gelten:

- Heftschweißen ist in der verwendeten Schweißanweisung spezifiziert.
- Vorheizmethode und Temperatur.
- Die Mindestlänge einer Heftnaht beträgt 50 mm.
- Der maximale Abstand zwischen Heftnähten beträgt 300 mm.
- Die Heftschweißnähte sind durch Schleifen zu entfernen und dürfen nicht Teil der endgültigen Schweißung werden.

D.11 Reparatur

Jede Reparatur sollte dem Leitungsbetreiber zur Genehmigung vorgelegt werden. Reparaturen sollten nach einem festgelegten Verfahren erfolgen und dokumentiert werden. Reparierte Schweißnähte sollten zu 100 % geprüft werden.

D.12 Zerstörungsfreie Prüfung

Die Schweißnähte sind nach den in Tabelle 5 angegebenen zerstörungsfreien Methoden zu prüfen. Alle Schweißnähte müssen mindestens einer MT-Prüfung unterzogen werden. Längsnähte müssen mit einem volumetrischen Verfahren geprüft werden. Insbesondere bei Kehlnähten muss die Abwesenheit von Rissen in der Kehlnaht und im angrenzenden Material nachgewiesen werden (z. B. Magnetpulverprüfung MT).

D.13 Druckprüfung

Vor dem Anbohren sollte das Formstück einem Festigkeits- und/oder Lecktest unterzogen werden. In diesem Fall muss die Belastung der in Betrieb befindlichen Rohrleitung durch den Prüfdruck von außen berücksichtigt werden.

D.14 Dokumentation

Die Dokumentation muss 10.11 entsprechen.

Anhang E (normativ)

AUT-Untersuchung der Fugen

E.1 Anwendungsbereich

Prüfungsanforderungen für automatisierte Ultraschallprüfung von Rohrleitungsumfangschweißnähten.

E.2 Allgemeine Anforderungen

Die Hauptanforderung an jedes AUT-System ist, dass seine Leistung in Bezug auf angemessene Erkennungs- und Größenbestimmungs- oder Rückweisungsfähigkeiten in Bezug auf spezifizierte/bestimmte Schweißfehler dokumentiert wird. Das Ultraschallsystem kann mit Impuls-Echo, Laufzeitbeugung und/oder durch Übertragungstechniken mit festen oder phasengesteuerten Arrays oder mit der Vollmatrix-Erfassungstechnik arbeiten. Es muss über ein vollautomatisches Aufzeichnungssystem verfügen, das die Lage von Fehlern und die Integrität der akustischen Kopplung anzeigt. Die von allen Techniken bereitgestellten Informationen müssen aktiv genutzt werden, eine angemessene Fehlererkennung und Größenbestimmung zu gewährleisten.

Das Ultraschallsystem muss Einrichtungen zur Erkennung von Querfehlern enthalten, es sei denn, es wird eindeutig festgestellt, dass der Schweißprozess, der Grundwerkstoff, die Anwendung und die Umgebungsbedingungen keine Gefahr für Querfehler darstellen.

Bei der Konstruktion des AUT-Systems müssen die zu erwartenden Abweichungen der Wanddicke berücksichtigt werden.

E.3 AUT-Qualitätssicherung

Es muss ein funktionierendes Qualitätssicherungssystem verwendet werden, das die Prüfung, Verifizierung und Dokumentation des Systems und seiner Komponenten und der Software in Bezug auf vorgegebene Anforderungen, die Qualifikation des Personals und den Betrieb von Ultraschallprüfsystemen umfasst.

Folgendes muss dokumentiert werden:

- Dokumentationskontrolle.
- Anforderungen an das System, seine Komponenten und Referenzblöcke.
- Kontrolle und Verifizierung der Software-Entwicklung/Änderungen.
- Verifizierung/Test von AUT-Systemen für den Feldeinsatz.
- Betriebskontrollen und Feldwartung von AUT-Systemen.
- Dokumentation/Verifizierung von Änderungen an AUT-Systemen im Feld.
- AUT-Bedienerschulung und -Qualifizierung.

E.3.1 Inhalt der Verfahrensanweisung

Die Konfiguration des Ultraschallsystems muss für Auswertungszwecke beschrieben und hinsichtlich Folgendem dokumentiert werden:

- Kurze Funktionsbeschreibung des Systems. Funktion(en) der Abtastvorrichtung.
- Verweis auf die Vorschrift, die Norm oder die Richtlinie, die für den Entwurf und den Betrieb des Systems verwendet wird.
- Gerätebeschreibung, Ultraschallgerät, Anzahl der Kanäle und Datenerfassungssystem.
- Methode zur Identifizierung der Startpunktabtastung am Rohr.
- Einsatzbereich des Systems; Rohrmaterial, Fase, Wanddickentoleranzen.
- Anzahl und Art der Messwandler, Konfigurationen der Prüfanordnung, Anzahl und Höhe der Prüfbereiche, soweit relevant.
- Gate-Einstellungen und Mapping-Kanal-Einstellungen.
- Sondendistanz.
- Schallwinkel, Phased-Array-Brennweitengesetze (falls zutreffend).
- Fokustiefe.
- Erforderlich über Schweißnaht.
- Angewandte Schwellenwerte.
- Die Wandler müssen dokumentiert sein in Bezug auf
 - Hersteller,
 - Art,
 - Kennwerte,
 - eindeutige Identifizierung (Seriennummer).
- Wandlereigenschaften müssen umfassen:
 - Frequenz,
 - Ausstrahlwinkel,
 - Keil-Eigenschaften,
 - Strahlgröße,
 - Impulsform,
 - Impulslänge,
 - Störabstand,
 - Fokuspunkt und -Länge für fokussierte Wandler. (nicht anwendbar auf Phased-Array-Wandler).

- Darüber hinaus müssen die folgenden Merkmale für Phased-Array-Sonden enthalten sein:
 - Anzahl der Elemente,
 - Mittenfrequenz,
 - Element-Abstand,
 - Quellenverstärkung (anwendbar auf die vollständige metrische Erfassungstechnik).
- Darüber hinaus müssen die folgenden Merkmale für ToFD-Sonden enthalten sein:
 - Referenz-Empfindlichkeit,
 - Abtastempfindlichkeit,
 - Fokustiefe,
 - PCS.
- Aufzeichnung und Verarbeitung von Datenreferenzblöcken.
- Kalibrierintervalle und Aufzeichnungen.
- Methode zur Überwachung der Kopplung.
- Temperaturbereich für die Prüfung.
- Erreichte Abdeckung.
- Maximale Abtastgeschwindigkeit, effektive Pulswiederholungsfrequenz (PRF) und Richtung.
- Berichterstattung über Indikationen und Dokumentation von Kalibrier- und Empfindlichkeitseinstellungen.
- Methode zur Größenbestimmung von Höhe, Tiefe und Länge.
- Abnahmekriterien.
- Es müssen Zeichnungen erstellt werden, die die Konstruktionsdetails für jeden Typ und jedes Material des Referenzblocks zeigen. Die Zeichnungen müssen zeigen:
 - die spezifische Schweißsasengeometrie, Abmessungen und Toleranzen,
 - die Höhe und Position der Untersuchungszonen,
 - die erforderlichen Referenzreflektoren und ihre relative Position,
 - die Skizze des beabsichtigten Ultraschallweges, der mit jedem Reflektor verbunden ist.
- Anforderungen an die Berichterstattung.

Das Verfahren muss vom Spezialisten der UT-Stufe 3 vom oder im Namen des Eigentümers der Rohrleitung akzeptiert werden.

E.3.2 Ausrüstung und Komponenten von Ultraschallsystemen

Allgemeine Anforderungen

Das System muss alle Anforderungen von EN ISO 17640 (MUT), EN ISO 10863 (ToFD) und EN ISO 13588 (PA) erfüllen

Aufzeichnungssystem

Das Aufzeichnungs- oder Markierungssystem muss die Lage der Unvollkommenheiten in Bezug auf den Nullpunkt der Abtastung deutlich anzeigen, mit einer Genauigkeit von $\pm 1\%$ oder ± 10 mm, was immer größer ist. Die Systemauflösung muss so gewählt werden, dass jedes Segment der aufgezeichneten Daten eines einzelnen Prüfkanals nicht mehr als 1 mm des Umfangsschweißabstands darstellt.

Akustische Kopplung

Die akustische Kopplung wird durch Kontakt oder durch eine Kopplungssäule unter Verwendung eines für den Zweck geeigneten flüssigen Mediums erreicht. Zur Förderung der Benetzung muss ein umweltverträgliches Mittel verwendet werden, jedoch dürfen nach dem Verdunsten der Flüssigkeit keine Rückstände auf der Rohroberfläche zurückbleiben.

Einrichten für das Scannen von Reparaturen

Das Ultraschallsystem kann Scanner-Köpfe und einen Systemaufbau umfassen, die speziell für die Prüfung von Reparaturen konfiguriert sind, bei denen die Hauptfunktion darin besteht, die vollständige Entfernung zurückgewiesener Fehler zu bestätigen. Zumindest das AUT-System mit seiner normalen Einrichtung, aber mit Gates, die breit genug sind, um den Reparaturbereich zu umfassen und zu bestätigen, dass die AUT-Fehler beseitigt wurden. Während dieser Zeit muss auch den TOFD-Kanalanzeigen und den Indikationen außerhalb der normalen Gate-Einstellungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

E.3.3 Referenzblöcke

Referenzblöcke müssen zur Einstellung der Empfindlichkeit des AUT-Systems, zur Verifizierung des Inspektionssystems für die Feldinspektion und zur Überwachung der laufenden Systemleistung verwendet werden. Das Material des Referenzblocks muss von derselben Sorte, demselben Blechwalzwerk, demselben Rohrhersteller und demselben Produktionsverfahren (LSAW-HSAW-HFI-nahtlos) wie das zu untersuchende Material sein. Einzelheiten der spezifischen Schweißfasengeometrien einschließlich der relevanten Abmessungen und Toleranzen müssen angegeben werden, um die Angaben und die Anzahl der erforderlichen Vergleichskörper zu bestimmen.

Der Referenzblock muss mit einer fest eingepprägten, eindeutigen Seriennummer gekennzeichnet werden, die die Rückverfolgbarkeit zur Untersuchungsarbeit und der Materialquelle, für die das Normal hergestellt wurde, ermöglicht. Aufzeichnungen über die Korrelation zwischen Seriennummer und Wanddicke, Fasenausführung, Durchmesser und Ultraschallgeschwindigkeitsprüfung müssen aufbewahrt und verfügbar gehalten werden. Die seitliche Position aller Referenzreflektoren muss so sein, dass es keine Interferenzen von benachbarten Reflektoren oder von den Kanten der Blöcke gibt.

Die Maßprüfung aller Referenzreflektoren und ihrer Position muss nach einem dokumentierten Verfahren durchgeführt und aufgezeichnet werden. Löcher und Einkerbungen müssen durch Abdecken des Lochs mit einem geeigneten Dichtungsmittel vor einer Verschlechterung geschützt werden.

Stufe 1

Art und Größe der Referenzreflektoren sind in Abschnitt E.6 definiert. Die wichtigsten Referenzreflektoren sind Flachbodenbohrungen (FBHs) und Oberflächenkerben. Zur Überprüfung der TOFD-Systemfunktionalität müssen spezielle Kerben für ToFD eingebaut werden.

Die Bearbeitungstoleranzen für Referenzreflektoren sind:

- a) Bohrungsdurchmesser $\pm 0,2$ mm
- b) Ebenheit von FBH $\pm 0,1$ mm
- c) Alle relevanten Winkel $\pm 1^\circ$
- d) Kerbtiefe $\pm 0,1$ mm
- e) Kerblänge $\pm 0,5$ mm
- f) Zentrale Position von Referenzreflektoren $\pm 0,1$ mm
- g) Bohrungstiefe $\pm 0,2$ mm

Jeder Reflektor muss durch Ultraschallprüfung verifiziert werden, um sicherzustellen, dass die Referenzreflektorpaare reflektierende Signale innerhalb ± 2 dB liegen.

Stufe 2

Für die Stufe 2 müssen Art und Größe der Referenzreflektoren durch die erforderliche Empfindlichkeit bestimmt werden, um die erforderliche Erkennungswahrscheinlichkeit (en: Probability of Detection, PoD) und Größenbestimmung zu erreichen, die durch den kleinsten zulässigen Fehler bestimmt wird, der sich aus den vereinbarten Abnahmekriterien ergibt. In den Referenzblock müssen mindestens die von den Normen der verwendeten Techniken geforderten Referenzreflektoren aufgenommen werden.

E.3.4 Einrichtung der Aufzeichnung

Die Kanalausgangssignale müssen auf den Aufzeichnungsmedien in einer vereinbarten Reihenfolge angeordnet werden, vorzugsweise zur Überprüfung in einer einzigen Bildeinstellung. Die Funktion jedes Kanals muss klar identifiziert sein. Die Papieraufzeichnung muss korrigiert werden, um etwaige Unterschiede zu berücksichtigen, die durch unterschiedliche Umfangspositionen der Wandler entstehen. Der Abstand der Schweißnaht muss in Abständen von nicht mehr als 100 mm der Schweißnahtlänge am Umfang deutlich markiert werden.

Die Abtastrichtung (im oder gegen den Uhrzeigersinn) ist klar zu beschreiben und auf einen identifizierbaren Bezugspunkt zu beziehen und muss während der gesamten Dauer der Feldschweißprüfung beibehalten werden.

E.3.5 Umfangsabtastgeschwindigkeit

Die maximal zulässige Umfangsabtastgeschwindigkeit (V_c) muss so bestimmt werden, dass bei dem entsprechenden Arbeitsabstand aller Wandler innerhalb einer Anordnung mindestens 3 Impulsauslösungen innerhalb jeder 6 dB-Strahlbreite auftreten, wobei V_c festgelegt werden muss auf:

$$V_c \leq W_c \cdot \frac{PRF}{3}$$

Dabei ist: W_c die schmalste -6 -dB-Strahlbreite in der/den entsprechenden Entfernung(en) aller Sucheinheiten und der Pro-Suche-Einheit. PRF-Pulswiederholfrequenz. Bei Techniken, bei denen Scans mit Scanlinien dargestellt werden, muss der jeweilige Standard der verwendeten Technik angewendet werden.

E.3.6 Software

Die gesamte Software zur Aufzeichnung, Datenverarbeitung und Darstellung, einschließlich Änderungen daran, muss durch das Qualitätssicherungssystem abgedeckt sein, und alle Softwareversionen müssen durch eine eindeutige Versionsnummer identifizierbar sein.

Die Software-Versionsnummer, die bei der Benutzung identifiziert wird, muss auf allen Anzeige- und Ausdrucken von Kalibrier- und Untersuchungsergebnissen klar erkennbar sein. Jede identifizierte Einrichtung muss zur Überprüfung verfügbar sein.

Software-Updates dürfen während des Einsatzes bei Felduntersuchungen auf Systemen nicht durchgeführt werden.

E.3.7 Referenzlinie, Bandposition und Beschichtungsschnitt

Referenzlinie (falls zutreffend)

Falls vom Leitungsbetreiber vor dem Schweißen gefordert, muss auf der Rohrleitungsoberfläche eine Referenzlinie in einem festen Abstand von der Mittellinie der Schweißnahtvorbereitung auf der Seite des Inspektionsbandes angerissen werden. Diese Referenzlinie muss verwendet werden, um sicherzustellen, dass das Band auf den gleichen Abstand von der Schweißnahtmittellinie wie der des Referenzblocks eingestellt wird.

Positionierung des Führungsbandes (falls zutreffend)

Die Toleranz für die Bandpositionierung beträgt ± 1 mm relativ zur Schweißnahtmittellinie. Es sei denn, in einem Qualifizierungsprozess werden andere Toleranzen nachgewiesen.

Rückschnitt der Beschichtung

Der Rückschnitt der Korrosionsbeschichtung zum blanken Rohr muss breit genug sein, um die Grundfläche aller Messwertaufnehmer im erforderlichen Abstand + mindestens 20 mm aufzunehmen. Der Rückschnitt der Beschichtung muss es ermöglichen, das Band vollständig auf das blanke Rohr bzw. auf die Korrosionsbeschichtung zu legen, und ausreichen, um Interferenzen zwischen Beschichtung und Scanner zu vermeiden.

E.3.8 Bediener

Bediener, die Interpretationen erbringen, müssen für die angewandte Technik von einer Zertifizierungsstelle oder einer autorisierten qualifizierenden Stelle nach den folgenden Bestimmungen auf Stufe 2 nach ISO 9712 zertifiziert sein. Darüber hinaus müssen sie eine angemessene Ausbildung und Felderfahrung mit der spezifischen Ausrüstung dokumentieren, indem sie eine spezifische und praktische Prüfung ablegen. Die Bediener haben während der Durchführung der Prüfungsarbeiten jederzeit Zugang zu technischer Unterstützung durch eine Person, die für die Stufe 3 qualifiziert ist.