

KTA 3211.3

Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises Teil 3: Herstellung

Fassung 2017-11

Frühere Fassungen der Regel: 1990-06 (BAnz. Nr. 41a vom 28. Februar 1991)
2003-11 (BAnz. Nr. 26a vom 07. Februar 2004)
2012-11 (BAnz. vom 02. Mai 2013,
Berichtigung BAnz. vom 29. April 2016)

Inhalt

	Seite
Grundlagen	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffe	3
3 Anforderungen an den Hersteller	6
3.1 Allgemeine Anforderungen	6
3.2 Voraussetzungen.....	6
3.3 Schweiß- und Prüfpersonal	6
3.4 Überprüfung der Voraussetzungen nach den Abschnitten 3.2 und 3.3.....	9
3.5 Gültigkeitsdauer der Herstellerüberprüfung.....	9
4 Vorprüfung und Dokumentation.....	9
4.1 Vorprüfung.....	9
4.2 Dokumentation	12
4.3 Vorprüfung und Dokumentation für Ersatz-, Reserve- und Verschleißteile	13
5 Schweißen.....	19
5.1 Schweißtechnische Gestaltung und arbeitstechnische Grundsätze.....	19
5.2 Voraussetzungen zum Schweißen	20
5.3 Anforderungen an Schweißzusätze und -hilfsstoffe	20
5.4 Fugenflanken.....	20
5.5 Durchführung der Schweißarbeiten.....	20
5.6 Überwachung der Schweißarbeiten und Aufzeichnungen durch die Schweißaufsicht.....	22
5.7 Anforderungen an die Schweißungen	22
6 Umformen von Bauteilen	24
6.1 Allgemeine Anforderungen	24
6.2 Warmumformen.....	24
6.3 Kaltumformen	24
6.4 Überprüfung des Umformverfahrens	25
6.5 Prüfung umgeformter Teile.....	25
6.6 Prüfbeteiligung	26
6.7 Protokoll über das Biegen von Rohren.....	26

7	Wärmebehandlung	27
7.1	Grundsätze	27
7.2	Durchführung	27
7.3	Bescheinigungen	28
8	Verfahrens- und Arbeitsprüfungen.....	31
8.1	Verfahrensprüfungen	31
8.2	Arbeitsprüfungen	35
9	Kennzeichnung, Fertigungsüberwachung und Bauprüfung	54
9.1	Kennzeichnung	54
9.2	Fertigungsüberwachung und Bauprüfung.....	55
9.3	Durchführung von Bauprüfungen.....	55
9.4	Eingangskontrollen von Komponenten auf der Baustelle	61
9.5	Prüfung vor erstmaliger Inbetriebnahme	62
10	Anforderungen an die Herstellung von EG 1-Kleinteilen	73
11	Zerstörungsfreie Prüfungen	73
11.1	Prüfgerechte Gestaltung.....	73
11.2	Allgemeine Anforderungen	75
11.3	Schweißverbindungen an ferritischen Stählen	76
11.4	Schweißverbindungen an austenitischen Stählen	80
11.5	Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen	82
11.6	Auftragschweißungen	84
11.7	Einschweißnähte von Wärmetauscherrohren.....	85
11.8	Bereiche entfernter Schweißungen	86
11.9	Protokollierung der Prüfergebnisse	86
12	Oberflächensauberkeit und Oberflächenschutz.....	93
13	Nachbesserungen, Reparaturen und Tolerierungen	93
14	Zusätzliche Anforderungen zum Ausschluss des Bruchpostulats von Rohrrundnähten	94
Anhang A: Muster für Formblätter.....		95
Anhang B: Nachbesserungen, Reparaturen und Tolerierungen		126
Anhang C: Dokumente zur Vorprüfung und Dokumentation		130
Anhang D: Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen		132
Anhang E: Durchführung von Oberflächenprüfungen mittels Magnetzpulver- und Eindringprüfung		149
Anhang F: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird.....		151
Anhang G: Änderungen gegenüber der Fassung 2012-11 (informativ)		156

Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz - AtG -), um die im AtG und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) sowie den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) In den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ werden in Nr. 2.1 unter anderem hohe Anforderungen an die Qualität und Zuverlässigkeit der Fertigung, in Nr. 3.1 des Weiteren die Verwendung qualifizierter Werkstoffe sowie die Sicherstellung und Erhalt der Qualitätsmerkmale bei der Fertigung gefordert. In der Sicherheitsanforderung Nr. 3.4 werden für die drucktragende Wandung von Komponenten der Äußeren Systeme weitere Auslegungs- und Beschaffenheitsanforderungen gestellt. Die Regel KTA 3211.3 dient zur Konkretisierung von Maßnahmen zur Erfüllung dieser Forderungen im Rahmen ihres Anwendungsbereiches. Hierzu werden auch eine Vielzahl im Einzelnen aufgeführter Regeln aus dem konventionellen Bereich der Technik, insbesondere DIN-Normen, mit herangezogen. Für die druck- und aktivitätsführenden Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises werden die Festlegungen der genannten Sicherheitsanforderungen zusammen mit den weiteren Teilen der Regelreihe KTA 3211

KTA 3211.1 Teil 1: Werkstoffe,

KTA 3211.2 Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung,

KTA 3211.4 Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung

und

KTA 3206 Nachweise zum Bruchauschluss für druckführende Komponenten in Kernkraftwerken

somit umfassend konkretisiert.

(3) Im Einzelnen werden in KTA 3211.3 die Anforderungen festgelegt, die zu stellen sind an:

- a) die bei der Herstellung beteiligten Organisationen,
- b) die schweißtechnische Gestaltung, Schweißung, Wärmebehandlung und Umformung der Komponenten unter Berücksichtigung des Werkstoffs und der Art der Schweißverbindung,
- c) die Nachweis- und Kontrollverfahren für die Erzielung und Einhaltung der geforderten Qualität der Komponenten, wie Verfahrens-, Arbeits- und zerstörungsfreie Prüfungen sowie Fertigungsüberwachung und Bauprüfung,
- d) die Bereitstellung von Dokumenten für die Herstellung und die Dokumentation von Prüfergebnissen bei der Herstellung.

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist anzuwenden auf die Herstellung der drucktragenden Wandungen von nicht zur druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels gehörenden druck- und aktivitätsführenden Systemen und Komponenten von Leichtwasserreaktoren, die eine spezifisch reaktorsicherheits-technische Bedeutung besitzen. Diese ist gegeben, wenn eines der nachfolgenden Kriterien erfüllt ist:

- a) Das Anlagenteil ist bei der Beherrschung von Störfällen notwendig hinsichtlich Abschaltung, Aufrechterhaltung langfristiger Unterkritikalität und hinsichtlich unmittelbarer Nachwärmeabfuhr. Anforderungen an Komponenten in Systemen, die nur mittelbar zur Nachwärmeabfuhr dienen

- dies sind die nicht aktivitätsführenden Zwischenkühlwassersysteme und Nebenkühlwassersysteme - sind anlagenspezifisch unter Berücksichtigung der Mehrfachauslegung (z. B. Redundanz, Diversität) festzulegen.

- b) Bei Versagen des Anlagenteils werden große Energien freigesetzt und die Versagensfolgen sind nicht durch bauliche Maßnahmen, räumliche Trennung oder sonstige Sicherheitsmaßnahmen auf ein im Hinblick auf die nukleare Sicherheit vertretbares Maß begrenzt.
- c) Das Versagen des Anlagenteils kann unmittelbar oder in einer Kette von anzunehmenden Folgeereignissen zu einem Störfall im Sinne des § 49 StrlSchV führen.

(2) Zum Anwendungsbereich dieser Regel gehören folgende Komponenten:

- a) Druckbehälter,
 - b) Rohrleitungen und Rohrleitungsteile,
 - c) Pumpen und
 - d) Armaturen
- einschließlich der integralen Bereiche der Komponentenstützkonstruktionen.

(3) Diese Regel gilt nicht für:

- a) Rohrleitungen und Armaturen gleich oder kleiner als DN 50,
- b) Einbauteile der Komponenten (die nicht Bestandteil der drucktragenden Wandung sind) und Zubehör,
- c) Systeme und Anlagenteile, die Hilfsfunktionen für die hier behandelten Systeme ausführen,
- d) Systemteile, deren Systemdruck allein durch die geodätische Druckhöhe im Saugbereich bestimmt wird,
- e) Teile zur Kraft- und Leistungsübertragung in Pumpen und Armaturen sowie Prüfungen zum Funktionsfähigkeitsnachweis,
- f) die im Rahmen der Inbetriebsetzung der Anlage durchzuführenden Dichtheits-, Druck- und Funktionsprüfungen sowie Reinheitsprüfungen,
- g) Schweißzusätze und -hilfsstoffe.

2 Begriffe

Hinweis:

Für die Ultraschallprüfung gelten die Begriffe gemäß DIN EN ISO 5577.

(1) Auftragschweißen

Auftragschweißen ist das Beschichten (siehe DIN 8580) eines Werkstücks durch Schweißen. Dabei wird bezüglich Grund- und Auftragwerkstoff z. B. unterschieden zwischen (siehe DIN EN 14610, DIN 1910-11 und DIN 1910-100):

- a) Auftragschweißen von Panzerungen (Schweißpanzern) mit gegenüber dem Grundwerkstoff artfremdem, vorzugsweise verschleißfesterem Auftragwerkstoff,
- b) Auftragschweißen von Plattierungen (Schweißplattieren) mit gegenüber dem Grundwerkstoff artfremdem, vorzugsweise chemisch beständigerem Auftragwerkstoff,
- c) Auftragschweißen von Pufferschichten (Puffern) mit einem Auftragwerkstoff mit solchen Eigenschaften, dass zwischen artfremden Werkstoffen eine beanspruchungsgerechte Bindung erzielt werden kann,
- d) Auftragschweißen zur Formgebung (formgebendes Schweißen) mit einem gegenüber dem Grundwerkstoff nicht artfremden Auftragwerkstoff.

(2) Baugruppe

Eine Baugruppe ist ein aus mindestens zwei Bauteilen bestehender Teil einer Komponente.

(3) Bauteil

Ein Bauteil ist der aus einer Erzeugnisform hergestellte kleinste Teil einer Baugruppe oder eines vorgefertigten Rohrleitungsteils (Spool).

(4) Betriebstemperatur, zulässige

Die zulässige Betriebstemperatur ist der aus Sicherheitsgründen festgelegte Höchstwert oder Tiefstwert der Wandtemperatur des Anlagenteils.

(5) Betriebsüberdruck, zulässiger

Der zulässige Betriebsüberdruck ist der aus Sicherheitsgründen festgelegte Höchstwert des Betriebsüberdrucks.

(6) Echohöhenbewertung

Die Echohöhenbewertung ist eine Bewertung von Ultraschallanzeigen durch Vergleich der Echohöhe (Signalamplitude des am Reflektor erzeugten Ultraschallsignals) mit der Registrierungsschwelle und Bewertungsgrenze gemäß Bild 2-1 in KTA 3211.4. Die Echohöhenbewertung beinhaltet keine Größenbestimmung von Reflektoren.

(7) Einzelteilgruppen

Einzelteilgruppen sind Teile von Komponenten mit gemeinsamen Qualitätsmerkmalen. Siehe **Tabelle 2-1**.

Hinweis:

Beispiele für die Zuordnung von Einzelteilen zur Einzelteilgruppe 1 (EG 1) sind in **Tabelle 2-2** dargestellt.

(8) Erzeugnisform

Eine Erzeugnisform ist die Form, zu der Werkstoffe verarbeitet wurden, z. B. Blech, Schmiedeteil und Guss-Stück.

(9) Fertigungsisometrie

Eine Fertigungsisometrie ist die isometrische Darstellung eines Teilstückes eines Rohrleitungssystems, das aus vorgefertigten Rohrleitungsstücken oder Bauteilen besteht.

(10) Fertigungsschritt

Ein Fertigungsschritt ist der auf eine bestimmte Fertigungstechnik bezogene Arbeitsgang (z. B. Umformen, Wärmebehandeln, Schweißen).

(11) Haltepunkt

Ein Haltepunkt ist ein bestimmter Zeitpunkt im Herstellungsablauf, an dem die Fertigung zur Durchführung von Prüfungen angehalten wird.

(12) Herstellung

Die Herstellung ist die Gesamtheit aller Fertigungs-, Überwachungs- und Prüfschritte, die zum Umsetzen der Konstruktion in ein Produkt erforderlich sind. Sie endet vor Inbetriebnahme der Komponente.

(13) Komponente

Eine Komponente ist ein nach baulichen oder funktionellen Gesichtspunkten abgegrenzter Teil eines Systems, der noch selbständige Teilfunktionen erfüllt.

(14) Probenstück

Ein Probenstück ist der Teil einer Lieferung oder eines Erzeugnisses, der zur Entnahme von Prüfstücken oder Proben zwecks Durchführung von Versuchen (Prüfungen) bestimmt ist.

(15) Prüfgruppen

In Prüfgruppen werden Teile der EG 1 entsprechend ihrer unterschiedlichen Qualitätsmerkmale und Qualitätsnachweise (z. B. Prüfmüßnahmen) eingestuft (siehe **Tabelle 2-3**).

(16) Prüfstück

Ein Prüfstück ist ein zum Zweck der Prüfung (z. B. Schweiß-, Verfahrens-, Arbeitsprüfung) hergestellter Gegenstand, der

selbst geprüft wird oder aus dem die Proben entnommen werden sollen.

(17) Raumtemperatur

Der Temperaturbereich für Raumtemperatur beträgt bei den in dieser Regel festgelegten mechanisch-technologischen Prüfungen $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

(18) Rauschanzeigen

Rauschanzeigen sind zufällig verteilte Anzeigen, die vom Rauschen des Prüfsystems, von Prüfbedingungen, von der Oberflächenbeschaffenheit oder vom Gefüge des Prüfgegenstandes herrühren.

(19) Rauschpegel

Der Rauschpegel ist der 95 %-Wert der Summenhäufigkeit der Höhen der Rauschanzeigen im fehlerfreien Prüfbereich.

(20) Rohrleitungssystem

Ein Rohrleitungssystem ist die Zusammenfassung von Strängen zu einer Funktionseinheit (gleiche Kennzeichnung nach KKS, alternativ auch Anlagenkennzeichnungssystem AKZ).

(21) Sachverständiger

Ein Sachverständiger für die Prüfungen nach dieser Regel ist der nach § 20 des Atomgesetzes von der Genehmigungs- oder Aufsichtsbehörde zugezogene Sachverständige. Die in dieser Regel vorgesehenen Prüfungen/Überprüfungen erfolgen auf der Grundlage eines entsprechenden Auftrags der zuständigen Behörde.

(22) Schweißprozess

Ein Schweißprozess ist eine spezielle Schweißmethode, die die Berücksichtigung verschiedener metallurgischer, elektrischer, physikalischer, chemischer oder mechanischer Grundsätze erfordert.

(23) Schweißverfahren

Ein Schweißverfahren ist ein vorgeschriebener Ablauf von Tätigkeiten, der zur Herstellung einer Schweißung zu befolgen ist, einschließlich der(s) Schweißprozesse(s), der Hinweise auf die Werkstoffe, die Schweißzusätze, die Vorbereitung, die Vorwärmung (falls notwendig), Verfahren und die Überwachung des Schweißens sowie die Wärmenachbehandlung (falls entscheidend) und die notwendigen eingesetzten Einrichtungen.

(24) Strang

Ein Strang ist der Teil eines Rohrleitungssystems, der auf einer oder mehreren Fertigungsisometrien dargestellt ist. Der Strang ist gekennzeichnet durch zulässige Betriebstemperatur, zulässigen Betriebsüberdruck, Medium, Klasse, Prüfgruppe, Werkstoff und Rohranschlussabmessungen.

(25) Systemabschnitt

Ein Systemabschnitt ist der Abschnitt eines Rohrleitungssystems, der als Einheit bei der Druckprüfung erfasst wird.

(26) Teilbauprüfung

Eine Teilbauprüfung ist die Durchführung von Teilen der Bauprüfung im jeweils prüffähigen Zustand.

(27) Vorgefertigtes Rohrleitungsteil (Spool)

Ein Vorgefertigtes Rohrleitungsteil ist das Teilstück einer Rohrleitung, das durch Verbindungsschweißen von Bauteilen im Herstellerwerk oder auf der Baustelle hergestellt wird. In ein vorgefertigtes Rohrleitungsteilstück dürfen auch Komponenten (z. B. Armaturen) eingebaut sein.

Einzelteilgruppen	Zuordnungskriterien
EG 1 (drucktragende Wand)	a) Teile, die einer Druckdifferenz zwischen Atmosphäre und Systemmedium unterliegen b) Verbindungselemente von EG 1-Teilen untereinander oder zwischen EG 1- und EG 2-Teilen c) Schweißnähte und Anschweißnähte an EG 1 d) Integrale Stützkonstruktion e) Wärmetauscherrohre
EG 1-Kleinteile (gemäß Abschnitt 10)	EG 1-Teile, bei deren Versagen ein Leck nach außen mit einem äquivalenten Querschnitt entsprechend \leq DN 50 entsteht
EG 2 1)	a) Druckbarrieren im Innern des Systems, bei deren Versagen keine Freisetzung von Medien nach außen erfolgt b) Schweißnähte an EG 2 sowie Anschweißnähte an EG 2 (und an EG 1 außerhalb der Abklinglänge 2)) c) An EG 1 angeschweißte Teile d) Teile, die mechanische Leistung, Kraft oder Momente übertragen
EG 3 1) 3)	Mediumberührte Teile, soweit nicht EG 1 oder EG 2
EG 4 1)	a) Normteile aus dem Definitionsbereich der EG 2 bis EG 3 b) Sonstige nicht mediumberührte Teile
<p>1) Die Zuordnungskriterien für EG 2 bis EG 4 dienen nur zur Abgrenzung gegenüber EG 1. Sie gehören nicht zum Anwendungsbereich dieser Regel.</p> <p>2) Die Abklinglänge ist in KTA 3211.2 festgelegt.</p> <p>3) Ausgenommen sind Teile, die bei bestimmungsmäßigem Betrieb geplant ausgetauscht werden, z. B. Membranen, Dichtungen. Derartige Teile sind nicht eingestuft.</p>	

Tabelle 2-1: Kriterien für die Zuordnung zu Einzelteilgruppen

Druckbehälter	Armaturen	Pumpen	Rohrleitungen
<ul style="list-style-type: none"> - Mäntel - Böden - Flansche - Kompensatoren - Querschnittsübergangsstücke - Deckel - Stutzen - Ausschnittsverstärkungen - Rohrböden 1) - Vorschuhenden - Tragringe 1) - Verbindungselemente EG 1 mit EG 1: <ul style="list-style-type: none"> • Schrauben • Muttern • Dehnhülsen - Wärmetauscherrohre - Anschweißteile für integrale Stützkonstruktionen - Schweißnähte und Anschweißnähte an EG 1 	<ul style="list-style-type: none"> - Gehäuse - Gehäusedeckel - Gehäuse- und Deckelflansch - Stutzen - Verbindungselemente EG 1 mit EG 1: <ul style="list-style-type: none"> • Schrauben • Muttern • Dehnhülsen • Segmentringe • Klammern - Austrittsgehäuse 3), z. B. für Sicherheitsventile - Absperrlemente 2): <ul style="list-style-type: none"> • Ventilkegel • Schieberplatten • Klappenscheiben - Schweißnähte und Anschweißnähte an EG1 - Anschweißteile für integrale Stützkonstruktionen 	<ul style="list-style-type: none"> Kreiselpumpen - Gehäuse - Gehäusedeckel - Vorschuhenden - Stutzen - Flansche - Stufengehäuse (bei Gliederpumpen) - Topfgehäuse - Dichtungsgehäuse - Entlastungswasserleitung - Verbindungselemente EG 1 mit EG 1: <ul style="list-style-type: none"> • Schrauben • Muttern • Dehnhülsen - Anschweißteile für integrale Stützkonstruktionen - Schweißnähte und Anschweißnähte an EG 1 Kolbenpumpen - Pumpenkörper - Ventildeckel-Flansche - Verbindungselemente EG 1 mit EG 1: <ul style="list-style-type: none"> • Schrauben • Muttern • Dehnhülsen - Anschweißteile für integrale Stützkonstruktionen - Schweißnähte und Anschweißnähte an EG1 	<ul style="list-style-type: none"> - Rohre - Rohrbögen - Formstücke - Reduzierungen - Abzweigungen - Endkappen - Flansche - Stutzen - Verbindungselemente EG 1 mit EG 1: <ul style="list-style-type: none"> • Schrauben • Muttern • Dehnhülsen - Anschweißteile für integrale Stützkonstruktionen - Schweißnähte und Anschweißnähte an EG 1
<p>1) Als Bestandteile der drucktragenden Wand.</p> <p>2) Wenn sie bei Lastfällen der Stufen A und B Absperrfunktion nach außen übernehmen.</p> <p>3) EG 1 des angeschlossenen Systems.</p>			

Tabelle 2-2: Beispiele der Zuordnung der Einzelteile zu EG 1

Prüfgruppe	Einstufungskriterien		Zuordnung der Werkstoffe			
	Spannungsvergleichswert	Abmessungsbegrenzung	Ferritische Werkstoffe		Austenitische Werkstoffe	
			Werkstoffe nach KTA 3211.1	Werkstoffe im Geltungsbereich des AD 2000-Merkblatts W 0	Werkstoffe nach KTA 3211.1	Werkstoffe 1.4550, 1.4580, 1.4541, 1.4571 im Geltungsbereich des AD 2000-Merkblatts W 0
A 1	S_m	—	W I	(1) W II für:		
A 2	S	—	W I $R_{p0,2RT} \leq 370 \text{ N/mm}^2$	- EG 1-Kleinteile - Integrale Stützkonstruktionen	Werkstoffe mit $R_{p0,2RT} \leq 370 \text{ N/mm}^2$ für EG 1-Kleinteile	Für alle Abmessungen zulässig
		Bei Behältern: $s \leq 16 \text{ mm}$ Bei Rohrleitungen, Pumpen, Armaturen: $\leq \text{DN } 150$ 1)	W II	(2) Werkstoffe für Sonderanwendungen nach Einzelvereinbarung		
A 3	S zusätzlich: $P_{mNB} \leq 50 \text{ N/mm}^2$	—				

(1) Diesen Prüfgruppen liegt entsprechend dem unterschiedlichen Gefährdungspotential (Beanspruchung, Abmessung) und unter Beachtung der verwendeten Werkstoffe die gleiche Basissicherheit zugrunde.

(2) Komponenten innerhalb eines Systems und Baugruppen innerhalb einer Komponente dürfen unterschiedlichen Prüfgruppen zugeordnet werden.

1) Bei Pumpen: Nenndurchmesser des größten Druckstutzens.
Bei Armaturen: Nenndurchmesser des Eintrittsstutzens.

Tabelle 2-3: Prüfgruppen: Einstufungskriterien und Werkstoffzuordnung

3 Anforderungen an den Hersteller

3.1 Allgemeine Anforderungen

Der Hersteller von Komponenten hat für die sachgemäße Ausführung aller notwendigen Arbeiten unter Einhaltung der Festlegungen von KTA 1401 und dieser Regel zu sorgen.

3.2 Voraussetzungen

(1) Der Hersteller muss über Einrichtungen und Personal verfügen, um die Erzeugnisformen, Bauteile, Baugruppen und Komponenten einwandfrei verarbeiten, prüfen und transportieren zu können. Es dürfen auch Einrichtungen und Personal anderer Stellen, die diese Voraussetzungen erfüllen, in Anspruch genommen werden. Die Prüfeinrichtungen müssen die Durchführung der Prüfungen nach den geltenden Regeln erlauben. Die einzusetzenden Mess- und Prüfmittel müssen überwacht sein. Art und Intervalle der Überwachung sind durch den Hersteller im Hinblick auf die erforderliche Genauigkeit des Mess- oder Prüfmittels festzulegen. Die Überprüfung der Mess- und Prüfmittel ist mit einer Bescheinigung zu belegen.

(2) Der Hersteller muss sicherstellen, dass die geforderte Qualität der herzustellenden Teile erreicht wird. Die Personen oder Stellen, die qualitätsüberprüfende Tätigkeiten ausführen, müssen von den Personen oder Stellen unabhängig sein, die für die Fertigung verantwortlich sind.

(3) Der Hersteller muss verantwortliches und fachkundiges Aufsichtspersonal für alle in seinem Einflussbereich durchzuführende Herstellungsschritte einsetzen. Die Aufgabenstellung von Schweißaufsicht, Prüfaufsicht, Prüfpersonal muss schriftlich festgelegt sein.

(4) Die organisatorischen und personellen Voraussetzungen für die Erhaltung und die Übertragung der Kennzeichnung müssen vorhanden sein.

3.3 Schweiß- und Prüfpersonal

3.3.1 Schweißaufsicht

(1) Für die Schweißaufsicht dürfen nur Personen eingesetzt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung, Erfahrung und Fähigkeiten nach entsprechender Einarbeitung für diese Aufgabe als geeignet angesehen werden. Sie müssen vor allem praktische Erfahrungen auf den Gebieten der Schweißtechnik, insbesondere der Schweißprozesse/Schweißprozesskombinationen und Schweißverfahren haben, die bei der Fertigung von Komponenten nach dieser Regel angewendet werden.

(2) Folgende Personenkreise sind zu unterscheiden:

a) Als verantwortliche Schweißaufsichtsperson des Herstellerwerkes:

Schweißingenieure mit umfassenden technischen Kenntnissen gemäß DIN EN ISO 14731 Abschnitt 6.2 a) dürfen ohne Einschränkung des Aufgabenbereichs eingesetzt werden.

Die verantwortliche Schweißaufsicht muss dem Herstellerwerk angehören. Sie hat dafür zu sorgen, dass die maßgebenden Technischen Regeln eingehalten werden. Sie ist auch für den Einsatz qualifizierter Schweißer/Bediener sowie für den einwandfreien Betriebszustand der Schweiß- und Hilfseinrichtungen verantwortlich.

Werden in einem Betrieb mehrere Personen als verantwortliche Schweißaufsicht benannt, sind die Zuständigkeitsbereiche der einzelnen Personen abzugrenzen.

- b) Als weiteres Personal für die Schweißaufsicht (z. B. in Delegation oder Vertretung):
- ba) Schweißtechniker mit speziellen technischen Kenntnissen gemäß DIN EN ISO 14731 Abschnitt 6.2 b) dürfen unter Einschränkungen auf bestimmte Werkstoffe als Schweißaufsicht eingesetzt werden.
 - bb) Schweißfachmänner mit technischen Basis-Kenntnissen gemäß DIN EN ISO 14731 Abschnitt 6.2 c) dürfen für Bauteile aus einfachen und ohne Wärmebehandlung zu verarbeitenden Werkstoffen die Schweißaufsicht ausüben.
 - bc) Andere als Schweißaufsicht geeignete Personen, die über entsprechende Qualifikationsnachweise nicht verfügen, dürfen für die besonderen Arbeitsbereiche, für die sie sich die notwendigen Erfahrungen angeeignet haben, sinngemäß wie der in den Aufzählungen ba und bb genannte Personenkreis eingesetzt werden.

Das weitere Personal für die Schweißaufsicht soll dem Herstellerwerk angehören.

(3) Die verantwortliche Schweißaufsicht ist dem Sachverständigen zu benennen. Sie muss für das infrage kommende Aufgabengebiet in fachlicher Hinsicht die erforderlichen Voraussetzungen besitzen.

(4) Eine organisatorische Regelung der Aufgaben für Schweißüberwachung und Schweißaufsicht gemäß KTA 3201.3 ist zugelassen.

3.3.2 Schweißer (ausgenommen Schweißer für Panzerungen)

Hinweis:

Schweißer für Panzerungen siehe Abschnitt 3.3.3.

3.3.2.1 Allgemeines

Für das Schweißen von Bauteilen und Komponenten dürfen nur Schweißer mit einer gültigen Prüfungsbescheinigung eingesetzt werden.

3.3.2.2 Ausbildung

(1) Die Schweißer müssen durch Schulungsstätten ausgebildet werden, die sich planmäßig mit der Ausbildung von Schweißern befassen und die alle Voraussetzungen für eine den Prüfanforderungen entsprechende Schulung der Schweißer erfüllen.

(2) Schulungsstätten dürfen auch Ausbildungsstätten von nach Abschnitt 3 anerkannten Herstellern sein.

3.3.2.3 Durchführung der erstmaligen Schweißerprüfung

(1) Die Prüfung der Schweißer für Handschweißungen und teilmechanische Schweißungen hat bei Stahl nach DIN EN ISO 9606-1 zu erfolgen einschließlich der Fachkundeprüfung und muss den wesentlichen Einflussgrößen nach DIN EN ISO 9606-1 Abschnitt 5 in Verbindung mit AD 2000-Merkblatt HP 3 genügen. Zusätzlich ist für den Geltungsbereich der Grundwerkstoffe die Tabelle 2 der DIN EN 287-1:2011-11 einzuhalten. Abweichend von den Festlegungen in DIN EN ISO 9606-1 Abschnitt 5.5 ist für Grundwerkstoffe innerhalb der Werkstoffgruppe 4.2 nach DIN CEN ISO/TR 15608 Folgendes zu beachten: Für Schweißungen an den warmfesten Feinkorn-Vergütungsstählen 20 MnMoNi 5 5, 15 NiCuMoNb 5 S und 22 NiMoCr 3 7 ist es erforderlich, die Prüfung an jeweils einem dieser Werkstoffe oder an einem anderen warmfesten Werkstoff dieser Werkstoffgruppe durchzuführen.

Ist die Prüfung der Schweißer an einem der genannten Stähle durchgeführt worden, so gilt sie auch für die übrigen Stähle der Werkstoffgruppe 4.2 nach DIN CEN ISO/TR 15608. Für Schweißungen an diesen Stahlsorten sind ergänzend zu den

Anforderungen nach DIN EN ISO 9606-1 die Zugfestigkeit an Proben quer zur Naht (es gelten die Anforderungen des Grundwerkstoffs) und der Härteverlauf informativ (HV 10 am Querschleiff) zu ermitteln.

Abweichend von DIN EN ISO 9606-1 Abschnitt 6.4 Tabelle 13 sowie DIN EN ISO 9606-4 Abschnitt 7.4 Tabelle 5 sind

- a) bei Schweißerprüfungen mit den Prozessen 131, 135 oder 138 (metallpulvergefüllte Drahtelektrode) Durchstrahlungsprüfungen und Bruchprüfungen erforderlich,
- b) bei Verwendung von austenitischen Schweißzusätzen mit Deltaferritanteilen unter 3 % sowie bei Nickellegierungen Mikroschliffe (ein Schliff je Schweißposition) anzufertigen und zu prüfen.

Für Schweißungen an Nickellegierungen ist DIN EN ISO 9606-4 anzuwenden einschließlich der Fachkundeprüfung.

(2) Die Prüfung darf durch folgende Prüfstellen durchgeführt werden:

- a) durch den Sachverständigen,
- b) im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch zuständige unabhängige Stellen gemäß AD 2000-Merkblatt HP 3.

(3) Die Ergebnisse der Prüfungen sind schriftlich festzuhalten und für den Sachverständigen zur Verfügung zu halten.

3.3.2.4 Bediener vollmechanischer und automatischer Schweißeinrichtungen

(1) Für Bediener vollmechanischer und automatischer Schweißeinrichtungen muss dem Sachverständigen vor Fertigungsbeginn mit einer Prüfung nach DIN EN ISO 14732 der Nachweis erbracht werden, dass das Personal ausreichende Kenntnisse für die Bedienung der Einrichtung besitzt. Dieser Nachweis ist

- a) durch Einsatz an Verfahrens- oder vorlaufenden Arbeitsprüfungen gemäß DIN EN ISO 14732 Abschnitt 4.1 a)

oder

- b) als Prüfung vor Fertigungsbeginn gemäß DIN EN ISO 14732 Abschnitt 4.1 b)

zu erbringen. Bei Prüfungen gemäß b) gelten für Stahl der Prüfumfang nach DIN EN ISO 9606-1 Abschnitt 6.4 und die Beurteilungsmaßstäbe nach DIN EN ISO 9606-1 Abschnitt 7, für Nickellegierungen gelten der Prüfumfang nach DIN EN ISO 9606-4 Abschnitt 7.4 und die Beurteilungsmaßstäbe nach DIN EN ISO 9606-4 Abschnitt 8.

(2) Der Nachweis der Fachkenntnisse ist durch die Fachkundeprüfung nach DIN EN ISO 14732 Anhänge A und B zu erbringen.

(3) Der Geltungsbereich der Bedienerprüfung ergibt sich aus dem bei der Prüfstückschweißung verwendeten Schweißplan.

3.3.2.5 Durchführung der Wiederholungsprüfung

(1) Für Schweißer ist die Prüfung abweichend von den Festlegungen in DIN EN ISO 9606-1 in zweijährigen Fristen oder nach mehr als sechsmonatiger Unterbrechung der Tätigkeit zu wiederholen. Eine Verlängerung der Schweißerqualifikation muss nach DIN EN ISO 9606-1 Abschnitt 9.3 a) oder Abschnitt 9.3 b) erfolgen. Zur Verlängerung von Schweißerqualifikationen in den Prozessen 131, 135 oder 138 sind ergänzend Ergebnisse von Bruchprüfungen vorzulegen.

(2) Verfahrens- und Arbeitsprüfungen werden für die beteiligten Schweißer im Rahmen des Geltungsbereiches der Schweißerprüfung als Wiederholungsprüfungen anerkannt.

(3) Für Bediener vollmechanischer und automatischer Schweißeinrichtungen ist die Prüfung oder der Nachweis abweichend von den Festlegungen in DIN EN ISO 14732 in zweijährigen Abständen oder nach mehr als sechsmonatiger

Unterbrechung der Tätigkeit als Bediener für vollmechanische und automatische Schweißeinrichtungen vor Aufnahme der Tätigkeit zu wiederholen. Eine Verlängerung der Bedienerqualifikation muss nach DIN EN ISO 14732 Abschnitt 5.3 a) oder Abschnitt 5.3 b) erfolgen.

(4) Alle zwei Jahre ist durch die Fachkundeprüfung nach DIN EN ISO 14732 Anhänge A und B ein Nachweis der Fachkenntnisse zu erbringen.

(5) Der Geltungsbereich der Bedienerprüfung ergibt sich aus dem bei der Prüfstückschweißung verwendeten Schweißplan.

3.3.2.6 Prüfungsbescheinigung

Die erforderlichen Prüfungsbescheinigungen oder eine vom Sachverständigen und der Schweißaufsicht abgezeichnete Liste sind am Einsatzort des Schweißers zur Verfügung zu halten.

3.3.3 Schweißer und Bediener vollmechanischer Schweißeinrichtungen für Panzerungen

3.3.3.1 Allgemeines

Für das Schweißen von Panzerungen dürfen nur Schweißer mit einer gültigen Prüfungsbescheinigung eingesetzt werden.

3.3.3.2 Ausbildung

(1) Die Schweißer für Handschweißungen und teilmechanische Schweißungen müssen durch Schulungsstätten ausgebildet werden, die sich planmäßig mit der Ausbildung von Schweißern befassen und die alle Voraussetzungen für eine den Prüfanforderungen entsprechende Schulung der Schweißer erfüllen.

(2) Schulungsstätten dürfen auch Ausbildungsstätten von nach Abschnitt 3 anerkannten Herstellern sein.

3.3.3.3 Durchführung der erstmaligen Schweißerprüfung

(1) Die Schweißer müssen den Nachweis erbringen, dass sie die erforderliche Handfertigkeit und die notwendigen Fachkenntnisse für ein fachgerechtes Arbeiten besitzen. Der praktische Nachweis ist im Allgemeinen durch das Schweißen einer einlagigen Panzerung mit einer Hartlegierung auf einem ferritischen Grundwerkstoff der Werkstoffgruppe 4.2 nach DIN CEN ISO/TR 15608 zu führen. Diese Schweißerprüfung gilt für alle Schweißzusätze für Panzerungen und Pufferungen und alle Grundwerkstoffe.

Hinweis:

Als Hartlegierung gelten Werkstoffe mit Karbidbildnern in metallischer Matrix (z. B. Co-, Ni-Legierung) mit Härten von mehr als 35 HRC.

(2) Sollen Schweißer, die nur austenitisch oder mit Nickellegerungen gepufferte Panzerungen oder nur Panzerungen auf austenitische Grundwerkstoffe auftragen, geprüft werden, darf auch ein Grundwerkstoff der Werkstoffgruppe 8 nach DIN CEN ISO/TR 15608 gewählt werden.

(3) Die Abmessungen des Prüfstücks und der Panzerung sind in **Bild 3-1** festgelegt. Die Auftragschweißung ist in Strichraupentechnik auszuführen.

(4) Folgende Prüfungen sind an dem Prüfstück durchzuführen:

- Visuelle Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Raupenausbildung.
- Oberflächenprüfung (Magnetpulver-/Eindringverfahren) der unbearbeiteten Panzerung. Anzeigen, die von Unebenheiten der Oberflächen herrühren, sollen durch gezieltes Überschleifen und nochmaliges Prüfen geklärt werden.

Systematisch auftretende Risse und Poren sind nicht zulässig.

- Makroschliff quer zur Schweißfortschrittsrichtung zur Beurteilung von Einbrandtiefe und Überlappung.
- Ultraschallprüfung auf Bindung zum Grundwerkstoff mittels Senkrechteinschallung von der Prüfstückrückseite.

Für die Anforderungen gelten die Herstellerfestlegungen. Alternativ darf ein Makroschliff längs zur Schweißfortschrittsrichtung zur Beurteilung auf Bindung entnommen werden.

(5) Der praktische Nachweis der Handfertigkeit darf auch durch das Schweißen an Verfahrens- oder vorlaufenden Arbeitsprüfungen geführt werden.

(6) Der Nachweis der notwendigen Fachkenntnisse ist durch die Fachkundeprüfung nach oder in Anlehnung an DIN EN ISO 9606-1 Anhang B zu erbringen.

(7) Über den Nachweis der Handfertigkeit und der Fachkenntnisse muss die Schulungsstätte eine formlose Bescheinigung ausstellen. Diese ist für den Sachverständigen zur Verfügung zu halten.

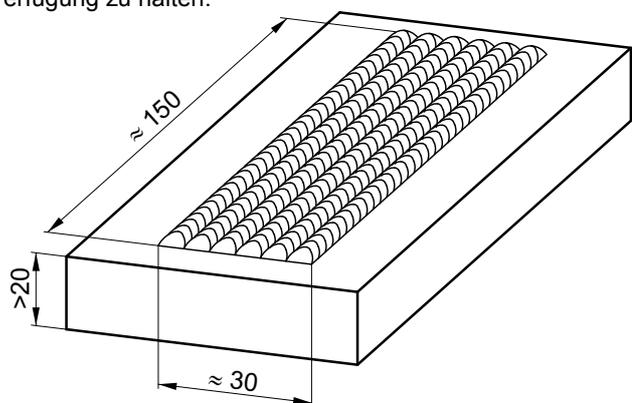


Bild 3-1: Prüfstück für das Schweißen von Panzerungen

3.3.3.4 Bediener vollmechanischer und automatischer Schweißeinrichtungen

(1) Für Bediener vollmechanischer und automatischer Schweißeinrichtungen muss dem Sachverständigen der Nachweis erbracht werden, dass das Personal ausreichende Kenntnisse für die Bedienung der Anlagen besitzt. Dieser Nachweis darf durch Einsatz an Verfahrens- oder vorlaufenden Arbeitsprüfungen erfolgen.

(2) Wenn keine der vorgenannten Bedingungen zutrifft, hat eine Probenschweißung in Anlehnung an Abschnitt 3.3.3.3 zu erfolgen.

3.3.3.5 Durchführung der Wiederholungsprüfung

Für die Wiederholungsprüfung gelten die Festlegungen nach Abschnitt 3.3.2.5.

3.3.3.6 Prüfungsbescheinigung

Die erforderlichen Prüfungsbescheinigungen oder eine vom Sachverständigen und der Schweißaufsicht abgezeichnete Liste sind am Einsatzort des Schweißers zur Verfügung zu halten.

3.3.4 Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen

- Die Prüfaufsicht für zerstörungsfreie Prüfungen muss
 - über das für ihre Aufgaben erforderliche Wissen verfügen sowie die Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen der Prüfverfahren kennen,

- b) Grundkenntnisse über die angewandten Fertigungsverfahren und charakteristischen Erscheinungsformen herstellungsbedingter Unregelmäßigkeiten besitzen.

Die Prüfaufsicht soll von der Fertigung unabhängig sein und muss dem Sachverständigen benannt werden. Die Prüfaufsicht ist für die Anwendung des Prüfverfahrens und für die Einzelheiten der Prüfdurchführung gemäß den hierfür maßgebenden Regelungen verantwortlich. Sie ist für den Einsatz qualifizierter und zertifizierter Prüfer verantwortlich. Dies gilt auch bei Einsatz von betriebsfremdem Personal. Die Prüfaufsicht hat den Prüfbericht zu unterzeichnen.

(2) Die Prüfaufsicht muss für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industriesektoren gemäß DIN EN ISO 9712 mindestens in Stufe 2 qualifiziert und zertifiziert sein. Für die Prüfverfahren RT und UT ist eine Qualifizierung und Zertifizierung in Stufe 3 erforderlich.

(3) Die Prüfer müssen in der Lage sein, die in den Abschnitten 9.3.9 und 11 beschriebenen Prüfungen durchzuführen. Sie müssen für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industriesektoren gemäß DIN EN ISO 9712 qualifiziert und zertifiziert sein. Für die Prüfverfahren RT, UT und ET sowie für LT bei Dichtheitsprüfungen mit Helium ist eine Qualifizierung und Zertifizierung mindestens in Stufe 2 erforderlich.

3.4 Überprüfung der Voraussetzungen nach den Abschnitten 3.2 und 3.3

(1) Die Erfüllung der genannten Voraussetzungen ist dem Sachverständigen im Rahmen der Herstellerüberprüfung vor erstmaligem Beginn der Herstellung nachzuweisen. Der Sachverständige nimmt hierzu Stellung.

(2) Der Sachverständige hat sich während der Herstellung von der Einhaltung der Voraussetzungen zu überzeugen.

(3) Bei wesentlichen Änderungen gegenüber dem bei der Herstellerüberprüfung erfassten Zustand ist vom Hersteller eine Ergänzung zur Herstellerüberprüfung zu beantragen.

(4) Bei der Überprüfung der Voraussetzungen für die Herstellung dürfen bereits vorliegende Überprüfungen, z. B. Überprüfungen nach AD 2000-Merkblatt HP 0, berücksichtigt werden (vergleiche hierzu Abschnitt 2 Absatz 21). Eine Überprüfung der Voraussetzungen für die Herstellung nach KTA 3201.3 schließt eine solche nach dieser Regel ein.

3.5 Gültigkeitsdauer der Herstellerüberprüfung

Die Gültigkeitsdauer einer Herstellerüberprüfung beträgt 24 Monate nach Vorliegen der Stellungnahme des Sachverständigen. Wenn während der Gültigkeitsdauer gefertigt und geprüft worden ist, darf auf Antrag des Herstellers die Gültigkeit um jeweils 24 Monate verlängert werden, sofern gegenüber dem bei der Herstellerüberprüfung erfassten Zustand keine wesentlichen Änderungen vorliegen.

4 Vorprüfung und Dokumentation

4.1 Vorprüfung

4.1.1 Vorprüfunterlagen (VPU)

4.1.1.1 Erstellung

(1) Die Vorprüfunterlagen sind zu unterscheiden in:

- VPU 1: Dokumente, die vor Beginn der Herstellung vorgeprüft vorliegen müssen und
- VPU 2: Dokumente, die zu einem späteren Zeitpunkt erstellt und vorgeprüft werden.

(2) Die genauen Zeitpunkte für die Vorlage und die Freigabe der Dokumente sind dem **Anhang C** zu entnehmen.

(3) Die Vorprüfunterlagen müssen die sicherheitstechnische Beurteilung im Hinblick auf

- konstruktive Gestaltung,
- Wahl der Werkstoffe,
- Dimensionierung,
- Herstellungsverfahren,
- Prüfbarkeit,
- Durchführbarkeit von wiederkehrenden Prüfungen,
- Wartungs- und Reparaturzugänglichkeit,
- für den Betrieb der Komponente erforderliches Zubehör,
- Aufstellung und Montage,
- Funktion

ermöglichen. Hierzu sind dem Sachverständigen die Dokumente nach **Tabelle 4-1** zur Vorprüfung einzureichen.

(4) Mit dem Sachverständigen darf eine abschnittsweise Durchführung der Vorprüfung festgelegt werden. Die hierfür zur Vorprüfung einzureichenden Dokumente sind dem jeweiligen Herstellungsabschnitt anzupassen. Die Festlegungen des Abschnitts 4.1.2 Absatz 2 sind dabei zu beachten. In diesem Fall ist vom Hersteller eine Übersicht zu erstellen, anhand derer die Bedeutung der für den Herstellungsabschnitt eingereichten Dokumente in Bezug auf die gesamte Herstellung der Komponente oder des Systems beurteilt werden kann.

4.1.1.2 Form, Inhalt und Kurzzeichen

(1) Die Vorprüfunterlagen sind normgerecht und in deutscher Sprache abzufassen. Fremdsprachen dürfen nur zusätzlich verwendet werden.

(2) In den Vorprüfunterlagen sind einheitliche Kurzzeichen zu verwenden. Werden andere oder weitere Kurzzeichen als die in **Tabelle 4-2** oder in den Einzelabschnitten angegebenen verwendet, sind diese in den Vorprüfunterlagen zu erläutern.

(3) Für einzelne Vorprüfunterlagen ist ein verbindlicher Informationsgehalt vorgegeben. Teilweise sind sie auch als Dokumentationsträger zu gestalten. Diese Anforderungen sind in den Formblattnustern in **Anhang A** enthalten, wobei die formularmäßige Ausführung als Empfehlung anzusehen ist.

(4) Die Dokumentation der Prüfergebnisse ist durch die Angabe der Dokumentationsart (E, ST oder Z) nach Abschnitt 4.2.1.1 im Prüffolgeplan zu kennzeichnen.

(5) Der Zusammenhang zwischen Vorprüfung und Dokumentation ist beispielhaft in **Bild 4-1** dargestellt.

4.1.1.3 Art der Vorprüfunterlagen

4.1.1.3.1 Deckblatt

(1) In einem Deckblatt (**Formblätter A-1**) sind neben der genauen Bezeichnung der Erzeugnisformen, Bauteile, Baugruppen oder Komponenten die Vorprüfunterlagen mit Abkürzungen und Seitenzahlen einzeln aufzuführen.

(2) Zusätzlich sind eine Revisionsstandtabelle und eine Auflistung aller für die Herstellung gültigen KTA-Regeln, Spezifikationen sowie gegebenenfalls Prüf- und Arbeitsanweisungen aufzunehmen.

4.1.1.3.2 Auslegungsdatenblatt, Rohrleitungsbelastungsangaben

Die erforderlichen Angaben sind in **Tabelle 4-3** zusammengestellt.

4.1.1.3.3 Zeichnung

(1) Die von der Vorprüfung zu erfassenden Komponenten und Bauteile sind in einer Zusammenstellungszeichnung darzustellen. Erforderliche Detailzeichnungen sind eindeutig zuzuordnen.

(2) Die Zusammenstellungszeichnung muss alle für die Vorprüfung erforderlichen Angaben enthalten, sofern diese nicht in anderen Dokumenten enthalten sind. Beispiele für erforderliche Angaben in der Zusammenstellungszeichnung sind in **Tabelle 4-4** aufgeführt.

(3) Sämtliche Einzelteile - unabhängig davon, ob diese einer Vorprüfung unterliegen oder nicht - sowie die Schweißnähte müssen auf der Zusammenstellungszeichnung positioniert aufgeführt werden. Diese Information darf in Detailzeichnungen enthalten sein, wenn die Zusammenstellungszeichnung die Angaben nicht vollständig enthält.

(4) Die Maße, die im Rahmen der Bauprüfung als Istmaße zu protokollieren sind, sind in der Zeichnung oder in einem Maßkontrollblatt festzulegen.

4.1.1.3.4 Werkstoffliste

Die Werkstoffliste (**Formblatt A-2**) soll zum Zeitpunkt der Vorprüfung mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Positionsnummer des Bauteils in der Zusammenstellungszeichnung,
- b) Werkstoffnummer oder Kurzbezeichnung,
- c) Anforderungen an die Erzeugnisform nach KTA 3211.1 (gegebenenfalls mit Verweis auf die VPU der Erzeugnisform),
- d) Abmessungen.

4.1.1.3.5 Dimensionierungs- und Berechnungsunterlagen

Die jeweiligen Vorprüfunterlagen für die Dimensionierung (VPU 1) und für die Berechnung (VPU 2) sind gemäß den Festlegungen nach KTA 3211.2 zu erstellen.

4.1.1.3.6 Prüffolgeplan

Hinweis:

Die Überprüfung der Herstellungsvoraussetzungen und die fertigungsbegleitenden Kontrollen und Zwischenprüfungen werden durch den Hersteller und den Sachverständigen anhand von Kontrollplänen durchgeführt. Diese Kontrollpläne werden bezogen auf Hersteller und Komponente erstellt. Die Erfüllung der Kontrollpläne wird im Prüffolgeplan bestätigt.

Der Prüffolgeplan (**Formblatt A-3**) muss die nach dieser Regel erforderlichen Prüfungen gemäß Bauprüfblatt enthalten. Der Zeitpunkt der Prüf- und Überwachungsschritte muss in Bezug auf den Herstellungszustand erkennbar sein. Prüffolgepläne sind getrennt für Werksfertigung und Baustellenfertigung zu erstellen.

4.1.1.3.7 Schweißplan (Schweißanweisungen)

(1) Für alle Schweißungen ist ein Schweißplan (**Formblatt A-4**) zu erstellen. Die Angaben zur Schweißnahtvorbereitung müssen entweder auf der Zeichnung oder im Schweißplan enthalten sein. Der Schweißplan darf als Standardplan erstellt werden.

(2) Für die Vorprüfung ist dem Schweißplan je einmal der Bericht des Herstellers zur Verfahrensprüfung mit der Bescheinigung des Sachverständigen nach Abschnitt 8.1.1.7 beizufügen.

(3) Liegt zum Zeitpunkt der Vorprüfung keine gültige Verfahrensprüfung vor, sind

- a) der vom Sachverständigen geprüfte Schweißplan und der Wärmebehandlungsplan für die noch durchzuführende Verfahrensprüfung vorzulegen und
- b) der Bericht des Herstellers und die Bescheinigung des Sachverständigen über diese Verfahrensprüfung umgehend nachzureichen.

4.1.1.3.8 Wärmebehandlungsplan

(1) Für die Wärmebehandlung ist ein Wärmebehandlungsplan (**Formblatt A-5**) zu erstellen. Dieser darf entfallen, wenn die erforderlichen Angaben zur Wärmebehandlung im Schweißplan oder in der Zeichnung vollständig enthalten sind.

Folgende Angaben sind mindestens erforderlich:

- a) Art der Wärmebehandlung,
- b) Art der Wärmebehandlungseinrichtung,
- c) Art, Anzahl und Lage der Temperaturmessstellen,
- d) Temperatur-Zeitfolgen (z. B. Aufheizgeschwindigkeit, Haltezeit, Abkühlgeschwindigkeit),
- e) Wärmeeinbringbereich und Breite der Isolierung bei örtlicher Wärmebehandlung,
- f) Art der Abkühlung, Kühlmittel.

(2) Bei Komponenten, für die Einzeltemperaturmessungen erforderlich sind, ist ein Wärmebehandlungsplan mit Angabe der Temperaturmessstellen zu erstellen.

4.1.1.3.9 Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan

(1) Soweit in den einzelnen Abschnitten dieser Regel gefordert (z. B. Umformen, Wärmebehandlung, Arbeitsprüfung), sind die erforderlichen Prüfungen in einem Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan (Beispiel siehe **Formblatt A-7**) anzugeben.

(2) Für die zerstörenden Prüfungen sind Anzahl, Art, Richtung und Lage der Proben in den Prüfstücken und die Lage der Prüfstücke in der Erzeugnisform sowie die Prüftemperatur anzugeben. Die Lage der Proben und der Prüfstücke ist bei großem Prüfumfang in einem Lageplan (als Anhang zum Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan) darzustellen (**Formblatt A-7**).

(3) Alle Proben sind eindeutig zu kennzeichnen.

(4) Des Weiteren müssen Angaben enthalten sein über:

- a) die für die Prüfschritte anzuwendenden Regeln, Spezifikationen, Arbeits- und Prüfanweisungen,
- b) die für die Überwachung relevanten Fertigungsschritte (z. B. Schweißen, Wärmebehandlung) sowie solche Angaben zur Fertigung, die für die Festlegung und Zuordnung der Prüfungen erforderlich sind,
- c) die an der Prüfung beteiligten Stellen mit Kennzeichnung der Tätigkeiten (z. B. Durchführung, Teilnahme),
- d) die Dokumentationsart (Endablage, Stempelung, Zwischenablage).

4.1.1.3.10 Druckprüfpläne

Für Druckprüfungen nach der Montage von Komponenten und Rohrleitungen in der Anlage sind Druckprüfpläne zu erstellen. Diese müssen mindestens enthalten:

- a) Angabe des Druckprüfbereiches,
- b) Prüfdruck in MPa (bar),
- c) Prüftemperatur in °C,
- d) Prüfmedium,
- e) den chronologischen Ablauf von Druckaufbau, Haltezeit und Druckabbau sowie Messorte und Messzeitpunkte,

- f) Angaben zu den Grenzarmaturen, zu den Armaturenstellungen sowie gegebenenfalls zu temporären Druckprüf- absperreinrichtungen,
- g) Angaben zur Druckeinspeisung.

4.1.1.3.11 Reparaturplan

Für Reparaturen an Bauteilen, Baugruppen oder Komponenten sind Reparaturpläne zu erstellen. Dies sind Prüffolgepläne oder Standardprüffolgepläne. Soweit die Reparaturausführung entsprechend den Bedingungen der Erstfertigung erfolgt, darf auf die Pläne der Erstfertigung zurückgegriffen werden.

4.1.1.3.12 Prüfanweisung für zerstörungsfreie Prüfungen

Es gelten die Festlegungen nach Abschnitt 11.2.1.

4.1.1.3.13 Fabrikschild für Behälter und Pumpen

Die Darstellung des Fabrikschildes mit den erforderlichen Angaben darf auf der Zusammenstellungszeichnung oder auf einer separaten Zeichnung erfolgen. Die **Tabelle 4-5** enthält eine Zusammenstellung der Mindestangaben.

4.1.1.3.14 Isometriestückliste

Die Isometriestückliste (**Formblatt A-10**) soll alle zur Herstellung erforderlichen Erzeugnisformen, Bauteile und Komponenten, die in den zugehörigen Fertigungsisometrien dargestellt sind, enthalten.

4.1.1.3.15 Fertigungsisometrie

(1) Die Fertigungsisometrie (**Formblatt A-11**) soll folgende Angaben enthalten:

- a) Leitungsführung mit allen für die Montage erforderlichen Maßen,
- b) Positions-Nr.,
- c) Schweißnaht-Nr.,
- d) Mischnähte (Werkstoffwechsel) sind mit Werkstoffangabe zu kennzeichnen,
- e) Strangbezeichnung (sofern nicht Bestandteil der Isometrie-Nr.),
- f) Lage und Bezeichnung der Rohrleitungshalterungen,
- g) Fertigungsisometrie-Nr.,
- h) Raum-Nr.,
- i) Schweißplan-Nr., Revision,
- k) Prüffolgeplan-Nr., Revision,
- l) zugehörige Isometriestückliste,
- m) Klassierung (Klasse K2),
- n) Prüfgruppe nach **Tabelle 2-3**.

(2) Zusätzlich zu den unter Absatz 1 genannten Angaben sind auf der Fertigungsisometrie oder der Isometriestückliste die einzuhaltenden Anziehparameter von Verbindungselementen einschließlich der zu schmierenden Bereiche anzugeben. Ersatzweise dürfen hierfür auch separate Dokumente verwendet werden, die der Fertigungsisometrie eindeutig zugeordnet und beizufügen sind.

4.1.1.3.16 Berechnungsisometrie

Die Berechnungsisometrie soll folgende Angaben enthalten:

- a) Klassierung (Klasse K2),
- b) Prüfgruppe nach **Tabelle 2-3**,

- c) zulässiger Betriebsüberdruck, zulässige Betriebstemperatur, Medium,
- d) alle für die Berechnung erforderlichen Abmessungen von Rohren, Formteilen und Halterungen,
- e) Werkstoffe,
- f) Kennzeichnung von Bauteilen (z. B. Ident-Nr.) und Komponenten (KKS oder AKZ),
- g) Bezug zur Bauachse,
- h) Angaben zur Rohrleitungshalterung (behinderte Freiheitsgrade, Bezeichnung).

4.1.1.3.17 Verlegevorschriften

Anstelle von Einzelnachweisen für Rohrleitungsabschnitte dürfen auch Pauschalnachweise (z. B. Verlegevorschriften) geführt werden.

4.1.2 Durchführung der Vorprüfung

(1) Anhand der eingereichten Vorprüfunterlagen hat der Sachverständige die sicherheitstechnische Beurteilung durchzuführen.

(2) Im Falle einer nach Abschnitt 4.1.1.1 Absatz 4 festgelegten abschnittswisen Vorprüfung müssen die jeweils eingereichten Dokumente eine Beurteilung der Auswirkung des Herstellungsabschnittes auf die fertige Komponente ermöglichen. Teilbauprüfungen sind der abschnittswisen Vorprüfung und Herstellung anzupassen.

4.1.3 Prüfvermerk

(1) Der Sachverständige hat die Vorprüfunterlagen bei positivem Ergebnis der von ihm durchgeführten Vorprüfung mit Prüfvermerk und Unterschrift zu versehen und somit die abgeschlossene Vorprüfung zu bestätigen.

Hinweis:

Der Prüfvermerk ist ein Stempelbild, das die vorprüfende Stelle, den Sachverständigen und das Prüfdatum ausweist.

(2) Im Zuge der Vorprüfung erforderliche Änderungen und Ergänzungen der Vorprüfunterlagen sind in diese einzuarbeiten und durch den Sachverständigen zu kennzeichnen.

(3) Bei mehrfach für eine Anlage herzustellenden baugleichen Erzeugnisformen, Bauteilen, Baugruppen und Komponenten und bei gleicher Herstellung haben dieselben vorgeprüften Dokumente Gültigkeit. Bei weiteren Anlagen ist die Gültigkeit der vorgeprüften Dokumente mit dem Sachverständigen festzulegen.

4.1.4 Gültigkeitsdauer

(1) Die vorgeprüften Dokumente bleiben grundsätzlich bis zur Fertigstellung der Komponente gültig. Soweit Änderungen gültiger Regeln dazu Anlass geben, wird eine Überprüfung der vorgeprüften Dokumente durch den Sachverständigen erforderlich,

- a) wenn nicht innerhalb von 24 Monaten nach Datum des Prüfvermerks mit der Herstellung begonnen wird,
- b) wenn die Herstellung mehr als 24 Monate unterbrochen wird.

(2) Falls für die Herstellung einzelner Teile (z. B. Reserveteile) eine längere Gültigkeit der vorgeprüften Dokumente notwendig ist, ist die Gültigkeitsdauer im Dokument anzugeben.

4.1.5 Änderung von vorgeprüften Dokumenten

(1) Werden nach abgeschlossener Vorprüfung Änderungen in den vorgeprüften Dokumenten erforderlich, so ist eine er-

neute Vorprüfung der geänderten Dokumente vorzunehmen. Dabei sind die gegebenenfalls vom Sachverständigen vorher gemachten ergänzenden Eintragungen in den geänderten oder neu zu erstellenden Dokumenten mit zu berücksichtigen.

(2) Die geänderten Dokumente sind gemäß Revisionsstand fortlaufend zu nummerieren und im Deckblatt zu erfassen.

4.2 Dokumentation

4.2.1 Dokumentation beim Hersteller

4.2.1.1 Erstellung und Zusammenstellung der Dokumente

(1) Der Hersteller eines Bauteils, einer Baugruppe oder einer Komponente hat sicherzustellen, dass bei ihm und seinen Unterlieferanten herstellungsbegleitend alle für die Dokumentation erforderlichen Dokumente erstellt und zusammengestellt werden.

(2) Die Dokumentation der Prüfergebnisse ist durch E, ST oder Z zu kennzeichnen:

E : Endablage beim Genehmigungsinhaber

Hierzu gehören alle Vorprüfunterlagen und die Nachweise von Prüfungen, die die Qualität des Teiles (Erzeugnisform, Bauteil, Baugruppe, Komponente, System) im Zustand vor der Inbetriebsetzung beschreiben.

ST : Stempelung im Dokumentationsteil der Vorprüfunterlagen

Dies gilt für:

- a) Prüfungen mit Ja-Nein-Aussage,
- b) Prüfungen, deren Durchführung und zulässige Ergebnisse festgelegt sind, so dass eine Aufschreibung der Ist-Werte zur Beurteilung der Qualität nicht notwendig ist.

Werden Abweichungen von Sollvorgaben festgestellt, sind die hinsichtlich der jeweiligen Abweichung und ihrer Behandlung erforderlichen Dokumente (z. B. Abweichungsbericht) der Endablage zuzuführen.

Z : Zwischenablage beim Hersteller

Hierzu gehören Nachweise von Prüfungen, die nicht für die Beschreibung der Qualität des Teiles im Zustand vor der Inbetriebsetzung erforderlich sind, wie z. B.:

- a) Aufschreibungen über terminsichernde Prüfungen,
- b) Prüfungen, die im Bauteilendzustand wiederholt werden,
- c) projektbezogene Aufschreibungen der systemorientierten Qualitätssicherung.

Werden Abweichungen von den Sollvorgaben festgestellt, sind die hinsichtlich der jeweiligen Abweichung und ihrer Behandlung erforderlichen Dokumente (z. B. Abweichungsbericht) der Endablage zuzuführen.

(3) Sofern eine Sammelbescheinigung als Nachweis für Prüfungen vorgesehen ist, ist dies in den Vorprüfunterlagen anzugeben. Hierbei ist festzulegen, ob die Sammelbescheinigung der Endablage oder der Zwischenablage zuzuordnen ist.

(4) Es ist die Aufgabe des Herstellers, dafür zu sorgen, dass

- a) bei ihm und seinen Unterlieferanten das in dieser Regel festgelegte Dokumentationssystem eingehalten wird,
- b) die erstellten Dokumente gemäß den Anforderungen dieser Regel vollständig ausgefüllt und mit den erforderlichen Prüfvermerken versehen sind,
- c) die Dokumentation während der Herstellung den Fertigungs- und Prüfzustand des Teiles, einschließlich aller Abweichungen vom geplanten Herstellungsablauf, wiedergibt,

d) alle für die Endablage und Zwischenablage erforderlichen Dokumente zur abschließenden Bauprüfung nach Abschluss der Herstellung vorliegen.

(5) Die Auflistung und Ablage von Nachweisen hat nach der Nummer in der zugehörigen Werkstoffliste oder im Prüffolgeplan zu erfolgen.

4.2.1.2 Handhabung von Änderungen und Ergänzungen

(1) Geänderte und geprüfte Dokumente sind in dem Revisionsindex zu dokumentieren, der der Herstellung zugrunde lag.

(2) Werden Nachweise geändert oder ergänzt, ist dies im Original von derselben Stelle vorzunehmen, die das Original erstellt hat. Ist dies nicht möglich, sind die Änderungen oder Ergänzungen auf einem Beiblatt zum Original durchzuführen. Die Änderungen oder Ergänzungen sind von allen beteiligten Stellen zu überprüfen und mit Datum und Unterschrift zu versehen.

4.2.1.3 Dokumentation bei Reparaturen

Dokumente über durchgeführte Reparaturen (siehe Abschnitt 4.1.1.3.11) sind in gleicher Weise zu dokumentieren wie die Herstellungsunterlagen.

4.2.1.4 Dokumentation von Arbeitsprüfungen

(1) Eine der Bauteilschweißung zugeordnete Arbeitsprüfung ist einmal mit der Komponente zu dokumentieren.

(2) Für Bauteilschweißungen, die von anderen Arbeitsprüfungen erfasst werden [siehe 8.2.1.1 (4)] ist die durchgeführte Arbeitsprüfung im Prüffolgeplan anzugeben und durch Stempelung zu bestätigen.

4.2.1.5 Dokumente für die Zwischenablage

(1) Diese Dokumente sind beim Hersteller geordnet, zuordnungsfähig und sachgemäß aufzubewahren.

Hinweis:

Einzelheiten über Art und Dauer der Aufbewahrung sind in KTA 1404 geregelt.

(2) Folgende Dokumente sind Bestandteil der Zwischenablage:

- a) alle Kontrollpläne des Herstellers,
- b) alle in den Vorprüfunterlagen für die Zwischenablage vorgesehenen Nachweise.

4.2.1.6 System für die Endablage

(1) Mit dem Genehmigungsinhaber ist ein einheitliches Ablagesystem der Dokumente für die Endablage zu vereinbaren. Das Ablagesystem soll eine Überprüfung von der Auslegung über die Herstellung der Komponenten oder Systeme bis zu deren Einbau, einschließlich aller Abweichungen oder Tolerierungen ermöglichen.

(2) Nach diesem Ablagesystem hat der Hersteller einer Komponente alle für die Endablage beim Genehmigungsinhaber bestimmten Dokumente zu dieser Komponente zusammenzustellen.

4.2.1.7 Dokumente für die Endablage

Folgende Dokumente sind Bestandteil der Endablage:

- a) alle Vorprüfunterlagen gemäß **Tabelle 4-1**,
- b) alle in den Vorprüfunterlagen mit E gekennzeichneten Nachweise,

c) alle Ergebnisse von Prüfungen an Erzeugnisformen, Schweißzusätzen und -hilfsstoffen, soweit nach Werkstoffliste gefordert.

4.2.1.8 Zusammenfassung der Dokumentation gleicher Bauteile oder Komponenten

(1) Bei mehrfach vorhandenen baugleichen Bauteilen oder Komponenten (z. B. gleicher Typ, gleiche Nennweite) und bei gleicher Vorprüfung darf die Dokumentation zusammengefasst werden. Diese Zusammenfassung kann auf folgende Weise erfolgen:

- a) Für alle Bauteile oder Komponenten wird eine gemeinsame Dokumentation erstellt.
- b) Für alle Bauteile oder Komponenten wird die Dokumentation in Teilen zusammengefasst,
 - ba) ein gemeinsamer, komponentenübergreifender Dokumentationsenteil und
 - bb) ein bauteil- oder komponentenbezogener Dokumentationsenteil.

(2) Die Zuordnung der Nachweise zur einzelnen Komponente und zu deren Teilen muss sichergestellt sein. Erforderliche zusätzliche Maßnahmen infolge besonderer Ereignisse im Verlauf der Herstellung sind so zu dokumentieren, dass die Zuordnung zu den betroffenen Teilen sichergestellt ist.

4.2.1.9 Dokumentationsprüfung und Montagefreigabe

- (1) Die Dokumentation ist herstellungsbegleitend zu prüfen.
- (2) Mit Fertigstellung der Komponente hat der Hersteller die von ihm auf Richtigkeit und Vollständigkeit geprüfte Dokumentation grundsätzlich im Original dem Sachverständigen zur abschließenden Prüfung vorzulegen. Anstelle von Originalen dürfen Kopien (z. B. für Werkstoffnachweise) in die Dokumentation einfließen, wenn der Hersteller die Übereinstimmung der Kopie mit dem Original bestätigt.
- (3) Die Montage von Komponenten auf der Baustelle darf nur nach Freigabe durch den Sachverständigen erfolgen. Diese Freigabe darf nur erteilt werden, wenn die Prüfung der Dokumentation der Herstellung abgeschlossen und durch den Sachverständigen bestätigt ist.
- (4) Abweichend von dieser Regelung darf die Freigabe zur Montage von Bauteilen, Baugruppen und Komponenten auf

der Baustelle mit einer Qualitätsbescheinigung erfolgen, sofern die abschließend geprüfte Dokumentation der Werksfertigung aus formalen Gründen noch nicht vorliegt (z. B. fehlende Reinschrift von Nachweisen, ausstehende Vervielfältigung der Dokumentation). Diese Qualitätsbescheinigung darf ausgestellt werden, wenn:

- a) alle in den Vorprüfunterlagen festgelegten Prüfungen durchgeführt sind,
- b) alle Prüfergebnisse vorliegen, wobei die vorgegebenen Anforderungen erfüllt oder die Abweichungs- und Tolerierungsvorgänge abgeschlossen sein müssen,
- c) die Dokumentation der Herstellung durch die Beteiligten auf Vollständigkeit und sachliche Richtigkeit überprüft vorliegt.

(5) Die Qualitätsbescheinigung soll 6 Wochen nach Ausstellung gegen die abschließend geprüfte Dokumentation einschließlich Bauprüfbericht ausgetauscht werden.

(6) Vor der Freigabe des Systemabschnitts oder des Systems zur Dichtheits- oder Druckprüfung muss die Bestätigung des Dokumentationsabschlusses für Erzeugnisformen, Bauteile und Komponenten gemäß VPU 1 durch den Sachverständigen vorliegen.

4.2.2 Endablage der Dokumentation beim Genehmigungsinhaber

(1) Alle für die Endablage bestimmten Dokumente der Herstellung und der Montagearbeiten, müssen dem Genehmigungsinhaber geprüft übergeben werden.

(2) Die Dokumente sind beim Genehmigungsinhaber sachgemäß aufzubewahren.

Hinweis:
Einzelheiten über Art und Dauer der Aufbewahrung sind in KTA 1404 geregelt.

4.3 Vorprüfung und Dokumentation für Ersatz-, Reserve- und Verschleißteile

(1) Bei der Bestellung von Ersatz-, Reserve- und Verschleißteilen ist für die Vorprüfung und für die Dokumentation nach **Tabelle 4-6** zu verfahren.

(2) Für die Neufertigung von Komponenten und Rohrleitungssystemen ist bei in Betrieb befindlichen Anlagen so zu verfahren wie bei der Errichtung von Neuanlagen.

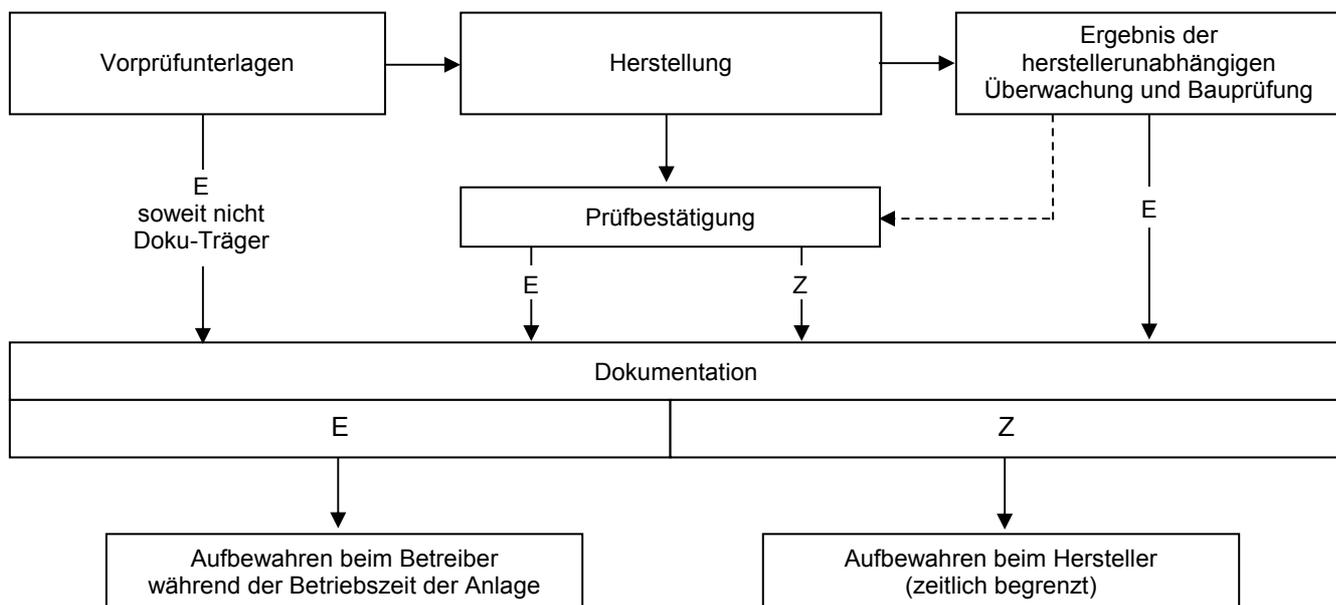


Bild 4-1: Zusammenhang zwischen Vorprüfung und Dokumentation

	Druckbehälter	Armaturen	Pumpen	Rohrleitungen
VPU 1 ¹⁾				
Deckblatt	X	X	X	X
Auslegungsdatenblatt ²⁾	X	X	X	–
Rohrleitungsbelastungsangaben ²⁾	–	–	–	X
Zusammenstellungszeichnung Bauteilzeichnung ggf. Detailzeichnung	X	X	X	X ³⁾
Dimensionierung ⁴⁾	X	X	X	X
Werkstoffliste (oder Stückliste)	X	X	X	X ⁵⁾
Prüffolgeplan	X	X	X	X
Schweißplan	X	X	X	X
Wärmebehandlungsplan	X	X	X	X
Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan	X	X	X	X
Druckprüfplan	–	–	–	X
Reparaturplan, Standardreparaturplan	X	X	X	X
Prüfanweisungen	X	X	X	X
Zeichnung für Fabrikschild	X	–	X	–
Fertigungsisometrie ⁶⁾	–	–	–	X
Isometriestückliste ⁶⁾	–	–	–	X
VPU 2 ¹⁾				
Deckblatt	–	–	–	X
Analyse des mechanischen Verhaltens (Spannungsanalyse, Ermüdungsanalyse) ⁴⁾	X	X	X	X ⁷⁾
Berechnungsisometrie ⁷⁾	–	–	–	X
Funktionsfähigkeitsnachweis ⁴⁾	X	X	X	X
<p>Hinweis: In Einzelfällen können weitere Dokumente erforderlich werden, soweit sie in den einzelnen Abschnitten dieser Regel genannt werden.</p> <p>1) VPU 1: Dokumente, die vor Beginn der Herstellung vorgeprüft vorliegen müssen; VPU 2: Dokumente, die zu einem späteren Zeitpunkt erstellt und vorgeprüft werden (siehe Anhang C).</p> <p>2) Der Zeitpunkt für die Vervollständigung des Auslegungsdatenblattes und der Rohrleitungsbelastungsangaben ist im Anhang C festgelegt.</p> <p>3) Die Bauteilzeichnung darf für einfache Rohrbauteile (z. B. gerade Rohre, Bogen, genormte Flansche) durch eine Datensammlung ersetzt werden.</p> <p>4) In KTA 3211.2 festgelegt.</p> <p>5) Nur für geschweißte Bauteile.</p> <p>6) Herstellungsbegleitend vorzuprüfende Dokumente (siehe abschnittsweise Vorprüfung nach Abschnitt 4.1.1.1(4)).</p> <p>7) Nach der Istmaßkontrolle (Prüf-Nr. 4.2.3 des Bauprüfblattes nach Tabelle 9-4) erfolgt eine Bewertung von Maßänderungen.</p>				

Tabelle 4-1: Dokumente für die Vorprüfung durch den Sachverständigen

(1) Auslegung und Abmessungen		STPL : Stempelliste
ADB : Auslegungsdatenblatt		SYP : Systemschaltplan
A : Bruchdehnung		SZL : Liste der Schweißzusätze
DN : Nenndurchmesser		VPU : Vorprüfunterlage
EVA : Einwirkung von außen (KTA 2201. 1)		WBP : Wärmebehandlungsplan
EVI : Einwirkung von innen		WL : Werkstoffliste
l : Abklinglänge von Spannungen		WPP : Werkstoffprüf- und Probeentnahmeplan
KV ₂ : Schlagenergie bei Verwendung einer Hammerfinne mit 2 mm Radius		ZG : Zeichnung
L : Prüflängen für zerstörungsfreie Prüfungen		(3) Prüfungen und Kontrollen
P _b : Primäre Biegespannung		AP : Arbeitsprüfung
P _l : Lokale Membranspannung		APM : Arbeitsprüfung am mitlaufenden Prüfstück
PB : Zulässiger Betriebsüberdruck		APS : Arbeitsprüfung am simuliert wärmebehandelten Prüfstück
P _{mNB} : Betriebsnennspannung (KTA 3211.2)		CHP : Chargenprüfung
PN : Druckstufe		DOP : Dokumentationsprüfung
RBA : Rohrleitungsbelastungsangaben		DRP : Druckprüfung
R _{eH} : Streckgrenze bei Raumtemperatur		EK : Eingangskontrolle
R _m : Mindestzugfestigkeit		ET : Wirbelstromprüfung
R _{mRT} : Zugfestigkeit bei Raumtemperatur		FBB : Oberseitige Stumpfnah-Biegeprobe
R _{mT} : Zugfestigkeit bei zulässiger Betriebstemperatur		IBS : Inbetriebsetzung
R _{p0,2RT} : 0,2 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur		LT : Dichtheitsprüfung
R _{p0,2T} : 0,2 %-Dehngrenze bei zulässiger Betriebstemperatur		MK : Maßkontrolle
R _{p1,0RT} : 1,0 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur		MT : Magnetpulververfahren zur Oberflächenprüfung
R _{p1,0T} : 1,0 %-Dehngrenze bei zulässiger Betriebstemperatur		MTP : Mechanisch-technologische Prüfung
s : Wanddicke Grundkörper		PAU : Produktaudit
s ₁ : Wanddicke eines Teils, das an den Grundkörper anschließt		PT : Eindringverfahren zur Oberflächenprüfung
S : Spannungsvergleichswert für Spannungsabsicherung in Verbindung mit Berechnungsformeln und ggf. Primärspannungsnachweisen		RBA : Rohrleitungsbelastungsangaben
S _m : Spannungsvergleichswert für Spannungsabsicherung in Verbindung mit Spannungsanalysen		RBB : Wurzelseitige Stumpfnah-Biegeprobe
T' : Temperatur bei Druckprüfung		RP : Reinheitsprüfung
TB : Zulässige Betriebstemperatur		RT-D : Durchstrahlungsprüfung (Digitale Radiografie)
Z : Brucheinschnürung		RT-F : Durchstrahlungsprüfung (Filmradiografie)
		SBB : Seitenbiegeprobe quer zur Stumpfnah
		SUE : Schweißüberwachung
		UB : Umstempelbestätigung
		UT : Ultraschallprüfung
		VK : Verpackungskontrolle
		VP : Verfahrensprüfung
		VT : Visuelle Prüfung (Sichtprüfung)
		VWP : Verwechslungsprüfung
		WBK : Wärmebehandlungskontrolle
		WP : Werkstoffprüfung
		WPM : Werkstoffprüfung am mitlaufenden Prüfstück
		WPS : Werkstoffprüfung am simuliert wärmebehandelten Prüfstück
		WPV : Werkstoffprüfung im Vergütungszustand
		ZfP : Zerstörungsfreie Prüfung
(2) Vorprüfunterlagen		(4) Prüfzeitpunkte
AW : Arbeitsanweisung		NB : Prüfung nach der mechanischen Bearbeitung
CHPP : Plan für Chargenprüfungen		ND : Prüfung nach der Druckprüfung
DBL : Deckblatt		NE : Prüfung nach der Endglühung
DSP : Durchstrahlungsprüfplan		NS : Prüfung nach dem Schweißen
DRPP : Druckprüfplan		NV : Prüfung nach dem Vergüten
ISO : Isometrie		NZ : Prüfung nach der Zwischenglühung
IVZ : Inhaltsverzeichnis		
KSP : Komponentenschaltplan		
MSL : Messstellenliste		
PA : Prüfanweisung		
PFP : Prüffolgeplan		
PWP : Plan für wiederkehrende Prüfungen		
RPL : Reinigungsplan		
SP : Schweißplan (Schweißanweisung)		
SSP : Schweißstellenplan		
STL : Schweißstellenliste		

Tabelle 4-2: Kurzzeichen (Fortsetzung siehe Folgeseite)

(5) Prüfbeteiligung		DHV	: Doppelt-Halbe-V-Naht
DU	: Prüfdurchführung	EH	: Lichtbogen-Handschiweißung mit Stabelektroden
TE	: Prüfteilnahme	GW	: Grundwerkstoff
UEW	: Prüfüberwachung	HV	: Halbe-V-Naht
(6) Prüfungsteilnehmer		KN	: Kehlnaht
B	: Besteller / Betreiber	LN	: Längsnaht
H	: Hersteller	O	: Oberflächennahe Prüfzone
H1	: Vom Hersteller in jedem Fall durchzuführende Prüfungen und Kontrollen	P	: Pumpen
H2	: Vom Hersteller stichprobenweise durchzuführende Prüfungen und Kontrollen	PA	: Schweißposition „Wannenlage“
QST	: Qualitätsstelle	PC	: Schweißposition „Querposition“
S	: Sachverständiger	PE	: Schweißposition „Überkopfposition“
S1	: Vom Sachverständigen in jedem Fall durchzuführende Prüfungen und Kontrollen	PF	: Schweißposition „Steigposition“
S2	: Vom Sachverständigen stichprobenweise durchzuführende Prüfungen und Kontrollen	PG	: Schweißposition „Fallposition“
(7) Nachweise		R	: Rohrleitungen
AB	: Abweichungsbericht	RN	: Rundnaht
BA	: Betriebliche Aufzeichnungen	SF	: Schweißfolge
BAU	: Bauprüfbericht	SG	: Schweißgut
PP	: Prüfprotokoll	SN	: Schweißnaht
QB	: Qualitätsbescheinigung	SPL	: Schweißplattierung
SPK	: Schweißprotokoll	SST	: Schweißstelle
SPS	: Schweißprotokollsammelbescheinigung	STN	: Stutzennaht
UB	: Umstempelbestätigung	SV	: Schweißverbindung
WBPK	: Wärmebehandlungsprotokoll	SZ	: Schweißzusätze und -hilfsstoffe
WPQR	: Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (Welding procedure qualification record)	UP	: Unterpulverschweißen
(8) Ablage der Nachweise, Bestätigung der Prüfdurchführung:		W	: Wurzellage einer Schweißnaht
AN	: Ausstellung eines Nachweises	WEZ	: Wärmeeinflusszone
E	: Endablage	WIG	: Wolfram-Inertgas-Schweißen
E/S	: Endablage Sammelbescheinigung	vWIG	: vollmechanisches Wolfram-Inertgas-Schweißen
ST	: Bestätigung der Durchführung der Prüfung durch personenbezogenen Stempel oder Stempel und Namenskurzzeichen	WP...-S	: Werkstoffprüfung am simuliert wärmebehandelten Prüfstück
.../S	: Sammelbescheinigung für Prüfungen	WP...-M	: Werkstoffprüfung am mitlaufend wärmebehandelten Prüfstück
Z	: Zwischenablage	...-R	: Kennzeichnung der Dokumente bei Reparaturen
Z/S	: Zwischenablage/Sammelbescheinigung	...-RM	: Kennzeichnung der Dokumente für Reservematerial
(9) Werkstoff-Prüfstücke, Schweißungen, Bauteile, Komponenten		...-L	: Kennzeichnung der Dokumente für Lebensdauerproben
AP...-S	: Arbeitsprüfung am simuliert wärmebehandelten Prüfstück	(10) Qualitätsmerkmale	
AP...-M	: Arbeitsprüfung am mitlaufend wärmebehandelten Prüfstück	A 1, A 2,	
Ar	: Armaturen	A 3	: Prüfgruppen A 1 ... A 3
ASG	: Auftragschweißung	EG 1	
B	: Apparate/Behälter	... EG 4	: Einzelteilgruppen EG 1 ... EG 4
BG	: Baugruppe	K 2	: Klasse 2
BT	: Bauteil	OB 1,	
		OB 2	: Kategorien der Oberflächenbeschaffenheit
		WI, WII	: Werkstoffgruppen WI oder WII
		(11) Sonstige	
		AKZ	: Anlagenkennzeichen
		KKS	: Kraftwerk-Kennzeichnungssystem
		QS	: Qualitätssicherung

Tabelle 4-2: Kurzzeichen (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Angaben	ADB Armaturen ¹⁾	ADB Druckbehälter Pumpen ¹⁾	RBA ¹⁾
1	Kennzeichnung des Anlagenteils; Typbezeichnung der Armatur	X ²⁾	X	X
2	Kennzeichnung des Systems	X ²⁾	X	X
3	Klassierung (Klasse K2, Erdbebenklasse)	X	X	X
4	Prüfgruppe nach Tabelle 2-3	X	X	X
5	Zeichnungs-Nr.	X ³⁾	X	X
6	Besondere Umgebungsbedingungen (Temperatur, Dosisleistung)	X	X	X
7	Arbeits- und zulässige Betriebsdaten (Drücke, Temperaturen, Leistungsdaten, Gewichte, Dichtheitsanforderungen); Angaben zu den Antrieben bei Armaturen und Pumpen	X	X ⁴⁾	X
8	Betriebsmedium	X	X	X
9	Werkstoffe und Werkstoffgruppe der Hauptteile (einschließlich Vorschuhenden)	X ³⁾	X	X
10	Wesentliche Einplanungsmaße (Hauptabmessungen, Einplanungsskizze, Verankerung)	–	X	–
11	Anordnung und Abmessung der Hauptstutzen	X	X	–
12	Anordnung von Besichtigungsöffnungen (Schaugläser, Mann-, Kopf-, Handlöcher)	–	X	–
13	Kräfte und Momente auf Stutzen	–	X	X
	Kräfte an integralen Abstützungen	–	X	–
14	Belastungen aus EVA/EVI (Anforderungen an Integrität, Standsicherheit, Funktionsfähigkeit)	X	X	X
15	Transiente Belastungen (Lastfälle, Belastungen, Häufigkeit, Beanspruchungsstufen)	X	X	X
16	Belastungsüberlagerung	X	X	X
17	Bauwerksbelastungen (Pumpen, Druckbehälter)	–	X	–
<p>1) Für die lfd. Nr. 7, 13 bis 17 sind auch Verweise auf detaillierte Dokumente zulässig.</p> <p>2) Angabe KKS oder AKZ, soweit eine Zuordnung vorliegt.</p> <p>3) Entfällt, wenn über Typbezeichnung festgelegt.</p> <p>4) Bei Pumpen zusätzlich Förderhöhe, Förderstrom, Drehzahl, Abnahmeklasse (für Kreiselpumpen nach DIN EN ISO 9906), erforderliche Zulaufhöhe (NPSH) und zulässige Schwinggeschwindigkeiten.</p>				

Tabelle 4-3: Erforderliche Angaben für die Auslegung in ADB und RBA

Lfd. Nr.	Angaben	Druckbehälter	Pumpen	Armaturen	Rohrleitungen ¹⁾
1	Maßstab	X	X	X	X
2	Die Dimensionierung bestimmende Belastungen: zulässiger Betriebsüberdruck, zulässige Betriebstemperatur, Klasse (K2), Prüfgruppe, Medium	X	X	X	X
3	Einzuhaltende Anziehparameter druckbeaufschlagter Verbindungselemente	X	X	X	X
4	Maße einschließlich Toleranzen, die für a) Dimensionierung, b) Analyse des mechanischen Verhaltens (einschließlich Funktionsfähigkeitsnachweis), c) Planung und Prüfung erforderlich sind	X	X	X	X
5	Inhalte, nach Druckräumen getrennt	X	–	–	–
6	Komponentengewicht (leer) oder Bauteilgewicht	X	X ²⁾	X ²⁾	X
7	Oberflächenbeschaffenheit von Schweißnähten (siehe Tabelle 5-4)	X	X	X	X
8	Oberflächenbeschaffenheit von Dicht- und Funktionsflächen	X	X	X ³⁾	X
9	Durchflussrichtung	X	X	X	– ⁴⁾
10	Federdiagramme der Funktionsfedern	–	–	X	–
11	Lage aller Schweißnähte mit Angabe der Schweißnaht-Nr. und Zuordnung zum Schweißplan	X	X	X	X
12	Vorgesehener Oberflächenschutz (z. B. Panzerungen, Schweißplattierungen, Gummierungen)	X	X	X	X
13	Art und Lage der Komponenten Kennzeichnung (Angaben zum Fabrikschild siehe Tabelle 4-5)	X	X	X	–
14	Anschlussmaße	X	X	X	X
15	Komponentenbezeichnung (zusätzlich KKS oder AKZ bei systemabhängigen Komponenten und Bauteilen)	X	X	X	X
16	Werkstoff (sofern keine Werkstoffliste)	X	X	X	X
17	Auswuchtgüte nach DIN ISO 21940-11	–	X	–	–

1) Für Bauteile, die nach Zeichnung herzustellen sind.
2) Gehäuse, Einbauten, Füllung, Zubehör und ggf. Antrieb, jeweils einzeln aufgeführt.
3) Sofern ein Dichtheits- oder Funktionsfähigkeitsnachweis erforderlich ist.
4) In Ausnahmefällen erforderlich (z. B. bei Messblenden)

Tabelle 4-4: Beispiele für erforderliche Angaben in Zusammenstellungszeichnungen

Lfd. Nr.	Angaben	Einheit	Druckbehälter	Pumpen ¹⁾
1	Anlage	–	X	X
2	Kennzeichnung nach KKS oder AKZ	–	X	X
3	Hersteller und Lieferer	–	X	X
4	Herstellnummer (Fabrik-Nr.)	–	X	X
5	Zulässiger Betriebsüberdruck/-unterdruck	MPa	X	X
6	Zulässige Betriebstemperatur	°C	X	X
7	Inhalt der einzelnen Druckräume	l	X	–
8	Betriebsfördermenge	m ³ /h	–	X
9	Betriebsförderhöhe	m	–	X
10	Baujahr	–	X	X
11	Prüfstempel	–	X	X

1) Für Pumpen sind zusätzlich die in DIN 24299-1 aufgeführten Angaben erforderlich.

Tabelle 4-5: Erforderliche Angaben auf dem Fabrikschild für Behälter und Pumpen

Lfd. Nr.	Dokumente 1)	Prüfung/ Vorprüfung	Fertigungsüberwachung/ Bauprüfung	Dokumentation 2)	Kontrolle des Einbaus
1	Einzelfertigung (nach Zeichnung)				
1.1	Benutzung der geprüften/vorgeprüften Dokumente aus der Ersterstellung: a) in einer Kopie des Erstdokuments wird Nichtzutreffendes gestrichen (ohne sachliche Änderung) oder b) für die zutreffenden Teile wird ein Auszug aus dem Erstdokument erstellt (ohne sachliche Änderung)	Erneute Prüfung/ Vorprüfung nur erforderlich bei Abweichung vom genehmigten Stand. Die Kontrolle der Streichung/ Übertragung erfolgt im Zuge der Fertigungsüberwachung/Bauprüfung.	Es sind die auf das ERV-Teil bezogenen Prüfungen entsprechend der Ersterstellung durchzuführen. Entfallen dürfen Prüfungen, die nur in Verbindung mit der Baugruppe (Komponente) erfolgen können, z. B. Druckprüfung.	Nachweise und a) Prüfunterlagen gemäß Spalte 1 mit Bestätigung der Prüfdurchführung oder b) Sammelbestätigung ⁵⁾ für Prüfschritte, die nur durch Stempelung zu bestätigen sind, unter Verwendung des Deckblattes der Vorprüfunterlagen aus der Ersterstellung. Die Prüfschritte sind jeweils entsprechend der Prüfzuständigkeit mit Angaben zur Zuordnung aufzulisten.	Beim Einbau ist die Verwendung der richtigen Teile sicherzustellen und gemäß der Zuständigkeit zu prüfen. Prüfungen, die in Verbindung mit der Baugruppe/Komponente erforderlich sind (z. B. Anzugsmomente, Funktionsprüfung) sind festzulegen und gemäß der Prüfzuständigkeit durchzuführen und zu dokumentieren.
1.2	Erstellung eigener Vorprüfunterlagen ³⁾ für Teile, die nicht Bestandteil der Komponenten-Erstfertigung sind (z. B. Verschlussstopfen für WT-Rohre).	Erstmalige Prüfung/ Vorprüfung erforderlich.			
2	Serienteile (z. B. Schrauben, Dichtungen) Es gilt die Vorgabe der Werkstoffliste/Stückliste der Original-Prüf-/Vorprüfunterlagen hinsichtlich der anzuwendenden Vorschriften und der Nachweise. Ein gesondertes Dokument ist nicht erforderlich.	⁴⁾	Gemäß den Anforderungen der anzuwendenden Vorschriften.	Nachweise gemäß den Anforderungen der anzuwendenden Vorschriften mit Angaben zur Zuordnung.	
<p>1) Die richtige Zuordnung der ERV-Teile zu der Komponente (gemäß WL oder Stückliste) ist bei der Bestellung sicherzustellen.</p> <p>2) Die Dokumentation der ERV-Teile wird im Allgemeinen getrennt von der Komponentendokumentation geführt.</p> <p>3) Im Einzelnen – soweit zutreffend – Deckblatt, Werkstoffliste/Stückliste, Zeichnung, Prüffolgeplan, Schweißplan.</p> <p>4) Werden gegenüber der geprüften/vorgeprüften Erstaussführung Änderungen vorgenommen, sind die geänderten Dokumente gemäß Zuständigkeit zu prüfen/vorzuprüfen. Änderungen der Stückzahl sind hiervon ausgenommen,</p> <p>5) Zur Fertigung oder Prüfung herangezogene Dokumente, die sich bereits in der Dokumentation der Komponente oder der Originalteile befinden, müssen nicht zusätzlich in die Dokumentation der ERV-Teile übernommen werden.</p>					

Tabelle 4-6: Vorprüfung und Dokumentation für Ersatz- und Verschleißteile (ERV-Teile)

5 Schweißen

5.1 Schweißtechnische Gestaltung und arbeitstechnische Grundsätze

(1) Die schweißtechnische Gestaltung ist in KTA 3211.2 Abschnitt 5 festgelegt.

(2) Alle Schweißnähte an druckführenden Wandungen sind grundsätzlich mehrlagig und als durchgeschweißte Nähte auszuführen. Bei Zugänglichkeit von der Gegenseite ist gegenzuschweißen oder die Wurzel mechanisch vollständig abzuarbeiten. Einlagenschweißungen sind nur zulässig, wenn die Eignung in einer einlagig ausgeführten Verfahrensprüfung nachgewiesen wurde.

(3) Bei nur einseitig schweißbaren Rohrrund- und Stützennähten sind Vorkehrungen zu treffen, die ein einwandfreies Durchschweißen sicherstellen. Eine wurzelseitige Bearbeitung ist (auch unter Einsatz von Innenbearbeitungsgeräten) grundsätzlich vorzusehen. Ist eine Innenbearbeitung nicht vorgesehen, muss sichergestellt sein, dass eine eindeutige Prüfaussage bei der zerstörungsfreien Prüfung gegeben ist und dass die Anforderungen der Abschnitte 5.7.1 und 11

dieser Regel sowie von KTA 3211.2 Tabelle 8.5-1 eingehalten sind.

(4) Ist gemäß Abschnitt 9.3.6.2.2 eine zerstörungsfreie Prüfung mit Ultraschall gefordert, ist die schweißtechnische Gestaltung bei schwierig zu prüfenden Schweißverbindungen (z. B. Schweißverbindungen zwischen austenitischen Stählen, Schweißverbindungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen) auch im Hinblick auf die Prüfbarkeit zu optimieren.

(5) Die Anforderungen an die Toleranzen sind in Abschnitt 9.3.3 festgelegt.

(6) Bei unterschiedlichen Wanddicken der zu verbindenden Erzeugnisformen ist im Schweißnahtbereich zur Einhaltung der Anforderungen an die prüfgerechte Gestaltung gemäß Abschnitt 11.1 eine Angleichung der Wanddicken vorzunehmen.

(7) Beim Bearbeiten der Oberflächen ist

- auf einen geringen Wärmeeintrag in das Bauteil zu achten,
- der Eintrag unzulässiger Verunreinigungen (Halogene) z. B. von den Schleifwerkzeugen, zu vermeiden.

Bei austenitischen reaktorwasserführenden Komponenten mit Betriebstemperaturen gleich oder größer als 200 °C in SWR-Anlagen ist eine Qualifikation des Bearbeitungsverfahrens erforderlich mit dem Ziel, für die mediumberührte Oberfläche zusätzlich zu den Anforderungen gemäß a) und b)

- c) eine geringe Kaltverformung im oberflächennahen Bereich,
- d) eine geringe Aufhärtung im oberflächennahen Bereich sicherzustellen.

5.2 Voraussetzungen zum Schweißen

Mit dem Schweißen darf erst begonnen werden, wenn die nachfolgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- a) Erfüllung der festgelegten Anforderungen an den Hersteller nach Abschnitt 3.
- b) Abschluss der Vorprüfung (VPU 1) nach Abschnitt 4.
- c) Abschluss der Verfahrensprüfungen nach Abschnitt 8.1.
- d) Abschluss aller vorgesehenen Prüfungen an den zu verschweißenden Erzeugnisformen nach KTA 3211.1 sowie an Bauteilen oder vorgefertigten Rohrleitungsteilen (Spools).
- e) Schweißzusätze und -hilfsstoffe müssen den Anforderungen nach Abschnitt 5.3 entsprechen.
- f) Alle für das Schweißen erforderlichen Dokumente (Schweißpläne, Zeichnungen) müssen vorgeprüft am Schweißplatz vorliegen. Ein Auslegen dieser Dokumente an zentraler Stelle in der Nähe des Schweißplatzes ist zulässig (z. B. bei Montagearbeiten).
- g) Es ist sicherzustellen, dass die Schweißarbeiten zugluftfrei und witterungsgeschützt durchgeführt werden. Bei Umgebungstemperaturen unter 5 °C sind besondere Maßnahmen zu treffen.

5.3 Anforderungen an Schweißzusätze und -hilfsstoffe

(1) Die Schweißzusätze und -hilfsstoffe müssen den Anforderungen nach KTA 1408.1, KTA 1408.2 und KTA 1408.3 genügen.

(2) Für ferritische Schweißungen sind basisch umhüllte Stabelektroden oder Schweißpulver mit basischer Charakteristik zu bevorzugen. Darüber hinaus sind Schweißzusätze für ferritische Werkstoffe mit $R_{p0,2RT}$ gleich oder größer als 370 N/mm² mit folgendem Gehalt an diffusiblem Wasserstoff vorzusehen:

- a) Stabelektroden-Schweißgut:
gleich oder kleiner als 5 ml/100 g im niedergeschmolzenen Schweißgut (H 5 nach DIN EN ISO 2560),
- b) UP-Schweißgut:
gleich oder kleiner als 5 ml/100 g im niedergeschmolzenen Schweißgut (H 5 nach DIN EN ISO 14174).

(3) Bei Verbindungsschweißungen müssen die Festigkeit und die Verformungsfähigkeit des Schweißgutes mindestens denen des Grundwerkstoffs entsprechen. Der Toleranzbereich der Festigkeit des Schweißgutes darf gegenüber dem des Grundwerkstoffs nur dann nach oben erweitert werden, wenn die Verformungseigenschaften des Schweißgutes die Mindestanforderungen des Grundwerkstoffes erfüllen.

(4) Für Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen sind zulässig:

- a) Nickel-Schweißzusätze,
- b) austenitische Schweißzusätze.

(5) Nickel-Schweißzusätze sind in folgenden Fällen erforderlich:

- a) in Prüfgruppe A1,
- b) bei Betriebstemperaturen gleich oder größer als 300 °C,
- c) wenn nach dem Schweißen Wärmebehandlungen erforderlich werden (siehe auch **Tabelle 7-1**),

wobei im mediumberührten Wurzelbereich von heißgehenden (Temperatur gleich oder größer als 200 °C im Dauerbetrieb), reaktorwasserführenden Rohrleitungen und Komponenten, sofern von der Geometrie her möglich, austenitische Schweißzusätze zu verwenden sind.

(6) Werden für sonstige mediumberührte Mischverbindungen in den Äußeren Systemen Schweißzusätze aus Nickellegerungen eingesetzt, müssen für die Wurzelschweißung Schweißzusätze mit einem Chromgehalt von mindestens 18 % (z. B. NiCr20Mn3Nb, Werkstoff-Nr. 2.4806) zum Einsatz kommen.

(7) Für austenitische Werkstoffe nach KTA 3211.1, Absätze 7.1.1 (3), 7.3.1 (3) und 7.4.2 (3) für heißgehende (Betriebstemperatur gleich oder größer als 200 °C), reaktorwasserführende Rohrleitungen und Komponenten in SWR-Anlagen sind Schweißzusätze mit geeigneten Analyseneingrenzungen (eingeschränkter Kohlenstoffgehalt) zu verwenden.

5.4 Fugenflanken

(1) Die Fugenflanken sind bevorzugt durch spanende Bearbeitung anzuarbeiten (z. B. Fräsen, Hobeln, Drehen, Schleifen).

(2) Bei Fugenflanken, die durch thermisches Schneiden (Brennschneiden, Plasmaschneiden) hergestellt werden, sind die erforderliche Schnittqualität und Toleranzklasse gemäß DIN EN ISO 9013 vom Besteller auf der Zeichnung vorzugeben.

Bei ferritischen Werkstoffen sind die Fugenflanken zunderfrei abzarbeiten.

(3) Wenn in der Verfahrensprüfung nicht anders nachgewiesen, ist bei ferritischen Werkstoffen mit $R_{p0,2RT}$ größer als 370 N/mm², bei Werkstoffen für besondere Beanspruchungen nach **Tabelle 8-1** und bei plattierten Werkstoffen die Oberfläche nach dem thermischen Schneiden 2 mm spanend abzutragen. Beim thermischen Schneiden von ferritischen Werkstoffen ist gemäß KTA 3211.1 vorzuwärmen. Darüber hinaus ist bei Umgebungstemperaturen von gleich oder kleiner als 5 °C anzuwärmen. Wenn in der Schweißwärme ausgefugt und gegengeschweißt wird, ist, abweichend von Kontrollnummer 2.9 in **Tabelle 9-1**, keine zusätzliche Oberflächenprüfung des ausgefugten Bereiches erforderlich.

(4) Durch Plasma-Schneiden an austenitischen Werkstoffen hergestellte Fugenflanken dürfen unbearbeitet bleiben, sofern die Festlegungen gemäß (5) und (6) erfüllt werden.

(5) Die Fugenflanken, die Nahtbereiche und die Bauteiloberflächen für Auftragschweißungen müssen frei von Zunder und Verunreinigungen (z. B. Fett, Farbe, Rost) und Feuchtigkeit sein.

(6) Sofern zerstörungsfreie Prüfungen vorgesehen sind, sind die Anforderungen an die Oberfläche nach Abschnitt 11 einzuhalten.

5.5 Durchführung der Schweißarbeiten

5.5.1 Allgemeines

(1) Die folgenden Festlegungen gelten für alle Schweißungen an drucktragenden Bauteilen.

(2) Die in den Schweißplänen festgelegten Schweißbedingungen müssen innerhalb der nach Abschnitt 8.1.1.3 zulässigen Toleranzen für den Geltungsbereich der Verfahrensprüfung liegen.

5.5.2 Wärmeführung

(1) Für die Wärmeführung sind die Angaben nach KTA 3211.1 einzuhalten.

(2) Die vorgesehene Vorwärmtemperatur soll in einem Bereich von mindestens 4 · s gemäß DIN EN ISO 13916, min-

destens jedoch 100 mm, auf beiden Seiten der Schweißnaht bis zum Abschluss der Schweißarbeiten eingehalten werden. Die Vorwärmtemperatur ist auch bei Heftschweißungen und Schweißungen von Anschweißteilen einzuhalten. Wenn keine Vorwärmung vorgesehen ist, ist der Schweißnahtbereich bei Umgebungstemperaturen unter 5 °C anzuwärmen. Kondenswasserbildung ist durch geeignete Maßnahmen auszuschließen. Sind bei austenitischen Schweißnähten Maßnahmen zur beschleunigten Absenkung der Arbeitstemperatur vorgesehen, so ist dies mit ölfreier und trockener Luft oder mit Wasser durchzuführen. Wenn keine Reinigung mehr erfolgt, muss bei Verwendung von Wasser dieses vollentsalzt sein.

5.5.3 Lagenaufbau bei ferritischen Schweißungen

(1) Durch geeigneten Lagenaufbau (Mehrlagenschweißung, aufbauend von den Fugenflanken) soll Grobkörnigkeit oder eine zu hohe Härte in der Wärmeeinflusszone weitgehend vermieden werden. Bei einseitig zu schweißenden medienberührten Nähten mit verbleibender Wurzel ist für die Wurzel das WIG-Verfahren oder ein gleichwertiges Verfahren anzuwenden.

(2) Bei der Decklagenschweißung ist eine weite Überdeckung des Grundwerkstoffes zu vermeiden (ausufernde Decklagen).

(3) Die Vergütungslagenteknik gemäß **Bild 5-1** ist anzuwenden

- beim Schweißen der Stahlsorten 20 MnMoNi 5 5 und 15 NiCuMoNb 5 S,
- beim Schweißen der Stahlsorten 15 MnNi 6 3, WStE355 S und P355NH, falls keine Spannungsarmglühung der Schweißnaht erfolgt.

Die Wärmeeinbringung beim Schweißen der Vergütungslage muss gleich oder größer als die Wärmeeinbringung beim Schweißen der Decklage sein. Bei Wanddicken gleich oder kleiner als 16 mm, bei denen die Anforderungen hinsichtlich Lagenaufbau und Vergütungslage fertigungstechnisch nicht eingehalten oder im Extremfall nur eine Wurzel und Decklage geschweißt werden können, sind Ausnahmen zur oben beschriebenen Arbeitsweise zulässig.

(4) Andere Vergütungslagentekniken als die in **Bild 5-1** dargestellte Strichraupenvariante dürfen zur Anwendung kommen, sofern durch eine Verfahrensprüfung deren Eignung im Sinne der Gleichwertigkeit nachgewiesen wurde.

(5) Die Kanten der Fugenflanken müssen erfasst werden, jedoch soll die Überdeckung möglichst klein gehalten werden.

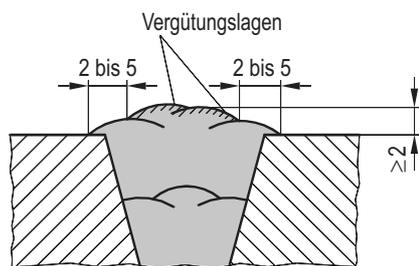


Bild 5-1: Vergütungslagenteknik ferritischer Schweißnähte am Beispiel der Schweißposition Wannenlage (PA)

5.5.4 Lagenaufbau bei austenitischen Schweißungen

(1) Austenitische Schweißnähte sind mit möglichst geringer Wärmeeinbringung zu schweißen. Dies soll in Strichraupentechnik erfolgen. Bei einseitig geschweißten medienberührten Nähten ohne nachfolgende Bearbeitung der Wurzel ist für die Wurzel das WIG- oder ein gleichwertiges Verfahren anzuwenden.

(2) Anlauffarben im Zuge des Schweißens sind durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden. Anlauffarben bis ein-

schließlich Anlauffarbe 2 (Bild F.1 nach DIN 25410) sind zulässig. Über die Zulässigkeit der Anlauffarbe 3 (Bild F.1 nach DIN 25410) ist im Einzelfall zu entscheiden.

5.5.5 Schweißungen an austenitisch plattierten Bauteilen

(1) Das **Bild 5-2** zeigt die grundsätzliche Ausführung einer Verbindungsschweißung an plattierten Bauteilen. Bei der Ausführung der Verbindungsschweißung ist ein Ausreichen des Zurücksetzens der Plattierung erforderlich. Nach Ausführung der ferritischen Verbindungsschweißung ist die Plattierung ein- oder mehrlagig zu schließen.

(2) Bei plattierten Bauteilen, bei denen der Nahtaufbau nur von der Außenseite erfolgt, sind entsprechende Festlegungen mit dem Sachverständigen zu treffen.

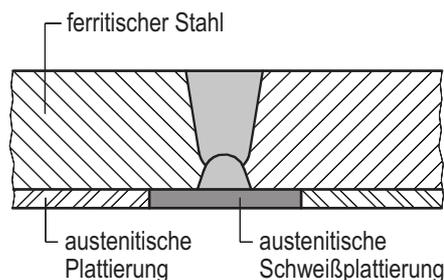


Bild 5-2: Verbindungsschweißung plattierter Bauteile

5.5.6 Ausarbeiten von Schweißnähten

(1) Wenn ein Ausarbeiten von Schweißnähten vorgesehen ist, (z. B. vor Wurzelgegenschweißung oder als Reparaturmaßnahme), dürfen folgende Verfahren angewandt werden:

- spanende Bearbeitung (z. B. Schleifen),
- thermische Verfahren bei ferritischen Werkstoffen. Die ausgefugten Bereiche sind anschließend zu schleifen.

Hinsichtlich der Vorwärmung gelten die Angaben des Abschnitts 5.4 (2).

(2) Ein Verzicht auf das Ausarbeiten der Wurzel vor dem Schweißen der Gegenlagen ist dann zulässig, wenn hierfür eine entsprechende Verfahrensprüfung vorliegt.

5.5.7 Zündstellen und Schweißspritzer

Das Zünden von Elektroden an Bauteilen außerhalb der Schweißnahtfuge ist zu vermeiden. Sind Zündstellen außerhalb der Schweißnahtfuge trotzdem aufgetreten, so müssen sie beschliffen und einer Oberflächenprüfung nach Abschnitt 11 unterzogen werden. Rissartige Oberflächenfehler sind nicht zulässig. Schweißspritzer sind zu entfernen.

5.5.8 Heftschweißungen

Heftschweißungen sind unter den gleichen Bedingungen wie Bauteilschweißungen zu schweißen. Sie dürfen nur dann am Bauteil verbleiben, wenn sie ausreichend lang (im Allgemeinen gleich oder größer als 50 mm, bei Wanddicken kleiner als 12 mm mindestens die 4fache Dicke des dickeren Teils) und in der Qualität der Wurzelschweißung ausgeführt wurden.

5.5.9 Anschweißteile

(1) Anschweißteile an ferritischen Bauteilen sollen aus einem Werkstoff der gleichen oder gegebenenfalls einer niedrigeren Werkstoffuntergruppe bestehen wie das Bauteil (**Tabelle 8-1**).

(2) Anschweißteile sind unter den gleichen Bedingungen wie Bauteilschweißungen zu schweißen. Die Schweißungen

sind mindestens zweilagig auszuführen, wobei die letzte Lage den Grundwerkstoff des Bauteils nicht anschmelzen darf.

(3) Das Anschweißen ist vor dem letzten Spannungsarmglühen des Bauteils vorzunehmen. Ausnahmen hiervon sind nur im Einvernehmen mit dem Sachverständigen zulässig.

(4) Die Anzahl der nicht am Bauteil verbleibenden Anschweißteile ist möglichst gering zu halten.

(5) Anschweißteile dürfen nicht durch Abschlagen entfernt werden. Ihr Abtrennen soll spanend erfolgen. Falls ein thermisches Trennen erforderlich wird, soll ein Mindestabstand von 5 mm von der Oberfläche des Bauteils eingehalten werden. Der verbleibende Rest ist durch Schleifen mit möglichst geringer Wärmeeinbringung bis zur Bauteiloberfläche abzutragen, die Stellen sind zu protokollieren. Nach dem Entfernen der Anschweißteile sind die Bereiche einer Oberflächenprüfung nach Abschnitt 11 zu unterziehen.

5.5.10 Einsatz stromführender Kontaktrohre

Werden Schweißköpfe mit stromführenden Kontaktrohren aus Kupfer verwendet, ist vom Hersteller sicherzustellen, dass eventuelle Anschmelzungen des Kontaktrohrs erkannt werden. Im Falle des Anschmelzens eines Kontaktrohrs während

der Schweißarbeiten ist das Schweißen sofort zu unterbrechen und die Schweißaufsicht zu informieren. Die Schweißaufsicht legt die erforderlichen Maßnahmen fest. Bei späterer Feststellung ist ein Abweichungsbericht zu erstellen. Das weitere Vorgehen ist von der Qualitätsstelle des Herstellers festzulegen und durch den Sachverständigen zu prüfen. Erst dann darf ausgearbeitet und nachgebessert werden. Diese Vorgänge sind zu protokollieren. Nach Abschluss dieser Maßnahmen darf die Fertigung mit einem neuen Kontaktrohr fortgesetzt werden. Zusätzlich sind die Festlegungen nach Abschnitt 13 zu beachten.

5.6 Überwachung der Schweißarbeiten und Aufzeichnungen durch die Schweißaufsicht

Die Durchführung der Schweißarbeiten ist von der Schweißaufsicht des Herstellers zu überwachen. Hierbei sind Aufzeichnungen (Protokolle) über die Durchführung der Überwachungsschritte zu führen. Umfang und Häufigkeit der Aufzeichnungen sind in **Tabelle 5-1** festgelegt. Die Form der Protokolle ist dem Hersteller freigestellt (Beispiel siehe **Formblatt A-12**). Bei parallel laufenden gleichartigen Schweißarbeiten (z. B. Rohrleitungen) ist eine zusammenfassende Aufzeichnung zulässig (Beispiel siehe **Formblatt A-13**).

Prüfgruppe	Eintragungen	
	Häufigkeit	Umfang
A 1	Bei Schweißbeginn und mindestens zweimal pro Schicht und Fertigungsabschnitt ¹⁾	a) Komponentenummer b) Schweißplan c) Schweißnahtnummer d) Zeitpunkt der Kontrolle e) Einhaltung der Schweißdaten gemäß Schweißplan f) Schweißer/Bediener g) besondere Vorkommnisse h) soweit nach den Regeln der Reihe KTA 1408 erforderlich, Chargen-Nr. der Schweißzusätze
A 2 und A 3	Bei Schweißbeginn und mindestens einmal pro Schicht und Fertigungsabschnitt ¹⁾	

¹⁾ Es ist jedes Schweißverfahren mindestens einmal zu erfassen.

Tabelle 5-1: Aufzeichnungen für Schweißarbeiten

5.7 Anforderungen an die Schweißungen

5.7.1 Äußere Beschaffenheit

5.7.1.1 Allgemeines

(1) Für äußere Unregelmäßigkeiten an Schweißnähten gilt DIN EN ISO 5817 Bewertungsgruppe B.

(2) Abweichend hiervon gilt:

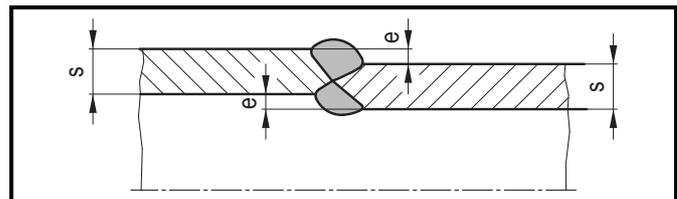
- a) für den Kantenversatz Abschnitt 5.7.1.2,
- b) für die Oberflächenbeschaffenheit der Schweißnähte Abschnitt 5.7.1.3,
- c) für Zündstellen und Schweißspritzer Abschnitt 5.5.7,
- d) für zerstörungsfreie Prüfungen Abschnitt 11.2.3 sowie die Tabellen 11-5, 11-15 und 11-16.

(3) Die Oberfläche von Auftragschweißungen darf ganz oder teilweise unbearbeitet bleiben, wenn die geforderte Prüfbarkeit und die Anforderungen an die Funktion des Bauteils dies zulassen. Eine Bearbeitung ist nur zulässig, wenn über eine Verfahrensprüfung oder Arbeitsprüfung nachgewiesen ist, dass die geforderte Korrosionsbeständigkeit bis 2 mm unter der verbleibenden Oberfläche vorhanden ist.

5.7.1.2 Kantenversatz

5.7.1.2.1 Beidseitig zu schweißende Nähte

Für den Kantenversatz von beidseitig geschweißten Nähten gilt **Tabelle 5-2**. Werden Schweißungen beschliffen, dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen größere Kantenversätze zugelassen werden, sofern die Anforderungen an die Prüfbarkeit (Neigungswinkel nach Abschnitt 11.1) und die rechnerisch erforderliche Wanddicke eingehalten werden.

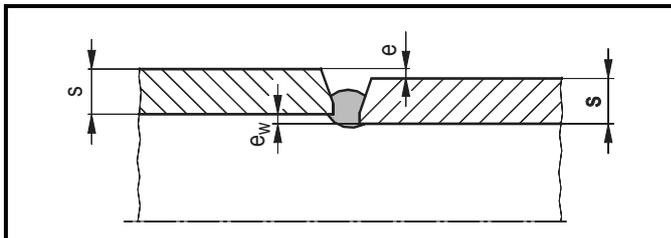


Prüfgruppe	maximaler Kantenversatz e
A 1	0,1 · s, jedoch ≤ 3 mm
A 2, A 3	0,15 · s, jedoch ≤ 4 mm

Tabelle 5-2: Maximal zulässiger Kantenversatz von beidseitig geschweißten Nähten

5.7.1.2.2 Einseitig zu schweißende Nähte

(1) Für Außenflächen gelten die Anforderungen nach Abschnitt 5.7.1.2.1. Für den Kantenversatz nach dem Teilwurzelschweißen oder dem Zentrieren gilt **Tabelle 5-3**. Beim weiteren Schweißen der Naht dürfen keine wesentlichen Veränderungen der Kantenversätze mehr auftreten.



Prüfgruppe	Durchmesser	Kantenversatz e_w
A 1, A 2	\leq DN 125	$0,1 \cdot s$, jedoch $\leq 1,0$ mm
	$>$ DN 125	$0,1 \cdot s$, jedoch $\leq 1,6$ mm
A 3	$>$ DN 50	$0,15 \cdot s$, jedoch $\leq 1,6$ mm ¹⁾
A 1 ²⁾	$>$ DN 1000 mm	$\leq 2,4$ mm, örtlich 3 mm
A 2 ²⁾ , A 3 ²⁾	und $s > 20$ mm	$\leq 2,4$ mm, örtlich 4 mm

Kantenversatz e gemäß Abschnitt 5.7.1.2.1.
¹⁾ Bei $>$ DN 125 und $TB \leq 100$ °C: $0,15 \cdot s$, jedoch $\leq 2,4$ mm.
²⁾ Behälterschlussnähte und andere unzugängliche Nähte.

Tabelle 5-3: Maximal zulässiger Kantenversatz e_w für einseitig zu schweißende Nähte nach dem Schweißen von Teilwurzeln oder nach dem Zentrieren

(2) Die Toleranzen der Rohrdurchmesser sind so vorzugeben, dass die in der **Tabelle 5-3** festgelegten Kantenversätze sicher eingehalten werden können. Hierfür kann die Anwendung besonderer Maßnahmen, z. B. Kalibrieren oder Anarbeiten der Rohrenden erforderlich werden.

(3) Die Bedingungen der **Tabelle 5-3** erfordern bei Rohrleitungen Vorgehensweisen entweder nach a) oder b) oder c):

- Schweißen von Teilwurzeln mit Anwendung einer Zentrier-
vorrichtung (unter Teilwurzeln werden verbleibende Wur-
zelschweißungen ausreichender Länge und Anzahl ver-
standen). Für das Schweißen von Teilwurzeln sind in Ab-
hängigkeit des Werkstoffes, des Durchmessers und der
Wanddicke die erforderliche Anzahl und Länge von Teil-
wurzeln zu ermitteln, bei deren Einhaltung im Zuge des
weiteren Schweißens der Naht keine wesentlichen Verän-
derungen mehr auftreten.
- Das vollständige Schweißen einer Wurzel bei Anwendung
einer Innenzentriervorrichtung (der Verbleib der Innen-
zentriervorrichtung auch beim Schweißen von Stütz- oder
Fülllagen kann gegebenenfalls erforderlich werden).
- Schweißnahtvorbereitung (Anpassung der Innendurch-
messer) gemäß DIN 2559-2.

(4) Durch genaue Anpassung im Wurzelbereich und durch Einsatz geeigneter Schweißverfahren soll eine gleichmäßige, konturenarme Wurzelbildung erzielt werden, so dass die Durchführung der Ultraschallprüfung nicht durch formbedingte Echoanzeigen beeinträchtigt und bei der Durchstrahlungsprüfung eine einwandfreie Beurteilung des Wurzelbereichs ermöglicht wird.

(5) Vom Hersteller ist gegenüber dem Sachverständigen der Nachweis zu führen, dass bei Anwendung obengenannter Vorgehensweisen die in **Tabelle 5-3** genannten Kantenversätze sicher eingehalten werden. Dieser Nachweis ist im Zuge der ersten Bauteilschweißungen vom Hersteller zu erbringen, sofern nicht bereits entsprechende Nachweise von anderen Schweißungen vorliegen.

5.7.1.3 Oberflächenbeschaffenheit, Beschleifen von Schweißnähten

(1) Die Beschaffenheit der Schweißnahtoberfläche muss unabhängig vom Prüfumfang die jeweils geforderten Prüfungen gestatten. Die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit von Schweißnähten nach **Tabelle 5-4** sind einzuhalten.

(2) Beim Beschleifen ist auf geringe Erwärmung des Werkstückes zu achten.

(3) Nahtunterschleifungen sind zu vermeiden. Sie sind unzulässig, wenn dadurch die Prüfbarkeit der Naht beeinträchtigt wird oder die zulässigen primären Spannungen überschritten werden.

Einzelne örtliche Unterschleifungen gleich oder kleiner als 5 % unter die rechnerisch erforderliche Wanddicke s_0 sind ohne Tolerierung und zusätzliche Nachweise zulässig, wenn die örtliche Ausdehnung der Ausmuldung wie folgt begrenzt wird:

Länge und Breite gleich oder kleiner als $2 \cdot \sqrt{r \cdot s}$.

mit

s : Istwanddicke außerhalb der örtlichen Unterschleifung,

r : innerer Krümmungsradius der Erzeugnisform

Bei Böden bezieht sich r auf den anschließenden Zylinder oder im Krepfenbereich auf den Krepfenradius.

Größere Unterschleifungen sind als Abweichungen nach Abschnitt 13 zu behandeln.

(4) Die Ausmuldungen dürfen Abweichungen von der Oberflächensollkontur bis zu 10 Grad aufweisen, wenn dadurch die Prüfbarkeit nicht beeinträchtigt wird.

(5) Formgebende Auftragschweißungen infolge Nahtunterschleifungen sind möglichst zu vermeiden. Wenn sie dennoch erforderlich werden, gelten die Festlegungen nach Abschnitt 8.1.3.3.

5.7.2 Innere Beschaffenheit

Für innere Unregelmäßigkeiten der Schweißnähte gelten die Festlegungen des Abschnittes 11.

Nahttyp	Anwendungsbereich	Oberflächenzustand	Qualitätsanforderung
Stumpfnähte und Stutzennähte	1. Ferritische Stumpfnähte a) außen ¹⁾ ; b) innen ba) bei Anwendung der Einschallbedingungen nach Tabelle 11-7 lfd. Nr. 1.1 unter Beachtung der Festlegungen in Abschnitt 5.1 (3), bb) wenn für die UT-Prüfung die Einschallbedingungen nach Tabelle 11-7 lfd. Nr. 1.2 bis 1.6 angewendet werden, bc) bei Stumpfnähten an den Werkstoffen 20 MnMoNi 5 5 und 15 NiCuMoNb 5 S soweit zugänglich (zum Beschleifen von Hand) 2. Stumpfnähte an austenitischen Stählen mit Wanddicken $s \geq 8$ mm ¹⁾ sowie Stumpfnähte zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen a) außen b) innen unter Beachtung der Festlegungen in Abschnitt 5.1 (3) 3. Stumpfnähte bei Behältern innen, wenn aus Gründen der Dekontaminierbarkeit erforderlich. 4. Wenn aufgrund besonderer Betriebsbedingungen im Rahmen der Vorprüfung so festgelegt, 5. Stutzennähte innen, soweit zugänglich.	eben bearbeitet	keine Nahtüberhöhung keine Kerben
Stutzen- und Anschweißnähte	1. Stutzennähte außen. 2. Anschweißnähte. 3. Wenn aufgrund besonderer Betriebsbedingungen im Rahmen der Vorprüfung so festgelegt.	formbearbeitet	Nahtkontur nach KTA 3211.2 Abschnitt 5.2.2 keine Kerben
Alle Nahttypen	Alle Schweißnähte, für die nicht Oberflächenzustand „eben bearbeitet“ oder „formbearbeitet“ gefordert.	unbearbeitet (Schweißzustand)	gemäß Abschnitt 5.7.1 dieser Regel Die Prüfaussage beeinträchtigende Riefen und Kerben sind zu beseitigen ²⁾ Nahtkontur nach KTA 3211.2 Abschnitt 5.2.2
Hinweis: (1) Für Nahtunterschleifungen gilt Abschnitt 5.7.1.3. (2) Weitere Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit der Prüf- und Gegenflächen enthalten Abschnitt 11.2.3. und die Tabellen 11-7 bis 11-11 . 1) Bei $s < 8$ mm ist kerbfreies Beschleifen ausreichend. 2) Wenn die gestellten Qualitätsanforderungen im Schweißzustand nicht erfüllt sind, darf durch Beschleifen nachgearbeitet werden (zulässige Nahtüberhöhungen dürfen erhalten bleiben).			

Tabelle 5-4: Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit von Schweißnähten

6 Umformen von Bauteilen

6.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Das Warm- und Kaltumformen bei der Herstellung von Erzeugnisformen (z. B. Press-, Kumpelteile, Rohrbogen und Formpressteile) ist in KTA 3211.1 geregelt.

(2) Die Anforderungen an die Toleranzen sind in Abschnitt 9.3.3 festgelegt.

6.2 Warmumformen

(1) Unter Warmumformen von Bauteilen und Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen wird das Umformen bei Temperaturen oberhalb der zulässigen Temperatur für das Spannungsarmglühen verstanden.

(2) Unter Warmumformen von Bauteilen und Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen wird das Umformen bei Temperaturen gleich oder größer als 400 °C verstanden.

(3) Erzeugnisformen, die warmumgeformt werden sollen, müssen vor dem Umformen nach KTA 3211.1 wärmebehandelt und geprüft sein.

(4) Die Verarbeitungsbedingungen für das Warmumformen müssen den Angaben von KTA 3211.1 oder den Ergebnissen aus der Überprüfung des Umformverfahrens entsprechen, um die erforderlichen Eigenschaften auch nach der letzten Wärmebehandlung des zu fertigenden Bauteils sicherzustellen.

(5) Werden geschweißte Bauteile warmumgeformt, so muss nachgewiesen sein, dass die Eigenschaften des Schweißgutes den Bauteilanforderungen entsprechen. Andernfalls ist das warmumgeformte Schweißgut zu entfernen und das Bauteil neu zu schweißen.

6.3 Kaltumformen

(1) Unter Kaltumformen von Bauteilen und Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen wird das Umformen zwischen Raum-

temperatur und Temperaturen unterhalb der zulässigen Temperatur für das Spannungsarmglühen verstanden. Hierbei ist sicherzustellen, dass während des Umformvorganges die zulässige Temperatur nicht überschritten wird.

(2) Unter Kaltumformen von Bauteilen und Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen wird das Umformen bei Temperaturen unterhalb 400 °C verstanden.

(3) Erzeugnisformen, die kaltumgeformt werden sollen, müssen vor dem Umformen nach KTA 3211.1 wärmebehandelt und geprüft sein.

(4) Beim Kaltumformen von Bauteilen und Erzeugnisformen soll für die ferritischen Stähle der Werkstoffgruppe W I der in KTA 3211.1 Anhang A festgelegte Kaltumformgrad, bei ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W II ein Kaltumformgrad von 5 % und bei austenitischen Stählen ein Kaltumformgrad von 15 % nicht überschritten werden. Bei Überschreitungen dieses zulässigen Kaltumformgrades oder wenn der Umformgrad nicht nachgewiesen ist, ist grundsätzlich eine Wärmebehandlung erforderlich. Hierfür ist ein Wärmebehandlungsplan nach Abschnitt 4.1.1.3.8 zu erstellen. Eine Wärmebehandlung darf entfallen, wenn durch eine Überprüfung des Umformverfahrens der Nachweis erbracht wird, dass die in KTA 3211.1 festgelegten Werkstoffeigenschaften eingehalten werden oder die davon abweichenden Werte im Hinblick auf die Verwendung des Bauteils ausreichend sind. Hierzu gehört auch die Überprüfung der Korrosionsbeständigkeit. Der Nachweis der Korrosionsbeständigkeit unter Berücksichtigung der Kaltverformung ist werkstoffabhängig zu erbringen; dies darf bauteil- und herstellerunabhängig erfolgen.

(5) Schweißarbeiten an Bauteilbereichen mit Kaltumformgraden größer als nach KTA 3211.1 zulässig dürfen ohne vorherige Wärmebehandlung nur mit besonderen Nachweisen ausgeführt werden.

(6) Der Kaltumformgrad ist bei kaltumgeformten Rohren aus dem Rohraußendurchmesser d_a , der Wanddicke s und dem mittleren Biegeradius r_m zu ermitteln nach

$$\frac{d_a - s}{2 \cdot r_m} \cdot 100\% \quad (6-1)$$

Kaltumgeformte austenitische Rohrbiegungen größer als DN 50 mit Betriebstemperaturen gleich oder größer als 200 °C in SWR-Anlagen sind einer Lösungsglühung zu unterziehen. Erforderliche Kalibrierarbeiten sind grundsätzlich vor der Lösungsglühung durchzuführen. Nach dem Lösungsglühen sind nur noch Kalibrierarbeiten oder Justierstiche bis maximal 2 % Umformgrad zugelassen.

6.4 Überprüfung des Umformverfahrens

6.4.1 Umgeformte Teile (ausgenommen Rohre)

Eine Überprüfung des Umformverfahrens ist nicht notwendig (Ausnahme siehe Abschnitt 6.3 Absatz 4).

6.4.2 Rohrbiegung

(1) Vor Aufnahme der Fertigung ist an einem umgeformten Rohrabschnitt oder an einem mitlaufenden entsprechend umgeformten Prüfstück nachzuweisen, dass das Umformverfahren geeignet ist und die Anforderungen nach KTA 3211.1 und KTA 3211.2 sowie die Anforderungen nach den Abschnitten 9 und 11 eingehalten werden. Bei der Erprobung des Biegeverfahrens wird der zulässige Umformgrad als Verhältnis r_m/d_a ermittelt.

(2) Für die Überprüfung sind folgende Dokumente (soweit erforderlich) nach Abschnitt 4 vom Hersteller anzufertigen und vom Sachverständigen zu überprüfen:

- Prüffolgeplan,
- Wärmebehandlungsplan,
- Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan.

(3) Bei der Überprüfung sind zu berücksichtigen:

- Werkstoff,
- Wärmebehandlungszustand vor dem Biegen,
- Wanddicke,
- Biegeverfahren,
- Wärmeführung beim Umformen,
- Umformgrad, angegeben als r_m/d_a -Verhältnis (r_m : mittlerer Biegeradius, d_a : Außendurchmesser),
- Wärmenachbehandlung.

(4) Die durchzuführenden Prüfungen sind unter Berücksichtigung bereits vorliegender Untersuchungsergebnisse mit dem Sachverständigen festzulegen.

(5) Ein kleineres r_m/d_a -Verhältnis schließt unter Berücksichtigung von Wanddicke und Wärmeführung ein größeres r_m/d_a -Verhältnis ein.

(6) Die Überprüfung des Biegeverfahrens gilt für den untersuchten Werkstoff und darf im Einvernehmen mit dem Sachverständigen auf andere Werkstoffe übertragen werden. Bei austenitischen Werkstoffen schließt die Überprüfung des Umformverfahrens für einen austenitischen Werkstoff die anderen austenitischen Werkstoffe bezüglich der mechanisch-technologischen Eigenschaften ein. Der Nachweis der Korrosionsbeständigkeit unter Berücksichtigung der Kaltverformung ist werkstoffabhängig zu erbringen; dies darf herstellerunabhängig erfolgen.

(7) Die Ergebnisse der Verfahrensprüfung sind vom Hersteller in einem Bericht mit Angaben des Geltungsbereichs zusammenzufassen.

(8) Die Geltungsdauer der Verfahrensprüfung beträgt 12 Monate. Eine Verlängerung erfolgt nach Abschnitt 6.5.3.

(9) Der Geltungsbereich der Überprüfung ist vom Sachverständigen zu bestätigen.

6.5 Prüfung umgeformter Teile

6.5.1 Allgemeines

Für die Prüfung umgeformter Bauteile sind geeignete Fertigungsunterlagen (z. B. Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan, Prüffolgeplan) zu erstellen und dem Sachverständigen zur Vorprüfung vorzulegen. Diese Dokumente sind hinsichtlich Werkstoff, Abmessungsbereich und Wärmebehandlung zu untergliedern und müssen alle erforderlichen Prüfungen und fertigungsbegleitenden Kontrollen enthalten.

6.5.2 Prüfung umgeformter Bauteile, ausgenommen Rohre

(1) Werden Bauteile ohne Überschreitung des nach Abschnitt 6.3 (4) zulässigen Kaltumformgrades umgeformt, sind diese nach dem Umformen einer Maßkontrolle und einer visuellen Kontrolle zu unterziehen. Weitere Prüfungen sind nicht erforderlich.

(2) Werden Bauteile mit Überschreitung des nach Abschnitt 6.3 (4) zulässigen Kaltumformgrades umgeformt oder werden Bauteile warmumgeformt, sind die zerstörungsfreien und die mechanisch-technologischen Prüfungen der Bauteile nach der anschließenden Wärmebehandlung gemäß den Festlegungen von KTA 3211.1 durchzuführen und zu belegen. Kann die mechanisch-technologische Prüfung nicht an den umgeformten Bauteilen selbst vorgenommen werden, so sind ausreichend große Probenstücke simulierend umzuformen, dem zugehörigen Wärmebehandlungslos beizulegen und zu prüfen. Die Bauteile sind nach dem Umformen einer Maßkontrolle und einer visuellen Kontrolle zu unterziehen.

6.5.3 Prüfung gebogener Rohre

- (1) Die Ausgangsrohre müssen nach KTA 3211.1 geprüft sein.
 - (2) Werden Rohre ohne Überschreitung des zulässigen Kaltumformgrades gebogen, sind nach dem Biegen folgende Prüfungen durchzuführen:
 - a) Maßkontrolle (Wanddicke, Ovalität, Biegeradius, Biege-
winkel),
 - b) visuelle Kontrolle.
- Eine Überprüfung des Umformverfahrens nach Abschnitt 6.4 ist nicht erforderlich.

(3) Werden Rohre mit Überschreitung des zulässigen Kaltumformgrades ohne nachfolgende Wärmebehandlung gebogen, gilt:

- a) Das Umformverfahren muss nach Abschnitt 6.4 überprüft sein. Die hierbei erprobten Verfahrensparameter müssen eingehalten werden. Für die erneute Qualifizierung des Umformverfahrens ist eine Probiegung nach 12 Monaten ausreichend, wenn die Betriebsaufzeichnungen aus der laufenden Fertigung die Anwendung der erprobten Verfahrensparameter bestätigen. Sofern bei einer Biegung aus der laufenden Fertigung wesentliche Parameter vom Geltungsbereich der Erstüberprüfung des Umformverfahrens abweichen, ist eine ergänzende Überprüfung des Umformverfahrens an einer Probiegung durchzuführen. Der Umfang der Untersuchungen bei der ergänzenden Überprüfung des Umformverfahrens und bei der erneuten Qualifizierung eines überprüften Umformverfahrens ist mit dem Sachverständigen festzulegen und darf gegenüber dem Umfang der Erstüberprüfung reduziert werden.

b) An den gebogenen Rohren sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- ba) Maßkontrolle (Wanddicke, Ovalität, Biegeradius, Biege-
winkel),

Hinweis:
Siehe hierzu auch Abschnitt 9.3.3.4.

- bb) visuelle Kontrolle,
- bc) Oberflächenprüfung im gebogenen Bereich an der äußeren und inneren Oberfläche gemäß den Festlegungen nach KTA 3211.1 für Rohrbogen,
- bd) bei ferritischen Werkstoffen ($R_{p0,2RT} \geq 300 \text{ N/mm}^2$) eine stichprobenweise Härteprüfung im Zug- und Druckbereich, wenn die Festigkeitswerte der Ausgangsrohre wesentlich höher liegen als die Werte der in der Verfahrensprüfung erfassten Rohre.

(4) Bei Warmbiegungen und Biegungen mit Überschreitung des zulässigen Kaltumformgrades mit nachfolgender Wärmebehandlung gilt:

- a) Das Umformverfahren muss nach Abschnitt 6.4 überprüft sein. Die hierbei erprobten Verfahrensparameter müssen eingehalten werden. Für die erneute Qualifizierung des Umformverfahrens ist eine Probiegung nach 12 Monaten ausreichend, wenn die Betriebsaufzeichnungen aus der laufenden Fertigung die Anwendung der erprobten Verfahrensparameter bestätigen. Sofern bei einer Biegung aus der laufenden Fertigung wesentliche Parameter vom Geltungsbereich der Erstüberprüfung des Umformverfahrens abweichen, ist eine ergänzende Überprüfung des Umformverfahrens an einer Probiegung durchzuführen. Eine erneute Qualifizierung des Umformverfahrens darf ersetzt werden durch mechanisch-technologische Prüfungen am gebogenen Rohr, z. B. im Zuge der laufenden losweisen Abnahme der Biegungen nach b). Der Umfang der Untersuchungen bei der ergänzenden Überprüfung des Umformverfahrens und bei der erneuten Qualifizierung eines überprüften Umformverfahrens ist mit dem Sachverständigen festzulegen und darf gegenüber dem Umfang der Erstüberprüfung reduziert werden.

b) An den gebogenen Rohren sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- ba) Maßkontrolle (Wanddicke, Ovalität, Biegeradius, Biege-
winkel),

Hinweis:
Siehe hierzu auch Abschnitt 9.3.3.4.

- bb) visuelle Kontrolle,
- bc) Oberflächenprüfung im gebogenen Bereich an der äußeren und inneren Oberfläche gemäß den Festlegungen nach KTA 3211.1 für Rohrbogen,
- bd) mechanisch-technologische Prüfungen.

Mechanisch-technologische Prüfungen sind an einer Rohrbiegung je Los, und zwar an einer gebogenen Überlänge (Anbiegung) oder an einer zusätzlichen Biegung in dem für den Einbauzustand vorgesehenen Wärmebehandlungszustand, nach den Festlegungen von KTA 3211.1 durchzuführen.

Die Losgröße ist in **Tabelle 6-1** festgelegt.

Die Losgröße darf im Einvernehmen mit dem Sachverständigen entsprechend dem Stand der Überprüfung des Umformverfahrens erweitert werden.

Werkstoff	DN	Losgröße (Anzahl der Rohrbiegungen ¹⁾ je - Schmelze, - Abmessungsbereich, - vergleichbare Wärmebe- handlung)
20 MnMoNi 5 5 15 NiCuMoNb 5 S	Alle	10
Werkstoffe der Gruppe W I	> 400	20
Austenitische Werkstoffe	≤ 400	30
Werkstoffe der Gruppe W II	> 400	30
	≤ 400	50

¹⁾ In einem gebogenen Rohr dürfen mehrere Biegungen enthalten sein.

Tabelle 6-1: Losgrößen für mechanisch-technologische Prüfungen von Warmbiegungen oder von Kaltbiegungen mit nachfolgender Wärmebehandlung

6.6 Prüfbeteiligung

(1) Der Hersteller führt alle Prüfungen und fertigungsbegleitenden Kontrollen mit einem Prüfumfang von 100 % durch.

(2) Der Sachverständige führt Prüfungen und fertigungsbegleitende Kontrollen stichprobenweise mit folgendem Prüfumfang durch:

- a) Prüfgruppen A1 und A2 : 25 %,
- b) Prüfgruppe A3 : 10 %.

(3) Alle zerstörenden Prüfungen sind im Beisein des Sachverständigen durchzuführen und von ihm zu bescheinigen.

6.7 Protokoll über das Biegen von Rohren

(1) Unter Benutzung der Fertigungsunterlagen nach Abschnitt 6.5.1 ist über die durchgeführten Umformarbeiten vom Hersteller eine Dokumentation unter Angabe

- a) der benutzten Wärme- und Umformeinrichtungen,
- b) des maximalen Umformgrades,

- c) der Temperaturführung beim Umformen,
- d) der durchgeführten Prüfungen zu erstellen.

(2) Bei Teilen, die nach dem Umformen normalgeglüht, vergütet oder lösungsgeglüht werden, dürfen die Angaben über die Umformgrade entfallen.

7 Wärmebehandlung

7.1 Grundsätze

7.1.1 Allgemeines

(1) Unter Wärmebehandlung werden alle Vorgänge verstanden, in deren Verlauf ein Bauteil Temperatur-Zeitfolgen ausgesetzt wird, um ihm Eigenschaften zu verleihen, die es für seine Weiterverarbeitung oder Verwendung geeignet machen, also Normalglühen, Vergüten, Anlassen, Spannungsarmglühen, Lösungsglühen und Stabilglühen.

(2) Vorwärmen und Wasserstoffarmglühen nach dem Schweißen gelten im Sinne dieser Regel nicht als Wärmebehandlung.

(3) Für alle Wärmebehandlungen an Bauteilen oder Prüfstücken sind Wärmebehandlungspläne zu erstellen, welche in Form und Inhalt den Festlegungen des Abschnittes 4.1.1.3.8 genügen müssen. Darüber hinaus müssen die Wärmebehandlungspläne alle werkstoffbeeinflussenden und verfahrenstechnischen Besonderheiten der Wärmebehandlung gemäß KTA 3211.1 berücksichtigen. Bei der Wärmebehandlung von Schweißverbindungen unterschiedlicher Werkstoffe gilt grundsätzlich **Tabelle 7-1**. Bei der Festlegung der Anwärms- und Abkühlraten sind die thermischen Transientenbelastungen des Bauteils zu berücksichtigen.

(4) Eine Wärmebehandlung an Bauteilen, Baugruppen und Komponenten soll an möglichst großen Einheiten durchgeführt werden, um viele Schweißungen einer Komponente mit einer Wärmebehandlung zu erfassen.

(5) Die Wärmebehandlung ist bevorzugt als Ofenwärmebehandlung im Ganzen durchzuführen. Örtliches Spannungsarmglühen ist nur bei komponentenspezifischen Randbedingungen (z. B. Baustellenmontage von Rohrleitungen, Schlussnaht eines Behälters) unter Beachtung der Anforderungen in den Abschnitten 7.1.2.4 und 7.2.4 zulässig.

(6) Beim Spannungsarmglühen darf bei Rohrleitungsrundnähten und in besonderen Fällen, z. B. bei Rundnähten von Komponenten, eine örtliche Wärmebehandlung vorgenommen werden. Gegen eine mögliche Dehnungsbehinderung und ihre Auswirkung auf das Bauteil sind hierbei entsprechende Maßnahmen zu treffen.

7.1.2 Wärmebehandlungseinrichtungen

7.1.2.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Die Wärmebehandlungseinrichtungen und -verfahren müssen eine ausreichende Genauigkeit und Gleichmäßigkeit der Temperaturführung im Bauteil für die gewählte Art der Wärmebehandlung ermöglichen. Insbesondere gilt dies für Werkstoffe die in engen Temperaturspannen wärmebehandelt werden müssen.

(2) Der Hersteller hat die Funktion der Wärmebehandlungseinrichtungen in regelmäßigen Zeitabständen zu prüfen. Hierüber ist Protokoll zu führen. Die Protokolle sind beim Hersteller aufzubewahren.

7.1.2.2 Temperaturmessung

(1) Zur Kontrolle der Wärmebehandlung sind Thermoelemente am Bauteil in folgenden Fällen anzubringen:

- a) bei großen Bauteilen (z. B. bei Mantelschüssen, Flanschringen, Böden, Deckeln, großen Stützen und daraus zusammengesetzten Baugruppen),
- b) bei größeren Glühlosen mit zu erwartender ungleichmäßiger Temperaturverteilung im Ofen (unter Berücksichtigung der Ofenbeschickung),
- c) bei örtlichen Wärmebehandlungen.

(2) In anderen Fällen genügt eine ausreichende Instrumentierung der Öfen.

7.1.2.3 Ortsfeste Wärmebehandlungseinrichtungen

(1) Ortsfeste Wärmebehandlungseinrichtungen sind im Abstand von nicht mehr als 6 Monaten zu kontrollieren. Dabei ist sicherzustellen, dass die Temperaturverteilung im Ofenraum vergleichbar mit den bei der erstmaligen Prüfung ermittelten Werten ist.

(2) Die Anzeigegenauigkeit der Messeinrichtungen von Wärmebehandlungseinrichtungen (Thermoelemente, Zuleitungen, Mess- und Registriergeräte) ist in Abständen von nicht mehr als 3 Monaten zu prüfen.

(3) Thermolemente für Messungen am Bauteil (Schlepplemente und deren Zuleitungen) sind vor jeder Wärmebehandlung zu prüfen.

7.1.2.4 Ortsbewegliche Wärmebehandlungseinrichtungen

Bei ortsbeweglichen Wärmebehandlungsanlagen ist nach jedem Ortswechsel eine Funktionsprüfung der gesamten Anlage durchzuführen und die Messeinrichtung zu kalibrieren. Umsetzungen von Teilen der Anlage, z. B. von Naht zu Naht, gelten nicht als Ortswechsel. Die Funktionsprüfung darf zum Zeitpunkt der Benutzung der Anlage nicht länger als 6 Monate zurückliegen.

7.2 Durchführung

7.2.1 Wärmebehandlung von Prüfstücken

(1) Sollen Prüfstücke für Werkstoffprüfungen wärmebehandelt werden, sind die Temperatur-Zeitfolgen der Bauteilglühung an den Prüfstücken einzuhalten, wobei eine ausreichende Anzahl von Prüfstücken mit Thermolementen zu instrumentieren ist.

(2) Bei mitlaufenden Prüfstücken von Bauteilen mit unterschiedlichen Querschnitten dürfen die Prüfstücke mit Vorrichtungen am Bauteil befestigt werden. Hierbei sind die entsprechenden Querschnitte einander zuzuordnen.

(3) Zur simulierenden Wärmebehandlung von Prüfstücken dürfen programmgesteuerte Öfen verwendet werden. Die Temperatur-Zeitfolgen für simulierende Wärmebehandlung sind nach den Anforderungen von KTA 3211.1 zu wählen.

(4) Bei der Durchführung von Wärmebehandlungen ist jede Temperatur-Zeitfolge aufzuzeichnen.

7.2.2 Wärmebehandlung ferritischer Bauteile

7.2.2.1 Schweißverbindungen

(1) Werden vergütete oder normalgeglühte Bauteile geschweißt, sind diese grundsätzlich einer Wärmebehandlung zu unterziehen, wenn dies nach **Tabelle 7-1** vorgesehen ist. Von dieser Forderung darf nur abgewichen werden, wenn dies durch entsprechende Untersuchungen belegt ist. Für die Wärmebehandlung von Schweißverbindungen unterschiedlicher Stähle gilt grundsätzlich **Tabelle 7-1**.

(2) Ferritische, einseitig geschweißte Nähte mit Mediumberührung sind unabhängig von einer Wanddicke nach **Tabelle 7-1** grundsätzlich einer Spannungsarmglühung zu unterziehen. Diese Spannungsarmglühung darf entfallen:

- bei Werkstoffen mit $R_{p0,2RT}$ gleich oder kleiner als 300 N/mm²,
- bei Werkstoffen mit $R_{p0,2RT}$ größer als 300 N/mm² und gleich oder kleiner als 370 N/mm² bei Beaufschlagung mit Medium des Komponentenkühlsystems oder
- mit besonderer Zustimmung des Sachverständigen.

7.2.2.2 Auftragschweißungen

(1) Erzeugnisformen und Bauteile mit Schweißplattierungen sind spannungsarm zu glühen, wenn dies nach KTA 3211.1 gefordert wird. Müssen Schweißplattierungen und Verbindungsschweißungen an Bauteilen gemeinsam einer Wärmebehandlung unterzogen werden, ist die festzulegende Glüh-temperatur auf die unterschiedlichen Glüh-temperaturen für Schweißplattierungen und Verbindungsschweißungen abzustimmen. Hierbei ist **Tabelle 7-1** zu beachten.

(2) Panzerungen sind einer Wärmebehandlung zu unterziehen, wenn:

- dies durch die verwendeten Schweißzusätze erforderlich ist,
- der zu panzernde Werkstoff dies erfordert. Hierbei ist die Wärmebehandlung nach dem Puffern durchzuführen. Wird die Wärmebehandlung nach dem Panzern durchgeführt, ist darauf zu achten, dass die Funktionsfähigkeit der Panzerung und die Funktionssicherheit des Bauteils nicht beeinträchtigt werden.

7.2.3 Wärmebehandlung von Bauteilen aus austenitischen Stählen

(1) Für Verbindungsschweißungen an austenitischen Stählen ist eine Spannungsarmglühung grundsätzlich nicht erforderlich.

(2) Werden an warm- oder kaltumgeformte Bauteile oder an nichtumgeformte Schweißverbindungen besondere Anforderungen, z. B. im Hinblick auf mechanische Bearbeitung, Maßhaltigkeit, Gefährdung durch Spannungsrisskorrosion, Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion gestellt, so kann die in diesem Abschnitt gemachte Festlegung nicht in allen Fällen ausreichend sein, um die Sicherheit des Bauteils zu gewährleisten. In diesen Fällen ist ein Wärmebehandlungsplan nach Abschnitt 4.1.1.3.8 zu erstellen.

7.2.4 Örtliches Spannungsarmglühen

(1) Bei örtlichem Spannungsarmglühen soll die Breite des Glühbereichs das Doppelte der Wanddicke (mindestens 100 mm, ausgenommen für Rohrabmessungen gleich oder kleiner als DN 100) betragen, wobei die Schweißnaht in der Mitte des Bereichs liegen soll.

Hinweis:

Der Glühbereich ist derjenige Bereich, der die vorgegebene Spannungsarmglüh-temperatur aufweist.

(2) Über den Glühbereich hinaus müssen in einem genügend breiten Wärmebereich Temperaturgradienten (abhängig von Werkstoff nach KTA 3211.1 und Abmessung) vermieden werden, die eine Bauteil- oder Werkstoffschädigung bewirken. Im Allgemeinen wird diese Forderung bei geometrisch ungestörten Wandungen erfüllt, wenn

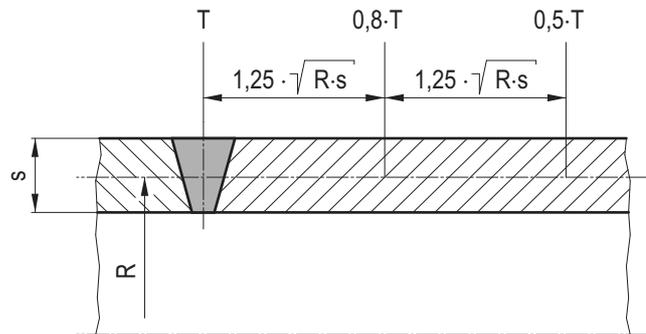
- bei Wanddicken s größer als 30 mm
 $5 \cdot \sqrt{R \cdot s}$ R : mittlerer Radius der Komponente oder des Bauteils
 s : Wanddicke

als Breite des Wärmeeinbringbereichs und der Temperaturverlauf gemäß **Bild 7-1** eingehalten werden,

- bei Wanddicken s gleich oder kleiner als 30 mm der Wärmeeinbringbereich mit mindestens achtfacher Wanddicke vorgesehen wird und eine ausreichende Isolierung über diese Breite hinaus erfolgt.

(3) Wird der Wärmeeinbringbereich in geometrisch ungestörten Bereichen symmetrisch zur Schweißnaht angeordnet, genügt die Temperaturmessung nach **Bild 7-1** auf einer Seite der Naht. Wurde bei vergleichbarer Geometrie der Bauteile und vergleichbarem Aufbau der Wärmebehandlungseinrichtung im Wärmeeinbringbereich (Wärmeverfahren, Isolierung) bereits an zwei Bauteilen die vorgegebene Temperaturverteilung nachgewiesen, ist die Messung der Temperatur auf der Naht ausreichend.

(4) Für geometrisch gestörte Bereiche sind besondere Maßnahmen mit dem Sachverständigen festzulegen. Diese Vereinbarungen dürfen anhand des Nachweises zulässiger bleibender Verformungen, aufgrund von Erfahrungswerten (z. B. Temperaturmessung), durch Analyse oder Versuche getroffen werden.



T: Wärmebehandlungstemperatur, °C

R: mittlerer Radius der Rohrleitung oder des Bauteils, mm

s: Wanddicke, mm

Bild 7-1: Temperaturverlauf bei örtlicher Spannungsarmglühung

7.3 Bescheinigungen

(1) Über die Wärmebehandlung ist ein Protokoll zu erstellen (Beispiel siehe **Formblatt A-6**), das folgende Angaben enthalten muss:

- Angabe der Bauteile und der mitlaufenden Prüfstücke,
- Bestätigung der Einhaltung aller im Wärmebehandlungsplan enthaltenen Angaben (Angaben der tatsächlichen Temperatur und Zeit gemäß den Original-Temperatur-Zeit-Aufzeichnungen),
- benutzte Wärmebehandlungseinrichtung und Art der Beheizung,
- Anzahl und Lage der Temperaturmessstellen sowie Angaben über die Temperaturmessverfahren,
- Angabe der Ofenatmosphäre (z. B. unter Schutzgas, neutral, oxidierend, reduzierend).

(2) Abweichungen vom vorgeprüften Wärmebehandlungsplan sind vom Hersteller zu begründen.

Werkstoffkombinationen		Wand- dicke s in mm	Pufferung der höherlegierten ferritischen Seite		Verbindungsschweißung	
			Empfohlene Schweißzusätze	Wärme- behandlungs- temperatur ¹⁾ nach dem Puffern in °C	Empfohlene Schweißzusätze	Wärme- behandlungstem- peratur ¹⁾ nach dem Schwei- ßen in °C
20 MnMoNi 5 5	20 MnMoNi 5 5 22 NiMoCr 3 7 15 NiCuMoNb 5 S	–	–	–	ähnlich 20 MnMoNi 5 5	580 bis 620 ²⁾
	15 MnNi 6 3	–	–	–	ähnlich 15 MnNi 6 3	565 bis 590
	X6CrNiNb18-10 X6CrNiMoTi17-12-2 X6CrNiTi18-10 X6CrNiMoNb17-12-2	–	Nickellegierung ³⁾	580 bis 620	Nickellegierung ³⁾	–
15 NiCuMoNb 5 S	15 NiCuMoNb 5 S	–	–	–	ähnlich 20 MnMoNi 5 5	580 bis 620
	22 NiMoCr 3 7	–	–	–	ähnlich 20 MnMoNi 5 5	580 bis 620 ²⁾
	15 MnNi 6 3	–	–	–	ähnlich 15 MnNi 6 3	565 bis 590
	X6CrNiNb18-10 X6CrNiMoTi17-12-2 X6CrNiTi18-10 X6CrNiMoNb17-12-2	–	Nickellegierung ³⁾	580 bis 620	Nickellegierung ³⁾	–
15 MnNi 6 3 P235GH - P355NH WStE 255 S – 355 S P275NH P275NL1 P355NH	15 MnNi 6 3	s ≤ 38	–	–	ähnlich 15 MnNi 6 3	–
		s > 38 ⁴⁾				530 bis 580 ⁵⁾
	P235GH - P355NH WStE 255 S - 355 S	s ≤ 38	–	–	unlegiert oder ähnlich 16Mo3 oder ähnlich 15 MnNi 6 3	–
		s > 38 ⁶⁾				530 bis 580 ⁵⁾
	P235GH 16Mo3 C 22.8 S	s ≤ 30	–	–	unlegiert oder ähnlich 16Mo3 oder ähnlich 15 MnNi 6 3	–
		s > 30 ⁷⁾				530 bis 580 ⁷⁾
	GP240GH+QT GS-C 25 S	–	–	–	–	560 bis 580
10CrMo9-10	–	ähnlich 20 MnMoNi 5 5 ^{8) 9)}	690 bis 720 ¹⁰⁾	ähnlich 15 MnNi 6 3	530 bis 580 ¹¹⁾	
15 MnNi 6 3 P235GH - P355NH WStE 255 S – 355 S P235GH P275NH P275NL1 P355NH	X6CrNiNb18-10 X6CrNiMoTi17-12-2 X6CrNiTi18-10 X6CrNiMoNb17-12-2	s ≤ 38	–	–	Austenitischer Stahl ¹²⁾ oder Nickellegierung ³⁾	–
		s > 38 ¹³⁾	Nickellegierung ³⁾	530 bis 580 ⁵⁾	Nickellegierung ³⁾	–

Tabelle 7-1: Wärmebehandlungstemperatur nach dem Schweißen und empfohlene Schweißzusätze für verschiedene Werkstoffkombinationen (Fortsetzung siehe Folgeseite)

Werkstoffkombinationen		Wand- dicke s in mm	Pufferung der höherlegierten ferritischen Seite		Verbindungsschweißung	
			Empfohlene Schweißzusätze	Wärmebe- handlungs- temperatur ¹⁾ nach dem Puffern in °C	Empfohlene Schweißzusätze	Wärmebe- handlungs- temperatur ¹⁾ nach dem Schwei- ßen in °C
P235GH 16Mo3 C 22.8 S P250GH P355QH1	P235GH 16Mo3 C 22.8 S P250GH P355QH1	s ≤ 30	–	–	unlegiert oder ähnlich 16Mo3	–
		s > 30 ⁷⁾				530 bis 580 ⁵⁾
	GP240GH+QT GS-C 25 S	–	–	–		560 bis 580
	10CrMo9-10	–	ähnlich 20MnMoNi55 ^{8) 9)}	690 bis 720		530 bis 580 ¹¹⁾
	X6CrNiNb18-10 X6CrNiMoTi17-12-2 X6CrNiTi18-10	s ≤ 30	–	–	Austenitischer Stahl oder Nickellegierung ³⁾	–
	X6CrNiMoNb17-12-2	s > 30 ¹³⁾	Nickellegierung ³⁾	530 bis 580 ⁵⁾	Nickellegierung ³⁾	–
GP240GH+QT GS-C 25 S	GP240GH+QT GS-C 25 S	–	–	–	unlegiert oder ähnlich 16Mo3	580 bis 620
10CrMo9-10	10CrMo9-10	–	–	–	ähnlich 10CrMo9-10	690 bis 720
	13CrMo4-5	–	–	–	ähnlich 13CrMo4-5	650 bis 700
	X6CrNiNb18-10 X6CrNiMoTi17-12-2 X6CrNiTi18-10 X6CrNiMoNb17-12-2	–	Nickellegierung ³⁾	690 bis 720	Nickellegierung ³⁾	–
	X6CrNiNb18-10 X6CrNiMoTi17-12-2 X6CrNiTi18-10 X6CrNiMoNb17-12-2 G-X5CrNiNb19-11 GX5CrNiMoNb19-11-2	–	–	–	austenitisch	–
G X4 CrNi 13 4 X3CrNiMo13-4	G X4 CrNi 13 4 X3CrNiMo13-4	–	–	–	ähnlich X3CrNiMo13-4	590 bis 620 ¹⁴⁾

1) Die Angaben zu den Wärmebehandlungstemperaturen für Schweißverbindungen gleicher Werkstoffe der Werkstoffgruppe W I wurden KTA 3211.1 entnommen.

2) Die höchste Temperatur für die Spannungsarmglühung darf die niedrigste Anlasstemperatur nicht überschreiten.

3) Abschnitt 5.3 ist zu beachten.

4) Sowie Einseitennähte s ≤ 38 mm.

5) Siehe auch Abschnitt 7.2.2.1.

6) Sowie Einseitennähte s ≤ 38 mm und R_{p0,2RT} > 300 N/mm².

7) Sowie Einseitennähte s ≤ 30 mm und R_{p0,2RT} > 300 N/mm².

8) Schweißzusätze für die Pufferung an 10CrMo9-10.

9) Nur zulässig, wenn für den Schweißzusatz der Nachweis der Eignung für die vorgesehene Wärmebehandlungstemperatur nach dem Puffern erbracht ist.

10) Diese Temperatur wird empfohlen, sofern die Festigkeitswerte der Pufferung des Schweißgutes die Werte des anzuschließenden, niederfesten ferritischen Grundwerkstoffs nicht unterschreiten.

11) Wärmebehandlung darf bei s ≤ 38 mm entfallen.

12) Abmischung zum ferritischen Grundwerkstoff durch Legierungsauswahl berücksichtigen.

13) Sowie Pufferung von Einseitennähten R_{p0,2RT} > 300 N/mm².

14) In Abhängigkeit von den Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften kann Neuvergiessen notwendig sein.

Tabelle 7-1: Wärmebehandlungstemperatur nach dem Schweißen und empfohlene Schweißzusätze für verschiedene Werkstoffkombinationen (Fortsetzung)

8 Verfahrens- und Arbeitsprüfungen

8.1 Verfahrensprüfungen

8.1.1 Grundsätze

8.1.1.1 Anforderungen

(1) Der Hersteller hat vor Fertigungsbeginn in Verfahrensprüfungen nachzuweisen, dass die vorgesehenen Schweißverfahren nach den nachstehenden Anforderungen beherrscht werden. Die Durchführung von Verfahrensprüfungen (Schweißarbeiten, Untersuchung und Prüfung) hat in Anwesenheit des Sachverständigen zu erfolgen.

(2) Verfahrensprüfungen dürfen grundsätzlich im Zuge einer vorgezogenen Arbeitsprüfung abgelegt werden (kombinierte Verfahrens-/Arbeitsprüfung). In diesem Fall sind die Grundsätze nach Abschnitt 8.2.1 zusätzlich zu berücksichtigen.

8.1.1.2 Gültigkeitsdauer

(1) Die Gültigkeitsdauer beträgt 24 Monate nach erfolgreichem Abschluss einer Verfahrensprüfung. Stichtag hierfür ist - innerhalb von 3 Monaten nach Abschluss der Schweißarbeiten - die Bescheinigung des Sachverständigen zu den Prüfergebnissen. Werden die Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt ermittelt, so ist der Stichtag der Gültigkeitsdauer auf 3 Monate nach Abschluss der Schweißarbeiten festzulegen. Die Gültigkeitsdauer verlängert sich, wenn innerhalb dieser 24 Monate die Fertigung aufgenommen wird und Arbeitsprüfungen abgelegt werden, um weitere 24 Monate nach erfolgreichem Abschluss der Arbeitsprüfung. Stichtag der erweiterten Gültigkeitsdauer siehe Abschnitt 8.2.1.2.

(2) Wird die Fertigung nicht innerhalb von 24 Monaten nach erfolgreichem Abschluss der Verfahrensprüfung aufgenommen oder länger als 24 Monate unterbrochen, gilt die erste Arbeitsprüfung nach Aufnahme oder Wiederaufnahme der Fertigung als Wiederholung der Verfahrensprüfung. Für den Prüfumfang an dieser Arbeitsprüfung sowie für den Gültigkeitsbeginn und die Gültigkeitsdauer gelten die Festlegungen der erstmaligen Verfahrensprüfung. Bei einer Unterbrechung der Fertigung von mehr als 12 Monaten muss die nach Abschnitt 8.2 erforderliche Arbeitsprüfung vor Fertigungsbeginn vorliegen.

8.1.1.3 Geltungsbereich

8.1.1.3.1 Allgemeines

(1) Der Geltungsbereich einer Verfahrensprüfung ist in der Bescheinigung des Sachverständigen festzulegen. Eine Erweiterung des Geltungsbereichs durch Arbeitsprüfungen ist möglich (siehe Abschnitt 8.2). Die für ein Herstellerwerk gültige Verfahrensprüfung gilt auch für Schweißarbeiten, welche außerhalb des Werks, z. B. auf Baustellen unter der Schweißaufsicht des Herstellers, durchgeführt werden.

(2) Für den Geltungsbereich der Verfahrensprüfungen sind die Festlegungen der Abschnitte 8.1.1.3.2 bis 8.1.1.3.9 zu berücksichtigen.

8.1.1.3.2 Zu verschweißende Werkstoffe

(1) Innerhalb des Geltungsbereichs der Verfahrensprüfung ist die Übertragbarkeit nach **Tabelle 8-1** zulässig.

(2) Bei der Erweiterung des Geltungsbereiches einer Verfahrensprüfung auf Werkstoffe einer anderen Werkstoffuntergruppe sind die Zähigkeitsanforderungen zu beachten. Die Erfüllung höherer Anforderungen ist durch ergänzende Kerbschlagbiegeversuche nachzuweisen. Dieser Nachweis darf im Rahmen von Arbeitsprüfungen erfolgen.

(3) Für Werkstoffe, die nicht in die Werkstoffuntergruppen nach **Tabelle 8-1** einzuordnen sind, sind jeweils getrennt geschweißte Verfahrensprüfungen erforderlich.

8.1.1.3.3 Schweißzusätze und -hilfsstoffe

(1) Die Verfahrensprüfung gilt für die verwendeten Schweißzusätze (Stabelektrode einschließlich Umhüllungstyp, Band- oder Drahtelektrode, Schweißdraht und Schweißstab) und Schweißhilfsstoffe (Schutzgase, Schweißpulver). Bei einem Wechsel der Firmenmarke von Schweißzusätzen gleichen Typs ist keine erneute Verfahrensprüfung erforderlich, soweit die Schweißzusätze den Festlegungen von DIN EN ISO 636, DIN EN ISO 2560, DIN EN ISO 3580, DIN EN ISO 3581, DIN EN ISO 6847, DIN EN ISO 14341 und DIN EN ISO 14343 entsprechen.

(2) Für Schutzgase nach DIN EN ISO 14175 ist ein Wechsel der Lieferfirmen erlaubt, wenn die Analysengleichheit sichergestellt ist.

(3) Für die Unterpulver-Schweißung gilt die verwendete Draht-Pulver-Kombination der Verfahrensprüfung, wobei ein Austausch von genormten Draht- oder Bandelektroden mit vergleichbarer chemischer Zusammensetzung unabhängig vom Hersteller zulässig ist.

(4) Ein Austausch der bei der Verfahrensprüfung verwendeten Pulversorte ist nicht zulässig.

(5) Beim Elektronen- und Laserstrahlschweißen ist das Schweißen mit und ohne Schweißzusatz getrennt nachzuweisen.

8.1.1.3.4 Schweißpositionen

(1) Es müssen die bei der Fertigung vorkommenden Schweißpositionen bei der Verfahrensprüfung nachgewiesen werden.

(2) Ist eine Schweißposition nicht in einer vorliegenden Verfahrensprüfung erfasst, so darf der Geltungsbereich durch eine Arbeitsprüfung oder eine Ergänzung zur Verfahrensprüfung erweitert werden.

8.1.1.3.5 Nahtausführung

(1) Verfahrensprüfungen für einseitig geschweißte Nähte gelten auch für beidseitig geschweißte Nähte.

(2) Verfahrensprüfungen für Mehrlagenschweißungen gelten nicht für Einlagenschweißungen und umgekehrt.

8.1.1.3.6 Schweißverfahren

(1) Werden in einer Verfahrensprüfung mehrere Schweißverfahren angewandt, darf bei der Bauteilschweißung der Schweißgutanteil der eingesetzten Schweißverfahren, bezogen auf die Höhe des eingebrachten Schweißgutes, von der Verfahrensprüfung abweichen.

(2) Für die Schweißparameter sind die im Rahmen der Eignungsprüfung für Schweißzusätze und -hilfsstoffe nach KTA 1408.1 nachgewiesenen Toleranzbereiche zulässig.

(3) Wenn mehrere Schweißprozesse (Kombinationsprozess) in einem Prüfstück qualifiziert werden, müssen die Kerbschlagproben vom Schweißgut und der WEZ so entnommen werden, dass jeder Schweißprozess erfasst wird.

8.1.1.3.7 Wärmebehandlung

(1) Die bei einer Verfahrensprüfung durchzuführende Wärmebehandlung ist entsprechend der am Bauteil vorgesehenen Wärmebehandlung festzulegen. Verfahrensprüfungen decken die Bauteilwärmebehandlung ab, sofern die Halte-temperatur der Verfahrensprüfung nicht mehr als ± 20 °C von der Haltetemperatur der Bauteilwärmebehandlung abweicht. Dies gilt auch für simulierte Reparaturschweißungen. Bei der Festlegung von Spannungsarmglühungen sind erforderliche Reparaturschweißungen zu berücksichtigen. Grundlage für die Dauer und die Temperatur der Spannungsarmglühungen

sind die Festlegungen in **Tabelle 7-1** oder die Angaben in den Werkstoffanhängen von KTA 3211.1. Für das simulierte Spannungsarmglühen werden alle Temperaturen über 450 °C zu einer Wärmebehandlung (ohne Zwischenabkühlung) zusammengefasst. Am Bauteil sind Überschreitungen der Gesamtglühdauer (Temperaturen über 450 °C bei einer Verfahrensprüfung) bis zu 20 % zulässig.

(2) Dies gilt nicht für Wärmebehandlungen an austenitisch schweißplattierten Bauteilen. Hierbei darf die bei der Verfahrensprüfung zugrundegelegte Gesamtglühdauer nicht überschritten werden.

8.1.1.3.8 Wanddicken- und Durchmesserbereich

(1) Eine an einem Prüfstück abgelegte Verfahrensprüfung gilt bei mehrlagig ausgeführten Lichtbogenschweißungen

- bei einer Dicke des Prüfstücks von 3 mm bis einschließlich 12 mm für den Wanddickenbereich von 3 mm bis $2 \cdot s$,
- bei einer Dicke des Prüfstücks größer als 12 mm bis einschließlich 100 mm für den Wanddickenbereich von $0,5 \cdot s$ bis $2 \cdot s$.

(2) Die Wanddicke des Prüfstücks ist so festzulegen, dass die für die Bauteilwanddicke geforderten zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfungen durchführbar sind.

(3) Beim Elektronen- und Laserstrahlschweißen muss das Prüfstück so festgelegt und gestaltet sein, dass es weitmöglichst das Bauteil und dessen Geometrie verkörpert.

(4) Der Anwendungsbereich einer Verfahrensprüfung für Anschweißteile, bezogen auf das anzuschweißende Teil mit der Wanddicke s_1 (nach **Bild 8-1**), gilt für Bauteilschweißungen in Bereichen $0,5 \cdot s_1$ bis $2 \cdot s_1$. Für die Wanddicke s gilt keine obere Begrenzung, wenn s gleich oder größer als s_1 ist.

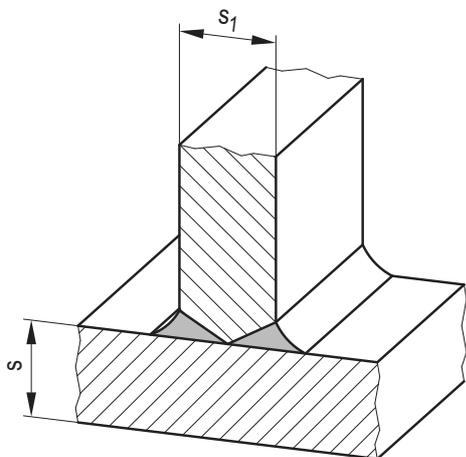


Bild 8-1: Wanddicken s und s_1 bei DHV-Schweißverbindung

(5) Bei mehrlagig ausgeführten Rohrschweißungen gilt, bezogen auf den Rohraußendurchmesser, das 0,5fache des für die Prüfung gewählten Rohraußendurchmessers als untere Begrenzung. Für die obere Begrenzung gilt:

- Bei einem Rohraußendurchmesser gleich oder kleiner als 168,3 mm gilt die Verfahrensprüfung bis zum 2fachen des für die Prüfung gewählten Rohraußendurchmessers.
- Bei einem Rohraußendurchmesser größer als 168,3 mm entfällt eine obere Begrenzung.

(6) Für Stutzen- und Anschweißnähte gelten die Festlegungen des Abschnittes 8.1.2.

(7) Für Auftragschweißungen gelten die Festlegungen des Abschnittes 8.1.3, für Rohreinschweißungen in Rohrplatten die Festlegungen des Abschnittes 8.1.5.

8.1.1.3.9 Erschwerende Bedingungen

Bei erschwerenden Bedingungen (z. B. bei beengten Platzverhältnissen, beim Schweißen in Zwangslage, stark gekrümmten Oberflächen bei Plattierungsschweißungen) sind die Verfahrensprüfungen diesen Bedingungen weitgehend anzupassen oder durch eine Arbeitsprüfung zu ergänzen.

8.1.1.4 Prüfstücke

(1) Die Werkstoffe müssen nach KTA 3211.1 geprüft sein.

(2) Die bei der Verfahrensprüfung eingesetzten Schweißzusätze und -hilfsstoffe müssen den Anforderungen nach KTA 1408.1, KTA 1408.2 und KTA 1408.3 genügen.

(3) Grundsätzlich sind Schweißzusätze mit denselben Durchmessern zu verschweißen, die auch für die Bauteilschweißung zur Anwendung kommen sollen. Andere Durchmesser dürfen verwendet werden, sofern die Wärmeeinbringung beim Schweißen des Bauteils nicht mehr als 25 %

- über dem Wert beim Schweißen des Prüfstücks liegt, wenn Anforderungen an die Schlagenergie bestehen,
- unter dem Wert beim Schweißen des Prüfstücks liegt, wenn Anforderungen an die Härte bestehen,

wobei die Berechnung der Wärmeeinbringung nach DIN EN 1011-1 zu erfolgen hat.

(4) Bei Blechen soll die Schweißnaht des Prüfstückes parallel zur Hauptumformrichtung verlaufen.

(5) Die Bearbeitung der Fugenflanken und das Ausarbeiten der Wurzel (Fugen, Schleifen) sollen die Bedingungen der vorgesehenen Fertigung erfüllen (siehe Abschnitte 5.4 und 5.5.6).

(6) Bei der Festlegung der Abmessungen von Prüfstücken ist die Durchführbarkeit der zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfungen (insbesondere UT) sicherzustellen. Überlängen der Schweißnaht für erforderliche Ersatzproben oder simulierte Reparaturschweißungen sind vorzusehen. Gegebenenfalls können hierfür zusätzliche Prüfstücke erforderlich werden (z. B. Rohrrundnähte).

(7) Erfüllt bei der Prüfung nach **Tabelle 8-4** eine Probe oder ein Probensatz nicht die Anforderungen, so ist die Ausfallsache festzustellen. Es dürfen zwei weitere Proben oder Probensätze geprüft werden. Diese Ersatzproben müssen den Anforderungen genügen.

(8) Das Schweißen der Prüfstücke ist in Schweißprotokollen zu erfassen.

(9) Die geprüften Proben und die restlichen Teile von Prüfstücken sind bis zum Abschluss des Berichtes über die Verfahrensprüfung aufzubewahren.

8.1.1.5 Simulierte Reparaturschweißungen

(1) Reparaturschweißungen an Schweißverbindungen, die mit anderen Schweißverfahren als die Erstschweißung durchgeführt werden sollen, sind bei der Verfahrensprüfung zu simulieren und zu prüfen.

(2) Reparaturschweißungen an einseitig geschweißten Nähten mit Wurzeldurchbruch sind unabhängig vom eingesetzten Schweißverfahren bei der Verfahrensprüfung zu simulieren und zu prüfen.

8.1.1.6 Dokumente

Vor Durchführung der Verfahrensprüfung sind nachfolgende Dokumente zu erstellen:

- Schweißplan,
- Wärmebehandlungsplan (sofern eine Wärmebehandlung erfolgt),
- Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan.

8.1.1.7 Bericht

(1) Über die Verfahrensprüfung ist vom Hersteller ein Bericht zu erstellen (WPQR), auf dessen Grundlage der Sachverständige eine Bescheinigung ausstellt.

(2) Der Bericht des Herstellers (WPQR) muss enthalten:

- Nachweise über Grundwerkstoffe, Schweißzusätze und -hilfsstoffe,
- Form und Abmessungen des Prüfstückes,
- Angaben zu den Schweißern, Schweißverfahren, Schweißbedingungen, Schweißdaten,
- Schweißplan und Schweißprotokoll,
- Wärmebehandlungsplan (soweit erforderlich) und Wärmebehandlungsbescheinigung oder Glühdigramme,
- Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan,
- Ergebnisse aller Prüfungen.

(3) Die Bescheinigung des Sachverständigen muss enthalten:

- zusammenfassendes Endergebnis,
- abschließende Bewertung,
- Abgrenzung des Geltungsbereiches.

Der Inhalt der WPQR und der Bescheinigung muss die Vorprüfung des Schweißplanes ermöglichen.

8.1.2 Verbindungsschweißungen

8.1.2.1 Allgemeines

(1) Die **Tabelle 8-2** enthält eine Übersicht über Tabellen und Bilder zu den Prüfungen für Verbindungsschweißungen.

(2) Längsnähte, Rundnähte, Stutznähte größer als DN 50 und Nähte von Anschweißteilen s_1 größer als 16 mm werden von einer Verfahrensprüfung an einer dieser Verbindungsschweißungen erfasst, sofern sie im Geltungsbereich nach Abschnitt 8.1.1.3 liegen.

(3) Liegen keine anderen Verfahrensprüfungen vor, sind für Stutznähte gleich oder kleiner als DN 50, Nähte für Anschweißteile mit einer Anschweißwanddicke s_1 kleiner als 16 mm sowie für Kehlnähte Verfahrensprüfungen mit einem Prüfumfang nach **Tabelle 8-2** lfd. Nr. 5 b) ausreichend.

(4) Verfahrensprüfungen in Position PA (Wannenposition) an Blechen, Schmiedestücken oder Rohren mit D_i größer als 1000 mm gelten für Rohrrundnähte mit D_i kleiner als 1000 mm nur bei mechanischen Schweißverfahren in Position PA und bei E-Handscheidungen in Position PA, Rohr drehend.

(5) Bei Verfahrensprüfungen für Elektronen- und Laserstrahlschweißungen sind ergänzend zu den Regelungen des Abschnittes 8.1.2 die Anforderungen der DIN EN ISO 15614-11 einzuhalten.

8.1.2.2 Simulierte Reparaturschweißungen

(1) Bei nach Abschnitt 8.1.1.5 erforderlichen simulierten Reparaturschweißungen sind 50 % der Wanddicke so auszubessern, dass die Flanken der Reparaturstelle sowohl Schweißgut als auch Grundwerkstoff erfassen.

(2) Bei einseitig geschweißten Nähten mit Wanddicken gleich oder kleiner als 30 mm muss die simulierte Reparaturschweißung die bei der Reparatur vorliegende Wanddicke erfassen.

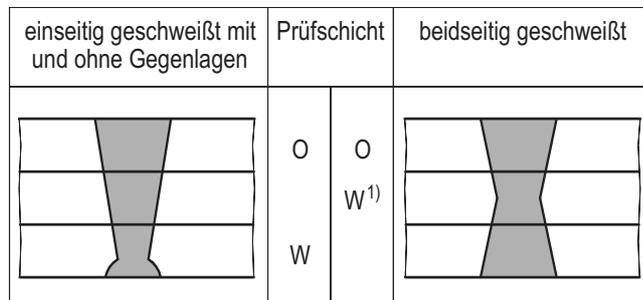
8.1.2.3 Schweißverbindungen unterschiedlicher ferritischer Werkstoffe

Ohne zusätzliche Verfahrensprüfung sind Schweißverbindungen unterschiedlicher ferritischer Werkstoffe nur dann zulässig, wenn eine vorliegende Verfahrensprüfung nach **Tabelle 8-1** für beide Werkstoffe gilt. Dabei sind der Geltungsbereich

der Verfahrensprüfung und die Auswahl der Schweißzusätze nach **Tabelle 7-1** zu beachten.

8.1.2.4 Prüfschichten

Bei ferritischen Werkstoffen und Wanddicken s größer als 50 mm sind zwei Prüfschichten gemäß **Bild 8-2** vorzusehen. Bei Kombinationsprozessen sind die Prüfschichten so anzuordnen, dass jeder Schweißprozess erfasst wird.



1) bei anderen Nahtgeometrien (z. B. 2/3 Naht) entsprechend verschoben

Bild 8-2: Prüfschichten bei ferritischen Werkstoffen für $s > 50$ mm

8.1.2.5 Verbindungsschweißungen zwischen ferritischen und austenitischen Werkstoffen

(1) Für Verbindungsschweißungen zwischen ferritischen und austenitischen Werkstoffen ist eine Verfahrensprüfung durchzuführen.

(2) Für Verbindungsschweißungen zwischen ferritischen und austenitischen Werkstoffen sind Prüfungen nach **Tabelle 8-3** in den Prüfbereichen nach **Bild 8-7** durchzuführen.

(3) Die Prüfungen sind im Endzustand der Verbindungsnaht durchzuführen.

(4) Für die Prüfung der Wärmeeinflusszone auf der ferritischen Seite gelten die Festlegungen für ferritische Werkstoffe. Für die Prüfungen

- im Schweißgut,
- im Schweißgut der Pufferung,
- in den Wärmeeinflusszonen auf der austenitischen Seite und in der Pufferung

gelten die Festlegungen für austenitische Werkstoffe.

(5) Ergänzend hierzu sind

- eine Härteprüfung gemäß **Bild 8-3** im Bereich der Aufmischzone zwischen dem ferritischen Werkstoff und dem austenitischen Schweißgut oder dem Nickel-Schweißgut und
- eine Biegeprüfung (Seitenbiegeprobe, siehe **Bild 8-4**) durchzuführen.

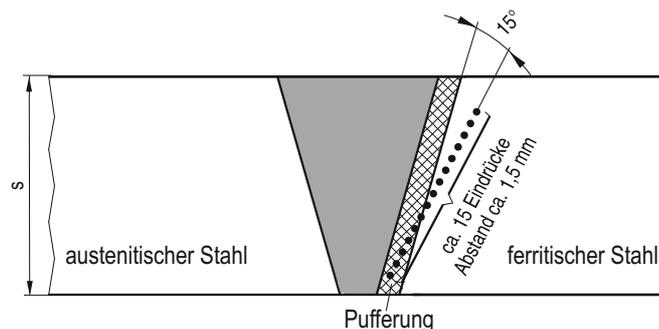
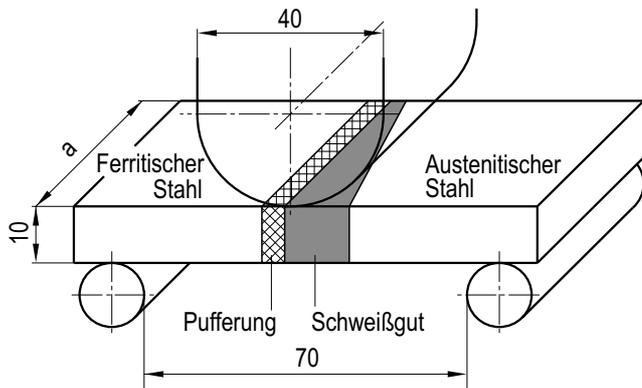


Bild 8-3: Lage der Härtereihe bei der Härteprüfung HV 5 an gepufferten Verbindungsschweißungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen



Probendicke:	10 mm
Probenbreite (a):	Erzeugnisformdicke im Grundwerkstoffbereich (Die Schweißnaht darf eingebnet werden)
Mindestlänge:	200 mm
Biegedorn- durchmesser:	40 mm
Biegedorn- position:	Übergang Pufferung/Schweißgut
Biegewinkel:	180 Grad

Bild 8-4: Proben- und Versuchsgeometrie des Seitenbiegeversuchs an Verbindungsschweißungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen

8.1.3 Auftragschweißungen

8.1.3.1 Austenitische und ferritische Schweißplattierungen

(1) Ein- und Mehrlagenschweißplattierungen sind als getrennte Schweißverfahren anzusehen. Verfahrensprüfungen mit einer Lage gelten nur für einlagige Schweißplattierungen. Für mehrlagige Schweißplattierungen (ab der zweiten Lage bei gleicher Wärmeleitung) sind in der Verfahrensprüfung mindestens zwei Lagen zu schweißen.

(2) Die Verfahrensprüfung an Prüfstücken mit Wanddicken kleiner als 25 mm gilt für den Bauteilwanddickenbereich $0,8 \cdot s$ bis $1,5 \cdot s$, die Verfahrensprüfung an Prüfstücken mit Wanddicken gleich oder größer als 25 mm gilt für den Bauteilwanddickenbereich von 25 mm bis unbegrenzt mit folgender Ausnahme: Bei Laser- und Elektronenstrahlauftragsschweißen gilt „12 mm“ anstelle des Grenzwertes „25 mm“.

Die Verfahrensprüfung gilt für alle Auftragsdicken gleich oder größer derjenigen Auftragsdicke, bei der die chemische Zusammensetzung und die IK-Beständigkeit nachgewiesen wurden (siehe **Bild 8-9** Skizze 1).

(3) Für das Schweißen der Prüfstücke kann eine Schrumpfbinderung erforderlich werden. Bei einer nachfolgenden Wärmebehandlung muss diese Schrumpfbinderung beibehalten werden.

(4) Die Einbrandtiefe ist durch geeignete Wahl der Schweißparameter so festzulegen, dass einerseits Bindefehler vermieden werden, andererseits jedoch keine zu hohe Aufmischung mit dem Grundwerkstoff auftritt (z. B. Unterschreiten des zulässigen Deltaferritgehaltes bei austenitischer Schweißplattierung).

(5) Das Prüfstück muss mit den gleichen Schweißprozessen geschweißt werden, wie sie bei der Fertigung angewendet werden. Übergänge zwischen unterschiedlichen Schweißplattierungsverfahren sind in die Verfahrensprüfung einzubeziehen (siehe z. B. **Bild 8-9** Skizze 4). Ausgleichschweißungen an den Raupenübergängen sind dann in die Verfahrensprüfung einzubeziehen, wenn sie mit anderen Schweißverfahren als die Erstschiweißung durchgeführt werden.

(6) Bei simulierten Reparaturschweißungen nach Abschnitt 8.1.1.5 sind die Prüfungen nach **Tabelle 8-7** Fußnote 1 durchzuführen. Es gelten die Anforderungen nach **Tabelle 8-8**. Als Handschweißung durchgeführte Reparaturen an teil- oder vollmechanisch geschweißten Plattierungen (z. B. UP-Band) sind dann ohne simulierte Reparaturschweißung zulässig, sofern die Erprobung nach (5) bei der Verfahrensprüfung durchgeführt wurde.

(7) Das **Bild 8-10** Skizze 1 zeigt eine empfohlene Prüfstückausführung.

(8) Für die Prüfungen gilt **Tabelle 8-7**. Die Anforderungen sind in **Tabelle 8-8** festgelegt.

8.1.3.2 Panzerungen

(1) Der Geltungsbereich einer Verfahrensprüfung bezüglich der Grundwerkstoffe ist in **Tabelle 8-1** festgelegt. Bei Verfahrensprüfungen für Panzerungen auf Pufferungen gilt der Pufferwerkstoff als Grundwerkstoff.

(2) Die Verfahrensprüfung gilt für Schweißzusätze, die dem gleichen Legierungskurzzeichen nach DIN EN 14700 und derselben Lieferform, z. B. Schweißstäbe, Stabelektroden, Draht-Pulver-Kombinationen entsprechen.

(3) Die Schweißposition PC (Querposition) schließt die Position PA (Wannenposition) ein, jedoch nicht umgekehrt.

(4) Ein- und mehrlagige Panzerungen sind als getrennte Schweißverfahren anzusehen.

(5) Das Prüfstück muss so festgelegt und gestaltet sein, dass es das Bauteil und dessen Geometrie repräsentiert. Die **Bilder 8-9** und **8-11** zeigen empfohlene Prüfstückausführungen und -abmessungen für Panzerungen auf Blechen oder Platten und an Rohren. Es gelten folgende Festlegungen:

- Die Oberflächenbeschaffenheit des Prüfstückes vor dem Panzern muss der des Bauteiles vergleichbar sein.
- Vor Beginn des Schweißens ist durch den Hersteller eine Oberflächenprüfung (Magnetpulver-/Eindringverfahren) durchzuführen.
- Ist beim Panzern von Blechen oder Platten (Empfehlung: bei s gleich oder kleiner als 25 mm) eine zusätzliche Schrumpfbinderung des Prüfstückes vorgesehen, ist diese bei einer nachfolgenden Wärmebehandlung beizubehalten.
- Ist eine Pufferung vorgesehen, so ist diese in eine ausgearbeitete Vertiefung des Prüfstückes zu schweißen und vor dem Auftragen der Panzerung auf die Oberfläche des Prüfstückes abzuarbeiten.
- Bei Verfahrensprüfungen, welche nur für spezielle Bauteilschweißungen gelten sollen und nur bei bauteilähnlicher Schweißung eine objektive Bewertung zulassen, darf von dem in (8) festgelegten Prüfumfang abgewichen werden. In diesem Fall sind mit dem Sachverständigen geeignete Untersuchungen festzulegen.
- Lässt die Größe des Bauteils (z. B. Ventilsitzbuchse) die Entnahme bestimmter Proben sowie die Durchführung bestimmter Prüfungen nicht zu, sind mit dem Sachverständigen geeignete Untersuchungen festzulegen.

(6) Die Verfahrensprüfung ist für alle Wanddicken gültig, wenn auf einem Prüfstück s gleich oder größer als 25 mm geschweißt wurde. Für Prüfstücke mit Wanddicken s kleiner als 25 mm ist der Anwendungsbereich auf Wanddicken gleich oder kleiner als $1,5 \cdot s$ beschränkt. Bei Laser- und Elektronenstrahlauftragsschweißen gilt „12 mm“ anstelle des Grenzwertes „25 mm“.

(7) Reparaturschweißungen nach Abschnitt 8.1.1.5 sind im Rahmen einer Verfahrensprüfung oder vorlaufenden Arbeitsprüfung zu simulieren. Reparaturen an Hartpanzerungen sind

auch dann zu simulieren, wenn für die Reparatur das Schweißverfahren der Erstschweißung eingesetzt wird. Der Geltungsbereich der simulierten Reparaturschweißung ist festgelegt durch

- a) die Lage des angenommenen Fehlers (Schweißgut oder Übergangszone),
- b) Größe und Form der Ausschleifung (größere Reparaturstellen gelten auch für kleinere Reparaturstellen),
- c) Schweißfolge,
- d) Wärmebehandlung.

(8) Für die Prüfungen und Anforderungen gilt **Tabelle 8-9**. Die dabei einzuhaltenden Bedingungen sind in den **Bildern 8-10 bis 8-15** dargestellt. Bei besonderen Anforderungen an das Verhalten der Panzerung gegenüber Korrosion, Erosion, Abrieb usw. können zusätzliche Prüfungen (z. B. Analyse) erforderlich werden.

8.1.3.3 Formgebende Schweißungen

(1) Verfahrensprüfungen für Verbindungsschweißungen gelten auch für lokale formgebende Schweißungen (z. B. Ausgleichsschweißungen).

(2) Weichen die Bedingungen für die Wärmeableitung wesentlich von denen bei der Verbindungsschweißung ab, so ist im Einvernehmen mit dem Sachverständigen eine ergänzende Verfahrensprüfung durchzuführen.

(3) Werden ganze Bauteile durch formgebendes Schweißen hergestellt, erfolgt dies in Anlehnung an KTA 3201.1.

8.1.4 Verbindungsschweißungen an plattierten Bauteilen

(1) Für Verbindungsschweißungen an schweißplattierten Bauteilen sind folgende Verfahrensprüfungen durchzuführen:

- a) Verfahrensprüfungen für Verbindungsschweißungen (ferritische Werkstoffe) nach **Tabelle 8-3**,
- b) Verfahrensprüfungen für Auftragschweißungen (austenitische Werkstoffe) nach **Tabelle 8-7**.

(2) Die Verfahrensprüfungen nach (1) gelten auch für das Einschweißen von Stützen in walzplattierte Wandungen.

(3) Anstelle der Verfahrensprüfungen nach (1) darf eine kombinierte Verfahrensprüfung an plattierten Prüfstücken durchgeführt werden. Die durchzuführenden Prüfungen und Anforderungen sind im Einvernehmen mit dem Sachverständigen in Anlehnung an die **Tabellen 8-3** und **8-7** festzulegen.

8.1.5 Rohreinschweißungen in Rohrplatten

(1) Mögliche Ausführungsformen der Schweißverbindung von Rohren in Rohrplatten sind in **Bild 8-17** dargestellt.

(2) Werden zur Herstellung der Schweißverbindung von Rohren in Rohrplatten ersatzweise oder in Kombination andere Verfahren angewendet (mechanisches Einwalzen, hydraulisches Aufweiten), so sind die Bedingungen für die Verfahrensprüfung mit dem Sachverständigen festzulegen. Wenn anstelle einer schweißplattierten eine walz- oder sprengplattierte Rohrplatte eingesetzt wird, dann sind die Bedingungen für die Verfahrensprüfung mit dem Sachverständigen festzulegen.

(3) Die Anforderungen nach AD 2000-Merkblatt HP 2/1 und nach DIN EN ISO 15614-8 sind einzuhalten. Ergänzend gelten folgende Festlegungen:

- a) Für das Einschweißen von Rohren in Rohrplatten ist für jedes angewendete Schweißverfahren (bezogen auf Rohreinschweißverfahren und Verfahren zum Schweißplattieren der Rohrplatte), für jede Position der Rohrplatte oder für jede Kombination der einzelnen Schweißverfahren einschließlich Nahtaufbau eine Verfahrensprüfung vorzusehen.

b) In die Probenplatte sind 16 Rohre einzuschweißen. Hier von sind 10 für die Erstschweißung und 6 für die simulierte Reparaturschweißung vorzusehen. Die Rohrabmessung und die Teilung am Prüfstück müssen den geometrischen Verhältnissen am Bauteil entsprechen. Bei Abweichungen hiervon ist das Vorgehen mit dem Sachverständigen festzulegen. Die Dicke der Probenplatte soll möglichst gleich der Dicke der Rohrplatte am vorgesehenen Bauteil ($\pm 25\%$) sein. Ist diese größer als 135 mm, genügt für die Probenplatte eine Dicke von 100 mm.

c) Wird für das Einschweißen der Rohre eine Probenplatte mit einer Schweißplattierung eingesetzt, muss für diese Schweißplattierung eine gültige Verfahrensprüfung vorliegen. Diese Schweißplattierung muss nach den Bedingungen der Bauteilschweißung aufgebracht, ausgeführt, wärmebehandelt und zerstörungsfrei geprüft sein.

d) Erfolgt vor oder nach dem Schweißen ein Anlegen der Rohre, ist dieser Arbeitsschritt zu protokollieren.

e) Für die Prüfungen und Anforderungen gilt **Tabelle 8-10**.

f) Für simulierte Reparaturschweißungen mit einem anderen Schweißverfahren oder mit einer anderen Nahtvorbereitung (z. B. Zurücksetzen der Naht) als die Bauteilschweißung sind die nach **Tabelle 8-10** nach dem Einschweißen (Anlegen) erforderlichen Prüfungen durchzuführen. Dies darf auch im Zuge der Arbeitsprüfung erfolgen.

8.1.6 Fertigungsschweißungen an Gussteilen

Die Verfahrensprüfungen sind nach den Festlegungen von KTA 3211.1 durchzuführen.

8.2 Arbeitsprüfungen

8.2.1 Allgemeine Grundsätze

8.2.1.1 Anforderungen

(1) Der Hersteller hat während der Fertigung durch Arbeitsprüfungen nachzuweisen, dass die Bauteilschweißungen den Bedingungen der Verfahrensprüfung entsprechen. Die Durchführung von Arbeitsprüfungen (Schweißarbeiten, Untersuchung und Prüfung) hat in Anwesenheit des Sachverständigen zu erfolgen.

(2) Für die Anzahl der Arbeitsprüfungen gilt **Tabelle 8-11**.

(3) Zusätzliche Arbeitsprüfungen können erforderlich werden:

a) zur Erweiterung des Geltungsbereiches der Verfahrensprüfung hinsichtlich:

- aa) Schweißposition nach Abschnitt 8.1.1.3.4,
- ab) Nahtausführung nach Abschnitt 8.1.1.3.5,
- ac) Wärmebehandlung nach Abschnitt 8.1.1.3.7,
- ad) Wanddicken-, Durchmesserbereiche nach Abschnitt 8.1.1.3.8,
- ae) erschwerender Bedingungen nach Abschnitt 8.1.1.3.9,
- af) simulierter Reparaturschweißung nach Abschnitt 8.1.1.5,
- ag) Übergang auf Werkstoffe einer anderen Untergruppe nach **Tabelle 8-1** (durch Erweiterung des Prüfumfanges).

Die Ergebnisse müssen vor Aufnahme der Fertigung vorliegen.

b) zur Verlängerung der Gültigkeit der Verfahrensprüfung.

(4) Die Arbeitsprüfung ist grundsätzlich einer Bauteilschweißung zuzuordnen. Sie gilt gemäß **Tabelle 8-11** auch für andere Bauteilschweißungen (auch für mehrere Komponenten), die im gleichen Geltungsbereich der Verfahrensprüfung wie die zugeordnete Arbeitsprüfung liegen.

8.2.1.2 Verlängerung der Gültigkeitsdauer von Verfahrensprüfungen durch Arbeitsprüfungen

(1) Arbeitsprüfungen verlängern entsprechende Verfahrensprüfungen um 24 Monate gemäß dem Geltungsbereich der Verfahrensprüfung nach Abschnitt 8.1.1.3. Soll bei der Verlängerung auch der Geltungsbereich erweitert werden, ist diese Erweiterung mit dem Sachverständigen festzulegen. Die Verlängerung der Gültigkeitsdauer einer Verfahrensprüfung bezieht sich auf den Abschluss der Schweißarbeiten bei der Arbeitsprüfung. Sie tritt rückwirkend in Kraft, wenn der Bericht des Herstellers und die Bescheinigung des Sachverständigen zu den Prüfergebnissen der Arbeitsprüfung vorliegt.

(2) Wird die Fertigung nicht innerhalb von 24 Monaten nach erfolgreichem Abschluss der Verfahrensprüfung aufgenommen oder länger als 24 Monaten unterbrochen, gilt die erste Arbeitsprüfung nach Aufnahme oder Wiederaufnahme der Fertigung als Wiederholung der Verfahrensprüfung. An dieser Arbeitsprüfung sind dann die gleichen Prüfungen durchzuführen wie bei der erstmaligen Verfahrensprüfung. Bei einer Unterbrechung der Fertigung von mehr als 12 Monaten muss die nach Abschnitt 8.2 erforderliche Arbeitsprüfung vor Fertigungsbeginn vorliegen.

(3) Vorliegende Verfahrensprüfungen, die noch Gültigkeit besitzen, jedoch nicht dem geforderten Prüfumfang vollständig entsprechen, dürfen durch ergänzende Erprobungen an einer Arbeitsprüfung erweitert werden. Diese Arbeitsprüfung ist vor Beginn der Fertigung durchzuführen.

8.2.1.3 Anzahl und Übertragbarkeit von Arbeitsprüfungen

(1) Für die Anzahl der Arbeitsprüfungen gilt **Tabelle 8-11**. Im Herstellerwerk durchgeführte Arbeitsprüfungen dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen für die Baustelle anerkannt werden, wenn vergleichbare Schweißbedingungen vorliegen.

(2) Für die Übertragbarkeit von Arbeitsprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnittes 8.1.2.1.

8.2.1.4 Prüfstücke

(1) Die Werkstoffe müssen nach KTA 3211.1 geprüft sein.

(2) Die Prüfstücke für Arbeitsprüfungen müssen einem zugeordneten Bauteil gleich sein hinsichtlich:

- a) Werkstoff
- b) Erzeugnisform (Blech, Rohr, Schmiedestück, Stahlguss),
- c) Werkstoffschmelze und Wärmebehandlungslos bei Längsnähten nach **Tabelle 8-11**, Fußnote 2,
- d) Bemessung (z. B. Blechdicke, Wanddicke und Durchmesser von Rohren) des Grundwerkstoffs.

(3) Die einer Bauteilschweißung zugeordnete Arbeitsprüfung gilt auch für andere Bauteilschweißungen, wenn die Werkstoffe aus anderen Werkstoffschmelzen, Erzeugnisformen und von anderen Werkstoffherstellern stammen. Für eine Arbeitsprüfung ist die Übertragbarkeit auf andere Werkstoffe nach **Tabelle 8-1** zulässig. Für den Wanddicken- und Durchmesserbereich gelten die Festlegungen des Abschnittes 8.1.1.3.8.

(4) Die Schweißzusätze und -hilfsstoffe sollen aus den Chargen stammen, die bei der zugeordneten Bauteilschweißung eingesetzt werden.

(5) Die Wärmebehandlung darf mitlaufend oder simulierend durchgeführt werden. Bei simulierender Wärmebehandlung ist die gleiche Temperatur-Zeitfolge einzuhalten wie bei der zugeordneten Bauteilschweißung. Dabei ist eine Reparaturglühung zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 8.1.1.3.7). Diese gilt auch für Mehrfachreparaturen am Bauteil. Für das simulierte Spannungsarmglühen werden alle Zwischenglühungen zeit-

lich addiert und mit nur einer Wärmebehandlung bei der gleichen Temperatur durchgeführt. Endglühungen bei höheren Temperaturen sind gesondert zu simulieren.

(6) Beim Schweißen der Prüfstücke müssen die bei der zugeordneten Bauteilschweißung angewendeten Arbeitsbedingungen (insbesondere auch gleiche Schweißverfahren, Schweißposition, Fugenform, Herstellen der Fugenflanken, Ausfugen, Nahtaufbau und Schweißparameterbereich und gegebenenfalls beengte Platzverhältnisse) eingehalten werden. Die Prüfstücke sollen von den Schweißern geschweißt werden, die die jeweils zugeordneten Bauteilschweißungen durchführen. Bei Prüfstücken aus Längsnähten ist das Prüfstück in Verlängerung der Naht zu schweißen. Bei Blechen soll die Schweißnaht in Walzrichtung liegen.

(7) Das Schweißen der Prüfstücke ist vor, während oder unmittelbar nach der zugeordneten Bauteilschweißung vorzusehen. Bei Arbeitsprüfungen, die zur Erweiterung des Geltungsbereiches einer Verfahrensprüfung durchgeführt werden (Abschnitt 8.2.1.1), sind die Prüfstücke vor Beginn der Fertigung zu prüfen.

(8) Erfüllt bei der Prüfung nach **Tabelle 8-4** eine Probe oder ein Probensatz nicht die Anforderungen, so ist die Ausfallsache festzustellen. Es dürfen zwei weitere Proben oder Probensätze geprüft werden. Diese Ersatzproben müssen die Anforderungen erfüllen.

(9) Das Schweißen der Prüfstücke ist in Schweißprotokollen zu erfassen.

(10) Die geprüften Proben sind bis zum Vorliegen des Berichtes über die Arbeitsprüfung aufzubewahren. Das Restmaterial der Prüfstücke sollte bis zum Abschluss der Bauprüfung an der zugehörigen Bauteilschweißung aufbewahrt werden.

8.2.1.5 Reparaturschweißungen

Für Reparaturen an Bauteilen ist eine vorlaufende Arbeitsprüfung erforderlich, wenn das Schweißverfahren für die Reparatur nicht bereits durch eine Verfahrensprüfung erfasst ist.

8.2.1.6 Dokumente

Vor Durchführung der Arbeitsprüfung müssen folgende Dokumente durch den Sachverständigen geprüft, vorliegen:

- a) Schweißplan (Bauteilschweißung),
- b) Wärmebehandlungsplan (sofern eine Wärmebehandlung erfolgt),
- c) Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan.

8.2.1.7 Bericht

(1) Über die Arbeitsprüfung ist vom Hersteller ein Bericht zu erstellen, auf dessen Grundlage der Sachverständige eine Bescheinigung ausstellt.

(2) Dieser Bericht muss enthalten:

- a) Vorgeprüfte Dokumente: Schweißplan, Wärmebehandlungsplan, Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan, Prüfanweisungen,
- b) Nachweise über Werkstoffe, Schweißzusätze und -hilfsstoffe,
- c) Schweißprotokoll,
- d) Wärmebehandlungsprotokoll,
- e) Ergebnisse aller Prüfungen und
- f) Kommentare zu besonderen Vorkommnissen (z. B. Ausfall von Proben, tolerierte Abweichungen von den vorgeprüften Dokumenten, Besonderheiten von Gefügeausbildungen im Grundwerkstoff, in der Wärmeeinflusszone oder im Schweißgut).

- (3) Die Bescheinigung des Sachverständigen muss enthalten:
- a) zusammenfassendes Endergebnis,
 - b) abschließende Bewertung,
 - c) Abgrenzung des Geltungsbereiches.

8.2.2 Verbindungsschweißungen

- (1) Die **Tabelle 8-2** enthält eine Übersicht über Tabellen und Bilder zu den durchzuführenden Prüfungen.
- (2) Für die Arbeitsprüfung von Verbindungsschweißungen zwischen ferritischen und austenitischen Werkstoffen ist nach Abschnitt 8.1.2.5 zu verfahren.
- (3) Bei Arbeitsprüfungen für Elektronen- und Laserstrahlschweißungen gelten ergänzend die Anforderungen wie für Verfahrensprüfungen nach Abschnitt 8.1.2.1 (5).

8.2.3 Auftragschweißungen

8.2.3.1 Austenitische und ferritische Schweißplattierungen

Für die Prüfungen gilt **Tabelle 8-7**. Die Anforderungen sind in **Tabelle 8-8** festgelegt.

8.2.3.2 Panzerungen

- (1) Für die Prüfungen und die Anforderungen gilt **Tabelle 8-9**.
- (2) Arbeitsprüfungen sollen, soweit möglich, an bauteilähnlichen Prüfstücken geschweißt werden. Lässt die Größe oder Form dieser Prüfstücke die Durchführung der vorgesehenen Prüfungen nicht zu, sind im Einvernehmen mit dem Sachverständigen geeignete Prüfungen festzulegen.

8.2.3.3 Formgebende Schweißungen

- (1) Arbeitsprüfungen an Verbindungsschweißungen nach **Tabelle 8-2** lfd. Nr. 1 bis 4 und 5a schließen formgebende Schweißungen ein.
- (2) Für Bauteile, die vollständig durch formgebendes Schweißen hergestellt werden, erfolgt dies in Anlehnung an KTA 3201.1.

8.2.4 Verbindungsschweißungen an plattierten Bauteilen

- (1) Für Verbindungsschweißungen an schweißplattierten Bauteilen sind folgende Arbeitsprüfungen durchzuführen:
- a) Arbeitsprüfungen für Verbindungsschweißungen (ferritische Werkstoffe) nach **Tabelle 8-3**,
 - b) Arbeitsprüfungen für Auftragschweißungen (austenitische Werkstoffe) nach **Tabelle 8-7**.
- (2) Die Arbeitsprüfungen nach (1) gelten auch für Einschweißungen von Stutzen in walzplattierten Wandungen.

- (3) Anstelle der Arbeitsprüfungen nach (1) darf eine kombinierte Arbeitsprüfung an plattierten Prüfstücken durchgeführt werden. Die durchzuführenden Prüfungen und Anforderungen sind in Anlehnung an die **Tabellen 8-3** und **8-7** im Einvernehmen mit dem Sachverständigen festzulegen.

8.2.5 Rohreinschweißungen in Rohrplatten mit und ohne Anlegen

- (1) Mögliche Ausführungsformen der Schweißverbindung von Rohren in Rohrplatten sind in **Bild 8-17** dargestellt.
- (2) Werden zur Herstellung der Verbindung von Rohren in Rohrplatten ersatzweise oder in Kombination andere Verfahren angewendet (mechanisches Einwalzen, hydraulisches Aufweiten), so sind die Bedingungen für die Arbeitsprüfung mit dem Sachverständigen festzulegen. Wenn anstelle einer schweißplattierten eine walz- oder sprengplattierte Rohrplatte eingesetzt wird, dann sind die Bedingungen für die Arbeitsprüfung mit dem Sachverständigen festzulegen.
- (3) Es gelten folgende Festlegungen:
- a) Der Zeitpunkt der Arbeitsprüfungen ist in **Tabelle 8-10** und die erforderliche Anzahl in **Tabelle 8-11** festgelegt.
 - b) Die Prüfstücke müssen in Ergänzung zu den in Abschnitt 8.2.1 angegebenen allgemeinen Grundsätzen folgende Bedingungen erfüllen:
 - ba) Der Werkstoff und der Wärmebehandlungszustand der Probenplatte sollen denen der Rohrplatte des Bauteils entsprechen. Für die Probenplatte ist die gleiche Plattierung vorzusehen wie für die Rohrplatte. Die Dicke der Probenplatte soll möglichst gleich der Dicke der Rohrplatte am Bauteil ($\pm 25\%$) sein. Ist diese größer als 135 mm, genügt für die Probenplatte eine Dicke von 100 mm. Das Prüfstück muss so beschaffen sein, dass die in **Tabelle 8-11** festgelegte Zahl von Rohreinschweißungen (unter Berücksichtigung von eventuell erforderlichen Reparaturen) geschweißt und geprüft werden können. Dazu ist die Probenplatte in geeignete Prüfabschnitte einzuteilen.
 - bb) Für das Prüfstück müssen die gleichen Rohre wie für das Bauteil eingesetzt werden.
 - bc) Für das Prüfstück müssen Schweißzusätze der gleichen Charge verwendet werden wie für die Bauteilschweißung.
 - c) Für die Prüfungen und die Anforderungen gilt **Tabelle 8-10**. Der erste Prüfabschnitt ist nach der ersten Schicht zu prüfen. Die folgenden Prüfabschnitte dürfen mehrere Schichten berücksichtigen. Die Prüfung soll möglichst kurzfristig, spätestens innerhalb von drei Tagen nach dem Schweißen, abgeschlossen sein.

Werkstoff		Werkstoffuntergruppe nach DIN CEN ISO/TR 15608		
Werkstoffgruppe W I / W II nach KTA 3211.1		Geltungsbereich ^{1) 2)}		
Ferritische Werkstoffe	W I	C 22.8 S	1.1	Eine VP der Werkstoffuntergruppen 1.1, 1.2 und 1.3 gilt für alle Stähle mit der gleichen oder niedrigeren festgelegten Streckgrenze der Werkstoffuntergruppen 1.1, 1.2 und 1.3.
		GS-C 25 S		
		WStE 255 S		
		WStE 285 S	1.2	
		WStE 315 S		
		WStE 355 S		
		15 MnNi 6 3	1.3	
		20 MnMoNi 5 5	4.2	
		15 NiCuMoNb 5 S		
	W II	P235GH (1.0345)	1.1	Eine VP der Werkstoffuntergruppen 1.1, 1.2 und 1.3 gilt für alle Stähle mit der gleichen oder niedrigeren festgelegten Streckgrenze der Werkstoffuntergruppen 1.1, 1.2 und 1.3. Eine Übertragbarkeit auf Stähle der Werkstoffgruppe W I nach KTA 3211.1 ist nur statthaft, wenn die an W I-Werkstoffe gestellten Zähigkeitsanforderungen nachgewiesen sind.
		P250GH (1.0460)		
		P355QH1 (1.0571)		
		GP240GH+QT (1.0619+QT)		
		P235GH (1.0345)		
		P275NH (1.0487)		
		P275NL1 (1.0488)		
		P355NH (1.0565)	1.2	
		16Mo3 (1.5415)	1.2 ³⁾	
		15 MnNi 6 3	1.3	
Austenitische Werkstoffe	X6CrNiTi18-10 (1.4541)	8.1	Eine VP gilt für alle Stähle der Werkstoffuntergruppe 8.1.	
	X6CrNiNb18-10 (1.4550)			
	X6CrNiMoNb17-12-2 (1.4580)			
	X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)			
	GX5CrNiMoNb19-11-2 (1.4581)			
	G-X5CrNiNb19-11 (1.4552)			
Werkstoffe für WT Rohre	13CrMo4-5 (1.7335)	5.1	VP gilt auch für Werkstoffuntergruppe 5.1.	
	10CrMo9-10 (1.7380)	5.2		
Werkstoffe für Sonderanwendungen	X3CrNiMo13-4 (1.4313)	7.2	Eine VP gilt für alle Stähle der Werkstoffuntergruppe 7.2.	
	G-X4 CrNi 13 4 (1.4317)			

1) Eine Übertragbarkeit ist nur gegeben, solange die Schweißzusätze die bei der VP verwendet wurden, auch für die vorgesehenen Werkstoffe geeignet sind.

2) Für die Verbindungsschweißungen unterschiedlicher Werkstoffe gelten die Übertragbarkeitskriterien der jeweiligen Einzelwerkstoffe dieser Tabelle.

3) Je nach Werkstoffnorm entweder Werkstoffgruppe 1.1 oder Werkstoffgruppe 1.2.

Tabelle 8-1: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen: Zuordnung von Werkstoffen zu Werkstoffgruppen gemäß KTA 3211.1 und den Werkstoffuntergruppen nach DIN CEN ISO/TR 15608

Verbindungsschweißung	Durchzuführende Prüfungen Probenzahl Probenlage ¹⁾ (Anzahl der AP siehe Tabelle 8-11)	Prüfanforderungen Prüfbedingungen
(1) LN (Längsnaht) (2) RN (Rundnaht) Position PA Rohr (Bauteil) drehend (3) RN Position PC Rohrachse senkrecht (4) RN Position PH Rohrachse waagrecht, bei vWIG jedoch Position PK	Tabelle 8-3 Prüfungen und Probenzahl für Verbindungsschweißungen Bild 8-2 Prüfschichten Bild 8-5 Lage der Kerbschlagprobe Bild 8-6 Härteprüfung bei ferritischen Verbindungsschweißungen Bild 8-7 Prüfbereiche für Verbindungs- schweißungen zwischen ferritischen und aus- tenitischen Stählen Bild 8-8 Probeentnahmebereiche in Prüfstücken für Rohrrund- nähte	Tabelle 8-4 Prüfanforderungen für Verbindungsschweißen Tabelle 8-5 Prüftemperaturen und Prüfanforderungen für Kerbschlagbiegeversuche
a) > DN 50 oder s ₁ > 16 mm (Bild 8-1) (5) Stutzennähte ²⁾ HV-, DHV-Nähte Kehlnähte b) ≤ DN 50 und s ₁ ≤ 16 mm (Bild 8-1)	wie für (1) bis (4) An einem Prüfstück sind folgende Prü- fungen durchzuführen: a) Oberflächenprüfung (MT/PT), b) 1 Makroschliff, c) 1 Mikroschliff, d) Härteprüfung bei ferritischen Werk- stoffen mit R _{eH} oder R _{p0,2 RT} > 300 N/mm ²	Tabelle 8-6 Prüfanforderungen für die Biegeprüfung
(6) Simulierte Reparaturschweißung	Es ist Tabelle 8-3, Fußnote 9 zu berücksichtigen.	

1) Für Verbindungsschweißungen unterschiedlicher ferritischer Werkstoffe (unterschiedliche Werkstoffuntergruppen gemäß **Tabelle 8-1**) gilt der angegebene Prüfumfang für jede der beiden Nahtflanken (auch für den Fall, dass auf eine der Nahtflanken Pufferungslagen aufgetragen wurden).

2) Getrennte Arbeitsprüfungen sind nur erforderlich, wenn nicht die Arbeitsprüfungen einer Verbindungsschweißung gelten.

Tabelle 8-2: Übersicht über Tabellen und Bilder zu den Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Verbindungsschweißungen

Art der Prüfung (Siehe hierzu auch Bild 8-8)	Prüfumfang und Probenzahl je Prüfschicht (Prüfanforderungen nach Tabelle 8-4)									
	Verfahrensprüfungen					Arbeitsprüfungen				
	LN RN Position PA, Rohr (Bauteil) waagrecht drehend RN Position PC, Rohrachse senkrecht	RN Position PH, Rohrachse waagrecht, bei vWIG jedoch Position PK ¹⁾			LN RN Position PA, Rohr (Bauteil) waagrecht drehend RN Position PC, Rohrachse senkrecht	RN Position PH, Rohrachse waagrecht, bei vWIG jedoch Position PK ¹⁾				
		12:00	03:00 oder 09:00	06:00		12:00	03:00 oder 09:00	06:00		
Zerstörungsfreie Prüfungen	Prüfumfang 100 %, Prüfverfahren nach Tabelle 9-5									
SV (DIN EN ISO 4136) Raumtemperatur	2	1	1	1	1	1	1 ⁵⁾	1		
Zugversuch ²⁾ SG ³⁾ (DIN EN ISO 6892-1 und DIN EN ISO 5178)	Raumtemperatur T ⁴⁾	1	1 ⁶⁾			1	–	–	–	
Kerbschlagbiegeversuch ^{7) 8)} (DIN EN ISO 148-1 und DIN EN ISO 9016) Sind Proben gemäß DIN EN ISO 148-1 mit einer Mindestprobenbreite von 5 mm nicht möglich, ersatzweise Biegeprüfung nach DIN EN ISO 5173	SG bei den Werkstoff- gruppen	W I ⁹⁾	3	1	3	1	2 ¹⁰⁾	1 ⁵⁾	2 ¹⁰⁾	1
		W II ⁹⁾	1	1	1	1	1	1 ⁵⁾	1	1
		Austeniti- sche Stähle ⁹⁾	1	1	1	1	1	–	1	–
	WEZ bei den Werk- stoffgrup- pen	W I	1 ¹¹⁾ + 3	1	1 ¹¹⁾ + 3	1	2 ¹⁰⁾	1 ⁵⁾	2 ¹⁰⁾	1
		W II	1 ¹¹⁾ + 1	1	1 ¹¹⁾ + 1	1	1	1 ⁵⁾	1	1
		Austenitische Stähle	1 ¹¹⁾ + 1	1	1 ¹¹⁾	1	1 ¹¹⁾ + 1	1	1 ¹¹⁾	1
Biegeprüfung (DIN EN ISO 5173) ⁸⁾	O ⁹⁾	2 ¹³⁾	1	2 ¹³⁾	1	1	– ⁹⁾	– ⁹⁾	– ⁹⁾	
	W	2 ¹³⁾	1	2 ¹³⁾	1	1	1 ⁵⁾	1	1	
Metallographische Untersuchungen	Makroschliff quer ⁹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Mikroschliff quer ⁹⁾	1	1	1	1	1 ¹⁴⁾	1 ¹⁴⁾	1 ¹⁴⁾	1 ¹⁴⁾	
	Bestimmung des Deltaferritgehal- tes bei austenitischen Stählen ¹⁵⁾	X	X	X	X	X	X	X	X	
Härteprüfung HV 10 / HV 5 (DIN EN ISO 9015-1), nicht erforderlich bei austenitischen Stählen ^{8) 9)}	X	X	X	X	X	X	X	X		
IK-Beständigkeit bei austenitischen Stählen (DIN EN ISO 3651-2 Verfahren A)	X	–	X	–	X	–	X	–		
Chemische Zusammensetzung des SG bei UP; bei allen anderen Schweißprozessen mit Schweißzusätzen nur dann, wenn keine chemische Analyse des Schweißzu- satzes vorliegt.	X	–	–	–	X	–	X	–		

1) Bei vWIG (Schweißkopf umlaufend) sind die Positionen 3:00 und 9:00 (steigend und fallend) getrennt zu erproben, Position „fallend“ ohne AV-T-Kurve.

2) Es dürfen Proben nach DIN 50125 verwendet werden.

3) Zugversuch im Schweißgut nur erforderlich bei $s > 20$ mm bei Werkstoffen der Werkstoffuntergruppen 1.3 (sofern wärmebehandelt), 4.2, 5.1, 5.2 und 7.2.

4) Der Warmzugversuch ist erforderlich, wenn die zulässige Betriebstemperatur (TB) in den Prüfgruppen A1 und A2 > 200 °C und in der Prüfgruppe A3 > 300 °C ist. Die Prüftemperatur muss die zulässige Betriebstemperatur (TB) absichern.

Anstelle des Warmzugversuches bei der Arbeitsprüfung darf der Warmzugversuch bei der Verfahrensprüfung durchgeführt werden, wenn die Verfahrensprüfung als Arbeitsprüfung herangezogen wird und damit eine Zuordnung zur Bauteilschweißung gegeben ist.

5) Entfällt bei ferritischen Werkstoffen mit $R_{eH} \leq 300$ N/mm².

6) Entnahmeort beliebig

7) Bei Kombinationsprozessen und $s > 12$ mm müssen die Kerbschlagproben so entnommen werden, dass jeder Schweißprozess erfasst wird.

8) Für Schweißverbindungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen siehe Abschnitt 8.1.2.5.

9) Bei der Verfahrensprüfung (ersatzweise bei der vorlaufenden Arbeitsprüfung) ist jeweils eine zusätzliche Prüfung (Probensatz) erforderlich, wenn eine simulierte Reparaturschweißung erfasst werden soll (siehe Abschnitt 8.1.1.5). Dabei ist der Übergang zwischen Erstschweißung und simulierter Reparaturschweißung zu erfassen. Sofern die simulierte Reparaturschweißung bei der Arbeitsprüfung durchgeführt wird, ist je Position eine Biegeprobe zu prüfen. Eine simulierte Reparaturschweißung in Position PE (Überkopfposition) schließt alle anderen Positionen ein.

10) Der zweite Probensatz darf entfallen, wenn die Prüfanforderungen für Arbeitsprüfungen ohne Bauteilzuordnung bei 0 °C und für Arbeitsprüfungen mit Bauteilzuordnung bei niedrigster Anwendungstemperatur erfüllt sind.

11) Ein Satz Kerbschlagproben gemäß DIN EN ISO 15614-1 mit Probenlage nach **Bild 8-5** Skizze 4.

12) Biegung je einmal über die Wurzel und über die Decklage. Eine weitere Biegeprüfung in den Prüfschichten O und W ist nicht erforderlich.

13) Darf bei $s > 12$ mm durch Seitenbiegeproben ersetzt werden.

14) Entfällt bei Werkstoffgruppe W II.

15) Entfällt bei Schweißverbindungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen.

Tabelle 8-3: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Verbindungsschweißungen: Umfang der Prüfungen

Art der Prüfung		Probenform, Anforderungen, Beurteilung (Prüfumfang und Probenanzahl nach Tabelle 8-3)	
Zerstörungsfreie Prüfungen		Anforderungen nach	Abschnitt 11
Zugversuch	Schweißverbindung bei Raumtemperatur	Probenform	nach DIN EN ISO 4136
		Zu ermitteln	R_m , Bruchlage und Bruchaussehen
		Anforderung	wie Grundwerkstoff (KTA 3211.1)
	Schweißgut bei Raumtemperatur	Probenform	Rundzugprobe nach DIN 50125 ($L_0 = 5d$)
		Zu ermitteln	$R_{p0,2}$, R_m , A und Z (bei austenitischem Stahl zusätzlich $R_{p1,0}$)
		Anforderung	wie Grundwerkstoff (KTA 3211.1) ¹⁾
	Schweißgut bei T	Probenform	Rundzugprobe nach DIN 50125 ($L_0 = 5d$)
		Prüftemperatur	Die zulässige Betriebstemperatur (TB) ist abzusichern.
		Zu ermitteln	$R_{p0,2}$, R_m , A und Z (bei austenitischem Stahl zusätzlich $R_{p1,0}$)
Anforderung R_p und R_m	wie Grundwerkstoff (KTA 3211.1)		
Kerbschlagbiegeversuch		Probenform	größtmögliche V-Proben mit einer Mindestprobenbreite von 5 mm
		Probenlage	nach Bild 8-5 , Skizzen 1 bis 3
		Prüftemperatur	nach Tabelle 8-5
		Zu ermitteln	KV_2 , laterale Breitung ²⁾ , Zähbruchanteil ²⁾
		Anforderung	nach Tabelle 8-5
Biegeprüfung		Probe mit Wurzel (RBB) oder Decklage (FBB) auf der Zugseite biegen. Bei Verbindungsschweißungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen Seitenbiegeprobe (SBB) Biegedorndurchmesser und Anforderung nach Tabelle 8-6 .	
Metallographische Untersuchungen	Makroschliff quer zur Naht	Zu erfassen	gesamter Querschnitt Belegung durch fotografische Aufnahmen
		Zu beurteilen	Lagenaufbau, Durchschweißung, Schlacken, Poren
		Anforderung	einwandfreier Lagenaufbau, einwandfreie Durchschweißung, vereinzelte Schlacken und Poren zulässig
	Mikroschliff quer zur Naht (Vergrößerung im Allgemeinen 200:1)	Zu erfassen	Decklagen- und Wurzelbereich (einschließlich WEZ) Belegung durch fotografische Aufnahmen
		Zu beurteilen	Gefüge
		Anforderung	Gefügeengänzen nur vereinzelt zulässig
	Bestimmung des Deltaferritgehaltes bei austenitischen Stählen	Anforderung	Deltaferritgehalt möglichst 4 % bis 10 %, geschlossenes Netzwerk nicht zulässig
Härteprüfung HV 10 / HV 5, nicht erforderlich bei austenitischen Werkstoffen		Härteprüfung	nach Bild 8-3 oder Bild 8-6
		Anforderung	≤ 350 HV 10 / ≤ 350 HV 5 ³⁾ (≤ 300 HV 10 / ≤ 300 HV 5 bei mediumberührter Oberfläche an Werkstoffen mit Spannungsarmglühung)
IK-Beständigkeit bei austenitischen Stählen		Anforderung	Die IK-Beständigkeit ist 2 mm unter der mediumberührten Schweißnahtoberfläche nachzuweisen
Chemische Zusammensetzung des Schweißgutes bei UP; bei allen anderen Schweißprozessen mit Schweißzusätzen nur dann, wenn keine chemische Analyse des Schweißzusatzes vorliegt.		Zu bestimmen	bei ferritischen und martensitischen Stählen: C, Si, Mn, P, S und zutreffende Hauptlegierungselemente bei austenitischen Stählen: C, Si, Mn, N, P, S, Cr, Ni, Mo und Stabilisierungselemente bei Nickel-Schweißgut: C, Si, Mn, N, P, S, Cr, Ni, Mo, Fe, Ti, Nb
		Anforderung	gemäß Eignungsprüfung der Schweißzusätze und -hilfsstoffe oder Richtanalyse der Hersteller
¹⁾ Für austenitisches Schweißgut gilt abweichend: Die Bruchdehnung muss mindestens 30 % betragen. ²⁾ Nicht für austenitische Stähle. ³⁾ In den wärmebeeinflussten Zonen soll die Härte 350 HV 5 nicht überschreiten. Darüber hinaus gehende Härtespitzen in schmalen Zonen bedürfen einer zusätzlichen Überprüfung. Hierbei darf 350 HV 10 nicht überschritten werden. Einzelne darüber hinaus gehende Härtespitzen dürfen belassen werden, wenn sie nachweislich örtlich begrenzt sind.			

Tabelle 8-4: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Verbindungsschweißungen: Anforderungen an die Prüfungen

Werkstoffgruppe	Prüftemperatur		Prüfanforderung	
	Verfahrensprüfung	Arbeitsprüfung	Schlagenergie 2)	Laterale Breitung
W I	0 °C, 33 °C und 80 °C 1) Durch Interpolation zwischen 0 °C und 33 °C ist die Temperatur zu ermitteln und auszuweisen, bei der die Prüfanforderungen erfüllt werden. Diese Temperatur ist die niedrigste zulässige Betriebstemperatur.	Bei Zuordnung zu einer Komponente: niedrigste Betriebstemperatur Sonst: 0 °C und 33 °C 1) Durch Interpolation zwischen 0 °C und 33 °C ist die niedrigste Temperatur zu ermitteln und auszuweisen, bei der die Prüfanforderungen erfüllt werden. (Ist die Mindestanforderung bei 0 °C erreicht, entfällt der zweite Probensatz.)	≥ 68 J (kleinster Einzelwert)	≥ 0,9 mm
W II	0 °C oder 20 °C, wenn niedrigste Beanspruchungstemperatur ≥ 20 °C		≥ 41 J / ≥ 29 J (Mittelwert/kleinsten Einzelwert)	—
Austenitische Stähle	Raumtemperatur		a) > DN 150 oder s > 16 mm ungeglüht: ≥ 70 J / ≥ 60 J geglüht: ≥ 55 J / ≥ 40 J (Mittelwert/kleinsten Einzelwert) b) ≤ DN 150 und s ≤ 16 mm ungeglüht: ≥ 60 J / ≥ 40 J geglüht: ≥ 55 J / ≥ 40 J (Mittelwert/kleinsten Einzelwert)	—
Werkstoffe für Sonderanwendungen	Raumtemperatur		Wie Grundwerkstoff (KTA 3211.1)	—
Schweißgut aus Nickellegierung	Raumtemperatur		Spannungsarmgeglüht und ungeglüht: ≥ 80 J / ≥ 56 J (Mittelwert/kleinsten Einzelwert)	—

1) Ist für eine Schweißposition nur ein Probensatz gefordert, ist die Prüftemperatur 0 °C zu bevorzugen, wenn die Prüfanforderung 68 J sicher eingehalten werden kann.

2) Bei Verwendung von Proben mit einer Breite kleiner als 10 mm ist die ermittelte Schlagenergie proportional zur Probenbreite auf die Normalprobe umzurechnen, sofern die Prüfung in der Hochlage der Schlagenergie erfolgte. Andernfalls ist die Umrechnung der Schlagenergie auf einen Normalprobenwert im Einzelfall festzulegen.

Tabelle 8-5: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen: Anforderungen an den Kerbschlagbiegeversuch im Schweißgut und in der Wärmeeinflusszone

Werkstoff	Biegedorn-durchmesser d	Biegewinkel	
		ohne Anriss	zulässige Abweichung
Ferritische Stähle			Aufbrüche, die auf vorhandene Poren oder kleine Ungenzen zurückzuführen sind, sind zulässig. Risse ohne erkennbare Ursache dürfen eine Länge von 1,6 mm nicht überschreiten.
$R_{mRT} < 430 \text{ N/mm}^2$	2 · Probendicke a	180 Grad	
$R_{mRT} \geq 430 \text{ N/mm}^2$ und $< 460 \text{ N/mm}^2$	2,5 · Probendicke a	180 Grad	
$R_{mRT} \geq 460 \text{ N/mm}^2$	3 · Probendicke a	180 Grad 1)	
Austenitische Stähle	3 · Probendicke a	180 Grad	
Verbindungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen mit und ohne Pufferung	3 · Probendicke a	180 Grad	
Martensitische Stähle	3 · Probendicke a	180 Grad 1)	

1) Ist die Bedingung nicht erfüllt, dann gilt:

a) bei Biegewinkel ≥ 90 Grad
Dehnung (mit L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke symmetrisch zur Naht) ≥ Mindestbruchdehnung A des Grundwerkstoffs

b) bei Biegewinkel < 90 Grad
Dehnung über Schweißnahtbreite > 30 % sowie fehlerfreies Bruchaussehen.

Tabelle 8-6: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen: Anforderungen an die Biegeprüfung (DIN EN ISO 5173)

Art der Prüfung		Prüfumfang / Probenzahl							
		Verfahrensprüfungen				Arbeitsprüfungen			
		Plattierung							
		austenitisch		ferritisch		austenitisch		ferritisch	
		Werkstoffuntergruppe des Grundwerkstoffs nach Tabelle 8-1							
		1.1	4.2	1.1	4.2	1.1	4.2	1.1	4.2
1.2	5.1	1.2	5.1	1.2	5.1	1.2	5.1		
1.3	5.2	1.3	5.2	1.3	5.2	1.3	5.2		
Zerstörungsfreie Prüfungen		Sichtprüfung im Rahmen der Schweißüberwachung: 100%							
		Oberflächenprüfung: 100%							
		Ultraschallprüfung: 100%							
Biegeprüfung	Seitenbiegeprobe ¹⁾ , quer (je Schweißverfahren und je Übergang zwischen unterschiedlichen Schweißverfahren)	2	2	2	2	2	2	2	2
	Seitenbiegeprobe ¹⁾ 15 Grad (UP-Bandschweißung und je Übergang Hand-Band)	2	2	2	2	-	-	-	-
Metallographische Untersuchungen	Makroschliff ¹⁾	X	X	X	X	X	X	X	X
	Mikroschliff	X	X	X	X	-	X	-	X
	Bestimmung des Deltaferritgehaltes bei austenitischen Stählen	X	X	-	-	X	X	-	-
IK-Beständigkeit ¹⁾ (DIN EN ISO 3651-2 Verfahren A) bei austenitischen Stählen		X	X	-	-	X	X	-	-
Härteprüfung HV 10 / HV 5 ¹⁾ (DIN EN ISO 6507-1 und DIN EN ISO 6507-4) am Makroschliff		X ²⁾	X	X ²⁾	X	X	X	X	X
Chemische Zusammensetzung der Plattierung		X	X	X	X	X	X	X	X
¹⁾ Bei Verfahrensprüfung (ersatzweise bei vorlaufender Arbeitsprüfung) jeweils eine zusätzliche Prüfung (Probensatz) erforderlich, wenn eine simulierte Reparaturschweißung mit erfasst werden soll (siehe Abschnitt 8.1.1.5). Dabei ist der Übergang von der Erstschweißung zur simulierten Reparaturschweißung zu erfassen. ²⁾ Bei Verfahrensprüfungen an Grundwerkstoffen der Werkstoffuntergruppe 1.1 darf die Härteprüfung entfallen.									

Tabelle 8-7: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Schweißplattierungen: Umfang der Prüfungen

Art der Prüfung	Probenlage, Prüfanforderungen	
Zerstörungsfreie Prüfungen	Bei der Sichtprüfung im Rahmen der Schweißüberwachung gelten die für Auftragschweißungen zutreffenden Anforderungen der Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817. Bei der Oberflächenprüfung und Ultraschallprüfung gelten die Anforderungen nach Abschnitt 11.	
Biegeprüfung Seitenbiegeproben quer und 15 Grad (bei Bandschweißung) Seitenbiegeproben quer (bei Handschweißung)	Probenform, Probenlage und Probenabmessungen	nach Bild 8-9 Skizze 3 und Bild 8-10 Skizze 2
	Prüfdurchführung	nach Bild 8-14
	Anforderung	Biegewinkel 180 Grad
	Beurteilung	nach Bild 8-11
Metallographische Untersuchungen Makroschliff quer Mikroschliff quer (mind. 100:1) Bestimmung des Deltaferritgehaltes bei austenitischen Plattierungen	Probenlage	Übersichtsaufnahmen nach Bild 8-9, Skizze 4, Probenlage nach Bild 8-10 Skizze 2
	Anforderung	Das Gefüge soll frei von Rissen sein, die bei der Vergrößerung 10 : 1 oder auch ZiP erkennbar sind. Vereinzelt Poren und Schlacken sind zulässig. Die WEZ des Grundwerkstoffes muss rissfrei sein.
	Probenlage	nach Bild 8-10 Skizze 2
	Zu erfassen	- WEZ Grundwerkstoff und Überlappungszone, - je 1 Übergangszone zwischen verschiedenen Schweißverfahren
	Anforderung	Gefügegenäzen nur vereinzelt zulässig. Deltaferritgehalt möglichst 4 % bis 10 %, geschlossenes Netzwerk nicht zulässig.
Härteprüfung HV 10 / HV 5	Probenlage	nach Bild 8-9 Skizze 2 und Bild 8-10 Skizze 2
	Anforderung	Die Härte im ferritischen Grundwerkstoff soll 350 HV 10/350 HV 5 (320 HV 10 bei Werkstoffen der Werkstoffgruppen 1.2, 1.3, 4.2 und 5, die wärmebehandelt wurden) nicht überschreiten.
IK-Beständigkeit bei austenitischen Schweißplattierungen	Probenlage	nach Bild 8-9 Skizze 1 und Bild 8-10 Skizze 2
	Anforderung	Die IK-Beständigkeit ist 2 mm unter der verbleibenden Oberfläche nachzuweisen.
Chemische Zusammensetzung ferritische Plattierung austenitische Plattierung	Probennahme	an der verbleibenden Oberfläche nach Bild 8-9 Skizze 1 und Bild 8-10 Skizze 2
	Zu bestimmen	Si, Mn, P, S und weitere Legierungselemente gemäß Richtanalyse des Schweißzusatzherstellers
	Anforderung	bei Mehrlagenplattierungen: Eignungsprüfung oder Richtanalyse des Herstellers
	Probennahme	2 mm unter der verbleibenden Oberfläche nach Bild 8-9 Skizzen 1 und 6
	Zu bestimmen	C, Si, Mn, Cr, Ni, N, P, S und Stabilisierungselemente (Mo sowie andere Elemente soweit Legierungselement).
	Anforderung	bei Einlagenplattierungen: Richtwerte des vergleichbaren austenitischen Grundwerkstoffes bei Mehrlagenplattierungen: Eignungsprüfung oder Richtanalyse des Herstellers.

Tabelle 8-8: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für austenitische und ferritische Schweißplattierungen: Anforderungen an die Prüfungen

Art der Prüfung	Probenzahl, Probenlage, Prüfanforderungen	
Zerstörungsfreie Prüfungen	Sichtprüfung im Rahmen der Schweißüberwachung: 100% Oberflächenprüfung (PT): 100 % - Pufferung und Panzerung Ultraschallprüfung (auf Bindung) soweit durchführbar: 100 % Anforderungen nach Abschnitt 11.6.2.2, alternativ Makroschliff längs	
Biegeprüfung ²⁾ Im Biegeversuch wird geprüft: a) die Bindung zwischen Panzerung und gegebenenfalls Pufferung mit dem Grundwerkstoff b) der Einfluss der Schweißung auf den Grundwerkstoff	2 Seitenbiegeproben	Bei Weichpanzerungen ¹⁾ ; Probenform und Prüfdurchführung: nach Bild 8-14 , Probenlage Bild 8-10 Skizze 2
	2 Biegeproben	Bei Hartpanzerungen ¹⁾ ; Probenform und Prüfdurchführung nach den Bildern 8-14 und 8-15 , Probenlage Bild 8-10 Skizze 2.
	Anforderung: Die Probe ist um 180 Grad oder bis zum Bruch zu biegen. Großflächige Abplatzungen als Folge von Bindefehlern sind nicht zulässig. Bei Biegewinkel < 90 Grad sind zusätzliche Untersuchungen erforderlich, z. B.: - fraktographische Beurteilung, - Biegeversuch mit abgearbeiteter Panzerung/Pufferung, - Biegeversuch an unbeeinflusstem Grundwerkstoff aus dem Prüfstück (Vergleichsprüfung), - Kerbschlagbiegeversuch in WEZ.	
Metallographische Untersuchungen ³⁾ Makroschliff, quer	1 Übersichtsaufnahme: Quer zur Schweißfortschrittsrichtung, Probenlage Bild 8-10 Skizze 2 Anforderung: Schlauchporen, die bis zum Grundwerkstoff oder bis zur Pufferung durchgehen und systematische Fehler (Poren, Bindefehler) sind nicht zulässig. Vereinzelt Poren sind zulässig, Bindefehler sind nur zulässig, soweit die ZfP keine unzulässige Ausdehnung ausweist. Risse in Grundwerkstoff und Pufferung sind nicht zulässig. Vereinzelt Risse in Hartpanzerungen, die nicht bis zur Pufferung oder zum Grundwerkstoff durchgehen, sind zulässig.	
Mikroschliff, quer (100 : 1)	Probenlage: Bild 8-10 Skizze 2 Zu erfassen: Grundwerkstoff, Pufferung und Panzerung einschließlich der Wärmeeinflusszonen. Zu beurteilen ist das Gefüge, Belegung durch fotografische Aufnahmen. Anforderung: Mikrorisse in der WEZ des Grundwerkstoffes und der Pufferung sind nicht zulässig. Vereinzelt, nicht systematische Gefügeengängen sind zulässig (in Zweifelsfällen durch zusätzliche Schlitze zu untersuchen).	
Härteprüfung ³⁾ (DIN EN ISO 6507-1 und DIN EN ISO 6507-4, DIN EN ISO 6508-1)	Härteverlauf	Härteprüfung nach Bild 8-13 Probenlage: Bild 8-10 Skizze 2 Anforderung: ≤ 350 HV 10 in der WEZ des Grundwerkstoffes und der Pufferung (≤ 320 HV 10 bei Werkstoffen der Werkstoffgruppen 1.2, 1.3, 4.2 und 5, die wärmebehandelt wurden), höhere Werte sind zulässig, wenn: - eine Wärmebehandlung des Prüfstücks nicht vorgesehen ist, da dadurch die Eigenschaften der Panzerung beeinträchtigt würden und - deren Zulässigkeit über Biegeproben nachgewiesen wird.
	Oberflächenhärte	Zu erfassen: Die Oberflächenhärte der Panzerung ist nach HRC oder HV an mehreren Messpunkten auf der überschlifften Oberfläche zu prüfen. Dabei ist die zugehörige Schichtdicke der Panzerung zu protokollieren. Anforderung: Der vom Hersteller vorgegebene Härtebereich soll eingehalten werden.
1) Hartpanzerungen: Härte größer als Härte im Grundwerkstoff. Weichpanzerungen: Härte gleich oder kleiner als Härte im Grundwerkstoff. 2) Entfällt bei Arbeitsprüfung. 3) Sofern eine simulierte Reparatur durchgeführt wurde, ist dieser Bereich mit zu erfassen.		

Tabelle 8-9: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Panzerungen (Hart- und Weichpanzerungen): Anforderungen an die Prüfungen

Prüfzeitpunkt	Prüfung, Prüfanforderungen
Vor dem Bohren	Oberflächenprüfung (PT, MT) der Rohrplatte, rissartige Anzeigen sind nicht zulässig. Beurteilung: Grundwerkstoff nach KTA 3211.1, Schweißplattierung nach Abschnitt 11.
Vor dem Berohren	Messen von Rohrdurchmesser, Rohrwanddicke, Bohrungsdurchmesser, Nahtvorbereitung und Teilung.
Nach dem Einschweißen (und eventuell nach Anlegen)	Sichtprüfung aller eingeschweißten Rohre auf Kerbfreiheit, saubere Verschweißung der Rohrkanten, Raupenüberlappung, Porenfreiheit.
	Messen des Schweißgutüberhanges c nach Bild 8-17 . Der Überhang ist zu protokollieren. Der zulässige Überhang ist für das jeweilige Bauteil festzulegen.
	Eindringprüfung aller Rohreinschweißungen Anforderung: nach Abschnitt 11.7.
	Durchstrahlungsprüfung aller Rohreinschweißungen, die nicht einem Rohrausdrückversuch oder einem Rohrausziehversuch unterzogen werden. Anforderung: nach DIN EN ISO 15614-8 Abschnitt 8.2.4.
	Metallographische Untersuchungen: a) An ca. 50 % der Rohreinschweißungen ist ein Makroschliff (quer) durchzuführen (bei der Verfahrensprüfung zusätzlich 2 Rohre mit Reparatur). An einer Probeschweißung ist ein Querschliff an zwei Stellen anzufertigen. Die Stellen sollen um 180 Grad gegeneinander versetzt sein. Dabei muss eine dieser Stellen den Bereich einer zweimaligen Wärmeeinbringung erfassen. Bei mehreren Startpositionen ist je Startposition ein Querschliff durchzuführen. b) Makroschliff an einer Rohreinschweißung bei der Verfahrensprüfung, Schliff parallel zur Oberfläche, Schliffebene Mitte Schweißraupe. c) Mikroschliff (mindestens 100 : 1) (bei AP nur in Sonderfällen), Festlegung der Anzahl erfolgt nach Auswertung der Makroschliffe. Die Schliffbeurteilung hat nach den Bewertungskriterien gemäß DIN EN ISO 15614-8 Abschnitt 8.2.5 zu erfolgen.
	Härteprüfung an ferritischen Rohreinschweißungen An einer Rohreinschweißung sind die Härtereihen 1 und 2 nach Bild 8-17 aufzunehmen. Anforderung: Die Härte soll 350 HV 1 nicht überschreiten.
	Bei Festigkeitsschweißungen ist an zwei Rohreinschweißungen ein Rohrausdrückversuch oder ein Rohrausziehversuch durchzuführen. Die Mindestfestigkeit des Rohrwerkstoffes ist zu erreichen.

Tabelle 8-10: Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Rohreinschweißungen: Anforderungen an die Prüfungen

Schweißung	Anzahl der Arbeitsprüfungen (AP) im Geltungsbereich der Verfahrensprüfungen ¹⁾						
	Druckbehälter		Rohrleitungen		Armaturen und Pumpen		
	A1	A2, A3	A1	A2, A3	A1	A2, A3	
LN (AP in Verlängerung einer LN geschweißt)	1 je Behälter ²⁾	1 je 10 LN	1 bei 10 LN und weniger ²⁾	1 bei 20 LN und weniger	1	1	
	2 bei mehr als 5 Schüssen je Behälter ²⁾		2 bei mehr als 10 LN ²⁾	2 bei mehr als 20 LN			
RN (AP getrennt geschweißt) ³⁾	1 bei 50 RN und weniger	1	1 bei 50 RN und weniger	1			
	2 bei mehr als 50 RN		2 bei mehr als 50 RN				
Stutznähte und Anschweißnähte (HV-, DHV-, Kehlnähte) ⁴⁾	1 bei 25 Nähten und weniger	1	1 bei 25 Nähten und weniger	1	1 bei 25 Nähten und weniger	1	
	2 bei mehr als 25 Nähten		2 bei mehr als 25 Nähten				2 bei mehr als 25 Nähten
	1 bei ≤ DN 50 oder s ≤ 16 mm		1 bei ≤ DN 50 oder s ≤ 16 mm				1 bei ≤ DN 50 oder s ≤ 16 mm
Schweißplattierung	1	1	1	1	1	1	
kraftübertragende Auftragschweißung ⁴⁾	1	1	1	1	1	1	
Panzerung	1	1	1	1	1	1	
Fertigungsschweißung (Stahlguss)	–				nach KTA 3211.1		
Verbindung Wärmetauscher-Rohre und -Rohrboden	Manuelle und teilmechanische Schweißung: 1 Rohreinschweißung je Schweißer und Schicht Vollmechanische Schweißung: 1 Rohreinschweißung je Gerät und zu Schichtbeginn 1 Rohreinschweißung je Neueinstellung der Schweißeinrichtung oder bei Störung		–	–	–	–	

1) Sofern in der Tabelle nicht weitergehend geregelt, ist eine Arbeitsprüfung pro Jahr zu schweißen (pro 24 Monate, wenn nur Aufrechterhaltung der Geltungsdauer der Verfahrensprüfung betroffen).

2) Bei vergüteten Werkstoffen sind Arbeitsprüfungen je Grundwerkstoffschmelze und je Wärmebehandlungslos (Vergütung) durchzuführen, wobei mit einer Arbeitsprüfung zwei Grundwerkstoffschmelzen erfasst werden dürfen.

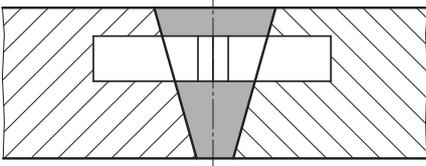
3) Arbeitsprüfungen für Rundnähte entfallen, wenn diese durch Arbeitsprüfungen für Längsnähte erfasst sind.

4) Entfällt, wenn durch Arbeitsprüfungen für Längsnähte oder Rundnähte erfasst.

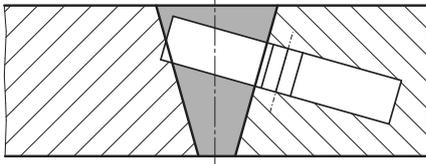
Die Tabelle 8-11 gilt auch für Schweißverbindungen zwischen austenitischen und ferritischen Stählen und für Schweißverbindungen unterschiedlicher ferritischer Stähle.

Tabelle 8-11: Anzahl der Arbeitsprüfungen

Skizze 1: Lage der Kerbschlagprobe im Schweißgut



Skizze 2: Lage der Kerbschlagprobe in der Wärmeeinflusszone

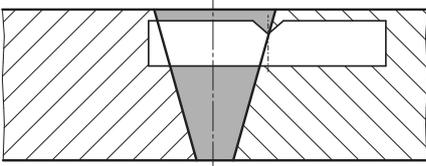


Wenn die dargestellte Lage der Probe aus geometrischen Gründen nicht möglich ist (Wanddicke, Krümmungsradius) oder ein Flankenwinkel von $\leq 10^\circ$ vorliegt, ist die Probenlage nach Skizze 3 zu wählen, bei $s < 10$ mm nach Skizze 4.

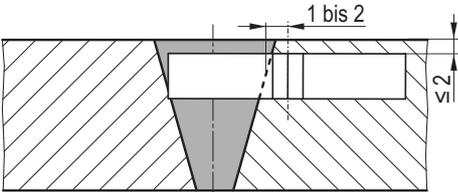
In der Wärmeeinflusszone ist der Kerb $0,5 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ neben der Schmelzlinie anzuordnen.

Skizze 3: Lage der Kerbschlagprobe in der Wärmeeinflusszone

Hinweis:
Kerb in der Schmelzlinie

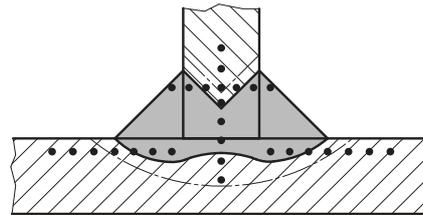
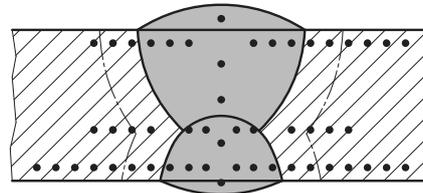
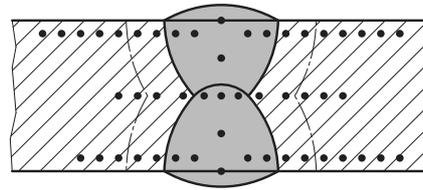


Skizze 4: Kerbschlagprobe gemäß DIN EN ISO 15614-1 in der Wärmeeinflusszone

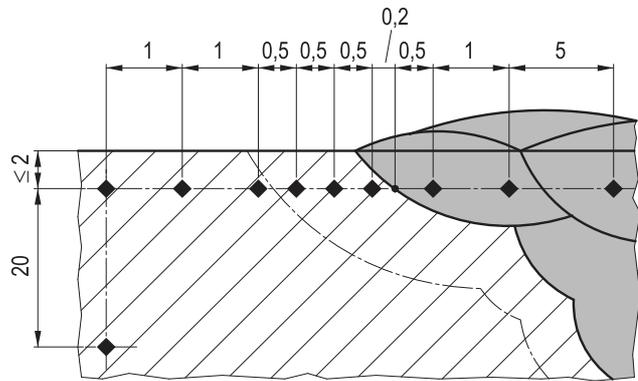


In der Wärmeeinflusszone ist der Kerb 1 bis 2 mm neben der Schmelzlinie anzuordnen.

Bild 8-5: Lage der Kerbschlagprobe im Schweißgut und in der Wärmeeinflusszone



Beispiele für die Lage von Härtereihen



Abstand der Messpunkte bei einer Härteprüfung über die WEZ

Bild 8-6: Lage der Härtereihe bei der Härteprüfung HV 5 an Querschliffen von ferritischen Verbindungsschweißungen

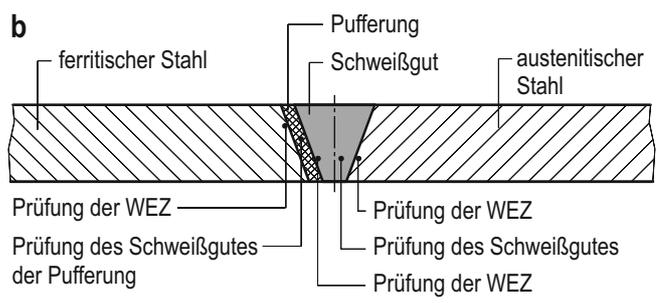
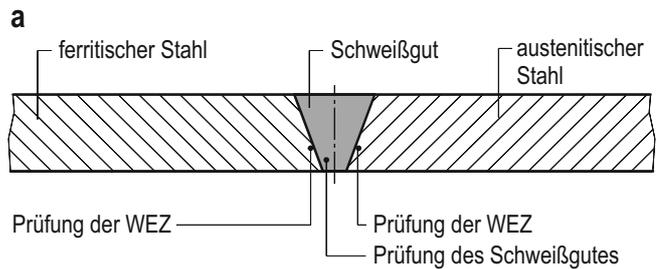
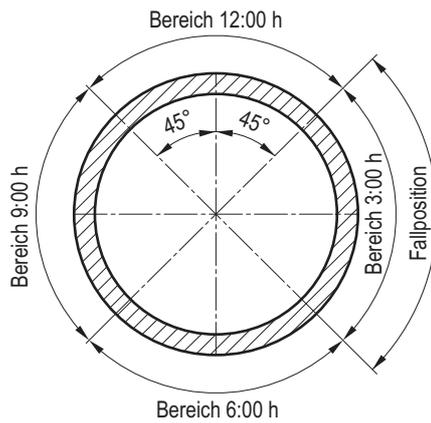


Bild 8-7: Prüfbereiche für Verbindungsschweißungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen



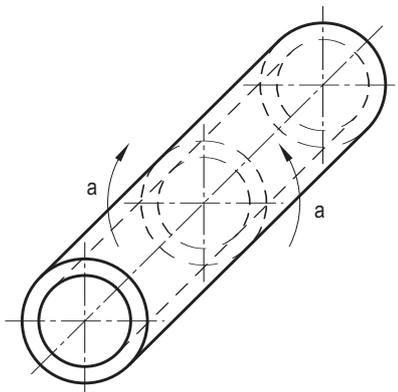
Skizze 1: Probenentnahmebereiche

Probenentnahmebereiche für in Zwangslage geschweißte Rundnähte

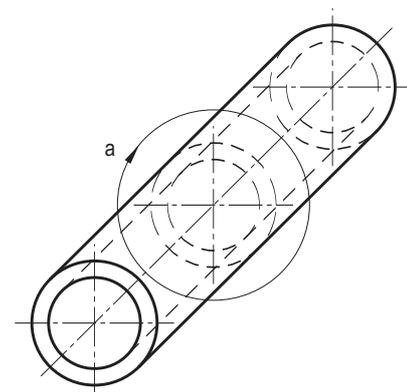
- a) Rohrachse senkrecht: Schweißposition PC; Umfangslage der Proben beliebig
- b) Rohrachse waagrecht: Schweißposition PH oder PK; Anordnung der Proben in den Bereichen 12:00 h, 6:00 h, 3:00 h und 9:00 h nach Skizze.

Bei vollmechanischem WIG(Impuls-)Orbital-Schweißen mit umlaufendem Schweißkopf ist zusätzlich die Fallposition zu berücksichtigen.

Wenn die für die jeweilige Position festgelegte Probenanzahl nicht vollständig entnommen werden kann, ist eine weitere Rundnaht zu schweißen.

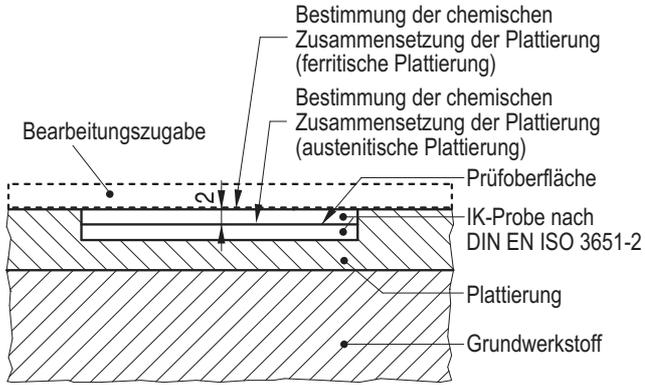


Skizze 2: Rohrposition für Schweißposition PH (Steigendschweißen)
a : Der Pfeil zeigt die Schweißfortschrittsrichtung

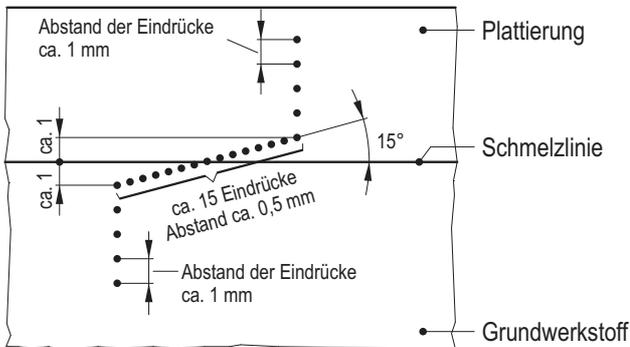


Skizze 3: Rohrposition für Schweißposition PK (Orbitalschweißen)
a : Der Pfeil zeigt die Schweißfortschrittsrichtung

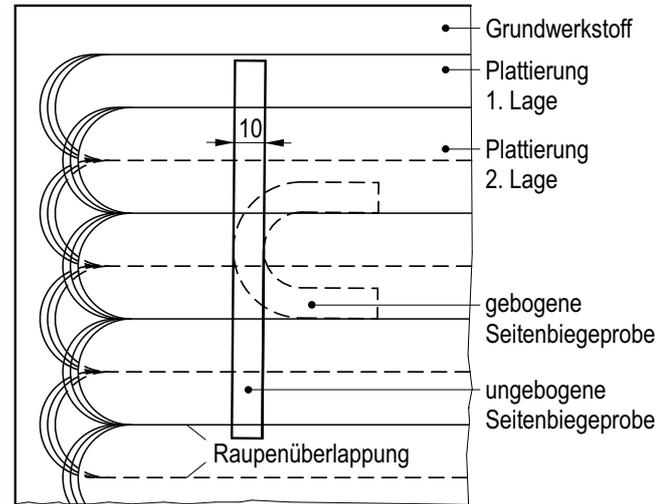
Bild 8-8: Probenentnahmebereiche in Prüfstücken für Rohrrundnähte



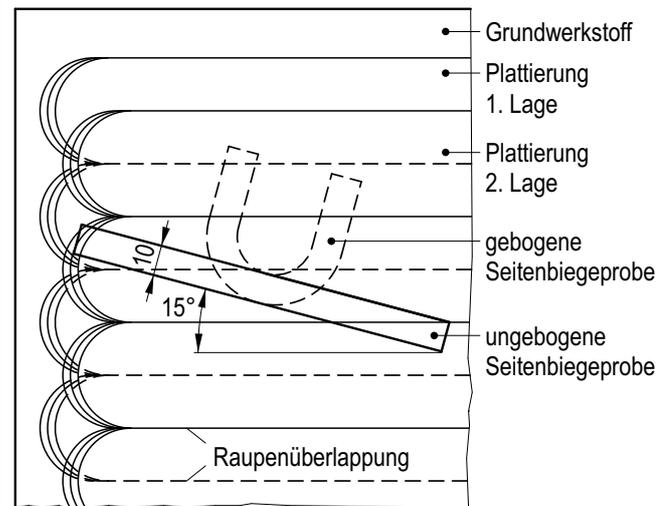
Skizze 1: Korrosionsprüfung und Prüfung der chemischen Zusammensetzung



Skizze 2: Härteprüfung



a quer zur Schweißrichtung



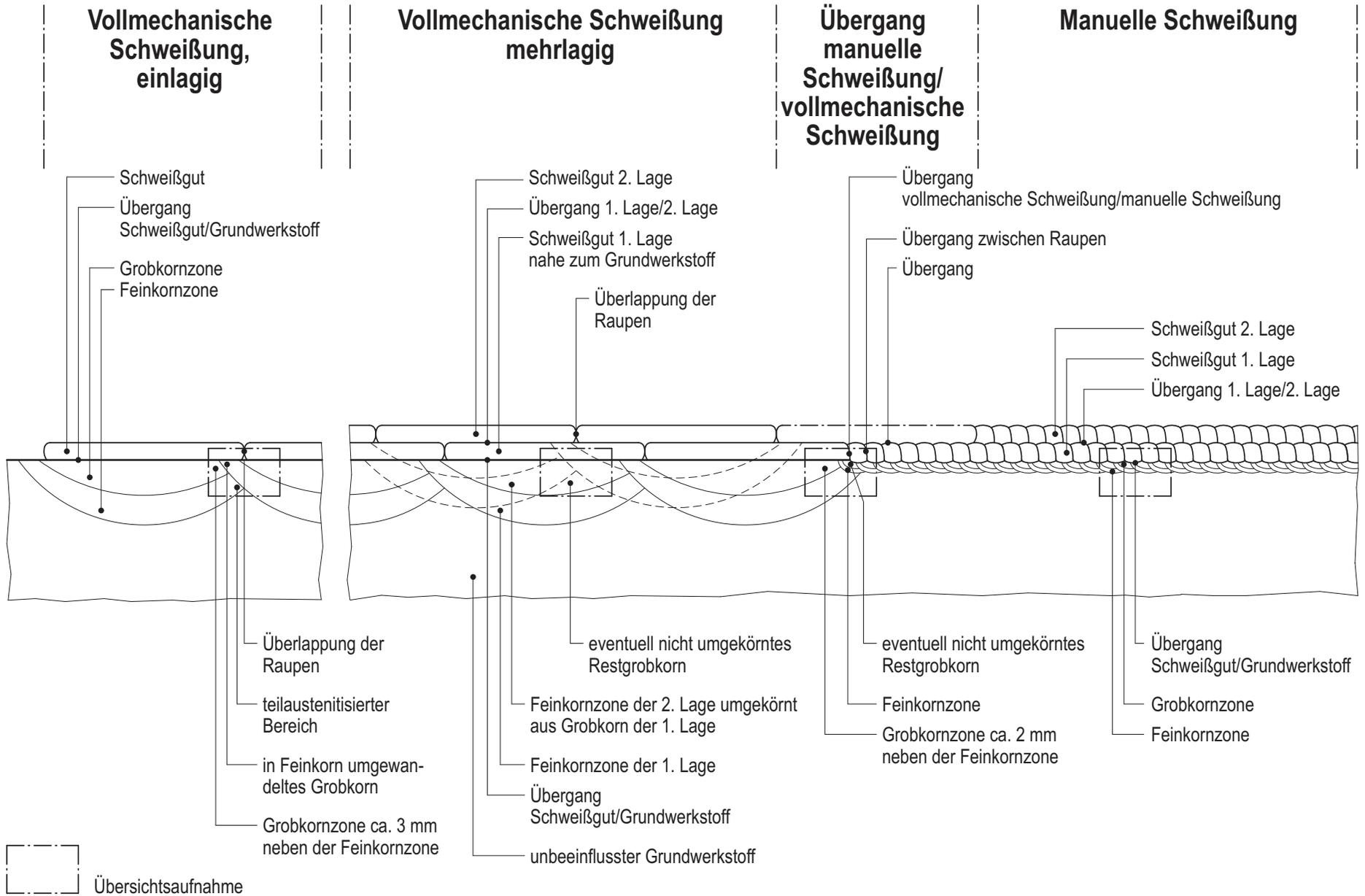
b 15 Grad zur Schweißrichtung

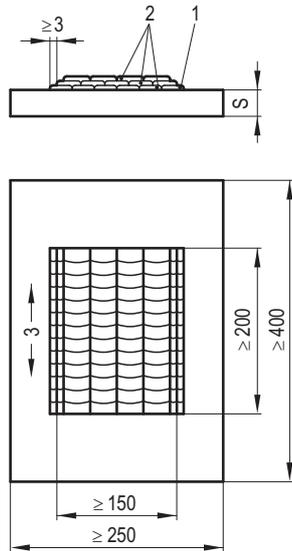
Skizze 3: Seitenbiegeversuch (bei Schweißen mit Bandelektrode)

Bild 8-9: Probenlagen und Prüforte an schweißplattierten Prüfstücken (Fortsetzung siehe Folgeseite)

Bild 8-9: Probenlagen und Prüfforte an schweißplattierten Prüfstücken (Fortsetzung)

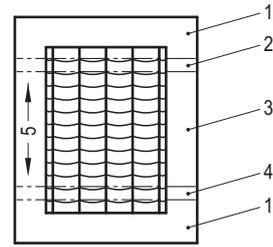
Skizze 4: Übersicht über metallographische Untersuchungen





- 1: Pufferlage, falls erforderlich
- 2: Anzahl der Lagen oder Auftragsdicke in Übereinstimmung mit dem Schweißplan
- 3: Schweißrichtung
- S: Wanddicke des Grundwerkstoffs

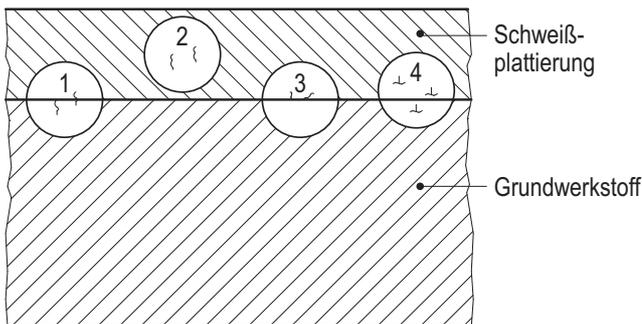
Skizze 1: Prüfstück ebene Platte



- 1: An- und Auslauf (≥ 25 mm) der Auftragsschweißung (Abfallstücke)
- 2: Bereich für 1 Seitenbiegeprobe quer (außer Plattierung Bandschweißen) und 1 Biegeprobe (Hartpanzerung)
- 3: Bereich für:
 - 1 Makroschliffprobe
 - Proben zur Bestimmung des Ferritgehaltes (FN-Nummer), für die IK-Prüfung (Plattierung) und für die chemische Analyse
 - 1 Mikroschliffprobe mit Härteprüfung
 - Proben für Wiederholungsprüfungen
- 4: Bereich für 1 Seitenbiegeprobe quer (außer Plattierung Bandschweißen) und 1 Biegeprobe (Hartpanzerung)
- 5: Schweißrichtung

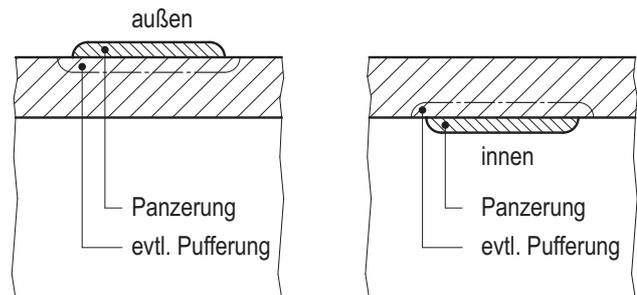
Skizze 2: Probenlage ebene Platte

Bild 8-10: Probenlagen und Prüforte an Prüfstücken mit Auftragschweißungen



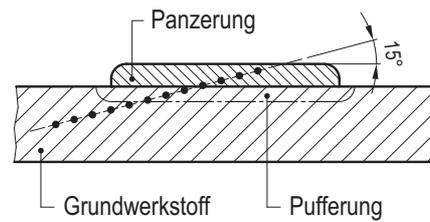
- Fehlerart 1: Trennungen, die in den Grundwerkstoff laufen, sind nur zulässig, wenn die Biegedehnung die Bruchdehnung des Grundwerkstoffs überschritten hat.
- Fehlerart 2: Trennungen in der Schweißplattierung, die keine Verbindung zur Schmelzlinie haben, sind vereinzelt bis 1,6 mm Länge zulässig.
- Fehlerart 3: Trennungen in der Schweißplattierung, die die Schmelzlinie berühren, sind vereinzelt bis 1,6 mm Länge zulässig.
- Fehlerart 4: Trennungen, die auf bereits im unbogenen Zustand vorhandene, zulässige Gefügeengänzen zurückzuführen sind, führen nicht zur Beanstandung.

Bild 8-11: Beurteilung von Trennungen an Seitenbiegeproben im gebogenen Zustand



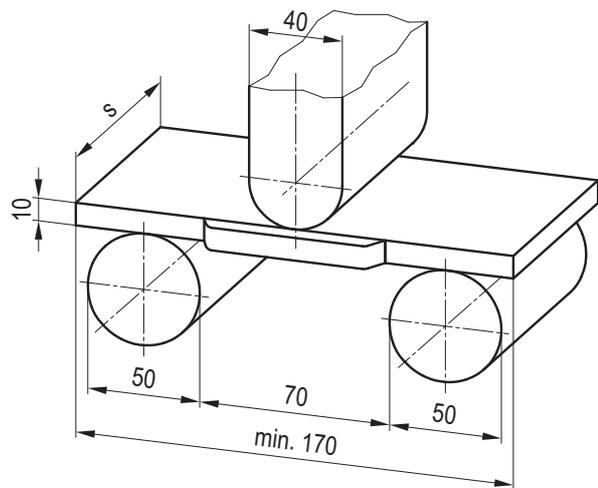
\geq DN 150, Rohrlänge \geq 250 mm

Bild 8-12: Prüfstück für Panzerungen an Röhren



Abstand der Messpunkte entlang der 15°-Linie ca. 1 mm

Bild 8-13: Härteprofil bei Panzerungen

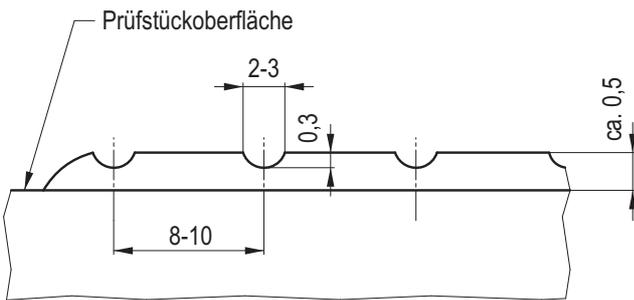


Proben- und Versuchsgeometrie des Seitenbiegeversuchs gemäß DIN EN ISO 5173.

Ab abrunden der Kanten gemäß DIN EN ISO 5173.

Bild 8-14: Biegeprüfung (Seitenbiegeversuch) für Schweißplattierungen

a Zur Erleichterung des Anreißens können vorher Rillen in die Panzerung eingeschliffen werden. Unzulässige Erwärmung der Proben ist zu vermeiden.



> 0,3 bis 0,5 mm (durch Abarbeiten)

Breite der faltproben: 25 mm bis 30 mm

Dicke der faltproben: 10 mm

b Anreißen der Panzerung mit kleineren Auflagerrollenabständen und kleineren Biegedorndurchmessern zur Vorbereitung des Biegeversuchs.

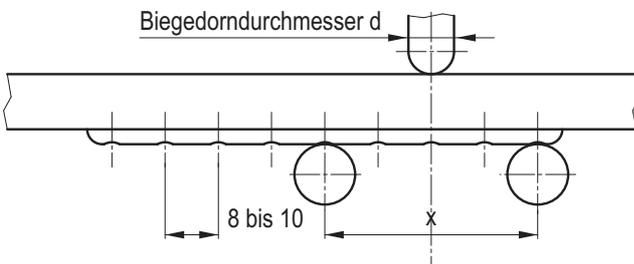
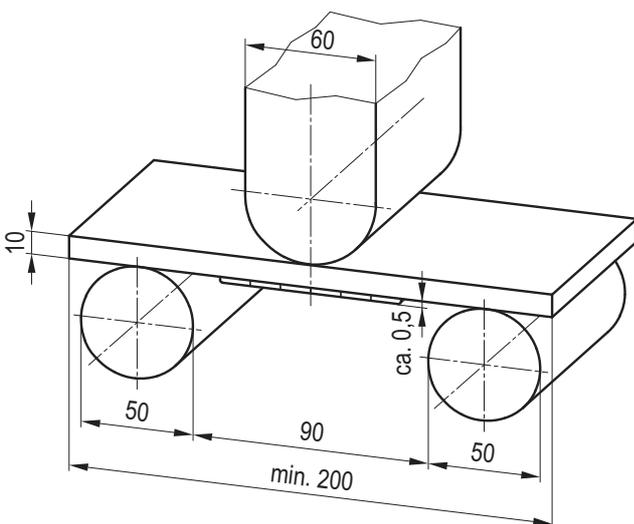


Bild 8-15: Risseinleitung in die Hartpanzerung

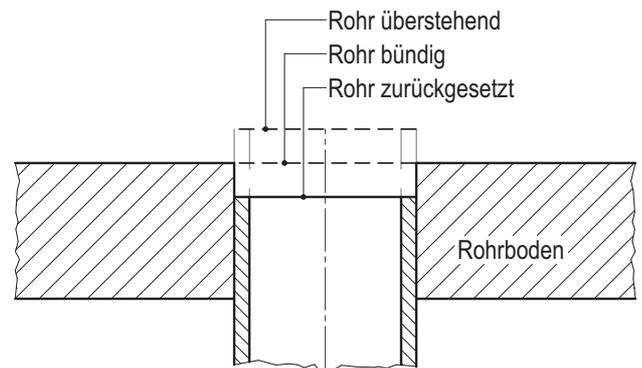


Proben- und Versuchsgeometrie des Biegeversuchs gemäß DIN EN ISO 5173.

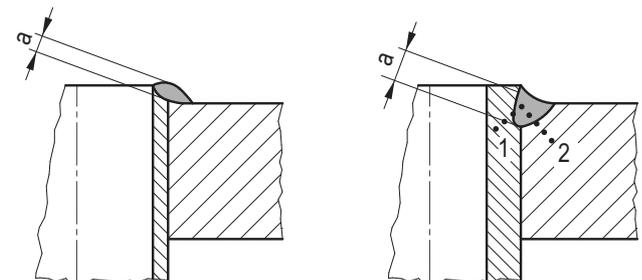
Abrunden der Kanten auf der Zugzone der Proben gemäß DIN EN ISO 5173.

Bild 8-16: Biegeprüfung für Hartpanzerungen

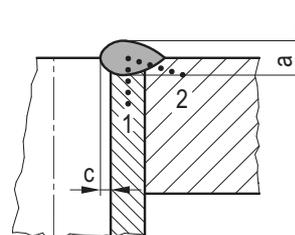
Mögliche Nahtverbindungen



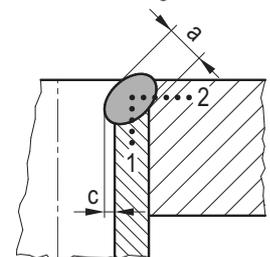
a Rohr überstehend



b Rohr bündig



c Rohr zurückgesetzt



Ein- oder mehrlagige Schweißungen

a : schwächster Querschnitt der Schweißung, ausgehend vom Spaltauslauf

c : Schweißgutüberhang

1, 2 : Härteverlauf

Bild 8-17: Ausführungsbeispiele für Schweißverbindungen von Rohren in Rohrplatten

9 Kennzeichnung, Fertigungsüberwachung und Bauprüfung

9.1 Kennzeichnung

9.1.1 Allgemeines

(1) Für die Herstellung von Bauteilen und Komponenten dürfen nur gekennzeichnete Erzeugnisformen verwendet werden. Die Kennzeichnung darf auch durch Schlüsselnummern oder Kurzzeichen erfolgen.

(2) Der Hersteller muss in Abstimmung mit dem Sachverständigen ein Kennzeichnungssystem schriftlich festlegen, das die Identifizierung der Teile, die Zuordnung zu den entsprechenden Dokumenten und eine eindeutige Rückverfolgbarkeit sicherstellt.

(3) Der Hersteller muss die Erhaltung der Kennzeichnung während der Verarbeitung sicherstellen.

(4) Die Kennzeichnung muss dauerhaft und ohne Beschädigung der Teile angebracht werden

Hinweis:

Als Kennzeichnungsverfahren für Erzeugnisformen, Bauteile, Schweißnähte und Komponenten sind z. B. zulässig:

- a) chloridfreie Farbbänder oder Gummistempel (Farbaufdruck oder Ätzung mit chloridfreier Säure, z. B. Oxal) für dünnwandige Bauteile gleich oder kleiner als 5 mm Wanddicke,
- b) Elektrogravur,
- c) Laserbeschriftung,
- d) Schlagstempel für Teile mit einer Wanddicke größer als 5 mm.

(5) Ist eine Kennzeichnung am Stück nicht möglich, so darf diese durch Anhänger oder Lagerung in gekennzeichneten Behältern ersetzt werden.

(6) Restmaterial, welches aufbewahrt oder weiterverarbeitet werden soll, ist zu kennzeichnen.

9.1.2 Übertragung von Werkstoffkennzeichnungen

(1) Die Übertragung ist so vorzunehmen, dass die Zuordnung der Nachweise zu den Bauteilen, gegebenenfalls mit Hilfe einer dafür ausgestellten Bescheinigung, ebenso gut wie bei der Originalkennzeichnung möglich ist. Durch geeignete Maßnahmen (z. B. Übertragung vor dem Abtrennen von Teilen) ist sicherzustellen, dass Verwechslungen bei der Übertragung ausgeschlossen sind.

(2) Bei Werkstoffen, für die ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 erforderlich ist, hat der Sachverständige die Übertragung zu überwachen und zu bestätigen. Bei Kleinteilen darf die Übertragung durch den Hersteller erfolgen, wenn hierüber eine schriftliche Vereinbarung mit dem Sachverständigen getroffen wurde.

(3) Bei Werkstoffen, die mit Bescheinigungen des Werkstoffherstellers nach DIN EN 10204 (bis einschließlich 3.1) geliefert werden, darf nach schriftlicher Vereinbarung mit dem Sachverständigen die Übertragung durch den Verarbeiter vorgenommen werden. In dieser Vereinbarung ist der für die Übertragung verantwortliche Werksangehörige namentlich zu nennen und das zu verwendende Werkskennzeichen festzulegen.

(4) Wird an Teilen gemäß (2) und (3), die auf der Baustelle weiterverarbeitet werden, die Kennzeichnung im Herstellerwerk vom verantwortlichen Werksangehörigen übertragen, so sind diesen Teilen Bescheinigungen über die Übertragung beizufügen. Aus den Bescheinigungen muss hervorgehen, dass die Übertragung im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durchgeführt wurde. Sie dürfen durch einen entsprechenden Vermerk auf der Bescheinigung über Materialprüfungen nach DIN EN 10204 ersetzt werden.

9.1.3 Kennzeichnung von Schweißnähten und Komponenten

9.1.3.1 Schweißnähte

(1) Die Kennzeichnung einschließlich der Nummerierung der Schweißnähte ist vor Beginn der Prüfung in einer Skizze oder Zeichnung

- a) für Behälter und Pumpen je Komponente,
- b) für Armaturen je Armaturentyp,
- c) für Rohrleitungen je Rohrleitungssystem festzulegen.

(2) Der Nullpunkt und die Hauptrichtung (Drehrichtung) oder die Zählrichtung des Bezugssystems für die Volumenprüfungen sind bleibend zu kennzeichnen. Diese Kennzeichnung muss außerhalb der erforderlichen Prüflängen für die zerstörungsfreien Prüfungen erfolgen.

(3) Müssen Schweißnähte bearbeitet werden, z. B. für zerstörungsfreie Prüfungen, ist ihre Lage eindeutig, dauerhaft und wiederauffindbar zu kennzeichnen.

(4) Die Dokumente hierüber sind der Dokumentation beizufügen.

9.1.3.2 Behälter und Pumpen

Behälter und Pumpen sind auf dem Fabrikschild zu kennzeichnen. Die Darstellung des Fabrikschildes mit den erforderlichen Angaben muss auf der Zusammenstellungszeichnung oder auf einer gesonderten Zeichnung erfolgen. In **Tab. 4-5** sind die Angaben aufgeführt, die mindestens enthalten sein müssen. Zusätzlich müssen die Anschlussstutzen mit der Durchflussrichtung gekennzeichnet sein.

9.1.3.3 Armaturen

(1) Die Kennzeichnung von Armaturen erfolgt auf den Armaturengehäusen oder separat befestigtem Schild. Die jeweils zutreffenden Angaben für die Kennzeichnung sind dauerhaft anzubringen:

- a) Kennzeichnung nach KKS oder AKZ, sofern im ADB angegeben,
- b) Typ,
- c) DN der Armaturen (Eintritt und Austritt bei unterschiedlichen DN),
- d) Werknummer (Bei mehreren Armaturen mit gleicher Werknummer ist für jede Armatur zusätzlich ein Index anzubringen),
- e) Durchflussrichtung,
- f) Hersteller der Armatur,
- g) Bauteilkennzeichen,
- h) Prüfstempel des Herstellers.

(2) Eine Verschlüsselung der Angaben nach (1) a) bis g) ist bei Armaturen zulässig. Das Verschlüsselungssystem ist in den Dokumenten anzugeben.

9.1.3.4 Rohrleitungen

(1) Bei der Kennzeichnung von Rohrleitungsteilen gelten folgende Festlegungen:

- a) Bauteile (sofern nach Zeichnung gefertigt)
 - aa) Bezeichnung der Bauteile (z. B. Ident Nr.),
 - ab) Zeichen des Verarbeiters,
 - ac) Prüfstempel des Verarbeiters.

Bei mehreren gleichen Bauteilen je Zeichnung mit gleicher Bauteilnummer ist eine eindeutige Zuordnung durch einen zusätzlichen Index zu den Dokumentationsunterlagen sicherzustellen.

- b) Rohrbiegungen und in der Vorfertigung zusammengesweißte Rohrleitungsteile (Spools)
- ba) Anlage,
 - bb) Fertigungsisometrie-Nr.,
 - bc) Positions-Nr. in der Fertigungsisometrie,
 - bd) Prüfstempel des Verarbeiters.

(2) Eine Verschlüsselung der vorgenannten Angaben nach Absatz 1 ist mit Ausnahme des Prüfstempels zulässig. Das Verschlüsselungssystem ist in den Dokumenten anzugeben.

9.2 Fertigungsüberwachung und Bauprüfung

9.2.1 Allgemeines

Durch die Fertigungsüberwachung ist sicherzustellen, dass die gestellten Qualitätsanforderungen eingehalten werden. Durch die Bauprüfung ist die Einhaltung der gestellten Qualitätsanforderungen abschließend nachzuweisen.

9.2.2 Prüfbeteiligung

(1) Für die vom Hersteller und Sachverständigen durchzuführenden Prüfungen gelten die Festlegungen der **Tabellen 9-1 bis 9-3**.

(2) Alle zerstörenden Prüfungen sind in Anwesenheit des Sachverständigen durchzuführen und von ihm zu bescheinigen.

9.2.3 Fertigungsüberwachung

9.2.3.1 Fertigungsüberwachung durch den Hersteller

(1) Die Grundlage für die Fertigungsüberwachung ist das Kontrollblatt (**Tabelle 9-1**). Herstellungsbedingt können Ergänzungen zu diesem Kontrollblatt erforderlich werden.

(2) Der Hersteller hat einen komponentenspezifischen Kontrollplan der die erforderlichen Prüfungen und Kontrollen nach Kontrollblatt sowie eventuell weitere erforderliche Prüfungen und Kontrollen enthält, zu erstellen.

Hinweis:

Systembezogene QS-Maßnahmen des Herstellers werden hiervon nicht beeinflusst.

(3) Der Hersteller hat sicherzustellen, dass die im Kontrollplan festgelegten Prüfungen und Kontrollen durchgeführt werden. Der Kontrollplan muss vor Beginn des betreffenden Fertigungsabschnittes vorliegen.

(4) Bei Übernahme der durchzuführenden Kontrollen in den Prüffolgeplan (z. B. bei geringer Zahl von Prüfungen) ist ein Kontrollplan nicht erforderlich.

(5) Bei der Prüfdurchführung wird unterschieden zwischen H 1 und H 2:

H 1 : Vom Hersteller in jedem Fall durchzuführende Prüfungen und Kontrollen,

H2 : Vom Hersteller durchzuführende Prüfungen und Kontrollen, die bei beherrschter Fertigung als Stichproben durchgeführt werden dürfen.

Der Umfang der stichprobenweisen Kontrollen ist hinsichtlich der Prüfgruppe, der Einzelteilgruppe, der Verarbeitungssicherheit des Werkstoffes und der Herstellungsverfahren festzulegen. Bei beherrschter Fertigung (langjährige Fertigungserfahrung, geringe Fehlerhäufigkeit) ist von einem geringen Umfang der stichprobenweisen Prüfungen auszugehen. Werden bei den stichprobenweisen durchgeführten Prüfungen oder Kontrollen Abweichungen festgestellt, ist der Stichprobenumfang zu erhöhen. Gegebenenfalls sind zusätzliche Kontrollschritte durchzuführen.

(6) Die **Tabellen 9-2** und **9-3** enthalten Angaben zur Erstellung des Kontrollplanes und zur Durchführung der Prüfungen und Kontrollen. Bei Serienprodukten sind Standard-Kontrollpläne zulässig.

9.2.3.2 Fertigungsüberwachung durch den Sachverständigen

(1) Der Sachverständige hat auf der Grundlage des Kontrollblattes (**Tabelle 9-1**) einen komponentenspezifischen Kontrollplan mit den durch ihn durchzuführenden Prüfungen und Kontrollen zu erstellen.

(2) Bei der Prüfdurchführung wird unterschieden zwischen

- S 1: Vom Sachverständigen in jedem Fall durchzuführende Prüfungen und Kontrollen;

- S 2: Vom Sachverständigen stichprobenweise durchzuführende Prüfungen und Kontrollen (keine Haltepunkte).

(3) Die **Tabellen 9-2** und **9-3** enthalten Angaben zur Erstellung des Kontrollplanes und zur Durchführung der Prüfungen und Kontrollen.

9.3 Durchführung von Bauprüfungen

9.3.1 Allgemeines

(1) Die Grundlage für Bauprüfungen ist das Bauprüfblatt nach **Tabelle 9-4**. Der Hersteller hat einen komponentenspezifischen Prüffolgeplan in dem alle erforderlichen Bau- oder Teilbauprüfungen aufgeführt sind, zu erstellen. Er hat sicherzustellen, dass die im Prüffolgeplan festgelegten Prüfungen und Kontrollen durchgeführt werden. Die Bestätigung der durchgeführten Prüfungen erfolgt durch Stempelung und gegebenenfalls Protokoll gemäß den Vorgaben im Bauprüfblatt.

(2) Die **Tabellen 9-2** und **9-3** enthalten Angaben zur Erstellung des Prüffolgeplanes und zur Durchführung der Bauprüfungen.

9.3.2 Stichprobenweise Prüfungen

(1) Stichprobenweise Prüfungen durch den Hersteller setzen nachgewiesene Herstellungsverfahren voraus. Soweit in den **Tabellen 9-4** und **9-5** stichprobenweise Prüfungen angegeben sind, gelten folgende Festlegungen:

a) Behälter und Pumpen

Stichproben gelten, bezogen auf die Nahtlängen, bei Prüfgruppe A1 pro Komponente und bei Prüfgruppen A 2 und A 3 pro Lieferlos und pro Kernkraftwerksanlage. Die zu prüfende Nahtlänge darf auf mehrere Nähte verteilt werden, wenn sich dabei für die Prüfung ausreichende Nahtlängen ergeben. Ist das nicht gegeben, so ist die gesamte Prüflänge auf eine Naht zu beziehen.

b) Armaturen

Der Umfang der Prüfungen bezieht sich bei gleich oder kleiner als DN 300 und bei Prüfgruppe A 3 auf das Lieferlos und die Vorprüfeinheit. Die zu prüfende Nahtlänge darf auf mehrere Nähte verteilt werden, wenn sich dabei für die Prüfung ausreichende Nahtlängen ergeben. Ist dies nicht gegeben, so ist die gesamte Prüflänge auf eine Naht zu beziehen. Es muss jedoch mindestens eine Schweißnaht oder ein Stück zu 100 % geprüft werden. Bei größer als DN 300 bezieht sich der Prüfumfang für die Prüfgruppen A 1 und A 2 auf die Komponente.

c) Rohrleitungen

Bei Bauteilen bezieht sich der Umfang der Prüfungen auf die Anzahl gleichartiger Nahttypen je Lieferlos. Bei vorgefertigten Rohrleitungsteilen (Spools) und Montagenähten bezieht sich der Umfang der Prüfungen auf die Anzahl gleichartiger Nahttypen je Hersteller, Rohrleitungssystem und Kernkraftwerksanlage.

(2) Für die Ultraschallprüfung werden die zu prüfenden Bereiche vom Hersteller oder vom Sachverständigen je nach Prüfbeteiligung unabhängig voneinander festgelegt.

(3) Für die Oberflächenprüfung und Durchstrahlungsprüfung sind die zu prüfenden Nähte oder Nahtabschnitte vom Hersteller mit dem Sachverständigen festzulegen.

(4) Für die Erweiterung des Prüfumfanges gilt:

- a) Wird bei der Prüfung durch den Hersteller eine nicht zulässige Anzeige festgestellt, ist der Prüfumfang zu verdoppeln. Bei weiteren nicht zulässigen Anzeigen ist der Prüfumfang auf 100 % zu erweitern.
- b) Werden im Rahmen der Prüfungen durch den Sachverständigen an einer vom Hersteller geprüften Schweißnaht nicht zulässige Anzeigen festgestellt, so ist eine gemeinsame Nachprüfung mit den vorher verwendeten Prüftechniken durchzuführen. Liegt ein Prüfeinfluss vor, ist zusätzlich zum vorgesehenen Prüfumfang eine weitere von demselben Prüfer geprüfte Schweißnaht zu prüfen. Werden in diesem Falle weitere nicht zulässige Anzeigen festgestellt, so sind alle von diesem Prüfer geprüften Schweißnähte einer Komponente oder eines Rohrleitungssystems einer Nachprüfung durch den Sachverständigen zu unterziehen. Wird bei der gemeinsamen Nachprüfung ein Einfluss der Prüftechnik festgestellt, sind die Prüfungen mit abgestimmter Prüftechnik zu wiederholen.
- c) Werden im Rahmen der Prüfungen durch den Sachverständigen nicht zulässige Anzeigen in vom Hersteller nicht geprüften Nähten festgestellt, ist wie folgt vorzugehen:
 - ca) Der Hersteller hat den Prüfumfang zu verdoppeln.
 - cb) Der Sachverständige führt erneut stichprobenweise Prüfungen an vom Hersteller nicht geprüften Nähten durch. Werden hierbei wiederum nicht zulässige Anzeigen durch den Sachverständigen festgestellt, ist vom Hersteller der Prüfumfang auf 100 % zu erweitern.
 - cc) Der Sachverständige führt weitere stichprobenweise Prüfungen durch.

9.3.3 Fertigungstoleranzen

9.3.3.1 Allgemeines

Soweit im Auslegungsdatenblatt, den Rohrleitungsbelastungsangaben oder den Vorprüfunterlagen nicht anders vorgegeben, sind die Toleranzen nach DIN ISO 2768-1 und DIN ISO 2768-2 einzuhalten.

9.3.3.2 Toleranzen für Druckbehälter

(1) Die Unrundheit U in Prozent ist nach folgender Formel zu berechnen:

$$U = 200 \cdot \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{max} + D_{min}} \quad (9-1)$$

Nachfolgende Tabelle gibt die zulässigen Unrundheiten in Abhängigkeit vom Wanddicken- und Durchmesser Verhältnis sowie von der Beanspruchung wieder:

Verhältnis Wanddicke zu Durchmesser s/D	Beanspruchung in % durch	
	Innendruck	Außendruck
≤ 0,01	2,0	1,5
≤ 0,1	1,5	1,5
> 0,1	1,0	1,0

(2) Die zulässige Abweichung von der Geraden bezogen auf die zylindrische Länge beträgt 0,5 %.

(3) Die Toleranz des mittleren Außendurchmessers bei Behältern beträgt ± 1,5 % (aus dem Umfang errechnet).

(4) Die Toleranzen des mittleren Innendurchmessers bei Wärmetauschern betragen:

- a) D_i gleich oder kleiner als 500 mm:
 D_i des Umlenklechdurchmessers + 2 mm.
- b) D_i größer als 500 mm und gleich oder kleiner als 1000 mm:
 D_i des Umlenklechdurchmessers + 4 mm.
- c) D_i größer als 1000 mm:
 D_i des Umlenklechdurchmessers + 6 mm.

9.3.3.3 Toleranzen für Rohre

(1) Für die Toleranzen (Grenzabmaße) gilt:

- a) bei nahtlosen warmgefertigten Rohren aus austenitischem Werkstoff:
mit $D_a \leq 219,1$ mm die Toleranzklasse D2/T2 nach DIN EN 10216-5 und mit $D_a > 219,1$ mm die Toleranzklasse D1/T2 nach DIN EN 10216-5,
- b) bei nahtlosen kaltgefertigten Rohren aus austenitischem Werkstoff die Toleranzklasse D4/T4 nach DIN EN 10216-5,
- c) bei geschweißten Rohren aus austenitischem Werkstoff:
mit $D_a \leq 168,3$ mm die Toleranzklasse D4/T3 nach DIN EN 10217-7 und mit $D_a > 168,3$ mm die Toleranzklasse D2/T3 nach DIN EN 10217-7,
- d) bei nahtlosen Rohren aus ferritischem Werkstoff der Werkstoffgruppe WI:
DIN EN 10216-2 Tabelle 10,
- e) bei nahtlosen warmgefertigten Rohren aus ferritischem Werkstoff der Werkstoffgruppe WII:
DIN EN 10216-2 Tabelle 7,
- f) bei nahtlosen kaltgefertigten Rohren aus ferritischem Werkstoff der Werkstoffgruppe WII:
DIN EN 10216-2 Tabelle 11,
- g) bei elektrisch geschweißten Rohren aus ferritischem Werkstoff:
DIN EN 10217-2 Tabelle 7,
- h) bei UP-geschweißten Rohren aus ferritischem Werkstoff:
DIN EN 10217-5 Tabelle 7.

(2) Folgende Unrundheiten nach Gleichung 9-1 sind zulässig:

- a) bei Innendruck: 2 %;
- b) bei Außendruck: 1 %.

9.3.3.4 Toleranzen für Rohrbogen und Rohrbiegungen

(1) Die Unrundheit nach Gleichung 9-1 darf 5 % nicht überschreiten. An den Schweißkanten darf die maximale Unrundheit 2 % betragen.

(2) Für Längen- und Winkelmaße gelten die Festlegungen des Abschnitts 9.3.3.1.

(3) Das Verhältnis r_m/d_a von Rohrbiegungen muss gleich oder größer als 1,5 betragen. Ein Verhältnis r_m/d_a von gleich oder größer als 2 ist anzustreben.

(4) Die zulässige Wellenbildung ist im Rahmen der Begutachtung des Herstellungsverfahrens festzulegen, wobei die Anforderungen nach KTA 3211.2 Abschnitt A 5.2.2.2 zu erfüllen sind.

(5) Für die Wanddickenverläufe bei Induktivbiegungen gelten folgende Anforderungen:

- a) Die Erwartungswerte für die Wanddickenerhöhungen auf der Krümmungsinnenseite und die Wanddickenvermindierungen auf der Krümmungsaußenseite sind für Standardbiegungen in Abhängigkeit vom r_m/d_a -Verhältnis in **Bild 9-1** dargestellt. Die in **Bild 9-1** angegebenen Toleranzbereiche sind als Anforderung für die Maßkontrolle bei der Abnahme grundsätzlich einzuhalten.

- b) Sofern die Biegungen Wanddickenwerte außerhalb der Toleranzbereiche für Standardbiegungen aufweisen, sind diese als Abweichung (Maßabweichung von der Standardbiegung) zu behandeln. In diesem Fall ist vom Hersteller ein Abweichungsbericht unter Angabe der Istmaße zu erstellen. Die Zulässigkeit der Istwanddickenverläufe und ihr Einfluss auf die Analyse des mechanischen Verhaltens nach KTA 3211.2 sind für den Einzelfall rechnerisch zu bewerten.
- c) Die rechnerisch erforderliche Mindestwanddicke nach KTA 3211.2, Abschnitt A 5.2.2.4 muss auf der Krümmungsaußenseite eingehalten sein.
- d) Werte und Verlauf der Fertigungswanddicken sind an der Biegung zu ermitteln. Die Istwerte sind bei der Abnahme der Biegungen am Querschnitt in der Mitte und an den Enden des Biegebereiches jeweils an der Krümmungsaußenseite, Krümmungsinenseite und in der neutralen Faser zu messen und zu protokollieren. Ergänzend ist die Wanddicke an beiden geraden Enden jeweils am unbeeinflussten geraden Rohr in Verlängerung der Krümmungsaußenseite und der Krümmungsinenseite zu messen und zu protokollieren.
- Als Bezugsgröße für die Wanddickenerhöhung an der Krümmungsinenseite und die Wanddickenverminderung an der Krümmungsaußenseite ist der Mittelwert der Wanddicke des Ausgangsrohres zu verwenden, der sich aus den Messwerten am unbeeinflussten geraden Rohr außerhalb des Biegebereiches am gleichen Rohrfangwinkel ergibt (Mittelwert aus beiden Enden).
- e) Die Wanddickenverläufe an den Fertigungsbiegungen müssen bei gleichem r_m/d_a -Verhältnis mit den Wanddickenwerten der Biegung, aus der die Probenentnahme für die mechanisch-technologischen Prüfungen erfolgt, vergleichbar sein. Dies ist gegeben, wenn die Toleranzbereiche gemäß **Bild 9-1** eingehalten sind.
- (6) Für Kaltbiegungen und Bogen ist eine Wanddickenverminderung auf der Krümmungsaußenseite bei gleichzeitiger Wanddickenerhöhung auf der Krümmungsinenseite ohne zusätzliche rechnerische Nachweisführung zulässig, wenn ein Wert von 15 %, bezogen auf die Nennwanddicke, nicht überschritten und die rechnerisch erforderliche Wanddicke nach KTA 3211.2 Abschnitt A 5.2.2.4 eingehalten wird. Höhere Werte der Fertigungswanddicken an der Krümmungsinenseite (abdeckender Anhaltswert für die Stauchung: bis 25 % bezogen auf die Nennwanddicke) sind zulässig, wenn der rechnerische Nachweis erbracht wird.

9.3.4 Kontrollen im Rahmen der Schweißüberwachung

- (1) Es gelten die Anforderungen der Abschnitte 5.4 bis 5.7.
- (2) Der Durchführung von Sichtprüfungen vor, während und nach dem Schweißen ist DIN EN ISO 17637 zugrunde zu legen.
- (3) Für die Kontrolle des Kantenversatzes bei einseitig zu schweißenden Nähten gilt Abschnitt 9.3.5.

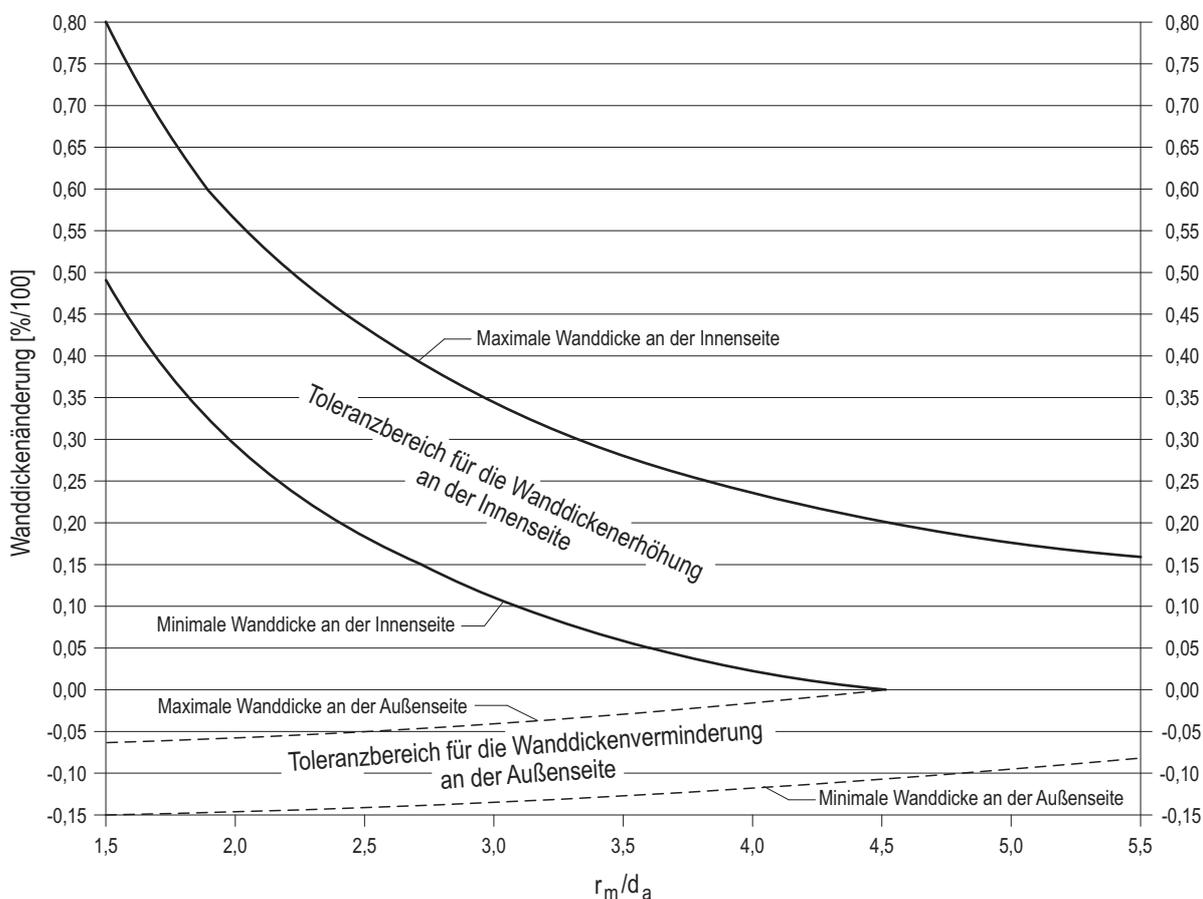


Bild 9-1: Erwartungswerte für die Wanddickenerhöhung an der Krümmungsinenseite und die Wanddickenverminderung an der Krümmungsaußenseite von Standard-Induktivbiegungen in Abhängigkeit vom Verhältnis r_m/d_a

9.3.5 Kontrolle des Kantenversatzes bei einseitig zu schweißenden Nähten

(1) Sollen Nähte nach dem Schweißen von innen nicht bearbeitet werden, ist nach dem Zusammenbau eine Kontrolle der nach Abschnitt 5.7.1.2.2 geforderten Zentrierung durchzuführen, um die Voraussetzungen für eine einwandfreie Wurzelschweißung sicherzustellen.

(2) Die Kontrolle der Zentrierung und des Kantenversatzes sollen visuell und soweit erforderlich durch Nachmessen mit einer Lehre durchgeführt werden. Messungen des Kantenversatzes über die Außenoberfläche und die Wanddicke (im gehefteten und im fertiggeschweißten Zustand) sind nur in Sonderfällen erforderlich.

(3) Die Einhaltung des zulässigen Kantenversatzes nach **Tabelle 5-3** ist zu bestätigen.

9.3.6 Zerstörungsfreie Prüfungen

9.3.6.1 Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfungen

(1) Prüfungen vor dem Schweißen

a) Die Ultraschallprüfung der Schweißkanten- und Anschweißbereiche hat, soweit Fugenflanken angearbeitet werden, vor dem Anarbeiten zu erfolgen. Die Prüfung ist dann durchzuführen, wenn sie nicht bereits nach KTA 3211.1 an den Erzeugnisformen erfolgte (siehe auch **Tabelle 9-1**).

b) Die Oberflächenprüfung der Fugenflanken hat im endbearbeiteten Zustand zu erfolgen.

(2) Prüfungen nach dem Schweißen

a) Die Prüfungen sind im endbearbeiteten Zustand und, sofern Wärmebehandlungen erfolgen, grundsätzlich nach der letzten Wärmebehandlung (einschließlich Spannungsarmglühung) durchzuführen.

b) Ist die Prüfung der Oberflächen nach der letzten Wärmebehandlung nur eingeschränkt durchführbar, so ist die Prüfung der eingeschränkt prüfbaren Bereiche zu einem früheren Zeitpunkt vorzunehmen.

c) Die Durchstrahlungsprüfung darf auch vor der Wärmebehandlung erfolgen, wenn nach der Wärmebehandlung eine Ultraschallprüfung durchgeführt wird.

d) Sind Auftragschweißungen nach der letzten Wärmebehandlung nicht mehr zugänglich, muss die Prüfung vor der letzten Wärmebehandlung, jedoch mindestens nach einer Spannungsarmglühung durchgeführt werden.

(3) Prüfungen vor und nach der Erstdruckprüfung

Höherbeanspruchte Bereiche sind vor und nach der Erstdruckprüfung mit den gleichen Prüfverfahren gemäß Abschnitt 9.3.14 zu prüfen.

9.3.6.2 Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen

9.3.6.2.1 Prüfungen vor dem Schweißen

(1) Vor dem Schweißen sind die Fugenflanken von Schweißnähten auf Oberflächenfehler zu prüfen.

(2) Eine Ultraschallprüfung der Schweißkantenbereiche ist dann durchzuführen, wenn sie nicht bereits nach KTA 3211.1 an den Erzeugnisformen erfolgte (siehe auch **Tabelle 9-4**).

(3) Bei Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen gilt zusätzlich

a) Vor dem Anarbeiten der Fugenflanken sind die Pufferungen mittels Senkrechteinschallung vollständig auf Bindung zu prüfen. Sofern eine Wärmebehandlung erfolgt, ist diese Prüfung nach der Wärmebehandlung durchzuführen.

b) Vor dem Schweißen der Verbindungsnaht sind die Pufferungen mit dem Eindringverfahren auf Oberflächenfehler zu prüfen.

(4) Oberflächen, die eine Auftragschweißung erhalten sollen, sind auf Oberflächenfehler zu prüfen, sofern diese Prüfung nicht bereits nach KTA 3211.1 erfolgte. Bei eingeschränkter Zugänglichkeit oder nicht ausreichender Magnetisierbarkeit darf anstelle des Magnetpulververfahrens das Eindringverfahren angewandt werden.

9.3.6.2.2 Prüfungen nach dem Schweißen

(1) Bei den Prüfungen ist der jeweilige im Abschnitt 11 näher benannte Prüfbereich bestehend aus Schweißgut und angrenzendem Grundwerkstoff vollständig zu erfassen.

(2) Das jeweils zur Anwendung kommende Prüfverfahren und die Prüfumfänge sind der **Tabelle 9-5** zu entnehmen. Andere Prüfverfahren (z. B. Wirbelstromprüfung, digitale Radiografie) dürfen angewendet werden, wenn deren Eignung zur Erfüllung der Aufgabenstellung nachgewiesen ist. Zusätzlich gelten die Festlegungen gemäß den nachfolgenden Absätzen 3 bis 7.

(3) Schweißnähte aus ferritischen Stählen

Bei eingeschränkter Zugänglichkeit oder bei Einschränkung aufgrund der Geometrie darf mit dem Sachverständigen die Anwendung des Eindringverfahrens anstelle des Magnetpulververfahrens festgelegt werden.

Ist die innere Oberfläche weder für eine Magnetpulver- noch für eine Eindringprüfung zugänglich, so ist

a) bei Nennwanddicken gleich oder größer als 8 mm eine Ultraschallprüfung durchzuführen und hierbei sicherzustellen, dass der Auftreffwinkel gemäß **Tabelle 11-6** eingehalten wird

oder

b) bei Nennwanddicken kleiner als 8 mm eine Durchstrahlungsprüfung gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.2.4.2 durchzuführen.

Kann die vollständige Ultraschallprüfung nach Abschnitt 11.3.4.3 oder 11.3.4.4 nach der letzten Wärmebehandlung nicht durchgeführt werden, so sind zusätzlich zu der nicht vollständigen Prüfung nach der letzten Wärmebehandlung ergänzende Maßnahmen erforderlich. Als ergänzende Maßnahme kommen eine vollständige Ultraschallprüfung nach Abschnitt 11.3.4.3 oder 11.3.4.4 zu einem anderen Zeitpunkt der Fertigung, z. B. nach mindestens einem Spannungsarmglühen, eine Prüfung mit zusätzlichen Einschallwinkeln, die Absenkung der Registrierschwelle, der Einsatz spezieller Prüfköpfe oder eine zusätzliche Durchstrahlungsprüfung in Betracht.

(4) Schweißnähte aus austenitischen Stählen sowie Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen

a) Ist bei Stumpfnähten die innere Oberfläche für eine Eindringprüfung nicht zugänglich, so ist

aa) bei Nennwanddicken gleich oder größer als 16 mm eine Ultraschallprüfung der inneren Oberfläche nach Abschnitt 11.4.2.3 durchzuführen,

ab) im Nennwanddickenbereich s gleich oder größer als 8 mm und kleiner als 16 mm eine Ultraschallprüfung der inneren Oberfläche nach Abschnitt 11.4.2.3 oder eine Durchstrahlungsprüfung gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.2.4.2 durchzuführen; es soll das gleiche Prüfverfahren angewendet werden, das bei wiederkehrenden Prüfungen zum Einsatz kommt,

ac) bei Nennwanddicken kleiner als 8 mm eine Durchstrahlungsprüfung gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.2.4.2 durchzuführen.

b) Bei Schweißnähten zwischen ferritischen und austenitischen Stählen ist die Grenzfläche zum ferritischen Grundwerkstoff nach dem Schweißen der Verbindungsnaht mit dem Ultraschallverfahren oder mit dem Durchstrahlungsverfahren auf Bindung zu prüfen. Es ist

- ba) bei Wanddicken s gleich oder größer als 16 mm eine Ultraschallprüfung durchzuführen,
- bb) im Wanddickenbereich s gleich oder größer als 8 mm und kleiner als 16 mm eine Ultraschallprüfung oder eine Durchstrahlungsprüfung durchzuführen,
- bc) bei Wanddicken s kleiner als 8 mm eine Durchstrahlungsprüfung durchzuführen.

Ist die Ultraschallprüfung für diese Bereiche eingeschränkt, ist zusätzlich eine Durchstrahlungsprüfung durchzuführen.

c) Ist der Prüfbereich bei der Durchstrahlungsprüfung nur eingeschränkt erfassbar, z. B. Bereich der Schweißnahtflanke bei Stützen, ist zusätzlich eine Ultraschallprüfung durchzuführen. Dabei sind solche Prüftechniken einzusetzen, mit denen der eingeschränkt prüfbare Bereich erfasst wird. Die verfahrenstechnischen Anforderungen sind in einer Prüfanweisung festzulegen.

(5) Plattierungen sind im endbearbeiteten Zustand

- a) mit dem Eindringverfahren zu prüfen,
- b) einer Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 11.6.2.1.2 zu unterziehen.

(6) An Panzerungen und Pufferungen für Panzerungen ist die gesamte Oberfläche der Panzerung und, soweit vorhanden, der angrenzenden Pufferung im endbearbeiteten Zustand mit dem Eindringverfahren und mittels Ultraschall gemäß Abschnitt 11.6.2.2 zu prüfen.

(7) Formgebende Schweißungen sind im endbearbeiteten Zustand

- a) einer Oberflächenprüfung zu unterziehen, wobei bei eingeschränkter Zugänglichkeit oder nicht ausreichender Magnetisierbarkeit anstelle des Magnetpulververfahrens das Eindringverfahren angewandt werden darf,
- b) einer Ultraschallprüfung bei ferritischen formgebenden Schweißungen gemäß Abschnitt 11.6.2.3.2 und bei austenitischen formgebenden Schweißungen gemäß Abschnitt 11.6.2.5.2 und **Tabelle 9-6** zu unterziehen.

9.3.6.3 Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen

Die Durchführung der Prüfungen hat nach den Festlegungen im Abschnitt 11 zu erfolgen.

9.3.6.4 Teilnahme an den zerstörungsfreien Prüfungen

Der Sachverständige hat an der Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen unter Beachtung der **Tabelle 9-4** wie folgt teilzunehmen:

- a) Ultraschallprüfung
 - aa) Die manuelle Ultraschallprüfung ist vom Sachverständigen unabhängig von den Prüfungen des Herstellers durchzuführen und zu bewerten.
 - ab) Bei mechanisierten Prüfungen hat der Sachverständige an der Empfindlichkeitsjustierung der Prüfanlage teilzunehmen, die Durchführung stichprobenweise zu kontrollieren und das Ergebnis zu bewerten.

b) Durchstrahlungsprüfung

Die Bilder der Durchstrahlungsprüfung sind vom Sachverständigen zu bewerten. Die Durchführung der Prüfung ist vom Sachverständigen stichprobenweise zu kontrollieren.

c) Oberflächenprüfung (Magnetpulverprüfung und Eindringverfahren)

Der Sachverständige hat an der Prüfung des Herstellers teilzunehmen und das Ergebnis zu bewerten.

9.3.7 Härteprüfungen an ferritischen Schweißungen

(1) Die Härteprüfungen sind stichprobenweise durchzuführen, wenn bei der Verfahrensprüfung oder bei der Arbeitsprüfung Härtewerte gleich oder größer als 320 HV 10 festgestellt wurden oder wenn begründeter Verdacht auf Härteüberschreitungen größer als 350 HV 10 besteht.

(2) Die Härteprüfungen sind an je drei Messpunkten durchzuführen:

- a) am Grundwerkstoff (mindestens 10 mm von der Wärmeeinflusszone entfernt),
- b) in der Wärmeeinflusszone des Grundwerkstoffs beiderseits der Decklage,
- c) im Schweißgut (Mitte Decklage).

9.3.8 Istmaßkontrolle der Hauptabmessungen des fertig montierten Rohrleitungssystems

Bei Rohrleitungssystemen erfolgt der Soll-Ist-Vergleich (z. B. Stützlängen, Rohrlängen, Verlegewinkel) bei Begehungen. Für die Sollvorgaben sind Toleranzen unter Berücksichtigung von Auslegungsreserven festzulegen. Bei Überschreitung der Toleranzbereiche sind Änderungen nach abgestimmten Maßnahmen erforderlich. Diese Änderungen sind zu protokollieren. Gegebenenfalls sind die Berechnungs- und Ausführungsunterlagen zu revidieren. Dieses Vorgehen ist mit dem Sachverständigen abzustimmen (z. B. Toleranzkonzept).

9.3.9 Dichtheitsprüfung, Druckprüfung

9.3.9.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Dichtheitsprüfungen sind durchzuführen, wenn im Auslegungsdatenblatt oder in den Rohrleitungsbelastungsangaben Dichtheitsanforderungen gestellt werden.

(2) Dichtheitsanforderungen, Nachweisverfahren, Prüfdruck und Medium sind im Prüffolgeplan anzugeben.

(3) Gasdichtheitsprüfungen sind vor der ersten Flüssigkeitsdruckprüfung durchzuführen.

(4) Eine erstmalige Druckprüfung wird an Komponenten, bei Rohrleitungen an Systemen oder Systemabschnitten als Abschluss der Bauprüfungen durchgeführt.

(5) Für die Druckprüfung sind Prüfdruck, Prüftemperatur, Prüfmedium und Standzeit im Prüffolgeplan festzulegen.

(6) Wird eine Komponente nach einer Druck- oder Dichtheitsprüfung nicht mehr gereinigt, müssen die Prüfmedien die in Abschnitt 12 an die Komponente gestellten Reinheitsanforderungen erfüllen. Als Medium für Druck- oder Dichtheitsprüfungen mit Gas ist öl- und fettfreie Luft oder Stickstoff zu verwenden.

(7) Nach Abschluss der Dichtheits- und Druckprüfung im Herstellerwerk ist die Komponente zu trocknen. Bei Rohrleitungssystemen sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von Korrosionsschäden vorzusehen (z. B. geeignetes Medium, Entleerung des Systems).

9.3.9.2 Dichtheitsprüfung

(1) Dichtheitsprüfungen für Behälter, Rohrleitungen und Pumpen beziehen sich im Allgemeinen auf lösbare Verbindungen, Rohr-/Rohrbodenverbindungen, Wärmetauscher und Gussgehäuse. Abhängig von der Dichtheitsanforderung ist das nach **Tabelle 9-7** geeignete Nachweisverfahren anzuwenden.

(2) Bei Armaturen gelten für die Prüfdurchführung und die Dichtheitsforderung folgende Festlegungen, sofern nicht nach ADB andere Anforderungen gestellt sind:

- a) Gussgehäuse und lösbare Verbindungen:
P11 nach DIN EN 12266-1
- b) Rückdichtung:
P21 nach DIN EN 12266-2; wenn vorhanden, an Öffnung der Ausdrückvorrichtung prüfen
- c) Sitz (Abschluss):
P12 nach DIN EN 12266-1
Prüfdruck bei Sicherheitsventilen: Das 0,9fache des Einstelldrucks

Im Auslegungsdatenblatt ist die jeweilige Dichtheitsanforderung anzugeben. Andere Verfahren zur Dichtheitsprüfung nach DIN EN 12266-1 oder DIN EN 12266-2 sind nur mit Zustimmung des Sachverständigen zulässig.

9.3.9.3 Druckprüfung

9.3.9.3.1 Zeitpunkt der Prüfung

(1) Der Zeitpunkt der Druckprüfung ist so festzulegen, dass der Prüfer alle druckführenden Teile besichtigen kann. Ist dies im Endzustand des Bauteils oder der Komponente nicht möglich, ist im prüffähigen Zustand eine vorgezogene Druckprüfung (Teilbauprüfung) durchzuführen.

(2) Die Druckprüfung erfolgt:

- a) nach der letzten Wärmebehandlung,
- b) nach dem Plattieren und der mechanischen Bearbeitung,
- c) vor dem Anbringen von Beschichtungen und Auskleidungen.

(3) Für Armaturen und Pumpen darf die Druckprüfung als vorgezogene Druckprüfung für Einzelteile getrennt oder als Druckprüfung der gesamten Komponente erfolgen. Dies ist im Prüffolgeplan anzugeben.

(4) Bei Gussstücken ist eine vorgezogene Wasserdruckprüfung durchzuführen (gegebenenfalls im Anschluss an eine vorlaufende Dichtheitsprüfung).

9.3.9.3.2 Durchführung der Prüfung

(1) Die Druckprüfung soll als Flüssigkeitsdruckprüfung durchgeführt werden.

(2) Ist eine Flüssigkeitsdruckprüfung nicht möglich oder nicht zweckmäßig, darf die Druckprüfung unter Beachtung der zutreffenden Arbeitsschutzvorschriften auch als Gasdruckprüfung erfolgen. Hierbei ist öl- und fettfreie Luft oder Stickstoff zu verwenden.

(3) Bei Flüssigkeitsdruckprüfungen mit Prüfdrücken größer als 100 bar und Temperaturen des Prüfmediums über 50 °C sind besondere Schutzmaßnahmen vorzusehen.

(4) Bei Komponenten, die durch Trennwände in verschiedene Druckräume geteilt sind, erfolgt die Druckprüfung für jeden Druckraum getrennt mit dem jeweils geltenden Prüfdruck. Die nicht zu prüfenden Druckräume sind drucklos. Bei Behältern mit mehreren Räumen ist jeder Druckraum einzeln einer Druckprüfung zu unterziehen. Von dieser Anforderung darf abgewichen werden, wenn eine Wand zwischen zwei Druckräumen nur für den Differenzdruck ausgelegt ist und durch betriebliche Maßnahmen sichergestellt wird, dass nicht ein Raum unabhängig vom anderen unter Druck gesetzt wird. In solchen Fällen sind die angrenzenden Räume zunächst einzeln mit diesem Differenzdruck und anschließend die betroffenen Räume gleichzeitig mit dem Prüfdruck zu beaufschlagen.

(5) Der vom Manometer bei der Prüfung angezeigte Druck muss kontrolliert werden können (Anschlussmöglichkeit für Kontrollmanometer). Ein Überschreiten des Prüfdrucks ist durch geeignete Maßnahmen zu verhindern.

(6) Die Komponente ist so zu lagern, dass sie beim Füllen mit Prüfmedium vollständig entlüftet werden kann.

(7) Die Außenwandungen müssen trocken sein.

(8) Bis zum Eintreffen des Sachverständigen darf der zulässige Betriebsüberdruck nicht überschritten werden. Erst nach Absprache mit dem Sachverständigen ist der Druck bis zum Prüfdruck langsam zu steigern.

(9) Sind Dehnungsmessungen vorgesehen, so darf vor Durchführung der Dehnungsmessung die Komponente nicht mit Druck beaufschlagt werden (ausgenommen Dichtheitsprüfungen).

(10) Bei Komponenten, bei denen der statische Druck der Flüssigkeitssäule zu berücksichtigen ist, ist die Druckprüfung in betriebsmäßiger Einbaulage vorzunehmen. Weicht die Lage der Komponente bei der Druckprüfung von der betriebsmäßigen Einbaulage ab, so ist der statische Druck der Flüssigkeitssäule zu berücksichtigen.

(11) Spätestens bei der Druckprüfung - bei mehreren Druckräumen bei der zuletzt durchgeführten - muss die Komponente mit der vorgeschriebenen Kennzeichnung, z. B. Fabrik-schild, versehen sein. Abweichungen sind in den Prüfunterlagen festzulegen.

(12) Zum Verschließen der Komponenten für Druckprüfungen dürfen Hilfsmittel wie Flansche, Deckel, Schrauben, Dichtungen, zusätzliche Schweißverbindungen nur dann verwendet werden, wenn die für den Betriebszustand der Komponente vorgesehenen Verschlusssteile nicht zum Lieferumfang der Komponente gehören. Die verwendeten Hilfsmittel müssen den bei der Druckprüfung auftretenden Beanspruchungen standhalten (Werkstoffe, Dimensionierung).

(13) Sämtliche lösbaren Hilfsmittel müssen nach Durchführung der Druckprüfung sofort und vollständig entfernt oder so gekennzeichnet werden, dass eine irrtümliche Verwendung für den Betrieb der Komponente ausgeschlossen wird.

(14) Es sind die Verbindungselemente der Komponenten (Originalschrauben) zu verwenden. Der Austausch einzelner Schrauben (z. B. bei Beschädigung) ist ohne erneute Druckprüfung zulässig.

(15) Kontrollbohrungen zur Überprüfung der Dichtheit verdeckter Schweißnähte müssen bei den Druckprüfungen offen sein.

(16) Druckprüfungen nach der Montage von Komponenten und Rohrleitungen in der Anlage sind nach vorgeprüften Druckprüfplänen durchzuführen.

9.3.9.3.3 Prüfdruck

(1) Die Höhe des Prüfdruckes - bezogen auf den höchsten Punkt des Druckraumes - beträgt, falls der Prüffolgeplan keinen anderen Wert angibt, bei einer Flüssigkeitsdruckprüfung an Komponenten aus Stahlguss, Walz- und Schmiedestählen $1,3 \cdot PB$ (PB gemäß ADB oder RBA).

(2) Der Prüfdruck für Absperrlemente von Armaturen beträgt $1,3 \cdot PB$.

9.3.9.3.4 Prüftemperatur

(1) Die Prüftemperatur bei Bauteilen oder Komponenten aus austenitischen Stählen muss größer als 0 °C sein.

(2) Die Prüftemperatur bei Bauteilen oder Komponenten aus ferritischen Werkstoffen ist so festzulegen, dass die Zähigkeitsanforderung von gleich oder größer als 41 J (Mittelwert) für Grundwerkstoff, Schweißgut und Wärmeeinflusszone erfüllt wird.

9.3.9.3.5 Standzeit

(1) Für Behälter, Pumpen und Rohrleitungen beträgt die erforderliche Standzeit (Haltezeit des Prüfdrucks) 1 Minute je mm Wanddicke der drucktragenden Wand, mindestens jedoch 30 Minuten. In Sonderfällen darf eine abweichende Standzeit in der Vorprüfunterlage festgelegt werden.

(2) Für Armaturen beträgt die erforderliche Standzeit bei:

- a) gleich oder kleiner als DN 100 : 3 min,
- b) größer als DN 100 : 5 min.

9.3.10 Teilbauprüfungen

(1) Der Hersteller hat die Prüfungen zeitlich so zu veranlassen, dass der Sachverständige alle Teile prüfen kann. Sofern dies im Endzustand der Komponente oder des Bauteils nicht möglich ist, sind Teilbauprüfungen durchzuführen.

(2) Der Sachverständige prüft bei Teilbauprüfungen auch die Zugehörigkeit der Bescheinigungen zu den entsprechenden Bauteilen.

9.3.11 Prüfung auf Gängigkeit und Leichtgängigkeit aller beweglichen Funktionsteile von Armaturen

(1) Jede Armatur ist im Herstellerwerk einer Funktionsprüfung zu unterziehen. Hierbei ist die Gängigkeit der bewegten Teile und die Betriebsfähigkeit des Zubehörs und der Steuerungssysteme ohne Betriebsmedium nachzuweisen.

(2) Dieser Nachweis erfolgt bei:

- a) Absperr- und Regelarmaturen mit Motor-, Pneumatik- oder Hydraulikantrieb durch:
 - aa) mehrmaliges Öffnen und Schließen ohne Medium (bei Originalantrieb Messung der Öffnungs- und Schließzeiten und Kontrolle der Einstellbescheinigung des Stellantriebherstellers),
 - ab) Kontrolle der Stellungsmelder,
 - ac) Kontrolle auf Gängigkeit,
- b) Absperrarmaturen mit Steuerung durch Eigenmedium durch:
 - ba) mehrmaliges Öffnen und Schließen mit Eigenmedium, ersatzweise darf die Betätigung durch Stickstoff, öl- und fettfreie Luft oder vollentsalztes Wasser erfolgen,
 - bb) Kontrolle der Stellungsmelder,
 - bc) Kontrolle der Gängigkeit,
- c) Hand-Absperrarmaturen durch:
 - ca) mehrmaliges Öffnen und Schließen ohne Medium,
 - cb) Kontrolle der Gängigkeit,
 - cc) Kontrolle der Stellungsanzeigen.
- d) Rückschlagarmaturen durch Kontrolle der Leichtgängigkeit.

(3) Bei Armaturen, für die die Einbaulage funktionsbestimmend ist, ist die vorgesehene Einbaulage bei der Funktionsprüfung zu berücksichtigen.

9.3.12 Anforderungen und Funktionsnachweis bei Sicherheitsventilen

(1) Für die Anforderungen und den Funktionsnachweis bei Sicherheitsventilen ist mindestens das AD 2000-Merkblatt A 2 einzuhalten.

(2) Für den Funktionsnachweis sind die zutreffenden Prüfungen für den jeweiligen Fall im Prüffolgeplan festzulegen.

9.3.13 Abnahmeprüfung von Pumpen

(1) Pumpen sind nach der Druckprüfung einer Abnahmeprüfung zu unterziehen. Die dabei zu erfassenden Daten sind in einem Messbericht vorzugeben.

(2) Die Vorgaben für die Abnahmeprüfung einschließlich der zugrunde zu legenden Normen sind im Rahmen der Vorprüfung festzulegen. Die Angaben für die Förderhöhe, Förderstrom, maximale Leistungsaufnahme, Wirkungsgrad und erforderliche Zulaufhöhe (NPSH) sind dem ADB zu entnehmen.

(3) Die Laufruhe der Pumpe muss die Anforderungen von DIN ISO 10816-7 erfüllen.

9.3.14 Zerstörungsfreie Prüfungen nach der Druckprüfung

(1) Nach der Erstdruckprüfung sind in höherbeanspruchten Bereichen zerstörungsfreie Prüfungen nach **Tabelle 9-8** durchzuführen. Die zu prüfenden Bereiche und Nahtlängen sind mit dem Sachverständigen unter Beachtung von Konstruktion, Werkstoff und Fertigungsverfahren anhand der Ergebnisse der rechnerischen Vorprüfung oder von Dehnungsmessungen im Prüffolgeplan festzulegen.

(2) Über die Notwendigkeit der Einbeziehung tolerierter Fertigungsabweichungen (z. B. Wanddickenunterschreitungen, Kantenversatz, Volumenanzeigen) in den Prüfumfang ist im Zuge der Tolerierung im Einvernehmen mit dem Sachverständigen zu entscheiden.

(3) Für die Prüfverfahren, Abmessungsgrenzen, Anforderungen und die Bewertungsmaßstäbe gelten die Festlegungen zu den Prüfungen vor der Erstdruckprüfung.

9.3.15 Basisprüfung für wiederkehrende Prüfungen an Schweißnähten

(1) Als Basisprüfung für die wiederkehrenden Prüfungen gelten die im Zuge der Fertigung durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen, wenn sie mit dem gleichen Prüfverfahren und den gleichen Prüftechniken durchgeführt werden, die für die spätere wiederkehrende Prüfung vorgesehen sind. Soweit gemäß **Tabelle 9-8** keine zerstörungsfreien Prüfungen nach der Erstdruckprüfung erforderlich sind, werden die letzten Prüfungen vor der Erstdruckprüfung anerkannt.

(2) Bei Schweißverbindungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen mit Schweißgut aus einer Nickellegierung an der mediumberührten Oberfläche ist bei der Basisprüfung zusätzlich zu den Anforderungen in Abschnitt 11.5 eine gegensinnige Querfehlerprüfung nach den Festlegungen in KTA 3211.4 durchzuführen. Diese Prüfung ist auch erforderlich, wenn zwischen dem Schweißgut aus einer Nickellegierung und der mediumberührten Oberfläche eine austenitische Wurzel kleiner als oder gleich 3 mm vorliegt.

(3) Basisprüfungen sind erneut erforderlich, wenn zur Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen andere Prüfverfahren als bei der Fertigungsprüfung eingesetzt werden.

(4) In den Prüfgruppen A 1 und A 2 sind Übersichtslisten für registrierpflichtige Ultraschallanzeigen

- a) für Behälter (komponentenweise),
- b) für Rohrleitungen (systemweise)

nach Nähten geordnet mit Angabe der zugehörigen Protokoll-Nr. vom Hersteller zu erstellen und in die Enddokumentation einzufügen. Dies gilt auch für nach Abschnitt 13 tolerierte Abweichungen von den Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung.

9.4 Eingangskontrollen von Komponenten auf der Baustelle

(1) Für die Eingangskontrollen auf der Baustelle sind komponentenspezifische Regelungen mit dem Sachverständigen zu vereinbaren.

(2) Die Ergebnisse der Eingangskontrollen sind vom Sachverständigen zu bestätigen. Diese Bestätigung ist der Komponentendokumentation beizufügen.

9.5 Prüfung vor erstmaliger Inbetriebnahme

(1) Nach der Aufstellung/Verankerung sowie der Installation in der Anlage ist vor der erstmaligen Inbetriebnahme von Druckbehälteranlagen eine Abnahmeprüfung durchzuführen. Diese Prüfung beinhaltet eine Prüfung des ordnungsgemäßen Zustandes für die bestimmungsgemäße Betriebsweise. Hierbei sind die Montage, die Installation, die Aufstellung/Verankerung sowie die Funktion der sicherheitsrelevanten Ausrüstung zu prüfen.

(2) Die Prüfung ist in Anlehnung an die „Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)“ durchzuführen und vom Sachverständigen zu bescheinigen. Die Bescheinigung ist in die Anlagendokumentation aufzunehmen.

(3) Art, Umfang und Anforderungen der Prüfung vor der erstmaligen Inbetriebnahme sind schriftlich festzulegen und dem Sachverständigen zur Prüfung vorzulegen.

Verwendete Kurzzeichen				
H : Hersteller		S : Sachverständiger		
H1 : Vom Hersteller in jedem Fall durchzuführende Prüfungen und Kontrollen		S1 : Vom Sachverständigen in jedem Fall durchzuführende Prüfungen und Kontrollen		
H2 : Vom Hersteller durchzuführende Prüfungen und Kontrollen, die bei beherrschter Fertigung als Stichproben durchgeführt werden dürfen		S2 : Vom Sachverständigen stichprobenweise durchzuführende Prüfungen und Kontrollen (keine Haltepunkte).		
Kontroll-Nr.	Anforderung nach	Prüfungen und Kontrollen	H	S
1		Herstellungsvoraussetzungen		
1.1	Abschnitt 3.1 Abschnitt 3.2 KTA 1401	Überprüfung der allgemeinen Herstellungsvoraussetzungen	H1	S1
1.2 a)	Abschnitt 3.3	Kontrolle der Gültigkeit der Schweißerprüfung, Vergleich mit der Schweißerliste	H1	S1
b)	Abschnitt 3.3.4	Kontrolle der Gültigkeit der Zertifikate der Prüfaufsicht und Prüfer gemäß DIN EN ISO 9712 und der Sehfähigkeitsbescheinigungen	H1	S1
1.3	Abschnitt 9.1.2	Überprüfung der Umstempelberechtigung	H1	S1
1.4	Abschnitt 7.1.2	Überprüfung für Wärmebehandlungseinrichtungen	H1	S1
1.5 a)	Abschnitt 3.1; KTA 1401	Kontrolle der Fertigungseinrichtungen einschließlich der zugehörigen Messgeräte	H1	–
b)	Abschnitt 3.1; KTA 1401	Nachweis der regelmäßigen Überprüfung für Schweißgeräte und zugehörige Messgeräte	H1	S1
c)	Abschnitt 3.2	Nachweis der Gültigkeit der Bescheinigungen für Mess- und Prüfgeräte	H1	S1
1.6	Abschnitt 4.1	Überprüfung auf Vorhandensein gültiger Vorprüfunterlagen	H1	S1
1.7	Abschnitt 8.1	Überprüfung auf Vorliegen der erforderlichen Verfahrensprüfungen	H1	S1
1.8	Abschnitt 6	Kontrolle auf Vorliegen des Prüfberichtes über die Umformverfahren	H1	S1
2		Fertigungsbegleitende Prüfungen und Kontrollen		
2.1	Herstellervorgaben	Eingangskontrolle der Erzeugnisformen	H1	–
2.2	Abschnitt 5.3	Eingangskontrolle der Schweißzusätze und -hilfsstoffe einschließlich Verwechslungsprüfung vor Beginn der Fertigung	H1	–
2.3	Abschnitt 9.1.2	Kontrolle der Umstempelung der Erzeugnisformen	H1	S1
2.4	Abschnitt 5.3	Überprüfung der Lagerung, Handhabung und Trocknung der Schweißzusätze und -hilfsstoffe	H2	S2
2.5	Festlegungen des Herstellers	Ultraschallprüfung von Pufferungen vor der Wärmebehandlung	H2	–
2.6	Abschnitt 5.4; Schweißplan	Überprüfung der Vorwärmung zum Brennschneiden	H2	S2
2.7	Abschnitt 5.4	Überprüfung der Bearbeitung von Brennschnittkanten und Schweißfugenflanken	H2	S2
2.8	Festlegungen des Herstellers	Oberflächenprüfung (MT, PT) - der Fugenflanken - der Flächen für Auftragschweißungen - der ausgearbeiteten Wurzelbereiche - der verbleibenden Wurzellage von einseitig geschweißten Nähten	H1 H1 H2 H2	–
2.9	Abschnitt 5.4	Überprüfung auf Sauberkeit der Schweißnahtbereiche	H2	S2
2.10	Abschnitt 5.5.2	Überprüfung der Vorwärmung zum Heften	H2	S2

Tabelle 9-1: Kontrollblatt zur Fertigungsüberwachung
(Fortsetzung siehe Folgeseite)

Kontroll-Nr.	Anforderung nach	Prüfungen und Kontrollen	H	S
2.11	Abschnitt 5.5.8; Schweißplan	Überprüfung des gehefteten Zustandes	H2	S2
2.12	Abschnitte 5.5 und 5.6, Tabelle 5-1	Kontrolle auf: a) Einhaltung der Vorgaben im Schweißplan (Führung von Aufzeichnungen durch die Schweißaufsicht), b) Registrierung der Schweißer (Schweißer-Nr.), nahtbezogen, c) Registrierung der Chargen-Nr. von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen	H2 H1 H1	S2 S2 S2
2.13	Abschnitte 5.7.1 und 9.3.4; Schweißplan	Sichtprüfung der Nähte im geschweißten Zustand	H1	S2
2.14	Abschnitte 5.5.3 und 5.7.1; Schweißplan	Sichtprüfung der Schweißungen mit Vergütungslagen vor dem Bearbeiten	H1	S2
2.15	Abschnitt 9.1.3	Kontrolle der Kennzeichnung der Schweißnähte	H1	S2
2.16	Festlegungen des Herstellers	Zerstörungsfreie Prüfung vor der Wärmebehandlung	H2	–
2.17	Abschnitt 7; Schweißplan, Wär- mebehandlungsplan	Überprüfung der Wärmebehandlung nach dem Schweißen	H1	S2
2.18	Abschnitt 5.5.9	Kontrolle auf sachgerechtes Entfernen temporärer Anschweißteile mit Protokollie- rung der Lage der Hilfsschweißstellen	H1	–
2.19	Abschnitt 12	Kontrolle der Reinheit, Anlauffarben	H1	S2
2.20	Abschnitt 8.2	Einplanung und Durchführung von AP a) Terminplanung, Materialbereitstellung, b) Überwachung, c) Erprobung	H1 H1 H1	– S2 S1
2.21	Zeichnung	Überprüfung der Ausführung der Verbindung zwischen Rohr und Rohrboden bei Wärmetauschern (Bohrungstoleranz, Rohreinschweißung, Rohreinwalzung, Haftaufweitung) und Rohrabstützungen	– ¹⁾	S2
2.22	Abschnitt 9.2.3	Überprüfung der Aufzeichnung von H im Kontrollplan	–	S2
2.23	Abschnitt 11	Überprüfung der Durchführung von zerstörungsfreien Prüfungen durch den Her- steller	–	S2
2.24	Abschnitt 9.3.9.1; Abschnitt 9.3.9.2	Dichtheitsprüfung, insbesondere Verbindung zwischen Rohr und Rohrboden bei Wärmetauschern	– ¹⁾	S2
3		Reparaturen, Abweichungen		
3.1	Abschnitt 13	Kontrolle der Einstufung in zutreffende Kategorien: a) Kategorie 1, b) Kategorie 2, 3	H1 H1	S2 S1
3.2	Abschnitt 13	Kontrolle auf Vorliegen der geprüften Reparaturunterlage für Kategorien 2 und 3	H1	S1
3.3	Abschnitt 13	Kontrolle der Mängelbeseitigung	H1	S1
3.4	Abschnitt 13	Kontrolle der Reparaturausführung (entsprechend Kontroll-Nrn. 2.1 bis 2.23)		
3.5	Abschnitt 13	Kontrolle der Reparaturdokumentation	H1	S1
3.6	Abschnitt 13	Kontrolle der Tolerierungsanträge	H1	S1
4	Abschnitt 12	Überprüfung der Konservierung, Verpackung	H1	–
5		Dokumentation während der Herstellung		
5.1	Abschnitt 4.2	Überprüfung der fertigungsbegleitenden Dokumentationserstellung	H1	S2

1) Für den Hersteller: Bauprüfschritt

Tabelle 9-1: Kontrollblatt zur Fertigungsüberwachung
(Fortsetzung)

Fertigungsüberwachung		Bauprüfung
durch den Hersteller	durch den Sachverständigen	
Vorgaben		Vorgaben
Abschnitt 9.2.3.1 mit Kontrollblatt nach Tabelle 9-1	Abschnitt 9.2.3.2 mit Kontrollblatt nach Tabelle 9-1	Abschnitt 9.3 mit Bauprüfblatt nach Tabelle 9-4 und Abschnitt 4
Erstellung des Kontrollplanes je VPU und Liefereinheit ^{1), 2)}		Erstellung des Prüffolgeplanes
durch den Hersteller; Standardkontrollpläne dürfen benutzt werden: a) auf der Grundlage des Kontrollblattes durch: - Ergänzungen (Komponenten, Bauteile- und Nahtbezeichnung) - Streichungen nicht zutreffender Kontrollnummern - Vorgabe des Stichprobenumfanges - Festlegung der Zuständigkeiten für Aufsichtspersonal und Qualitätsstelle oder b) unter Benutzung entsprechender herstellereigener Vordrucke (z. B. Laufkarten oder QS-Systemvorgaben).	eigener Kontrollplan durch den Sachverständigen: a) auf der Grundlage des Kontrollblattes durch: - Ergänzungen (Komponenten, Bauteile- und Nahtbezeichnung) - Streichungen nicht zutreffender Kontrollnummern - Vorgabe des Stichprobenumfanges oder b) unter Benutzung entsprechender Vordrucke. Die Erstellung erfolgt vor oder unmittelbar nach Aufnahme der Fertigung.	durch den Hersteller; Standardprüffolgepläne dürfen benutzt werden.
Umfang der Prüfungen und Kontrollen		Umfang der Prüfungen
a) Herstellungsvoraussetzungen 100 % b) fertigungsbegleitende Kontrollen nach Abschnitt 9.2.3.	a) Herstellungsvoraussetzungen 100 % b) fertigungsbegleitende Kontrollen nach Abschnitt 9.2.3.	nach Tabelle 9-4
Prüfung des Kontrollplanes		Vorprüfung des Prüffolgeplanes
durch die Qualitätsstelle des Herstellers	—	durch den Sachverständigen
1) Bei Rohrleitungen ist der Bezug auf Fertigungszeitraum, System oder Gesamtauftrag zulässig.		
2) Siehe auch Abschnitt 9.2.3.1 (4).		

Tabelle 9-2: Fertigungsüberwachung und Bauprüfung: Erstellung des Kontrollplanes und des Prüffolgeplanes

Fertigungsüberwachung		Bauprüfung
durch den Hersteller	durch den Sachverständigen	
Durchführung		
Aufsichtspersonal oder Qualitätsstelle nach Kontrollplan. Die Prüfungen sind Haltepunkte für die Fertigung	Fertigungsbegleitende Kontrollen, S1 - Haltepunkte S2 - keine Haltepunkte	durch Hersteller und Sachverständigen
Abstimmung für die Durchführung		
Der Hersteller teilt dem Sachverständigen die zeitliche Folge der Fertigungsschritte mit, damit der Sachverständige die von ihm durchzuführenden Kontroll- und Prüfschritte einplanen kann. Abweichungen vom festgelegten Ablauf sind dem Sachverständigen rechtzeitig mitzuteilen; Dies darf auch mündlich erfolgen.		Die Prüfungen sind Haltepunkte. Für stichprobenweise Prüfungen ist der Zeitpunkt zwischen Hersteller und Sachverständigem zu vereinbaren.
Bestätigung oder Protokollierung		
Durch Stempel oder Kurzzeichen im Kontrollplan mit Datumsangabe, Aussage zur Einhaltung der Anforderung. Soweit gefordert, sind Betriebsaufzeichnungen zu führen, z. B. bei Schweißarbeiten. Bei der zerstörungsfreien Prüfung sind registrierpflichtige Anzeigen zu protokollieren. Bei prozentualen oder stichprobenweisen Prüfungen, Teilnahmen oder Überwachungen sind durch die beteiligten Prüfparteien nur die Prüfungen zu bestätigen, die durchgeführt wurden oder an denen teilgenommen wurde oder die überwacht wurden. Im Prüfprotokoll oder im Prüffolgeplan sind der jeweilige Prüfumfang und Prüfbereich (z. B. Lage, Prüflängen, Prüfabschnitte, etc.) eindeutig anzugeben.	Durch Stempelung oder Protokoll nach Tabelle 9-4.	
Dokumentation		
Sammelbestätigung im Prüffolgeplan. Kontrollplan und Arbeitsanweisungen (Prüfdurchführung, Bewertung) gehen in die Endablage.	Sammelbestätigung (jeweils Herstellungsvoraussetzungen und fertigungsbegleitende Kontrollen) im Prüffolgeplan. Der Kontrollplan geht in die Endablage.	Im PFP nach Abschnitt 4.
Abweichungen		
Bewertung und Behandlung nach Abschnitt 13.		

Tabelle 9-3: Fertigungsüberwachung und Bauprüfung: Durchführung der Kontrollen und Bauprüfungen

Verwendete Kurzzeichen:					R : Rohrleitungen	TE : Prüfteilnahme				
Ar : Armaturen					H : Hersteller	ST : Stempelung				
B : Apparate/Behälter					S : Sachverständiger	AN : Ausstellen eines Nachweises				
P : Pumpen					DU : Prüfdurchführung	E : Endablage				
					ÜW : Prüfüberwachung	E/S : Endablage/Sammelbescheinigung				
Prüf-Nr.	B	Ar	P	R	Anforderungen nach	Beschreibung der Prüfungen	Prüfung durch, Umfang in %	Prüftätigkeit, Nachweisführung	Doku. Ablage	
1						Prüfungen und Überwachung vor und während der Fertigung ¹⁶⁾				
1.1	x	x	x	x	Kontrollplan	Überprüfung auf Vorhandensein der Herstellungsvoraussetzungen	H S	DU ST DU ST	– –	
1.2	x	x	x		Abschnitt 9.1; Werkstoffliste	Überprüfung der Werkstoffnachweise und der Werkstoffkennzeichnung mit Bestätigung in der Werkstoffliste	H ¹⁾ S ¹⁾	DU ST DU ST	– –	
				x	Abschnitt 9.1; Isometrie; Isometrie-Stückliste; Vorprüfunterlage	Eingangskontrolle beim Weiterverarbeiter oder auf der Baustelle. Besonders zu beachten: Überprüfung auf anforderungsgerechte Zuordnung der Bauteile und vorgefertigten Rohrleitungsteile (Spools) zum System mit Bestätigung in der Isometriestückliste	H ²⁾ S ²⁾	DU ST DU ST	– –	
1.3	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6.2.1	Ultraschallprüfung der Schweißkanten- und Anschweißbereiche	H	DU AN	E	
1.4	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.5; Abschnitt 5.7.1.2.2	Kontrolle auf Einhaltung des Kantensatzes und des Luftspaltes bei einseitig zu schweißenden Nähten im gehefteten Zustand	H 100 S 10	DU ST ÜW ST	– –	
1.5	x	x	x	x	Abschnitt 5.7.1	Sichtprüfung zugänglicher Schweißnahtoberflächen. Die Einhaltung der Anforderungen für die äußeren Unregelmäßigkeiten unter Berücksichtigung der Oberflächenanforderungen für die durchzuführenden zFP-Verfahren ist zu bestätigen.	H 100 S 10 ¹⁸⁾	DU ST ÜW ST	– –	
1.6	x	x	x		Vorprüfunterlage (Zeichnung); Schweißplan	Schichtdickenmessungen von Schweißplattierungen und Panzerungen im Endzustand oder Messungen vor dem Schweißen und im Endzustand.	H alle Flächen S Stich- proben	DU ST ÜW ST	– –	
1.7	x	x	x	x	KTA 3211.1	Oberflächenprüfung (MT, PT) an nachträglich bearbeiteten Flächen von Guss- und Schmiedeteilen und an Dichtflächen				
						A1	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E	
						A2/A3	H 100 S 10	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E –	
1.8	x	x	x	x	Abschnitt 11	Diese Oberflächenprüfung ist nicht erforderlich für Bohrungen in Wärmetauscherrohrböden. Ermittlung der Ultraschallprüfbarkeit von Schweißkantenbereichen an austenitischen Erzeugnisformen, die nach KTA 3211.1 zu prüfen sind, sofern nicht bereits beim Erzeugnisformhersteller durchgeführt	H 100 S 100	DU AN DU AN	E E	
1.9	x	x	x	x	Abschnitt 7; Wärmebehandlungsplan	Kontrolle der Wärmebehandlungsbescheinigung	H S	DU AN DU ⁹⁾ –	E ⁴⁾ –	
1.10	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.7	Härteprüfungen HV 10 an ferritischen Schweißverbindungen	H Stich- proben	DU AN	E	
2						Zerstörungsfreie Prüfungen von Schweißnähten und Auftragschweißungen im Fertigungsendzustand einschließlich Pufferungen und Panzerungen ^{5) 16)}				
2.1						Oberflächenprüfung (MT, PT)				
2.1.1	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	Oberflächenprüfung an Schweißnähten außen				
					Stumpfnähte, Stutzennähte und Anschweißnähte	A1/A2	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E –	
					Stumpfnähte (LN, RN)	A3	H 25 S 25	DU AN DU AN	E E	
					Stutzennähte und Anschweißnähte	A3	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E –	

Tabelle 9-4: Bauprüfblatt für Komponenten und Rohrleitungssysteme
(Fortsetzung siehe Folgeseiten)

Prüf-Nr.	B	Ar	P	R	Anforderungen nach	Beschreibung der Prüfungen	Prüfung durch, Umfang in %	Prüftätigkeit, Nachweisführung	Doku. Ablage	
2.1.2	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	Oberflächenprüfung an Schweißnähten innen ¹⁹⁾ Stumpfnähte und Stutzennähte	A1/A2	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E –
							A3	H 25 S 25	DU AN DU AN	E E
							A3	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E –
2.1.3	x	x	x		Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	Oberflächenprüfung an Auftragschweißungen und Schweißplattierungen	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E	
2.1.4	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 5.5.7; Abschnitt 5.5.9 (5); Abschnitt 11	Oberflächenprüfung an beschliffenen Zündstellen und entfernten und beschliffenen Heft- und Hilfsschweißungen	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E	
2.1.5	x				Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	Oberflächenprüfung an Rohreinschweißungen von Wärmetauschern	A1/A2	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E
							A3	H 25 S 10	DU AN DU AN	E E
2.1.6		x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	Oberflächenprüfung an Panzerungen und Pufferungen	H 100 S 25	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E	
2.2						Ultraschallprüfungen (UT) ⁸⁾ Hinweis: Bei den folgenden Prüfnummern 2.2.1 bis 2.2.6 sind die Prüfnummern nach den Tabellen 11-7 bis 11-11 im PFP anzugeben. Für Rohrleitungen dürfen die Prüfnummern ersatzweise im UT-Protokoll eingetragen werden. In diesem Falle ist die Überprüfung der richtigen Wahl der Prüfnummer bis spätestens zur Freigabe der Druckprüfung vorzunehmen.				
2.2.1	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11, Tabelle 11-7, UT-Nr. 1.1 - 1.6	UT ferritischer Stumpfnähte (Längs- und Rundnähte) $s \geq 8 \text{ mm}^{6)}$ und $\geq \text{DN } 80$	A1/A2	H 100 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
							A3	H 25 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
2.2.2	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11, Tabelle 11-8, UT-Nr. 2.1 - 2.4	UT ferritischer Stutzennähte $\geq \text{DN } 125$ und s oder $s_1 > 15 \text{ mm}$	A1/A2	H 100 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
							A3	H 25 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
2.2.3	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11, A1: Tabelle 11-9, UT-Nr. 3.1, 3.2 A2/A3: Tabelle 11-10, UT-Nr. 3.4, 3.5	UT ferritischer Anschweißnähte (HV, DHV) $s_1 > 15 \text{ mm}$	A1/A2	H 100 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
							A3	H 25 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
2.2.4	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11, Tabelle 11-9, UT-Nr. 3.3	UT ferritischer Anschweißnähte (HV, DHV) $s_1 \leq 15 \text{ mm}$ und Länge $> 100 \text{ mm}$	A1	H 100 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
2.2.5	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11, Tabelle 11-11, UT-Nr. 4.1	UT ferritischer Kehlnähte $s_1 \geq 10 \text{ mm}$ oder Länge $> 100 \text{ mm}$	A1/A2	H 100 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
							A3	H 25 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
2.2.6	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	UT an formgebenden ferritischen und austenitischen Auftragschweißungen, Schweißplattierungen und Pufferungen	A1/A2	H 100 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
							A3	H 25 S 10	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –

Tabelle 9-4: Bauprüfblatt für Komponenten und Rohrleitungssysteme (Fortsetzung)

Prüf-Nr.	B	Ar	P	R	Anforderungen nach	Beschreibung der Prüfungen	Prüfung durch, Umfang in %	Prüftätigkeit, Nachweisführung	Doku. Ablage
2.2.7	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	UT von Schweißplattierungen und Panzerungen auf Bindung (soweit technisch möglich)	H 100 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
2.2.8	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	Ultraschallprüfung von austenitischen Stumpfnähten und von Stutzennähten \geq DN 125 ⁸⁾ Diese Prüfung ist nur durchzuführen, wenn die Oberflächenprüfung nach Prüf-Nr. 2.1.2 nicht durchführbar ist.	A1/A2 H 100 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
2.3						Durchstrahlungsprüfung (RT) ⁸⁾	A3 H 25 S 25	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
2.3.1	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	RT von ferritischen und austenitischen Stumpfnähten (LN, RN). Bei der Festlegung der Prüftechnik ist zu berücksichtigen, ob eine Oberflächenprüfung nach Prüf-Nr. 2.1.2 durchführbar ist. Diese Prüfung entfällt bei ferritischen Stumpfnähten der Prüfgruppe A3 mit $8 \leq s \leq 20$ mm, wenn UT nach Prüfnummer 2.2.1 durchgeführt wird ⁶⁾	A1/A2 H 100	DU AN	E
2.3.2	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.6; Abschnitt 11	RT von austenitischen Stutzennähten \geq DN 125, RT von ferritischen Stutzennähten \geq DN 125 sowie s und $s_1 \leq 15$ mm	A3 H 25	DU AN	E
2.4	x	x	x	x	Abschnitt 11	Bewertung der Durchstrahlungsbilder für die Prüfnummern 2.3.1 und 2.3.2	A1/A2 H 100 S 100	DU AN DU AN DU ⁹⁾	E E –
3.						Prüfungen nach der Fertigung			
3.1	x	x	x	x	Abschnitt 8	Kontrolle der geforderten Arbeitsprüfungen nach Tabelle 8-11 einschließlich Kontrolle der Zuordnung der Arbeitsprüfungen zu den Schweißungen ¹⁶⁾	H S	DU ST DU ST	– –
3.2	x	x	x	x	Abschnitt 4	Dokumentation der bauteilbezogenen Arbeitsprüfungen ¹⁶⁾ ; Abschließender Prüfbericht	H S	DU AN DU AN	E E
3.3	x				Zeichnung	Kontrolle des Anwalzens/Einwalzens aller Rohre, stichprobenweise Kontrolle der Haftaufweitung und der Einwalzlänge der eingewalzten Rohre bei 10 % der Rohre von Wärmetauschern ¹⁰⁾	H	DU ST	–
3.4	x				Abschnitt 9	Vorgezogene Bauprüfung für Teile der drucktragenden Wand, die nach dem Zusammenbau nicht mehr zugänglich sind	S	DU AN	E
3.5						Vorgezogene Dichtheits- und Druckprüfung ohne Einbauten Hinweis: Prüfungen entfallen, wenn diese nach Prüfnummern 4.2, 4.4, 4.5 und 4.6 durchgeführt werden.			
3.5.1		x	x		Zeichnung; Werkstoffliste	Kontrolle der Stempelung der bei der Druckprüfung belasteten Teile	H S	DU ST DU ST	– –
3.5.2		x	x		Abschnitt 4.1.1.3.3 (4) Zeichnung; Maßkontrollblatt	Maßkontrolle vor der Druckprüfung	H S	DU AN ¹¹⁾ DU –	E –
3.5.3		x	x		Abschnitt 9.3.9; ADB	Dichtheitsprüfung von Gussteilen	H S	DU ST TE ST	– –
3.5.4		x	x		Abschnitt 9.3.9; ADB	Druckprüfung	H S	DU AN TE ⁹⁾ –	E –
3.6				x	Abschnitt 9.1.3.4; Zeichnung oder Fertigungsisometrie	Maßkontrolle von im Herstellerwerk gefertigten Bauteilen oder vorgefertigten Rohrleitungsteilen (Spools) einschließlich Kontrolle der Kennzeichnung ¹⁷⁾	H S	DU ST DU ST	– –
4.						Abschließende Prüfungen an Komponenten und Rohrleitungssystemen oder Systemabschnitten			
4.1	x	x	x	x	Vorprüfunterlage; Schweißplan; Wärmebehandlungsplan, Abschnitt 7	Kontrolle der Wärmebehandlungsbescheinigung (entfällt, wenn gemäß Prüfnummer 1.9 bereits erbracht)	H S	DU AN DU ⁹⁾ –	E ⁴⁾ –

Tabelle 9-4: Bauprüfblatt für Komponenten und Rohrleitungssysteme
(Fortsetzung)

Prüf-Nr.	B	Ar	P	R	Anforderungen nach	Beschreibung der Prüfungen	Prüfung durch, Umfang in %	Prüftätigkeit, Nachweisführung	Doku. Ablage
4.2						Maßkontrolle			
4.2.1	x	x	x		Abschnitt 4.1.1.3.3(4) Maßkontrollblatt oder Zeichnung	Istmaßkontrolle der Komponente (Hauptanschluss- und Einbaumaße)	H	DU AN ¹¹⁾	E
4.2.2	x	x	x		Zeichnung	Maßkontrolle im Rahmen der Bauprüfungen anhand der vorgeprüften Zeichnungen (darf bei Armaturen und Pumpen entfallen, wenn bei Prüf-Nr. 3.5.2 durchgeführt)	H S	DU ST DU ST	- -
4.2.3				x	Berechnungsisometrie; Abschnitt 9.3.8; KTA 3205.2; KTA 3205.3	Istmaßkontrolle der Hauptabmessungen des fertig montierten Systems, insbesondere Lage der Rohrhalterungen im System Hinweis: Einstelldaten für Hänger: Prüfschritte nach KTA 3205.2 und KTA 3205.3	H S	DU ST DU ST	- -
4.3				x	Fertigungsisometrie; Isometriestückliste; Abschnitt 9.1; RBA	Kontrolle der Kennzeichnung und Bestätigung in der Isometriestückliste, Kontrolle der Ausführung der Rohrleitungen, z. B.: - Einbau der richtigen Teile - Kennzeichnung und Lage der Schweißnähte, Eintragen in der Fertigungsisometrie ¹³⁾ Diese Prüfungen sind möglichst fertigungsbegleitend durchzuführen	H S	DU ST DU ST	- -
4.4				x	Abschnitt 9.3.9	Freigabe zur Druckprüfung	H S	DU AN DU ⁹⁾ -	E -
4.5	x	x	x	x		Kontrolle der Dokumentation der Prüfungen gemäß Prüfnummern 1 bis 3	H S	DU ST DU ST	- -
4.5.1	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.9; ADB; RBA	Dichtheitsprüfung der lösbaren Verbindung nach außen (bei Gussarmaturen der gesamten Armatur), sofern unter Prüfnummer 3.5 noch nicht durchgeführt	H	DU ST	
4.5.2		x			Abschnitt 9.3.9	Rückdichtungsprüfung	H	DU ST	
4.6	x	x	x	x	Abschnitt 9.3.9; ADB; RBA	Druckprüfung der kompletten Komponente, bei Rohrleitungen des Systems oder Systemabschnittes (darf bei Armaturen und Pumpen entfallen, wenn Prüfnummer 3.5.4 durchgeführt wurde)	H S	DU AN TE -	E -
4.7						Prüfungen nach der Druckprüfung			
4.7.1		x			Abschnitt 9.3.9	Sitzdichtheitsprüfung	H S	DU ST TE ST	- -
4.7.2		x			Abschnitt 9.3.12	Prüfung an Sicherheitsventilen einschließlich der Einstellung des Ansprechdruckes, Messung des Schließdruckes und Sicherung gegen Verstellung	H S	DU ST TE AN	- E
4.7.3		x			AD 2000-Merkblatt A 2 Abschnitt 9.3.11	Prüfung der Einstellung des Ansprechdruckes Prüfung auf Gängigkeit und Leichtgängigkeit aller beweglichen Funktionsteile	H	DU ST	-
4.7.4			x		Abschnitt 9.3.13; Vorprüfunterlage; Messbericht	Abnahmeprüfung	H S, Stichproben	DU AN ÜW -	E -
4.7.5			x		Herstellervorgaben	Überprüfung der Lauf- und Lagerteile nach der Abnahmeprüfung	H S	DU ST DU ST	- -
4.7.6			x		Werkstoffliste	Kontrolle der Kennzeichnung vor dem Zusammenbau	H S	DU ST DU ST	- -
4.7.7		x			Abschnitt 11	Oberflächenprüfung (MT/PT) an nachträglich bearbeiteten Oberflächen (z. B. Druckprobenringe)			
						A1/A2	H 100 S 10	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E -
						A3	H 10	DU AN	E

Tabelle 9-4: Bauprüfblatt für Komponenten und Rohrleitungssysteme
(Fortsetzung)

Prüf-Nr.	B	Ar	P	R	Anforderungen nach	Beschreibung der Prüfungen	Prüfung durch, Umfang in %	Prüftätigkeit, Nachweisführung	Doku. Ablage
4.7.8					Abschnitt 11; Abschnitt 9.3.14	Zerstörungsfreie Prüfung nach der Druckprüfung an höherbeanspruchten Bereichen; Festlegung des Prüfumfanges und des Prüfverfahrens in VPU 1 Oberflächenprüfung (MT/PT)	H S	DU AN TE ⁹⁾ ST ³⁾	E –
	x	x	x	x		Ultraschallprüfung	H S	DU AN ⁷⁾ DU ⁷⁾ –	E –
	x	x	x	x		Durchstrahlungsprüfung	H	DU AN	E
						Bewertung der Bilder	H S	DU AN DU ⁹⁾ –	E –
4.8	x			x	Abschnitt 9.3.15	Erstellung einer Übersichtsliste von Schweißnähten mit registrierpflichtigen UT-Anzeigen für A1 und A2 ¹⁶⁾	H S	DU AN ÜW –	E –
4.9		x			Abschn. 4.1.1.3.3 (4); Maßkontrollblatt oder Zeichnung	Istmaßprotokollierung der Hauptanschluss- und Einbaumaße, wenn nach Prüfnummer 4.2.1 noch mechanische Bearbeitungen stattfinden	H	DU AN ¹¹⁾	E
4.10	x	x	x	x	Abschn. 4.1.1.3.15	Kontrolle der vorgegebenen Anziehparameter von Verbindungselementen	H 100 S 10	DU AN TE ⁹⁾	E
5					Abschnitt 9.2.3	Bestätigung über durchgeführte Fertigungsüberwachung¹⁶⁾	H S	DU ST DU ST	–
6						Prüfung der Dokumentation vor Auslieferung^{14) 16)}			
6.1	x	x	x	x	Vorprüfunterlage; Werkstoffliste; Iso- metriestückliste; Abschnitt 4	Dokumentation der Werkstoffprüfungen	H S	DU ST DU ST	–
6.2						Dokumentation der Bauprüfungen			
6.2.1	x	x	x	x	Vorprüfunterlage; PFP	für die Gesamtkomponente, bei Rohrleitungen für vorgefertigte Bauteile (Spools)	H S	DU ST DU ST	–
6.2.2	x	x	x	x	Vorprüfunterlage	Kontrolle der Dokumentation der Innenbeschichtung	H S	DU ST DU ST	– –
6.2.3	x		x		Vorprüfunterlage	Kontrolle der Dokumentation der nichtintegralen Stützkonstruktion nach KTA 3205.2	H S	DU ST DU ST	– –
6.3	x	x	x	x	Abschnitt 4	Ausstellen des Bauprüfberichtes ¹⁵⁾	S	DU AN	E
7	x	x	x	x	Abschnitt 4.2.1.9	Prüfung der Enddokumentation vor oder nach Auslieferung der Komponente oder der Enddokumentation für das fertig montierte Rohrleitungssystem einschließlich Ausstellen des Bauprüfberichtes¹⁵⁾	H S	DU AN DU ST ⁹⁾	E –
8	x				Abschnitt 9.5	Prüfung vor erstmaliger Inbetriebnahme	S	DU AN	E

1) Nach Vorliegen der von S geprüften Dokumentation für Erzeugnisformen sind für Behälter, Armaturen und Pumpen folgende Punkte zu prüfen:
a) Einstufung in die Prüfgruppen,
b) Prüfanforderungen bezüglich zulässiger Betriebstemperatur (TB),
c) Vergleich der niedrigsten Belastungstemperatur mit den Ergebnissen des Kerbschlagbiegeversuchs,
d) Durchführung der erforderlichen Prüfungen bei Beanspruchung der Erzeugnisform in Dickenrichtung,
e) Vergleich der Simulationsglühung mit der Durchführung der Bauteilglühung.

2) Nach Vorliegen der von S geprüften Dokumentation für Erzeugnisformen und im Herstellerwerk gefertigte Bauteile sowie vorgefertigte Rohrleitungsteile (Spools) sind für Rohrleitungen folgende Punkte zu prüfen:
a) Erzeugnisformdokumentation
aa) Einstufung in die Prüfgruppen,
ab) Prüfanforderungen bezüglich zulässiger Betriebstemperatur (TB),
ac) Vergleich der niedrigsten Belastungstemperatur mit den Ergebnissen des Kerbschlagbiegeversuchs,
ad) Durchführung der erforderlichen Prüfungen bei Beanspruchung der Erzeugnisform in Dickenrichtung,
ae) Vergleich der Simulationsglühung mit der Durchführung der Bauteilglühung,
af) Maßkontrolle auf Einhaltung der Vorgaben aus der VPU.
b) Dokumentation von im Herstellerwerk gefertigten Bauteilen oder vorgefertigten Rohrleitungsteilen (Spools)
ba) Einstufung in die Prüfgruppen,
bb) Prüfanforderungen bezüglich zulässiger Betriebstemperatur (TB),
bc) Vergleich der niedrigsten Belastungstemperatur mit den Ergebnissen des Kerbschlagbiegeversuchs.

3) Im Prüfbericht sind der jeweilige Prüfumfang und Prüfbereich (z. B. Lage, Prüflängen, Prüfabschnitte, etc.) eindeutig anzugeben.

4) Die Wärmebehandlungsbescheinigung wird Bestandteil der Endablage E, die Wärmebehandlungsdiagramme werden der Zwischenablage Z zugeordnet.

5) Sofern ein verringerter Prüfumfang aufgrund nachgewiesener Erfahrung nach Tabelle 9-5 in Anspruch genommen wird, ist dies im PFP festzulegen.

Tabelle 9-4: Bauprüfblatt für Komponenten und Rohrleitungssysteme
(Fortsetzung)

- 6) Für Komponenten und Rohrleitungen der Prüfgruppe A 3 mit Wanddicken von 8 mm bis 20 mm ist alternativ UT oder RT zulässig, wobei die durchstrahlte Wanddicke bei Doppelwandaufnahme 20 mm nicht überschreiten darf. Ist die innere Oberfläche für MT/PT nicht zugänglich, ist eine Ultraschallprüfung durchzuführen.
- 7) Zur Protokollierung bei der manuellen Ultraschallprüfung siehe Abschnitt 11.9.2.
- 8) Verbindungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen werden wie austenitische Schweißnähte behandelt.
- 9) Gegenzeichnung auf dem Nachweis des Herstellers (bei RT sind abweichende Bewertungen in den Bewertungsspalten einzutragen).
- 10) Werden angewalzte Rohre festgestellt, deren Haftaufweitung und Einwalzlänge nicht den Anforderungen entsprechen, so sind weitere 20 % der Rohre nachzumessen. Werden dort Abweichungen festgestellt, so sind alle Rohre des Bündels nachzumessen.
- 11) Für Behälter, Armaturen, Pumpen:
Die Istmaße werden in der Zeichnung oder im Maßkontrollblatt unter den Sollmaßen eingetragen.
- 12) Für Rohrleitungen:
In der Fertigungsometrie (VPU 1) sind die zu protokollierenden Istmaße festzulegen. Die Istmaße werden in eine Kopie der Berechnungsometrie (VPU 2) eingetragen.
Für die Beurteilung und Behandlung von Abweichungen sind entsprechende Toleranzen sowie Verfahrensschritte festzulegen und mit dem Sachverständigen abzustimmen, siehe Abschnitt 9.3.8.
- 13) Bei Rohrleitungen ist in der Fertigungsometrie der Istzustand zu dokumentieren.
- 14) Die Werkstoffnachweise und Protokolle sind der Endablage (E) zuzuordnen. Die Prüfung durch S bei Einbauteilen und Zubehör ist nicht Gegenstand dieser Regel.
- 15) Der Bauprüfbericht darf befristet durch eine Qualitätsbescheinigung ersetzt werden, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 4 gegeben sind.
Bei Rohrleitungen bezieht sich dies auf werkstattgefertigte Teile
- 16) Bei Rohrleitungen für Werkstofffertigung und Baustellenfertigung.
- 17) Betrifft Werkstofffertigung.
- 18) Werden durch H Oberflächenprüfungen (MT/PT) gemäß Prüf-Nr. 2.1 unter 100 % durchgeführt, sind alle zugänglichen Schweißnahtoberflächen durch S einer Sichtprüfung zu unterziehen.
- 19) Falls die innere Oberfläche nicht zugänglich ist, ist nach Abschnitt 9.3.6.2.2 vorzugehen.

Tabelle 9-4: Bauprüfblatt für Komponenten und Rohrleitungssysteme
(Fortsetzung)

Prüfgegenstand		Prüfumfänge in % ¹⁾								
		Prüfung des Volumens						Prüfung der Oberflächen (MT/PT) ²⁾		
		UT			RT					
		Prüfgruppe			Prüfgruppe			Prüfgruppe		
A 1	A 2	A 3	A 1	A 2	A 3	A 1	A 2	A 3		
Prüfungen durch H										
Stumpfnähte (LN, RN) ³⁾	austenitisch ⁴⁾ s < 8 mm	–	–	–	100	100 ⁵⁾	25 ⁶⁾	100	100	25
	austenitisch ⁴⁾ s ≥ 8 mm	–	–	–	100	100 ⁵⁾	25 ⁶⁾	100	100	25
	ferritisch s < 8 mm	–	–	–	100	100 ⁵⁾	25 ⁶⁾	100	100 ⁵⁾	25 ⁶⁾
	ferritisch s ≥ 8 mm	100	100 ⁵⁾	25 ⁶⁾ 7)	–	–	7)	100	100 ⁵⁾	25 ⁶⁾
	Grenzfläche Pufferung/ ferritischer Grundwerkstoff bei Mischnähten s < 8 mm	–	–	–	100	100	25	–	–	–
	Grenzfläche Pufferung/ ferritischer Grundwerkstoff bei Mischnähten s ≥ 8 mm	100	100	25	–	–	–	–	–	–
Stutzennähte ≥ DN 125 ³⁾	austenitisch ⁴⁾	–	–	–	100	100	25	100	100	100
	ferritisch s und s ₁ ≤ 15 mm	–	–	–				100	100	100
	ferritisch s oder s ₁ > 15 mm	100	100	25	–			100	100	100
Stutzennähte < DN 125 ³⁾	austenitisch ⁴⁾ oder ferritisch	–	–	–	–			100	100	100
Anschweißnähte (HV- und DHV-Nähte) ³⁾	austenitisch s ₁ > 15 mm	10)	10)	10)	–			100		
	austenitisch ⁴⁾ s ₁ ≤ 15 mm und l > 100 mm	10)	–	–						
	ferritisch s ₁ > 15 mm	100	100	25						
	ferritisch s ₁ ≤ 15 mm und l > 100 mm	100	–	–						
	ferritisch s ₁ ≤ 15 mm und l ≤ 100 mm	–	–	–						
Anschweißnähte (Kehlnähte)	ferritisch s ₁ ≥ 10 mm oder l > 100 mm	100	100	25	–			100		
	austenitisch, ferritisch s ₁ ≤ 10 mm und l ≤ 100 mm	–	–	–						
Auftragschweißungen (siehe Tabelle 9-6)		100	100	25 ⁸⁾	–			100	100	100
Rohreinschweißungen von Wärmetauschern		–			–			100	100	25
Bereiche entfernter Schweißungen		–			–			100	100	100
Prüfungen durch S ⁹⁾		25	25	25 ⁶⁾	100	100	25	25	25	25 ⁶⁾
Bemerkungen:										
Zu Prüfumfängen unter 100 % siehe auch Abschnitt 9.3.2.										
Alle zugänglichen Schweißnahtoberflächen sind zu 100 % durch H und zu 10 % durch S einer Sichtprüfung zu unterziehen. Werden durch H Oberflächenprüfungen (MT/PT) gemäß Tabelle 9-4 Prüf-Nr. 2.1 unter 100 % durchgeführt, sind alle zugänglichen Schweißnahtoberflächen durch S einer Sichtprüfung zu unterziehen.										
1) Für die Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen an der inneren Oberfläche von Schweißnähten sind spätestens vor der Inbetriebsetzung unter Berücksichtigung der Abschnitte 9.3.15 und 11.4.2.1 Basisprüfungen festzulegen und durchzuführen.										
2) Falls die innere Oberfläche für MT/PT nicht zugänglich ist, ist nach Abschnitt 9.3.6.2.2 vorzugehen.										
3) Einschließlich Pufferung.										
4) Einschließlich der Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen, ergänzend ist Abschnitt 11.5 zu beachten.										
5) 25 % bei Rohrrundnähten bei nachgewiesener positiver Erfahrung.										
6) 10 % bei Rohrrundnähten bei nachgewiesener positiver Erfahrung.										
7) Bei Nennwanddicken 8 ≤ s ≤ 20 (in mm) darf alternativ UT oder RT durchgeführt werden, wobei die durchstrahlte Wanddicke bei Doppelwanddurchstrahlung 20 mm nicht überschreiten darf.										
8) Bei Panzerungen im Bereich von Sitzdichtflächen auch in Prüfgruppe A3 100 %.										
9) Für die Prüfungen durch den Sachverständigen gilt Abschnitt 9.3.6.4.										
10) Bei austenitischen Anschweißnähten mit Krafterleitung (Festpunkte und Teilfestpunkte) ist zusätzlich zur Oberflächenprüfung eine Prüfung zum Auffinden von Flankenbindefehlern durchzuführen. Das Prüfverfahren und die verfahrenstechnischen Anforderungen sind in der Prüfanweisung gemäß Abschnitt 11.2.1 festzulegen.										

Tabelle 9-5: Zerstörungsfreie Prüfungen an Schweißungen

Prüfgegenstand	Volumenprüfung	Prüfung auf Bindung	Prüfung der Oberfläche
Formgebende Auftragschweißungen ferritisch	UT	UT	MT (PT ¹⁾)
Formgebende Auftragschweißungen austenitisch	RT ²⁾ oder UT ²⁾	UT	PT
Schweißplattierungen, austenitisch oder aus Nickellegierungen	—	UT	PT
Pufferungen für Panzerungen	—	UT ³⁾	PT
Pufferungen für Verbindungsschweißungen, austenitisch oder aus Nickellegierungen	RT ⁴⁾	UT	PT
Panzerungen	—	UT	PT

1) Bei eingeschränkter Zugänglichkeit oder nicht ausreichender Magnetisierbarkeit.
2) Das Prüfverfahren und die verfahrenstechnischen Anforderungen sind in der Prüfanweisung gemäß Abschnitt 11.2.1 festzulegen.
3) Die Prüfung darf zusammen mit der Prüfung der Panzerung erfolgen.
4) Die Prüfung erfolgt zusammen mit der Prüfung der Verbindungsnaht.

Tabelle 9-6: Prüfverfahren für die Prüfung von Auftragschweißungen

Verfahren	Prüfdurchführung	Nachweisgrenze in mbar × dm ³ × s ⁻¹
Dichtheitsprüfung mit Gas ¹⁾ , Druckmethode	1. Mit schaubildenden Mitteln a) Druck: max. 2 bar, empfohlen 0,5 bar b) Zeitpunkt: mindestens 2 min. nach Druckbeaufschlagung	10 ⁻³
	2. Eintauchen in Wasser a) Prüfdruck: 0, 1 · PB, max. 2 bar b) Prüfzeit: ≥ 2 min.	10 ⁻³
Dichtheitsprüfung mit Helium ¹⁾	1. Vakuummethode a) Besprühen des Bauteiles (Dichtung) oder b) Integrale Messung	10 ⁻¹¹
	2. Druckmethode a) Direktes Schnüffelprüfverfahren am Bauteil (Dichtung) oder b) Integrale Messung	10 ⁻⁸

1) Die Dichtheitsprüfung nach außen ist vor der Flüssigkeitsdruckprüfung durchzuführen.

Tabelle 9-7: Nachweisverfahren und Prüfdurchführung für Dichtheitsprüfung

Prüfgruppe	Zu prüfende Bereiche	Prüfverfahren
A1 oder A2/WI	Höherbeanspruchte Bereiche ¹⁾ (z. B. höherbeanspruchte Schweißnähte, Bereiche in der Nähe von Stützen, Übergängen zu Böden)	Es sind bevorzugt die Prüfverfahren gemäß Abschnitt 11 anzuwenden, die zum Nachweis von Fehlern an der inneren und äußeren Oberfläche geeignet sind.

1) Wenn die Primärspannung 80 % der bei der Druckprüfung zugelassenen Spannung überschreitet, d. h. wenn P_1 oder $P_1 + P_b \geq 0,8 \cdot 1,35 R_{p0,2RT}$ ist.

Tabelle 9-8: Zerstörungsfreie Prüfungen nach der Druckprüfung an höherbeanspruchten Bereichen

10 Anforderungen an die Herstellung von EG 1-Kleinteilen

(1) Unter EG 1-Kleinteilen nach **Tabelle 2-1** werden Gehäuse- teile (z. B. Stutzen, Deckel), Flansche, Schrauben, Muttern, Absperr Elemente, Verschlussstopfen verstanden. Hinsichtlich der Werkstoffwahl gelten die Festlegungen der **Tabelle 2-3**. Die Verbindungsschweißungen zur Komponente sind jedoch gemäß den Abschnitten 9.2 und 9.3 zu prüfen.

(2) Die Vorprüfung, Fertigungsüberwachung, Bauprüfung und Dokumentation erfolgen gemeinsam mit der Komponente.

(3) Die Bestätigung der Fertigungsüberwachung und Bauprüfung erfolgt im Prüffolgeplan für die Komponente durch Stempelung.

11 Zerstörungsfreie Prüfungen

11.1 Prüfgerechte Gestaltung

11.1.1 Allgemeines

(1) Die prüfgerechte Gestaltung der Schweißverbindungen richtet sich nach den anzuwendenden Prüfverfahren.

(2) Muss von den vorgegebenen Ausführungsformen der Schweißnahtübergänge aus zwingenden Gründen, z. B. auch bei Verwendung von Normteilen abgewichen werden, ist die Prüfbarkeit im Rahmen der Vorprüfung nachzuweisen.

11.1.2 Ultraschallprüfung

11.1.2.1 Ferritische Rund- und Längsnähte

Hinweis:

In den **Bildern 11-1** und **11-2** sind zulässige Wanddickenübergänge beispielhaft dargestellt.

(1) Für die Ultraschallprüfung sind grundsätzlich die Prüflängen einzuhalten, die nach **Tabelle 11-1** gefordert werden. Die Neigung der Prüf- und Gegenflächen darf 10 Grad nicht überschreiten.

(2) Ist es in Ausnahmefällen nicht möglich, die Prüflängen nach **Tabelle 11-1** einzuhalten, dürfen mit Zustimmung des Sachverständigen verkürzte Prüflängen eingesetzt werden; es sind prüftechnische Ersatzmaßnahmen festzulegen (z. B. zusätzliche Einschallwinkel, Durchführung einer Durchstrahlungsprüfung).

11.1.2.2 Ferritische Stutzennähte

Hinweis:

In **Bild 11-3** sind zulässige Wanddickenübergänge beispielhaft dargestellt.

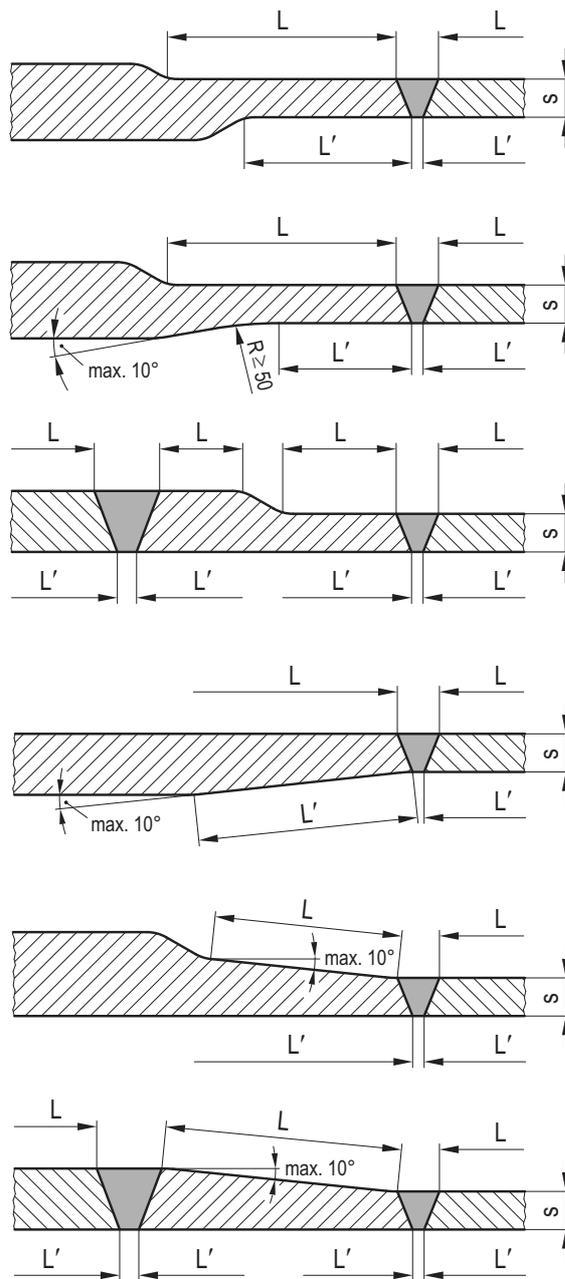
Die erforderlichen Prüflängen L und L' sind in **Tabelle 11-1** festgelegt. Diese Prüflängen sind bei aufgesetzten Stutzen für die Stutzenseite und beim durchgesteckten Stutzen für die Grundrohr- oder Behälterseite vorzusehen, sofern die Stutzennähte von innen zugänglich und die Radien der Stutzeninnenkanten gleich oder kleiner als $0,2 \cdot s$ sind. Andernfalls sind die Prüflängen L und L' sowohl für die Grundrohr- oder Behälterseite als auch für die Stutzenseite einzuhalten.

11.1.2.3 Ferritische Anschweißnähte

(1) Bei HV- und DHV-Nähten sind für die Stegdicken s_1 gleich oder größer als 15 mm die Prüflängen L und L' in **Bild 11-4** nach **Tabelle 11-1** einzuhalten. Sind beide Steg oberflächen für die Prüfung zugänglich, dürfen bei Stegdicken s_1 gleich oder kleiner als 40 mm die Prüflängen L und L' auf $2 \cdot s_1 + 30$ mm oder bei Stegdicken größer als 40 mm auf

$2 \cdot s_1 + 50$ mm verkürzt werden. In Prüfgruppe A 1 sind zusätzlich beiderseits des Steges Prüflängen L_K gleich oder größer als 50 mm nach **Bild 11-4** vorzusehen. Bei Stegdicken s_1 kleiner als 15 mm und Nahtlängen größer als 100 mm in Prüfgruppe A 1 sind nur diese Prüflängen L_K einzuhalten.

(2) Bei Kehlnähten mit s_1 größer als 10 mm oder mit Nahtlängen größer als 100 mm sind Prüflängen L_K gleich oder größer als 50 mm entsprechend **Bild 11-4** vorzusehen.



L, L' : Prüflängen
 R : Radius (sofern bearbeitet)
 s : Wanddicke

Bild 11-1: Beispiele für die konstruktive Gestaltung von Wanddickenübergängen unter Berücksichtigung der erforderlichen Prüflängen für die Ultraschallprüfung von Stumpfnähten mit $\geq DN 80$ und $s \geq 8$ mm

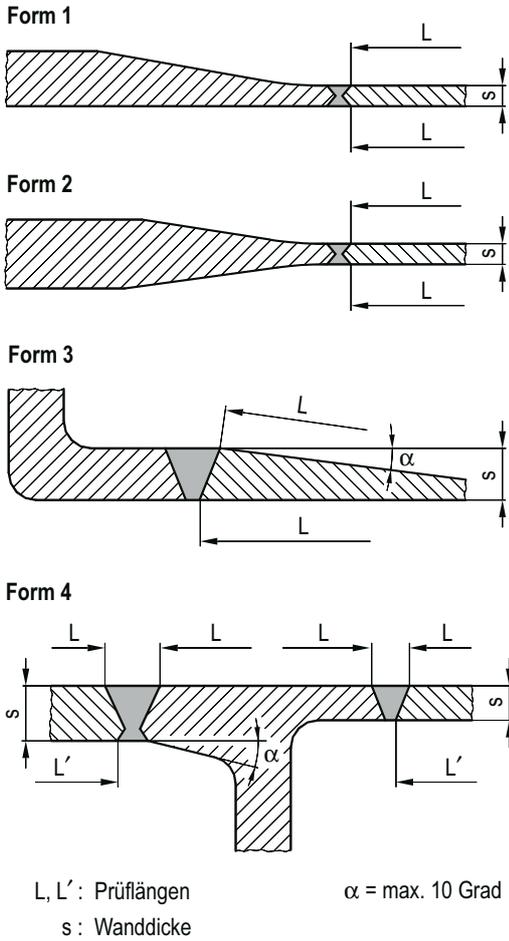


Bild 11-2: Beispiele für die konstruktive Gestaltung von Wanddickenübergängen unter Berücksichtigung der erforderlichen Prüflängen für die Ultraschallprüfung blechen bearbeiteter Stumpfnahte \geq DN 80 und $s \geq 8$ mm (gegenseitige Einschallung eingeschränkt)

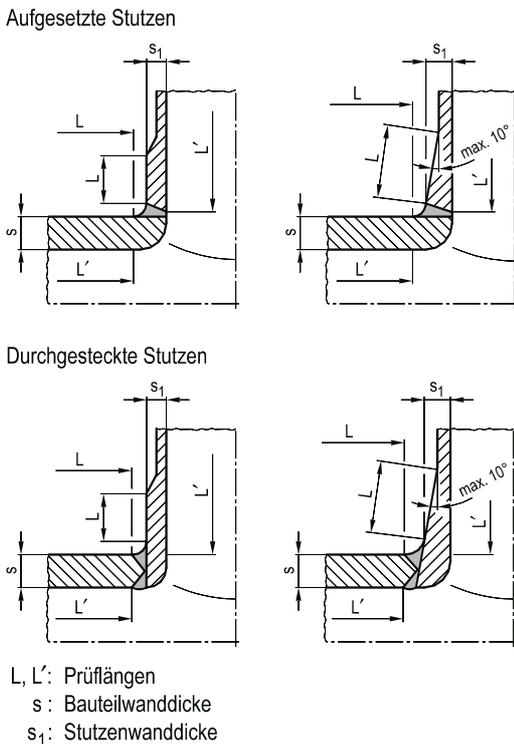
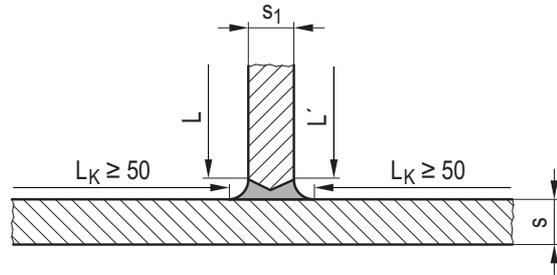


Bild 11-3: Beispiele für die konstruktive Gestaltung von Wanddickenübergängen unter Berücksichtigung der erforderlichen Prüflängen für die Ultraschallprüfung von Stuzennähten mit s oder $s_1 > 15$ mm



L, L': Prüflängen
 L_K : Prüflänge für Kriechwellentechnik
 s: Bauteilwanddicke
 s_1 : Wanddicke des Anschweißteils

Bild 11-4: Prüflängen für die Ultraschallprüfung ferritischer Anschweißnähte (HV-, DHV- oder Kehlnähte)

11.1.2.4 Längs-, Rund- und Stuzennähte an austenitischen Stählen oder zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen

(1) Bei Schweißverbindungen an austenitischen Stählen oder zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen sind bei Nennwanddicken gleich oder größer als 8 mm grundsätzlich die Prüflängen einzuhalten, die nach **Tabelle 11-1** gefordert werden. Die Wanddickenübergänge sind nach **Bild 11-1** zu gestalten.

(2) Ist es in Ausnahmefällen nicht möglich, die Prüflängen nach **Tabelle 11-1** einzuhalten, dürfen mit Zustimmung des Sachverständigen verkürzte Prüflängen eingesetzt werden; es sind prüftechnische Ersatzmaßnahmen festzulegen (z. B. zusätzliche Einschallwinkel, Durchführung einer Durchstrahlungsprüfung).

11.1.3 Durchstrahlungsprüfung

(1) Die Bedingungen für die prüfgerechte Gestaltung der Rund- und Längsnähte zeigt beispielhaft **Bild 11-5**.

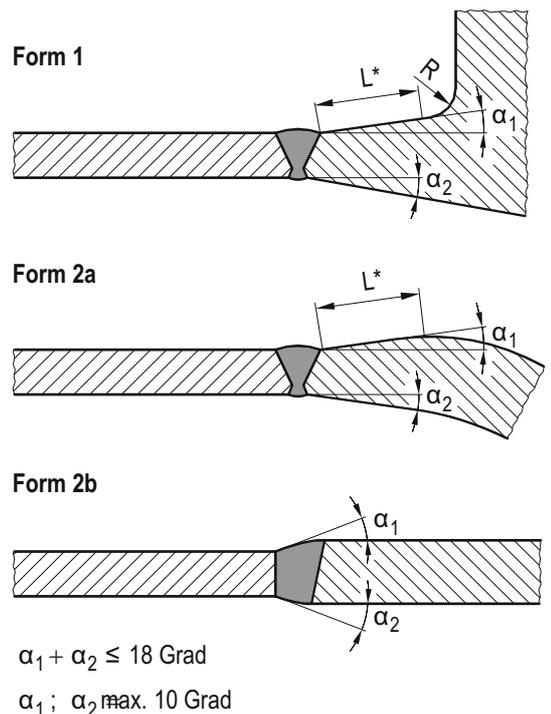
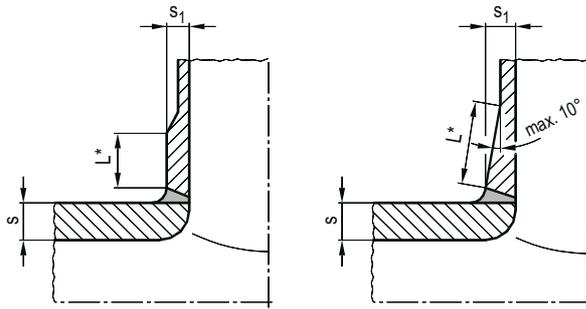


Bild 11-5: Beispiele für die prüfgerechte Gestaltung von Rund- und Längsnähten für die Durchstrahlungsprüfung

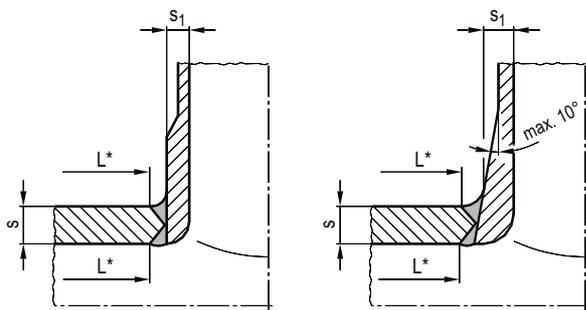
(2) Zulässige Ausführungsformen für Stutzennähte sind in **Bild 11-6** beispielhaft dargestellt.

(3) Es sind die Prüflängen L^* gemäß **Tabelle 11-2** einzuhalten.

Aufgesetzte Stutzen



Durchgesteckte Stutzen



s : Bauteilwanddicke

s_1 : Stutzenwanddicke

L^* : Prüflänge für die Durchstrahlungsprüfung

Bild 11-6: Beispiele für die konstruktive Gestaltung von Wanddickenübergängen unter Berücksichtigung der erforderlichen Prüflängen für die Durchstrahlungsprüfung von Stutzennähten mit s oder $s_1 \leq 15$ mm

11.2 Allgemeine Anforderungen

11.2.1 Prüfanweisungen

(1) Vom Hersteller sind für die zerstörungsfreien Prüfungen Prüfanweisungen zu erstellen.

(2) Diese Prüfanweisungen dürfen für gleiche Prüfgegenstände (z. B. Schweißnähte gleicher Form und Abmessung) in standardisierter Form erstellt werden.

(3) Für Oberflächenprüfungen dürfen als Prüfanweisungen herstellereigene, vom Projekt und Prüfgegenstand unabhängige Anweisungen verwendet werden.

(4) Die Prüfanweisungen sollen detaillierte Angaben enthalten über:

- Zuordnung zu den einzelnen Prüfgegenständen,
- Prüfzeitpunkt gemäß Prüffolgeplan,
- prüftechnische Voraussetzungen, Prüftechniken und anzuwendende Prüfeinrichtungen, Art der Einstellung der Prüfempfindlichkeit,
- erforderlichenfalls zusätzliche Erläuterungen zur Durchführung der Prüfung (z. B. maßstäbliche Skizze),
- vorgesehene Ersatzmaßnahmen bei eingeschränkter Anwendbarkeit der Festlegungen dieses Abschnitts,
- Bezugssystem und Zählrichtung für eine dem Prüfgegenstand zugeordnete Beschreibung von Anzeigen oder Unregelmäßigkeiten,

g) Registrierung, Bewertung und Protokollierung von Anzeigen oder Unregelmäßigkeiten.

11.2.2 Koordinatensystem

Es ist ein Koordinatensystem für die Prüfbereiche festzulegen, das geeignet sein muss, die Lage der Anzeigen und Unregelmäßigkeiten über die Fertigungs- und Lebensdauer der Komponenten eindeutig zu beschreiben.

11.2.3 Anforderungen an Oberflächen

11.2.3.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Die Oberflächen müssen einen dem Prüfzweck entsprechenden Zustand aufweisen.

(2) Zusätzlich zu den Anforderungen an die Schweißungen gemäß Abschnitt 5.7 müssen die Oberflächen der Prüfgegenstände die nachfolgenden Anforderungen erfüllen.

11.2.3.2 Durchstrahlungsprüfung

Für die Durchstrahlungsprüfung müssen die Oberflächen der Schweißnähte so beschaffen sein, dass keine Beeinträchtigung der Bewertung gegeben ist. Gegebenenfalls sind die Oberflächen zu beschleifen.

11.2.3.3 Oberflächenprüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren

(1) Für die Oberflächenprüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren müssen die Oberflächen frei von Zunder, Schweißspritzern oder sonstigen Verunreinigungen sein. Die Prüfaussage beeinträchtigende Riefen oder Kerben sind zu beseitigen.

(2) Der arithmetische Mittelwert der Profilloordinaten (Mittenrauwert) R_a nach DIN EN ISO 4287 darf auf den zu prüfenden Flächen den Wert von $10 \mu\text{m}$ nicht überschreiten. Anforderungen an Oberflächen von Panzerungen außerhalb der Funktionsflächen sind im Einzelfall festzulegen.

11.2.3.4 Ultraschallprüfung

(1) Es gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt D 3.

(2) Zusätzlich zu den Festlegungen in Abschnitt D 3 gilt:

- Fertigungstechnisch bedingte Restkerben und Formabweichungen sind nur dann zulässig, wenn die Aussagefähigkeit der Ultraschallprüfungen einschließlich der wiederkehrenden Prüfungen nicht beeinträchtigt wird.
- An Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen (Mischnähten) mit Nennwanddicken gleich oder größer als 8 mm muss die innere Oberfläche einschließlich Pufferung und Plattierung (soweit vorhanden) eben bearbeitet und kerbfrei sein.

11.2.3.5 Nachweis der Oberflächenbeschaffenheit

(1) Die Einhaltung der Anforderungen an die Oberfläche ist komponentenspezifisch in Kombination von visueller Kontrolle und einer repräsentativen Anzahl quantitativer Messungen oder Überprüfungen anhand eines Vergleichsnormals nachzuweisen.

(2) Für diese Messungen sind Anweisungen zu erstellen, die folgende Angaben enthalten müssen:

- Anforderungen,
- Umfang der Kontrollen und Messungen,
- Messmittel oder Vergleichsnormal,
- Dokumentation.

11.2.4 Anforderungen an die Prüftechnik

11.2.4.1 Eignung von Prüfverfahren und -techniken

Die Eignung von Prüfverfahren und -techniken, deren Anwendung für die Prüfaufgabe nicht ausreichend in Normen beschrieben ist, ist nachzuweisen. Art und Umfang des Nachweises sind bauteilbezogen festzulegen. Bei schwierig zu prüfenden Werkstoffen und bei geometrisch komplizierten Konturen ist die Eignung der Prüftechnik grundsätzlich nach der Methodik der Richtlinie VGB-R 516 (VGB-ENIQ-Richtlinie) an Vergleichskörpern nachzuweisen. Liegt eine qualifizierte Prüftechnik vor, deren Anwendbarkeit vom Sachverständigen bestätigt wird, ist ein erneuter Nachweis der Eignung nicht erforderlich.

11.2.4.2 Manuelle Prüfungen

(1) Für die Ultraschallprüfung und für die Oberflächenprüfungen mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren gelten die allgemeinen Festlegungen der **Anhänge D und E**

- a) Anhang D Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen,
 - b) Anhang E Durchführung von Oberflächenprüfungen mittels Magnetpulver- und Eindringprüfung
- sowie die zusätzlichen Festlegungen, wie sie sich aus den nachfolgenden Abschnitten ergeben.

(2) An ausreichend magnetisierbaren Werkstoffen ist bei der Prüfung der Oberflächen das Magnetpulververfahren einzusetzen, sofern in den Abschnitten 9.3.6.2 oder 11.3 nicht anders geregelt.

(3) Für die Durchstrahlungsprüfung gilt:

Die Prüfdurchführung hat nach DIN EN ISO 17636-1 oder DIN EN ISO 17636-2 zu erfolgen, wobei bei Anwendung der digitalen Radiografie die Bedingungen gemäß Abschnitt 7.2.2 in DIN 25435-7 einzuhalten sind. Zusätzlich gelten folgende Anforderungen:

- a) Die Bedingungen der Klasse B nach DIN EN ISO 17636-1 für Filmradiografie oder DIN EN ISO 17636-2 für digitale Radiografie sind einzuhalten. Die in DIN EN ISO 17636-1 Abschnitt 5 sowie in DIN EN ISO 17636-2 Abschnitt 5.1 genannte Ersatzlösung soll dabei nicht in Anspruch genommen werden.
- b) Die Bildgütezahlen gemäß der in DIN EN ISO 19232-3 angegebenen Bildgüteklasse B sind einzuhalten, wobei die Bildgüteprüfkörper nach DIN EN ISO 19232-1 zu benutzen sind.
- c) Ist nach Abschnitt 9.3.6.2.2 eine Durchstrahlungsprüfung vorgesehen, weil die innere Oberfläche weder für eine Magnetpulver- noch für eine Eindringprüfung zugänglich ist, ist die Durchstrahlungsprüfung als Senkrecht durchstrahlung durchzuführen, wobei die Anforderungen nach DIN 25435-7 einzuhalten sind.

Wenn die Prüfaussage bei Wanddicken kleiner als 8 mm aufgrund der Überlagerung der Nahtabbildungen eingeschränkt ist, ist

- ca) die Decklage zu beschleifen oder
- cb) die Prüfung mittels Schrägeinstrahlung von beiden Nahtseiten durchzuführen.

Bei der Prüfung mittels Schrägeinstrahlung muss der Einstrahlwinkel so klein wie möglich und so gerichtet sein, dass eine Überlagerung der zwei Nahtabbildungen vermieden wird.

- d) Bei Wanddicken kleiner als 8 mm ist die Durchstrahlungsprüfung des Volumens mit der Prüfung gemäß c) abgedeckt.

11.2.4.3 Mechanisierte Prüfungen

- (1) Mechanisierte Prüfungen sind erforderlich,

- a) wenn eine Bewertung ohne umfangreiche Aufzeichnung und Darstellung der Messdaten nicht möglich ist (z. B. bei formbedingten Anzeigen aufgrund von Wurzelkerben, bei komplizierten Geometrien von Stutzennähten),
- b) wenn in den betreffenden Prüfbereichen starke Strahlenexposition zu erwarten ist, und
- c) bei der Prüfung von Schweißnähten zwischen austenitischen Stählen und von Schweißnähten zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen (Mischnähten).

(2) Bei Anwendung der Festlegungen zur Ultraschallprüfung des Abschnitts 11 auf automatisierte oder mechanisierte zerstörungsfreie Prüfungen sowie bei Anwendung anderer Prüftechniken sind auf der Grundlage einer Begutachtung der Prüfsysteme unter Berücksichtigung von DIN 25435-1 Prüfanweisungen zu erarbeiten, mit denen sichergestellt wird, dass die nachfolgend beschriebenen Anforderungen eingehalten oder gleichwertig erfüllt werden. Die Prüfanweisungen sind dem Sachverständigen im Rahmen der Vorprüfung vorzulegen.

11.2.5 Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen

Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in den Abschnitten 6 und 9 festgelegt.

11.2.6 Bewertung der Prüfergebnisse

(1) Für die Bewertung der Prüfergebnisse der einzelnen Prüfverfahren gelten die in den Abschnitten 11.3 bis 11.8 aufgeführten Kriterien.

(2) Die Bewertung der Prüfergebnisse soll auch unter Berücksichtigung der Messtoleranzen der Prüfverfahren sowie der Eigenschaften des geprüften Werkstoffes oder Werkstoffbereiches vorgenommen werden.

(3) Werden mehrere Prüfverfahren zur Feststellung innerer oder äußerer Unregelmäßigkeiten eingesetzt, ist die endgültige Prüfaussage anhand der Prüfergebnisse aller Prüfverfahren zu treffen.

(4) Werden die in den Abschnitten 11.3 bis 11.8 festgelegten Bewertungskriterien nicht eingehalten, so darf durch weitere Untersuchungen (z. B. durch Anwendung von Methoden zur genaueren Bestimmung der Reflektorausdehnung) nachgewiesen werden, dass eine Verwendung der Komponente zulässig ist (siehe auch Abschnitt 13 und **Anhang B**). Hierbei ist entsprechend Abschnitt 13 zwischen einer Reparatur und einem Belassen des Fehlers abzuwägen. Bei dieser Entscheidung darf eine Analyse der Beanspruchbarkeit des Bauteils berücksichtigt werden.

(5) Es muss jedoch sichergestellt sein, dass sicherheitstechnisch relevante Fehler sowie durch große Häufigkeit und Ausdehnung gekennzeichnete systematische Unregelmäßigkeiten bei dieser Bewertung mit erfasst werden. Werden solche Fehler oder systematische Unregelmäßigkeiten festgestellt, so führt dies zur Zurückweisung des Prüfgegenstandes.

11.3 Schweißverbindungen an ferritischen Stählen

11.3.1 Prüfungen vor dem Schweißen

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Bei der Oberflächenprüfung der Fugenflanken soll, soweit es die Geometrie erlaubt, das Magnetpulververfahren angewandt werden. An Erzeugnisformen mit Wanddicken kleiner als 20 mm darf anstelle des Magnetpulververfahrens das Eindringverfahren angewandt werden.

(3) Die mit dem Eindringverfahren durchgeführten Prüfungen sind nach **Tabelle 11-3** und die mit dem Magnetpulver-

verfahren durchgeführten Prüfungen nach **Tabelle 11-4** und unter Beachtung der nachfolgenden Kriterien zu bewerten.

11.3.2 Zusätzliche Bewertungskriterien für Fugenflanken

(1) Bei der Bewertung der Ergebnisse von Oberflächenprüfungen an Fugenflanken sind mögliche Auswirkungen von eventuellen Fehlern auf die spätere Schweißnahtqualität in Abhängigkeit von der Erzeugnisform und vom Schweißverfahren zu beachten.

(2) Die Ergebnisse der nach KTA 3211.1 durchzuführenden Ultraschallprüfungen der Schweißkantenbereiche sind in die Bewertung mit einzubeziehen.

11.3.3 Oberflächenprüfung nach dem Schweißen

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Als Bewertungsmaßstäbe für die Magnetpulver- und Eindringprüfung gelten die Festlegungen der **Tabelle 11-5**.

11.3.4 Ultraschallprüfung nach dem Schweißen

11.3.4.1 Allgemeines

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt. Alle Schweißnähte mit Nennwanddicken gleich oder größer als 8 mm sind einer Ultraschallprüfung auf Längs- und Querfehler zu unterziehen.

(2) Die Prüfung muss das gesamte Schweißgut erfassen. Zusätzlich ist bei Wanddicken oder Anschlussquerschnitten bis zu 30 mm eine angrenzende Grundwerkstoffbreite von mindestens 10 mm, bei größeren Wanddicken oder Anschlussquerschnitten eine solche von mindestens 20 mm beiderseits der Schweißnaht zu prüfen.

(3) Bei unterschiedlichen Nennwanddicken ist bei Stumpfnähten hinsichtlich der Anzahl der Einschallwinkel die größere und hinsichtlich der Festlegung der Registrierschwelle die kleinere Nennwanddicke maßgebend.

(4) Bei aufgesetzten Stützen bestimmt die Wanddicke s_1 des Stützens nach **Bild 11-3** die Anzahl der Einschallwinkel und die Registrierschwelle.

(5) Bei durchgesteckten Stützen bestimmt die Wanddicke s des Bauteils nach **Bild 11-3** die Anzahl der Einschallwinkel und die Registrierschwelle.

(6) Bei Nähten von verbleibenden Anschweißteilen ist für die Wahl der Einschallwinkel und die Festlegung der Registrierschwelle die Wanddicke s_1 des Anschweißteils nach **Bild 11-4** maßgebend, sofern vom Anschweißteil aus geprüft wird.

(7) Werden die Anschlussnähte von Anschweißteilen durch die drucktragende Wand geprüft, gilt die Wanddicke s der drucktragenden Wand nach **Bild 11-4** als Kriterium für die Registrierschwelle und Bewertung.

11.3.4.2 Verfahrenstechnische Anforderungen

11.3.4.2.1 Kontaktflächen

Die Kontaktflächen für die Längsfehlerprüfung müssen so breit sein, dass für alle Einschallrichtungen und Einschallwinkel die auszuwertenden Bereiche erfasst werden können. Dies ist im Allgemeinen der Fall, wenn die in den **Bildern 11-1 bis 11-4** und in der **Tabelle 11-1** angegebenen Prüflängen eingehalten werden. Bei Einhaltung dieser Festlegungen werden die Bedingungen für die Prüfung auf Querfehler abgedeckt.

11.3.4.2.2 Prüffrequenzen und Schwingerabmessungen

(1) Grundsätzlich sind Prüfköpfe mit solchen Schwingergrößen und Nennfrequenzen von 2 MHz bis 6 MHz zu verwenden, welche die Einhaltung der geforderten Prüfeempfindlichkeit im zu prüfenden Bereich sicherstellen. Bei der Auswahl der Prüfköpfe ist darauf zu achten, dass die prüfkopfnahen Störzonen möglichst gering gehalten werden.

(2) Bei Wanddicken s gleich oder kleiner als 40 mm soll eine Nennfrequenz von 4 MHz angewendet werden. Bei Wanddicken s größer als 40 mm darf eine Nennfrequenz von 2 MHz zum Einsatz kommen.

(3) Beim Vorhandensein einer austenitischen Schweißplattierung darf die Prüfung nach den Abschnitten 11.3.4.3 oder 11.3.4.4 erfolgen, sofern die nach Abschnitt 11.3.4.5 geforderte Prüfeempfindlichkeit eingehalten werden kann, z. B. durch den Einsatz von Prüfköpfen mit angepassten Prüffrequenzen oder Schwingergrößen.

11.3.4.2.3 Einstellung der Prüfeempfindlichkeit

(1) Die Prüfsysteme sind nach Abschnitt D 6 zu justieren.

(2) Die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit darf sowohl nach der AVG-Methode als auch nach der Vergleichskörpermethode oder der Bezugslinienmethode vorgenommen werden.

(3) Zusätzlich zu den Festlegungen des **Anhangs D** gilt Folgendes:

a) Die Wanddicke der Vergleichskörper nach **Bild D-2** darf maximal 10 % von der Wanddicke des Prüfgegenstands abweichen.

b) Bei gleichzeitiger Anwendung von Nut und Querbohrung als Vergleichsreflektoren nach **Bild D-2** gilt die kleinere Bezugsechohöhe für die gesamte Wanddicke. Wenn die betreffende Oberfläche einer Oberflächenprüfung mit dem Magnetpulver- oder Eindringverfahren unterzogen wird, darf die Nut als Vergleichsreflektor entfallen.

(4) Bei Reflektoren in oberflächennahen Bereichen darf die nach der AVG-Methode eingestellte Prüfeempfindlichkeit unter Benutzung oberflächennaher Bezugsreflektoren nach **Bild D-2** korrigiert werden.

11.3.4.2.4 Ermittlung der Anzeigenlänge

(1) Erreichen oder überschreiten die Echohöhen die jeweiligen festgelegten Registrierschwellen, so sind die zugehörigen Reflektoren bezüglich ihrer Länge gemäß Abschnitt D 11.2.2 auszumessen. Die Verschiebestrecke wird dadurch begrenzt, dass die Amplitude der Anzeige

a) bei Nennwanddicken gleich oder kleiner als 10 mm die Registrierschwelle unterschreitet,

b) bei Nennwanddicken größer als 10 mm bis gleich oder kleiner als 40 mm die Registrierschwelle um 6 dB unterschreitet,

c) bei Nennwanddicken größer als 40 mm die Registrierschwelle um 12 dB unterschreitet.

(2) Ist die Registrierschwelle abgesenkt, wird die Ausdehnung von Reflektoren, deren maximale Echohöhe kleiner als die ursprüngliche Registrierschwelle ist, nach Abschnitt D 11.2.3 (Halbwertsmethode) bestimmt.

(3) Überschreiten die Echohöhen die ursprüngliche Registrierschwelle, wird die Ausdehnung der Reflektoren nach den Festlegungen von Absatz 1 ermittelt. Für die Ausmessung ist hierbei die ursprüngliche Registrierschwelle maßgebend.

(4) Ist eine genauere Bestimmung der Reflektorausdehnung erforderlich, so ist nach Abschnitt D 11.2.4 zu verfahren.

(5) Reflektoren mit einer Anzeigenlänge kleiner als 10 mm sind als punkrtartige Reflektoren zu bewerten.

11.3.4.3 Prüfung von Stumpfnähten

11.3.4.3.1 Einschallwinkel

(1) Die **Tabelle 11-6** enthält Empfehlungen für die Wahl der Einschallwinkel. Bei Schweißnähten nach **Bild 11-2** Form 4 darf die Prüfung von der Rohrbodenseite aus (siehe **Tabelle 11-7** lfd. Nr. 1.6) auch mit kleineren Einschallwinkeln, als in **Tabelle 11-6** empfohlen, vorgenommen werden, wenn aus geometrischen Gründen die Anwendung der Einschallwinkel nach **Tabelle 11-6** nicht möglich ist. Bei der Querfehlerprüfung soll der Einschallwinkel so gewählt werden, dass der Hauptstrahl möglichst senkrecht auf senkrecht zur Oberfläche orientierte Fehler auftrifft.

(2) Es ist darauf zu achten, dass der Auftreffwinkel an der Gegenfläche 70 Grad nicht überschreitet. Bei Wanddicken größer als 40 mm soll für den kleineren Einschallwinkel der Auftreffwinkel an der Gegenfläche zwischen 35 Grad und 55 Grad liegen. Der größere Einschallwinkel soll möglichst senkrecht auf senkrecht zur Oberfläche orientierte Fehler aufreffen. Diese Festlegungen gelten auch für die Prüfung an gekrümmten Bauteilen und an Wanddickenübergängen.

(3) Bei Schweißnähten mit Flankenwinkeln kleiner als 5 Grad und Wanddicken größer als 40 mm ist zusätzlich auf senkrecht zur Oberfläche orientierte Fehler zu prüfen. Wenn diese Fehler mit den Einschallwinkeln nach **Tabelle 11-6** nicht aufgefunden werden können, sind andere geeignete Einschallwinkel zu wählen oder es ist der Einsatz niedrigerer Prüffrequenzen oder anderer Prüftechniken (z. B. LLT-Technik nach Abschnitt D 9) vorzusehen. Diese zusätzlichen Prüfungen dürfen entfallen, wenn aufgrund der Geometrie senkrecht zur Oberfläche stehende Fehler mit Auftreffwinkeln unter 10 Grad erreicht werden.

11.3.4.3.2 Kontaktflächen und Einschallpositionen für die Schrägeinschallung

Die **Tabelle 11-7** enthält die erforderlichen Prüfbedingungen.

11.3.4.4 Prüfung von Stutzen- und Anschweißnähten

Die **Tabelle 11-8** enthält die erforderlichen Prüfbedingungen für die Ultraschallprüfungen der Stutzennähte, die **Tabellen 11-9** bis **11-11** die für Anschweißnähte. Die Festlegungen von Abschnitt 11.3.4.3.1 Absätze 1 und 2 gelten sinngemäß.

11.3.4.5 Registrierschwellen

(1) Alle Echoanzeigen sind zu registrieren, wenn sie die jeweilige Registrierschwelle erreichen oder überschreiten.

(2) Auch formbedingte Anzeigen, die als solche nach Abschnitt D 11.3 nachgewiesen wurden, sind in den Prüfberichten unter Angabe von Ort, Lage und Größe zu protokollieren.

(3) In Abhängigkeit von der gewählten Methode zur Einstellung der Prüfeempfindlichkeit gelten folgende Registrierschwellen:

- Bei Einstellung der Prüfeempfindlichkeit nach der AVG-Methode für Kreisscheibenreflektoren gelten als Registrierschwelle die Echohöhen der in **Tabelle 11-12** in Abhängigkeit von der Nennwanddicke angegebenen Kreisscheibenreflektoren.
- Wenn bei der Senkrechteinschallung von DHV-Nähten (Einschallposition 4 in **Tabelle 11-9** UT-Nr. 3.2) Schallwege über 300 mm auftreten, ist eine Registrierschwelle zugrunde zu legen, die der Echohöhe einer Querbohrung mit 3 mm Durchmesser zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB entspricht.
- Bei Einstellung der Prüfeempfindlichkeit nach der Vergleichskörper- oder Bezuglinienmethode nach Abschnitt 11.3.4.2 hat die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit an den

in **Bild D-2** angegebenen Bezugsreflektoren zu erfolgen. Die Registrierschwelle entspricht der Echohöhe des Bezugsreflektors zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB.

(4) Es ist sicherzustellen, dass die durch die Registrierschwellen vorgegebene Prüfeempfindlichkeit im gesamten zu prüfenden Werkstoffvolumen eingehalten wird. Dies kann gegebenenfalls durch zusätzliche Einschallpositionen, Einschallwinkel, Prüffrequenzen oder Prüftechniken (z. B. Anwendung der Sender-Empfänger-Technik) erreicht werden.

(5) Die Prüfeempfindlichkeit ist so zu wählen, dass auch Reflektoranzeigen bei der Längsfehlerprüfung von 6 dB und bei der Querfehlerprüfung von 12 dB unter der Registrierschwelle nach Absatz 3 nachgewiesen werden können.

(6) Bei der Längsfehlerprüfung sind auch Anzeigen unterhalb der Registrierschwelle, aber nicht mehr als 6 dB darunter, mit ihrer Halbwertslänge nach Abschnitt D 11.2.3 wie folgt zu registrieren:

a) im gesamten Prüfbereich, wenn ihre Länge die doppelte Länge der in **Tabelle 11-13** festgelegten zulässigen Längen von Einzelreflektoren überschreitet

oder

b) im betroffenen Bereich von mindestens einem Meter Schweißnahtlänge, wenn Anzeigen auftreten, deren Echohöhen die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten und deren Längen die nach **Tabelle 11-13** angegebenen Zulässigkeitskriterien übersteigen.

(7) Treten bei der Querfehlerprüfung mehrere, bei einer Prüfkopfverschiebung nicht voneinander trennbare Anzeigen von Reflektoren (Anzeigenscharen) auf oder erreicht nur eine von mehreren Anzeigen die Registrierschwelle, so sind über die gesamte Schweißnahtlänge auch Anzeigen bis zu 12 dB unter der Registrierschwelle nach Absatz 3 zu registrieren.

(8) Falls der Abstand der Registrierschwelle zum Störpegel weniger als 6 dB beträgt, so ist dies im Prüfbericht anzugeben und das weitere Vorgehen mit dem Sachverständigen festzulegen.

(9) Bei der Prüfung mit Kriechwellen-Prüfköpfen entspricht die Registrierschwelle der Echohöhe einer Flachbodenbohrung oder der Bezugslinie der Flachbodenbohrungen nach **Bild D-10** unter Berücksichtigung der ermittelten Transferverluste. Es sind alle Anzeigen zu registrieren, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten. Die Anzeigenlänge ergibt sich dabei aus dem Prüfkopfverschiebeweg bis zu einem Abfall der Echoamplitude von 6 dB unter die Registrierschwelle.

11.3.4.6 Bewertungsmaßstäbe

11.3.4.6.1 Allgemeine Anforderungen

(1) An zugänglichen Stellen sind Oberflächenunregelmäßigkeiten, die zu Anzeigen führen, durch mechanische Bearbeitung zu beseitigen.

(2) Anzeigen aus nicht zugänglichen Wurzelbereichen sind nur dann zulässig, wenn sie von einem Wurzeldurchgang verursacht werden und wenn sie nach Abschnitt D 11.3 als formbedingte Anzeigen nachgewiesen werden können.

(3) Soweit Durchstrahlungsbilder die Bereiche von Ultraschallanzeigen auswertbar erfassen, sind sie in die Bewertung mit einzubeziehen.

(4) Werden bei der Schrägeinschallung von der Grundwerkstoffseite aus an plattierten Bauteilen Anzeigen aus dem Bereich der Plattierung festgestellt, sind diese nicht mit in die Bewertung einzubeziehen, sofern sie als gefügebedingt nachgewiesen werden. Dieser Nachweis ist an einem Vergleichskörper zu erbringen.

(5) Treten bei der Prüfung mit LLT-Technik nach Abschnitt D 9 oder bei der Prüfung mit Kriechwellen-Prüfköpfen registrierpflichtige Anzeigen auf, so sind diese einer eingehenden Untersuchung nach Abschnitt 11.3.4.6.5 zu unterziehen.

11.3.4.6.2 Anzeigen bei der Längsfehlerprüfung

(1) Die Bewertung der Anzeigen bei der Prüfung mit Einkopftechnik richtet sich nach deren Echohöhe, Anzeigenlänge, Abstand und Häufigkeit. Dabei wird die Häufigkeit in Form der kumulierten Länge (Summe der Anzeigenlängen) pro Bezugslänge erfasst. Treten Anzeigenhäufungen über größere Nahtlängen (größer als die Bezugslänge nach **Tabelle 11-13**) auf, gelten diese Anzeigenhäufungen als systematische Schweißfehler und sind unzulässig.

(2) Zulässigkeitskriterien für die Anzeigenlänge von Einzelreflektoren und die zulässigen kumulierten Längen der Reflektoren bezogen auf eine Bezugslänge sind in **Tabelle 11-13** in Abhängigkeit von der Wanddicke angegeben. Die Festlegungen der Absätze 3 bis 8 sind zusätzlich zu berücksichtigen.

(3) Anzeigen von punktaktigen Reflektoren sind im Volumen, d. h. außerhalb des oberflächennahen Bereiches gemäß Absatz 4, bis zu einer Echohöhe, welche die Registrierschwelle nach Abschnitt 11.3.4.5 um nicht mehr als 12 dB überschreitet, zulässig. Liegt dabei die Echohöhe um 6 dB oder mehr über der Registrierschwelle, so ist die Anzahl solcher Reflektoren auf eine je Meter Schweißnahtlänge begrenzt. Zur Verifizierung derartiger Anzeigen ist eine Kontrollprüfung (z. B. Durchstrahlungsprüfung) durchzuführen.

(4) In oberflächennahen Bereichen (Bereiche von 5 mm unter der endgültigen Oberfläche) sind nur Anzeigen punktaktiger Reflektoren, deren Echohöhe die Registrierschwelle um nicht mehr als 6 dB überschreitet, vereinzelt (ein Reflektor pro Bezugslänge gemäß **Tabelle 11-13**, wobei ab Nennwanddicken größer als 60 mm die Bezugslänge in diesem Fall auf 360 mm begrenzt bleibt) zulässig.

(5) Die Lage der Reflektoren zueinander, ihre Lage und Orientierung in der Schweißnaht sowie ihr Reflexionsverhalten aus unterschiedlichen Einschallrichtungen sind bei der Bewertung wie folgt zu berücksichtigen:

Die Zusammenfassung basiert auf der Länge und der Trennung von zwei zulässigen Anzeigen, deren Echohöhen die Registrierschwelle überschreiten. Die Länge einer Gruppe darf nicht für eine weitere Zusammenfassung angewendet werden. Zur Bewertung muss eine Gruppe von Anzeigen als einzelne Einheit betrachtet werden, wenn:

- der Abstand d_x kleiner als das Doppelte der Länge der längsten Anzeige ist (siehe **Bild 11-7**);
- der Abstand d_y kleiner als die Hälfte der Wanddicke, jedoch nicht größer als 10 mm ist;
- der Abstand d_z kleiner als die Hälfte der Wanddicke, jedoch nicht größer als 10 mm ist.

(6) Die nach Abschnitt 11.3.4.5 Absatz 6 registrierten Anzeigen unterhalb der Registrierschwelle sind in die Bewertung mit einzubeziehen.

(7) Anzeigen sind bis zu einer Echohöhe, welche die Registrierschwelle nach Abschnitt 11.3.4.5 um nicht mehr als 6 dB überschreitet, zulässig. Werden Anzeigen festgestellt, deren Echohöhen die Registrierschwelle nach Abschnitt 11.3.4.5 um mehr als 6 dB überschreiten, so ist

- deren Reflexionsverhalten in Abhängigkeit von allen vorgeschriebenen Einschallrichtungen zu untersuchen,
- eine manuell durchgeführte Zweikopfprüfung im Sinne einer Prüfung mit LLT-Technik nach Abschnitt D 9 anzuwenden.

Die hierbei ermittelten Echohöhen sind zu vergleichen und in die Bewertung mit einzubeziehen. Die Reflektoren dürfen dann belassen werden, wenn kein Verdacht auf flächige Reflektoren besteht und die vorgenannten Bedingungen bezüglich Länge, Häufigkeit und Abständen eingehalten sind.

(8) Bei der Bestimmung der kumulierten Länge sind Anzeigen von punktaktigen Reflektoren mit einer Echohöhe unterhalb der Registrierschwelle nicht zu berücksichtigen. Anzeigen von punktaktigen Reflektoren, deren Echohöhe die Registrierschwelle um nicht mehr als 6 dB überschreitet, sind bei der Bestimmung der kumulierten Länge mit einer Anzeigenlänge von 10 mm zu berücksichtigen.

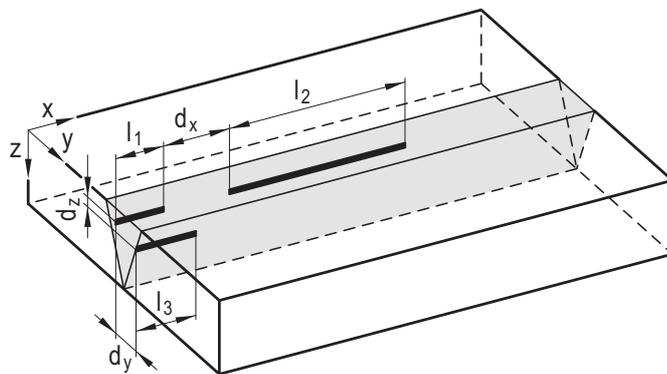


Bild 11-7: Geometrische Anordnung von gehäuften Anzeigen bei der Längsfehlerprüfung

11.3.4.6.3 Anzeigen bei der Querfehlerprüfung

(1) Die Bewertung von Anzeigen bei der Querfehlerprüfung, die eindeutig auf einen Reflektor aus der Längsfehlerprüfung zurückgeführt werden können, hat nach den Kriterien der Längsfehlerprüfung zu erfolgen. Die nachfolgenden Bewertungsmaßstäbe gelten nur für Anzeigen, bei denen nicht eindeutig nachgewiesen werden kann, dass sie von einem Reflektor aus der Längsfehlerprüfung herrühren. Die Bewertung richtet sich nach der Anzeigenhöhe und -häufigkeit.

(2) Registrierpflichtige Anzeigen von Reflektoren nach Abschnitt 11.3.4.5 sind ohne Kontrollprüfung nach Abschnitt 11.3.4.6.5 nur zulässig, wenn sie vereinzelt (nicht mehr als 3 pro Meter Schweißnaht) und punktaktig auftreten und wenn sie nicht von häufigen Anzeigen bis zu 12 dB unter der Registrierschwelle begleitet werden.

(3) Treten bei der Querfehlerprüfung mehrere, bei der Prüfkopfverschiebung nicht voneinander trennbare Echoanzeigen auf dem Bildschirm auf (Echoscharen), so sind alle Anzeigen bis zu 12 dB unterhalb der Registrierschwelle nach Abschnitt 11.3.4.5 nur dann zulässig, wenn es sich bei den Reflektoren nachweislich nicht um Risse handelt. Dieser Nachweis darf stichprobenweise geführt werden.

11.3.4.6.4 Anzeigen bei der Prüfung mit Kriechwellentechnik

Registrierpflichtige Anzeigen sind zulässig, wenn es sich nachweislich nicht um Risse handelt.

11.3.4.6.5 Maßnahmen bei Überschreitung der Grenzwerte

(1) Wenn die in den vorgenannten Zulässigkeitskriterien angegebenen Grenzwerte überschritten sind, dürfen Ergebnisse, die bei Prüfungen gemäß den vorstehenden Angaben erzielt wurden, durch weitere Prüfungen genauer ermittelt und ergänzend der Bewertung zugrunde gelegt werden. Als weitere Untersuchungen kommen z. B. in Betracht:

- a) Ermittlung der Ortslagen der Reflektoren in der Schweißverbindung (Schweißgut, Wärmeeinflusszone, Grundwerkstoff, Wurzelbereich) und der hieraus möglicherweise abzuleitenden Anzeigenursachen,
- b) Einsatz anderer Ultraschallprüftechniken, z. B. Einsatz von Fokussprüfköpfen mit dem Ziel, die Reflektorgröße genauer zu ermitteln,
- c) Durchführung gezielter Durchstrahlungsprüfungen.

(2) Bei Reflektoren in oberflächennahen Bereichen darf die nach der AVG-Methode eingestellte Prüfeempfindlichkeit unter Benutzung oberflächennaher Bezugsreflektoren gemäß **Bild D-2** korrigiert werden.

11.3.5 Durchstrahlungsprüfung nach dem Schweißen

11.3.5.1 Allgemeines

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Wird bei Stumpfnähten die Durchstrahlungsprüfung zur Prüfung der inneren Oberfläche eingesetzt, sind die Festlegungen in Abschnitt 11.2.4.2 (3) c) zu berücksichtigen.

11.3.5.2 Prüfdurchführung

(1) Es gelten die Festlegungen des Abschnittes 11.2.4.

(2) Beiderseits der Naht sind die angrenzenden Grundwerkstoffbereiche in einer Breite gleich oder größer als 10 mm abzubilden.

(3) Bei Rundnähten ist die Zentralaufnahme anzuwenden, sofern die Zugänglichkeit gegeben ist und die Forderungen der Absätze 1 und 2 eingehalten werden.

(4) Bei der Prüfung sollen Röntgenröhren eingesetzt werden, sofern nicht durch den Einsatz anderer Strahlenquellen eine mindestens gleiche Aussagefähigkeit erreicht werden kann. Es sind Film/Folien-Kombinationen mit möglichst hoher Auflösung und bevorzugt Vakuumkassetten zu verwenden.

11.3.5.3 Bewertungsmaßstäbe

(1) Es gelten die Festlegungen der Zulässigkeitsgrenze 1 nach DIN EN ISO 10675-1, ergänzt um die nachfolgenden Festlegungen.

(2) Ist die Zulässigkeit eines bei der Durchstrahlungsprüfung festgestellten Fehlers nicht eindeutig, ist zur Klärung der Zulässigkeit eine Kontrollprüfung (z. B. optimierte Durchstrahlungsprüfung oder Ultraschallprüfung) durchzuführen.

(3) Bei nicht bearbeiteten Wurzeln einseitig geschweißter Nähte sind linienförmige Unregelmäßigkeiten im Übergang von der Wurzel zum Grundwerkstoff nur zulässig, wenn sie auf flache Einziehungen zurückzuführen sind und eine eindeutige Prüfaussage bei der wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfung möglich ist.

(4) Ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Einschlüssen, Schlauchporen oder Gaskanälen in Schweißnahtichtung kleiner als die zweifache Länge des längeren der beiden Einschlüsse, Schlauchporen oder Gaskanäle, so sind beide als eine Unregelmäßigkeit zu bewerten. Deren Länge setzt sich aus der Summe der Einzellängen zuzüglich des Abstandes zwischen den Einschlüssen, Schlauchporen oder Gaskanälen zusammen.

(5) Treten mehrere hintereinander oder nebeneinander liegende feste Einschlüsse, Poren (Porosität), Gaskanäle oder Schlauchporen über Nahtlängen größer sechsmal Nennwanddicke s auf, gelten diese als systematische Schweißfehler und sind nicht zulässig.

(6) Die zulässigen Einzel- und kumulierten Längen fester Einschlüsse sind der **Tabelle 11-14** zu entnehmen.

(7) Für Schlauchporen und Gaskanäle gilt:

a) Schlauchporen und Gaskanäle sind in Einlagenschweißungen oder bei Nennwanddicken kleiner als 10 mm nicht zulässig.

b) Ansonsten gelten die Anforderungen wie für feste Einschlüsse gemäß Absatz 6.

(8) Örtliche Anhäufung von Poren (Porositäten, Porennester, Porenzeilen) sind nur vereinzelt, d. h. maximal drei solcher Anhäufungen je Meter Schweißnaht, zulässig.

11.4 Schweißverbindungen an austenitischen Stählen

11.4.1 Prüfungen vor dem Schweißen

Es gelten die Festlegungen der Abschnitte 11.3.1 und 11.3.2, wobei die Oberflächenprüfung mit dem Eindringverfahren durchzuführen ist.

11.4.2 Prüfungen nach dem Schweißen

11.4.2.1 Prüfung der Oberflächen

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Als Bewertungsmaßstäbe für die Eindringprüfung gelten die Festlegungen der **Tabelle 11-15**.

11.4.2.2 Durchstrahlungsprüfung

Für die Durchstrahlungsprüfung gelten die Festlegungen gemäß Abschnitt 11.3.5.

11.4.2.3 Ultraschallprüfung der inneren Oberfläche nach dem Schweißen

11.4.2.3.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Die Schweißnähte mit Nennwanddicken gleich oder größer als 8 mm sind einer Ultraschallprüfung auf Längsfehler zu unterziehen. Die Prüfung hat als mechanisierte Prüfung gegenseitig von beiden Seiten einseitig geschweißter Stumpfnähte zu erfolgen.

(3) Bei dieser Prüfung sind die Schweißnahtwurzel und der angrenzende Grundwerkstoff (Nahtnebenbereich) zu erfassen. Die zu erfassende Breite des Nahtnebenbereichs soll 10 mm bei Wanddicken kleiner als oder gleich 30 mm und bei größeren Wanddicken 20 mm Grundwerkstoff betragen.

(4) Für die Prüfung von Stutzennähten sind die verfahrenstechnischen Anforderungen in der Prüfanweisung festzulegen.

11.4.2.3.2 Verfahrenstechnische Anforderungen

11.4.2.3.2.1 Prüftechnik

(1) Die anzuwendende Prüftechnik ist an einem artgleichen Vergleichskörper (z. B. aus einer Arbeitsprobe) zu ermitteln, d. h. der Vergleichskörper muss in den prüftechnisch relevanten Eigenschaften (Werkstoff, Schweißnahtausführung, Form, Wanddicke, Wärmebehandlung) dem Prüfgegenstand entsprechen.

(2) Zur Erkennung flächiger Trennungen ist eine Prüftechnik oder eine Kombination von mehreren Prüftechniken auszuwählen, mit der die Prüfeempfindlichkeit gemäß Abschnitt

11.4.2.3.2.2 erreicht wird. Bei der Auswahl sind die akustischen Eigenschaften (Absorption, Streuung, Brechung, Beugung) zu berücksichtigen. Wenn es Geometrie und akustische Eigenschaften des Prüfgegenstandes zulassen, sind Prüftechniken zu bevorzugen, die eine Echohöhenbewertung gemäß Abschnitt 11.4.2.3.2.2 b) zulassen.

(3) Je nach Prüfaufgabe und Prüfgegenstand kommen z. B. folgende Prüftechniken in Frage:

- vertikal polarisierte Transversalwellen mit einem Auftreffwinkel des Schallstrahls im Bereich von 35 bis 55 Grad (Winkelspiegeleffekt),
- vertikal polarisierte Transversalwellen mit einem Auftreffwinkel des Schallstrahls im Bereich von 65 bis 70 Grad,
- Longitudinalwellen,
- Wellenumwandlungstechniken gemäß **Anhang D**, Abschnitte D 7 und D 8.

Hinweis:

Die Prüftechniken a) und b) erlauben an homogenen Werkstoffen im Allgemeinen eine Echohöhenbewertung.

(4) Kann aufgrund der Geometrie des Prüfgegenstandes oder der Gefügeeigenschaften (z. B. bei plattierten Oberflächen, austenitischen Schweißnähten, Mischnähten) mit den oben genannten Techniken kein ausreichender Nachweis der Eignung erreicht werden, ist nach entsprechendem Eignungsnachweis eine optimierte Prüftechnik oder Kombination von Prüftechniken einzusetzen. Optimierte Prüftechniken sind z. B.:

- Prüffrequenzen kleiner als oder gleich 2 MHz,
- Prüfköpfe mit hochbedämpften Schwingern,
- Sende-Empfangstechniken mit Überlappungsbereich im halben Sprung,
- horizontal polarisierte Transversalwellen.

11.4.2.3.2.2 Nachweis der Eignung der Prüftechnik und Einstellung der Prüfempfindlichkeit

Zusätzlich zu den Festlegungen des **Anhangs D** gilt Folgendes:

- Es ist ein artgleicher Vergleichskörper mit Nuten zu verwenden. Die Nuten sind im Grundwerkstoff, angrenzend an den Übergang Grundwerkstoff/Schweißgut gemäß **Bild 11-8** einzubringen. Die genaue Anzahl, Lage und Abmessung der in den Vergleichskörper einzubringenden Nuten sind im Rahmen der Vorprüfung festzulegen.

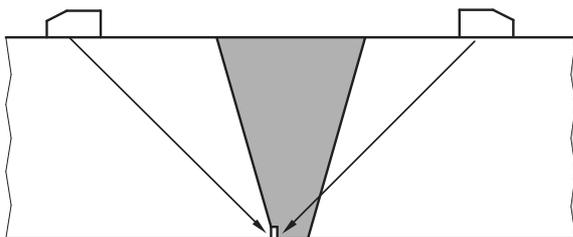


Bild 11-8: Lage der Nuten und Einschallrichtungen für die Prüfung von Schweißverbindungen an austenitischen Stählen

- Zum Nachweis der Eignung der Prüftechnik sind mindestens drei Nuten mit unterschiedlicher Tiefe von beiden Seiten der Naht sowie die Kante des Vergleichskörpers anzuschallen und die zugehörigen Echohöhen zu ermitteln. Dabei muss jeweils eine Nut eine größere und eine Nut eine geringere Tiefe haben als die für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit benötigte Nut gemäß **Tabelle 11-17**.

Steht die Kante des Vergleichskörpers aus geometrischen Gründen für den Prüfbereich nicht zur Verfügung, darf ersatzweise eine weitere Nut verwendet werden, die tiefer ist

als die tiefste der drei vorgenannten Nuten. Die Tiefe dieser Nut ist bezogen auf die eingesetzte Prüftechnik im Einzelfall so festzulegen, dass das Reflexionsverhalten dem einer Kante oder einer wanddurchdringenden Nut entspricht.

Akustische Unterschiede bei der Einschallung von beiden Seiten der Naht aus sind zu erfassen.

Die Prüftechnik ist geeignet, wenn

- die Echohöhen mit der Nuttiefe ansteigen (**Tabelle 11-18** Fall 1),
- die Echohöhe der nach **Tabelle 11-17** auszuwählenden Nut den Rauschpegel mit den Einschallrichtungen gemäß **Bild 11-8** um 12 dB oder mehr überschreitet,
- das Kantenecho oder die Echohöhe der weiteren, ausreichend tiefen Nut die Echohöhe der nach **Tabelle 11-17** auszuwählenden Nut mit den Einschallrichtungen gemäß **Bild 11-8** um mindestens 6 dB überschreitet.

Können die Kriterien ba) bis bc) auch nach der einer Optimierung der Prüftechnik nicht eingehalten werden, so ist gemäß d) vorzugehen.

- Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit hat nach der Vergleichskörpermethode unter Berücksichtigung der einzustellenden Registrierschwelle zu erfolgen. Für den Prüfbereich „Nahtnebenbereich“ ist der Bezugsreflektor direkt anzuschallen. Für den Prüfbereich „Schweißnahtwurzel“ ist der Bezugsreflektor durch das Schweißgut hindurch anzuschallen. Die akustischen Unterschiede bei der Einschallung von beiden Seiten der Naht aus sind zu berücksichtigen. Unterschiedliche akustische Eigenschaften zwischen Vergleichskörper und Prüfgegenstand sind durch Transfermessungen (V-Durchschallung) im Grundwerkstoff (Nebennahtbereich) zu berücksichtigen. Diese erfolgen an 6 am Umfang verteilten Messpunkten je Nahtseite. Wurden Komponenten aus Erzeugnisformen hergestellt, die nach KTA 3211.1 geprüft wurden, so sind für deren Schweißkantenbereiche die örtlichen Schwankungen der Schallschwächungen, die im Rahmen der Ermittlung der Prüfbarkeit nach KTA 3211.1 an einer umlaufenden Nut ermittelt wurden, zu berücksichtigen.
- Können die Kriterien nach b) in Teilen des Prüfbereiches (z. B. bei Mischnähten mit Pufferung bei der Längsfehlerprüfung im Übergang zwischen Pufferung und Schweißgut) nicht eingehalten werden, so ist wie folgt vorzugehen (siehe **Tabelle 11-18** Fall 2):

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Vergleichskörpermessungen ist als Bezugsnut für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit eine Nut mit einer Echohöhe von mindestens 6 dB über dem Rauschpegel unter Einbeziehung einer etwaigen Transferkorrektur festzulegen. Sofern das Fehlernachweisvermögen mit den vorhandenen Nuten nicht ermittelt werden kann, sind hierfür in den Vergleichskörper weitere, in der Tiefe abgestufte Nuten oder realistische Vergleichsfehler (Risse) einzubringen. Alle Nuten mit einer größeren Tiefe als die Bezugsnut müssen eine Echohöhe von mindestens 6 dB über dem Rauschpegel unter Einbeziehung einer etwaigen Transferkorrektur aufweisen.

Es muss eine Differenzierung zwischen dem Anzeigenmuster der Bezugsnut und den Rauschanzeigen sowie eine deutliche Unterscheidung des Musters der Bezugsnut vom Muster der Kante gegeben sein. Die Bewertungskriterien für den Vergleich der Anzeigenmuster sind anhand der Ergebnisse der Vergleichskörpermessungen in der Prüfanweisung festzulegen (z. B. Anzeigendynamik, Korrelation der Anzeigenmuster bei unterschiedlichen Einschallwinkeln und Wellenarten, Rissspitzensignalverfahren).

11.4.2.3.3 Ermittlung der Anzeigenlänge

Erreichen oder überschreiten die Echohöhen die jeweiligen festgelegten Registrierschwellen, so sind die zugehörigen Reflektoren bezüglich ihrer Länge gemäß Abschnitt D 11.2.3 (Halbwertsmethode) auszumessen.

11.4.2.3.4 Registrierschwellen

(1) Bei Einsatz von Prüftechniken gemäß Abschnitt 11.4.2.3.2.2 Aufzählung b ist die Registrierschwelle die Echohöhe des Bezugsreflektors in Abhängigkeit von der Nennwanddicke gemäß **Tabelle 11-17**, zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB. Es sind alle Echoanzeigen zu registrieren, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten.

(2) Bei Einsatz von Prüftechniken gemäß Abschnitt 11.4.2.3.2.2 Aufzählung d sind alle Anzeigen zu registrieren und zu bewerten, die charakteristische Eigenschaften der an den Vergleichsreflektoren ermittelten Anzeigenmuster aufweisen.

(3) Auch formbedingte Anzeigen aus Wurzelbereichen, die als solche nachgewiesen wurden, sind in den Prüfberichten unter Angabe von Ort, Lage und Größe zu protokollieren.

11.4.2.3.5 Bewertungsmaßstäbe

(1) An zugänglichen Stellen sind Oberflächenunregelmäßigkeiten, die zu Anzeigen führen, durch mechanische Bearbeitung zu beseitigen.

(2) Anzeigen aus nicht zugänglichen Wurzelbereichen sind nur dann zulässig, wenn sie von einem Wurzeldurchgang verursacht werden und wenn sie als formbedingte Anzeigen nachgewiesen werden können.

(3) Soweit Durchstrahlungsbilder die Bereiche von Ultraschallanzeigen auswertbar erfassen, sind sie in die Bewertung mit einzubeziehen.

(4) Bei der Anwendung von Prüftechniken gemäß Abschnitt 11.4.2.3.2.2 b) sind Anzeigen zulässig, die sich nach Anzahl, Echohöhenüberschreitung der Registrierschwelle und Anzeigenlänge innerhalb der in **Tabelle 11-19** genannten Grenzen befinden und wenn sich nach Überprüfung, z. B. mit der Wellenumwandlungstechnik I, keine Hinweise auf flächige Trennungen ergeben.

(5) Bei der Anwendung von Prüftechniken gemäß Abschnitt 11.4.2.3.2.2 d) ist die Bewertungsgrenze überschritten, wenn Anzeigen charakteristische Eigenschaften der an den Vergleichsreflektoren ermittelten Anzeigenmuster aufweisen.

(6) Der Abstand benachbarter Anzeigen muss mindestens 20 mm betragen.

11.5 Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen

11.5.1 Prüfungen vor dem Schweißen

Es gelten die Festlegungen der Abschnitte 11.3.1, 11.3.2 und 11.4.1.

11.5.2 Ultraschallprüfung nach dem Puffern auf Bindung

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit ist als Bezugsecho die Anzeige einer parallel zur Prüfoberfläche verlaufenden Querbohrung von 3 mm Durchmesser im Grundwerkstoff

an der Grenze zur Pufferung zu verwenden. Der Vergleichskörper muss in den prüftechnisch relevanten Eigenschaften (Werkstoff, Ausführung der Pufferung, Wärmebehandlung, Form, Wanddicke) dem Prüfgegenstand entsprechen.

(3) Die Ausdehnung von Reflexionsstellen ist gemäß Abschnitt D 11.2.3 (Halbwertsmethode) zu bestimmen. Reflektoren aus dem Übergang Pufferung/Grundwerkstoff, die die Bezugsechohöhe zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB erreichen oder überschreiten, sind unter Angabe der Echohöhe zu registrieren. Falls der Abstand der Registrierschwelle zum Störpegel weniger als 6 dB beträgt, ist dies im Prüfbericht anzugeben und das weitere Vorgehen mit dem Sachverständigen festzulegen.

(4) Die Bewertung der Reflektoren hat sich nach den Anzeigenlängen und Anzeigenhäufigkeiten zu richten, sofern ihre Echohöhen die Registrierschwelle um nicht mehr als 6 dB überschreiten. Zulässigkeitskriterien für die Anzeigenlänge einzelner Reflektoren und Häufigkeiten in Form der kumulierten Länge (Summe der Anzeigenlängen) pro Bezugslänge sind in **Tabelle 11-13** dargestellt. Reflektoren, die in ihrer Tiefenlage (in Wanddickenrichtung, senkrecht zur Einschallrichtung) um nicht mehr als 2,5 mm voneinander entfernt sind, müssen in Schweißfortschrittsrichtung um mindestens das Einfache der Länge der längeren Anzeige voneinander entfernt sein. Anderenfalls gelten die Reflektoren als zusammenhängend. Liegen mehr als zwei Reflektoren dicht hintereinander, so müssen sie jeweils paarweise miteinander verglichen werden und obige Bedingungen erfüllen.

11.5.3 Oberflächenprüfung nach dem Puffern

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Die Oberflächenprüfung ist mit dem Eindringverfahren durchzuführen.

(3) Als Bewertungsmaßstab gelten die Festlegungen nach **Tabelle 11-15**.

11.5.4 Prüfungen nach dem Schweißen

11.5.4.1 Prüfung der Schweißnähte einschließlich Pufferung

(1) Es gelten die Festlegungen der Abschnitte 11.4.2.1, 11.4.2.2 und 11.4.2.3.

Hinweis:

Zusätzliche Anforderungen an die Basisprüfung sind in Abschnitt 9.3.15 festgelegt.

(2) Abweichend von Abschnitt 11.4.2.3 gilt Folgendes:

In den Vergleichskörper nach Abschnitt 11.4.2.3.2.2 sind für den Nachweis der Eignung der Prüftechnik und die Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Längsfehlerprüfung die Nuten in Schweißfortschrittsrichtung verlaufend im Übergang Schweißgut/Grundwerkstoff, im Übergang Schweißgut / Pufferung und im Übergang Pufferung/Grundwerkstoff gemäß **Bild 11-9** einzubringen.

Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit gilt:

- Für den Prüfbereich „Nebennahtbereich“ sind die Bezugsreflektoren jeweils direkt anzuschallen.
- Für den Prüfbereich „Schweißnahtwurzel“ bei Schweißnähten ohne Pufferung sind die Bezugsreflektoren jeweils durch das Schweißgut hindurch anzuschallen.
- Für den Prüfbereich „Schweißnahtwurzel einschließlich Pufferung“ ist der Bezugsreflektor im Übergang Schweißnaht/Pufferung jeweils von der ferritischen und von der austenitischen Grundwerkstoffseite aus anzuschallen.

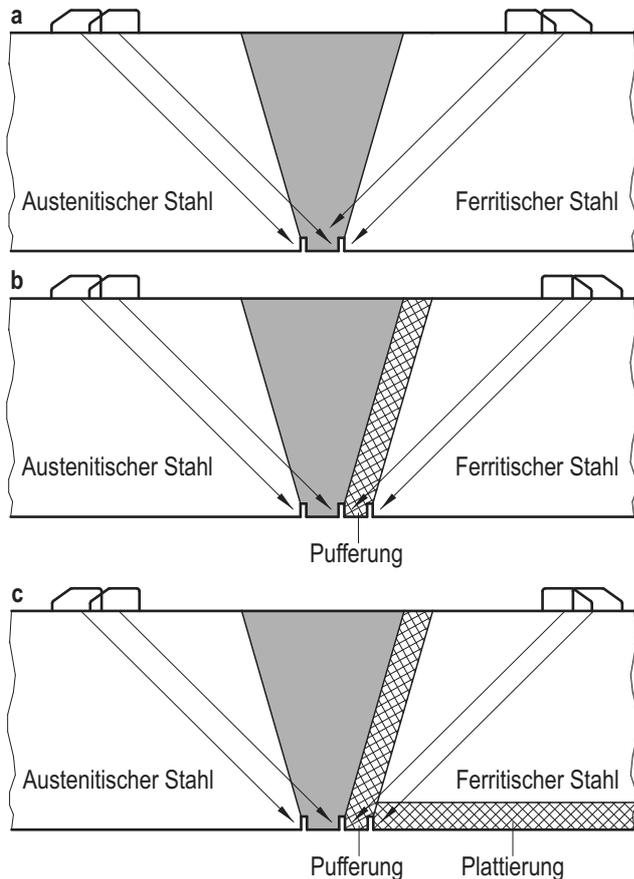


Bild 11-9: Lage der Nuten und Einschallrichtungen für die Längsfehlerprüfung von Schweißverbindungen zwischen ferritischen und austenitischen Stählen

11.5.4.2 Prüfung der Grenzfläche zum ferritischen Grundwerkstoff auf Bindung

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Die Ultraschallprüfung soll von der ferritischen Seite der Schweißnaht aus erfolgen. Die Prüftechniken und Einschallwinkel sind so auszuwählen, dass Fehler mit Orientierungen parallel zur Grenzfläche zum ferritischen Grundwerkstoff erfasst werden. Die Ausdehnung der Reflektoren ist gemäß Abschnitt D 11.2.3 (Halbwertsmethode) zu bestimmen.

a) Für die Prüfung der oberflächennahen Bereiche jeweils bis zu einer Tiefe von 10 mm kommen als Prüftechniken in Frage

aa) die SEL- oder die Kriechwellentechnik für die Grenzfläche unterhalb der Kontaktfläche,

ab) die Transversalwellen-Einkopftechnik für die Grenzfläche vor der Gegenfläche.

Die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit hat an einem artgleich geschweißten Vergleichskörper, bei plattierten Schweißnähten an einem Vergleichskörper mit Plattierung, unter Beachtung der Festlegungen in den Abschnitten 11.4.2.3.2.2 sowie 11.5.4.1 Absatz 2 Aufzählung b zu erfolgen. Darüber hinaus ist eine weitere Nut decklagenseitig im Übergang Pufferung/Grundwerkstoff parallel zur Schweißfortschrittsrichtung gemäß **Bild 11-10 a** einzubringen. Bei Schweißnähten ohne Pufferung ist diese Nut im Übergang Schweißgut/ferritischer Grundwerkstoff einzubringen. Die Nuten im Übergang Pufferung/Grundwerkstoff und im Übergang Schweißgut/ferritischer Grundwerkstoff sind von der ferritischen Grundwerkstoffseite aus anzuschallen. Die Tiefe der Nut ist in Abhängigkeit von der Nennwanddicke gemäß **Tabelle 11-17** festzulegen. Bei plattiertem ferritischem Grundwerkstoff darf für die Einstel-

lung der Prüfeempfindlichkeit alternativ die Flachbodenbohrung gemäß **Bild 11-10 b** verwendet werden, die unmittelbar oberhalb der Plattierung angeordnet ist.

Für die Festlegung der Registrierschwelle gilt Abschnitt 11.4.2.3.4, die Bewertung hat nach Abschnitt 11.4.2.3.5 zu erfolgen.

b) Für die Prüfung des nicht oberflächennahen Bereiches einschließlich der unteren Flachbodenbohrung nach **Bild 11-10 b** kommen als Prüftechniken in Frage

ba) die Wellenumwandlungstechnik (LLT-Technik nach Abschnitt D 9),

bb) die Einkopftechnik.

Die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit hat an einem artgleich geschweißten Vergleichskörper, bei plattierten Schweißnähten an einem Vergleichskörper mit Plattierung, an einem Vergleichskörper mit 6 mm-Flachbodenbohrungen gemäß **Bild 11-10** zu erfolgen. Anzahl und Abstände (Δt) der Flachbodenbohrungen sind so festzulegen, dass die Prüfeempfindlichkeit im gesamten Prüfbereich ermittelt werden kann. Die Bezugsreflektoren (Flachboden) müssen parallel zur Grenzfläche ausgerichtet sein. Die Bezugsreflektoren sind im Übergang Pufferung/Grundwerkstoff einzubringen. Bei Schweißnähten ohne Pufferung sind die Bezugsreflektoren im Übergang Schweißgut/ferritischer Grundwerkstoff einzubringen. Die Bezugsreflektoren im Übergang Pufferung/Grundwerkstoff oder im Übergang Schweißgut/ferritischer Grundwerkstoff sind von der ferritischen Grundwerkstoffseite aus anzuschallen.

Für die Festlegung der Registrierschwelle gilt **Tabelle 11-12**, die Bewertung hat nach Abschnitt 11.5.2 Absatz 4 zu erfolgen.

Werden Einschallwinkel eingesetzt, mit denen die Grenzfläche senkrecht getroffen wird, so gelten die Festlegungen der Absätze 2, 3 und 4 in Abschnitt 11.5.2.

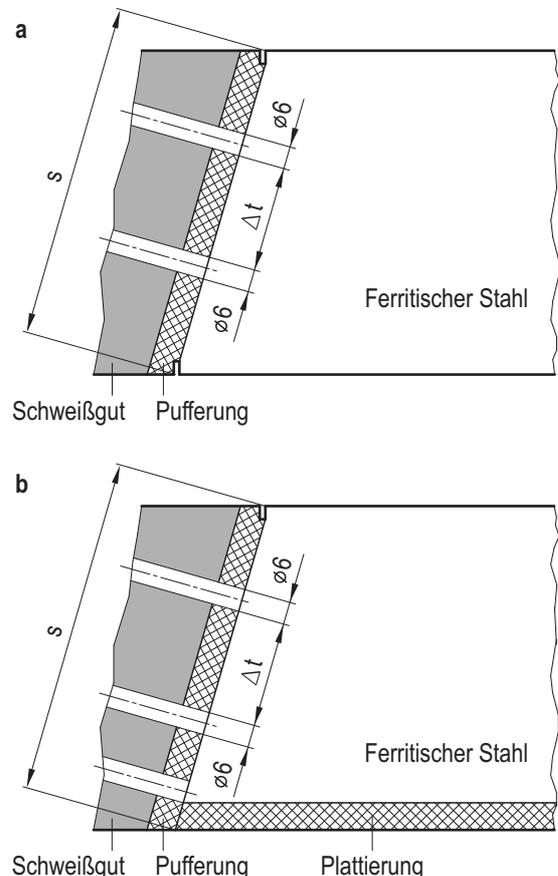


Bild 11-10: Lage der Flachbodenbohrungen und der Nuten für die Prüfung der Grenzfläche zum ferritischem Grundwerkstoff auf Bindung

(3) Bei der Durchstrahlungsprüfung ist in Richtung der Grenzfläche einzustrahlen. Die Einstrahlrichtung darf hierbei nicht mehr als 5 Grad von der Richtung der Grenzfläche abweichen. Grundsätzlich ist die einwandige Durchstrahlung durchzuführen. Ist die einwandige Durchstrahlung nicht durchführbar, so ist die weitere Vorgehensweise in der Prüfanweisung festzulegen. Darüber hinaus gelten die Festlegungen des Abschnittes 11.3.5.

11.6 Auftragschweißungen

11.6.1 Prüfungen vor dem Schweißen

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Für Oberflächen von Erzeugnisformen gelten für die Bewertung der Prüfergebnisse die entsprechenden Festlegungen der Regel KTA 3211.1 und für Schweißnahtoberflächen die Festlegungen der **Tabelle 11-5**.

11.6.2 Prüfungen nach dem Schweißen

11.6.2.1 Plattierungen

Dieser Abschnitt gilt auch für Bereiche, die aus Schweißplattierungen und einer formgebenden Schweißung auf der Schweißplattierung bestehen.

11.6.2.1.1 Oberflächenprüfung mit dem Eindringverfahren

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Als Bewertungsmaßstäbe für die Oberflächenprüfung gelten die Festlegungen der **Tabelle 11-16**.

11.6.2.1.2 Ultraschallprüfung

11.6.2.1.2.1 Verfahrenstechnische Anforderungen

11.6.2.1.2.1.1 Prüfdurchführung

Die Prüfung hat mit Senkrechteinschallung von der Grundwerkstoffseite oder von der Seite der Auftragschweißung aus auf Bindung zu erfolgen.

11.6.2.1.2.1.2 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

(1) Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit ist als Bezugsecho die Anzeige einer parallel zur Oberfläche verlaufenden Querbohrung von 3 mm Durchmesser im Grundwerkstoff an der Grenze zur Plattierung zu verwenden.

(2) Der Vergleichskörper muss in den prüftechnisch relevanten Eigenschaften (Werkstoff, Ausführung der Plattierung, Wärmebehandlung, Form, Wanddicke) dem Prüfgegenstand entsprechen. Bei unterschiedlichen Schallwegen im Vergleichskörper und im Bauteil darf bei der Prüfung von der Grundwerkstoffseite aus für die Empfindlichkeitskorrektur von Einzelschwingerprüfköpfen die Gleichung D-10 (Abschnitt D 2.3) angewandt werden.

11.6.2.1.2.1.3 Registrierschwellen

(1) Für Anzeigen aus dem Übergang von der Plattierung zum Grundwerkstoff entspricht die Registrierschwelle der Echohöhe des Bezugsreflektors zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB. Es sind alle Anzeigen zu registrieren, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten.

(2) Falls der Abstand der Registrierschwelle zum Rauschpegel weniger als 6 dB beträgt, ist dies im Prüfbericht anzugeben und das weitere Vorgehen mit dem Sachverständigen festzulegen.

11.6.2.1.2.1.4 Ermittlung der Ausdehnung von Reflektoren

Die Ausdehnung von Reflektoren ist mit der Halbwertsmethode nach Abschnitt D 11.2.3 zu bestimmen.

11.6.2.1.2.1.5 Bewertungsmaßstäbe

(1) Einzelne Reflektoren mit einer Anzeigenlänge gleich oder kleiner als 10 mm sind bei der Bestimmung der gesamten gebundenen Fläche als nicht gebundene Stellen mit einer Fläche von 100 mm² zu berücksichtigen.

(2) Linienförmige Reflektoren sind bezogen auf eine Prüfbahnenlänge von einem Meter bis zu einer Gesamtlänge von 250 mm zulässig, wobei einzelne Reflektoren die Länge von 100 mm nicht überschreiten dürfen. Bei der Bestimmung der gesamten gebundenen Fläche sind linienförmige Reflektoren als nicht gebundene Flächen mit einer Breite von 10 mm zu berücksichtigen.

(3) Flächige Reflektoren sind bis zu einer maximalen Fläche von 1000 mm² zulässig.

(4) Bezogen auf die Gesamtfläche muss der Anteil der gebundenen Fläche 98 % betragen, wobei es zulässig ist, dass örtlich, d. h. bezogen auf eine Fläche von 1 m · 1 m, der Anteil der gebundenen Fläche nur 95 % beträgt.

11.6.2.2 Panzerungen und Pufferungen für Panzerungen

11.6.2.2.1 Oberflächenprüfung

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Die Oberflächenprüfung ist mit dem Eindringverfahren durchzuführen.

(3) Als Bewertungsmaßstäbe gelten folgende Anforderungen:

a) Lineare Anzeigen sind unzulässig.

b) Sitzdichtflächen

Sitzdichtflächen (z. B. Berührungslinien bei Kugeldichtsitzen) müssen in einem Bereich von je 1 mm rechts und links neben dem Funktionsbereich, der Berührungslinie, anzeigefrei sein.

An Sitzdichtflächen mit einer Breite größer als 2 mm und kleiner als oder gleich 6 mm sind runde Anzeigen vereinzelt zulässig, sofern ihre Ausdehnung die Hälfte der Breite der Sitzdichtfläche nicht überschreitet.

An Sitzdichtflächen mit einer Breite größer als 6 mm sind runde Anzeigen mit einer Ausdehnung kleiner als oder gleich 3 mm vereinzelt zulässig.

Zulässige Anzeigen dürfen eine Häufigkeit von zehn Stück je Quadratdezimeter Sitzdichtfläche nicht übersteigen.

c) Sonstige Flächen

Bei sonstigen Flächen sind Poren mit einer Ausblutung von kleiner als oder gleich 6 mm und einer tatsächlichen Ausdehnung kleiner als oder gleich 1,5 mm bis zu zehn Stück je Quadratdezimeter bei einem Mindestabstand der Anzeigränder von 3 mm vereinzelt zulässig.

11.6.2.2.2 Ultraschallprüfung

11.6.2.2.2.1 Prüfdurchführung

(1) Die Panzerung und, soweit vorhanden, die angrenzende Pufferung ist mit einer Einschallrichtung senkrecht zur Bindefläche zu prüfen.

(2) Die Prüfung hat von der Seite der Panzerung aus zu erfolgen.

(3) Es ist eine Prüfanweisung zu erstellen.

11.6.2.2.2 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

(1) Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit dient als Bezugssecho die Anzeige einer parallel zur Oberfläche verlaufenden Bohrung von 3 mm Durchmesser im Grundwerkstoff an der Grenze zur Pufferung oder Panzerung im artgleichen Vergleichskörper. Hierbei muss die Schweißung dem Prüfgegenstand entsprechen.

(2) Bei Vorhandensein von Panzerung und Pufferung ist zusätzlich eine Bohrung an der Grenze zur Panzerung einzubringen.

11.6.2.2.3 Ermittlung der Reflektorausdehnung

Alle zu registrierenden Anzeigen sind nach Länge und Breite auszumessen. Die Ausdehnung der Reflektoren ist als Verschiebestrecke des Prüfkopfes anzugeben, bei deren Anfang und Ende die Echohöhen 6 dB unter die Registrierschwelle abgefallen sind (siehe Abschnitt D 11.2.2). Hierbei darf der Schallbündeldurchmesser am Ort der Anzeigenstelle gemäß Abschnitt D 11.2.4.3 berücksichtigt werden.

11.6.2.2.4 Registrierschwelle

Die Registrierschwelle entspricht der Echohöhe des jeweiligen Bezugsreflektors nach Abschnitt 11.6.2.2.2.2 zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB. Es sind alle Anzeigen zu registrieren, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten.

11.6.2.2.5 Bewertungsmaßstäbe

(1) Für Dichtflächenbereiche sind keine registrierpflichtigen Anzeigen zulässig.

(2) Für Lauf- und Führungsflächenbereiche sind registrierpflichtige Anzeigen, die die Registrierschwelle um nicht mehr als 6 dB überschreiten, vereinzelt zulässig.

(3) Für die übrigen Flächen muss der Anteil der gebundenen Fläche mindestens 98 % betragen. Bundefehler sind dabei bis zu einer Fläche von 250 mm² vereinzelt zulässig.

11.6.2.3 Ferritische formgebende Schweißungen (z. B. Ausgleichsschweißungen, Schweißung für Ausschnittsverstärkungen)

Hinweis:

Für Bauteile, die vollständig durch formgebendes Schweißen hergestellt werden, gilt KTA 3211.1

11.6.2.3.1 Oberflächenprüfung

(1) Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in Abschnitt 9.3.6 festgelegt.

(2) Als Bewertungsmaßstäbe gelten die Festlegungen nach **Tabelle 11-5**.

11.6.2.3.2 Ultraschallprüfung

11.6.2.3.2.1 Prüfdurchführung

(1) Formgebende Schweißungen sollen von einer Oberfläche aus mit Senkrecht- und Schrägeinschallung geprüft werden.

(2) Für die Schrägeinschallung genügt ein Einschallwinkel. Die Schrägeinschallung hat - soweit technisch möglich - in zwei zueinander senkrecht stehenden Prüfrichtungen unter Berücksichtigung der Schweißfortschrittsrichtung und in jeweils entgegengesetzten Prüfrichtungen zu erfolgen.

(3) Es ist sicherzustellen, dass das gesamte Schweißvolumen und der angrenzende Grundwerkstoffbereich von mindestens 10 mm erfasst und bewertet werden.

11.6.2.3.2 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 11.3.4.2.3.

11.6.2.3.2.3 Registrierschwellen

Für die Registrierschwellen gelten die Festlegungen nach **Tabelle 11-12**. Für die Anwendung der Tabelle 11-12 ist die Dicke der drucktragenden Wand maßgebend.

11.6.2.3.2.4 Ermittlung der Anzeigenlänge

(1) Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 11.3.4.2.4.

(2) Bei der Prüfung von der Oberfläche der formgebenden Schweißung aus ist zur Bestimmung der Anzeigenlänge anstelle der Wanddicke die Höhe der formgebenden Schweißung zugrunde zu legen.

11.6.2.3.2.5 Bewertungsmaßstäbe

Die Bewertung von formgebenden Schweißungen erfolgt nach Abschnitt 11.3.4.6. Die **Tabelle 11-13** ist dabei so anzuwenden, dass anstelle der Wanddicke die Höhe der Auftragschweißung zugrunde zu legen ist. Ist die Höhe der Auftragschweißung kleiner als deren Breite, so ist die Breite der Auftragschweißung maßgebend. Hierbei darf die Auftragschweißung in 60 mm breite Streifen aufgeteilt und bezüglich der Reflektoren einzeln bewertet werden.

11.6.2.4 Pufferungen für Verbindungsschweißungen

(1) Pufferungen für Verbindungsschweißungen sollen zusammen mit der Schweißnaht geprüft werden und unterliegen den gleichen Anforderungen bei der Bewertung.

(2) Für die Prüfung von Pufferungen für Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen gelten die Festlegungen des Abschnitts 11.5.

11.6.2.5 Austenitische formgebende Schweißungen

11.6.2.5.1 Oberflächenprüfung

(1) Formgebende Schweißungen sind im endbearbeiteten Zustand nach dem Eindringverfahren zu prüfen.

(2) Als Bewertungsmaßstäbe gelten die Festlegungen der **Tabelle 11-15**.

(3) In Funktionsbereichen von Dichtflächen sind keine Anzeigen zulässig.

11.6.2.5.2 Ultraschallprüfung

Für die Ultraschallprüfung gelten die Festlegungen nach Abschnitt 11.6.2.1.2.

11.7 Einschweißnähte von Wärmetauscherrohren

(1) Die Nähte sind einer Eindringprüfung zu unterziehen.

(2) In ferritischen und austenitischen Nähten sind Anzeigen nicht zulässig. In Schweißnähten von Titanrohren sind Anzeigen vereinzelt zulässig.

(3) Anzeigen im Nebennahtbereich sind bei nicht plattierten Oberflächen nach KTA 3211.1 und bei plattierten Oberflächen nach Abschnitt 11.6.2.1 zu bewerten.

11.8 Bereiche entfernter Schweißungen

(1) Stellen, an denen sich Anschweißteile oder Auftragschweißungen befunden haben, sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen, bei ferritischen Stählen bevorzugt mit dem Magnetpulververfahren.

(2) Rissartige Oberflächenfehler sind nicht zulässig.

11.9 Protokollierung der Prüfergebnisse

11.9.1 Allgemeines

Ist nach **Tabelle 9-4** die Ausstellung eines Nachweises gefordert, sind die Durchführung der Prüfung und die Prüfergebnisse in einem Prüfbericht (Prüfprotokoll) zu protokollieren.

11.9.2 Manuelle Ultraschallprüfung

(1) Die Protokollierung erfolgt durch eigenständige Prüfberichte der Beteiligten. Das Ergebnis der Prüfungen durch mehrere Beteiligte ist zu bewerten (z. B. auf einem gemeinsamen Deckblatt).

(2) Prüfergebnisse von gleichartigen Prüfgegenständen, denen gleiche Prüfanweisungen zugeordnet sind, dürfen in Sammelprotokollen zusammengefasst werden.

11.9.3 Mechanisierte Ultraschallprüfung

Vom Hersteller sind Prüfberichte zu erstellen. Für die Kontrolle der Durchführung der Prüfung und für das Prüfergebnis zeichnen die anderen an der Prüfung Beteiligten auf dem Herstellerbericht ab.

11.9.4 Oberflächenprüfung

Vom Hersteller sind Prüfberichte zu erstellen. Für die Teilnahme an der Prüfung und für das Prüfergebnis zeichnen die anderen an der Prüfung Beteiligten auf dem Herstellerbericht ab.

11.9.5 Durchstrahlungsprüfung

Vom Hersteller sind Prüfberichte zu erstellen. Für die stichprobenweise Kontrolle der Durchführung der Prüfung und für das Prüfergebnis zeichnen die anderen an der Prüfung Beteiligten auf dem Herstellerbericht ab. Abweichende Bewertungen sind vom Sachverständigen in die Bewertungsspalten einzutragen und zu kennzeichnen.

11.9.6 Übersichtsliste über die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen

Registrierpflichtige Anzeigen aus der Ultraschallprüfung und protokollierte Unregelmäßigkeiten aus der Durchstrahlungsprüfung sind

- a) komponentenweise für Behälter, Armaturen und Pumpen,
- b) systemweise für Rohrleitungen

in Übersichtslisten (Nullatlas) nach Nähten geordnet mit Angabe der zugehörigen Prüfberichts-Nr. vom Hersteller zusammenzustellen und in die Enddokumentation einzufügen. Dies gilt auch für tolerierte Abweichungen von den Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung.

11.9.7 Formblätter für Prüfberichte

Die Verwendung der **Formblätter A-14 bis A-20** wird empfohlen. Die Verwendung anderer Formulare ist zulässig, sofern sie einen vergleichbaren prüftechnischen Informationsgehalt aufweisen und eine Reproduzierbarkeit der durchgeführten Prüfungen erlauben.

Zugänglichkeit, Einschallung		Prüfung in	Prüflänge L (Kontaktfläche) ¹⁾ in mm		
			s ≤ 20 mm	20 mm < s ≤ 40 mm	s > 40 mm
Schweißnähte an ferritischen Stählen	Zugänglichkeit von beiden Oberflächen und Einschallung von einer Seite der Naht oder Zugänglichkeit von einer Oberfläche und Einschallung von beiden Seiten der Naht	p	≥ 5,5 · s + 30	≥ 3,5 · s + 30	≥ 3,5 · s + 50
	Zugänglichkeit von beiden Oberflächen und Einschallung von beiden Seiten der Naht	p/2	≥ 3 · s + 30	≥ 2 · s + 30	≥ 2 · s + 50
	Zugänglichkeit von einer Oberfläche und Einschallung von einer Seite der Naht	3/2 p	≥ 5,5 · s + 30	≥ 5,5 · s + 30	≥ 3,5 · s + 50
	Schweißnähte an austenitischen Stählen oder zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen	p/2	≥ 3 · s + 30	≥ 2 · s + 30 ²⁾	≥ 2 · s + 50 ³⁾

1) Die Prüflänge L' (Gegenfläche) beträgt in allen Fällen ≥ 0,7 · L (mm)
 2) Für die Prüflänge L auf der ferritischen Seite von gepufferten Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen gilt: L ≥ 3 · s + 30 mm.
 3) Für die Prüflänge L auf der ferritischen Seite von gepufferten Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen gilt: L ≥ 3 · s + 50 mm.
 p : Sprungabstand

Tabelle 11-1: Prüflängen L und L' für die Ultraschallprüfung

Wanddicke s in mm	s ≤ 30	30 < s ≤ 60	s > 60
Prüflängen L* in mm	≥ 20	≥ 1/3 · s + 10	≥ 30

Tabelle 11-2: Prüflängen L* für die Durchstrahlungsprüfung (siehe Bilder 11-5 und 11-6)

Anzeigen ≤ 3 mm vereinzelt	Anzeigen ≤ 3 mm örtlich ange- häuft	runde Anzeigen > 3 mm bis ≤ 6 mm vereinzelt	lineare Anzeigen ¹⁾ > 3 mm bis ≤ 6 mm vereinzelt nichtmetallische Einschlüsse parallel zur Bauteiloberfläche	Anzeigen > 3 mm örtlich ange- häuft	lineare Anzei- gen ¹⁾ > 3 mm rissartig	Anzeigen > 6 mm ²⁾
zulässig	zulässig bis zu insgesamt 10 Anzeigen je Meter Fugenflanke			nicht zulässig		
¹⁾ Eine Eindringanzeige gilt dann als lineare Anzeige, wenn ihre Abmessung in der maximalen Ausdehnungsrichtung mindestens dreimal so groß ist wie ihre kleinste Abmessung quer zu dieser Richtung. ²⁾ Abweichend von diesen Festlegungen dürfen bei titanstabilisierten austenitischen Werkstoffen mit Zustimmung des Sachverständigen auch Anzeigenlängen > 6 mm, die von Karbonitridzeilen verursacht werden, zugelassen werden.						

Tabelle 11-3: Bewertungsmaßstäbe für die Eindringprüfung von Fugenflanken

Anzeigen ≤ 1,5 mm vereinzelt	Anzeigen ≤ 1,5 mm örtlich angehäuft	Anzeigen > 1,5 mm bis ≤ 10 mm vereinzelt nichtmetallische Einschlüsse parallel zur Bauteiloberfläche	Anzeigen > 1,5 mm örtlich angehäuft	Anzeigen > 1,5 mm rissartig	Anzeigen > 10 mm
zulässig	zulässig bis zu insgesamt 10 Anzeigen pro Meter Fugenflanke		nicht zulässig		

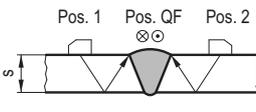
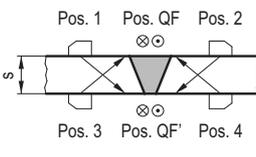
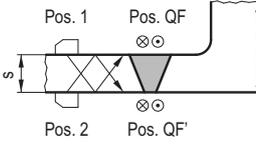
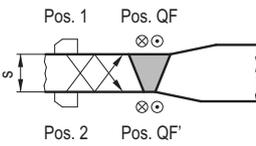
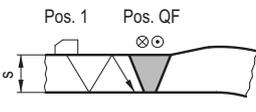
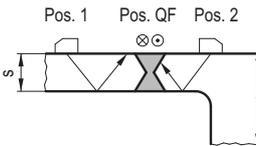
Tabelle 11-4: Bewertungsmaßstäbe für die Magnetpulverprüfung von Fugenflanken

(1) Magnetpulverprüfung			
Anzeigen außerhalb der Schmelzlinie oder Wärmeeinflusszone			Anzeigen in der Schmelzlinie oder Wärmeeinflusszone
Anzeigen ≤ 1,5 mm	Anzeigen von > 1,5 mm bis ≤ 6 mm verursacht durch nichtmetallische Einschlüsse	Übrige Anzeigen > 1,5 mm	
Zulässig	Zulässig	Nicht zulässig	Anzeigenursache klären Risse und Bindefehler nicht zulässig
nicht in die Bewertung einzubeziehen	in Häufigkeit einzubeziehen		
Die Häufigkeit zulässiger Anzeigen darf örtlich zehn Stück pro Quadratdezimeter nicht überschreiten. Bei systematisch auftretenden Anzeigen ist ihrer Ursache nachzugehen, auch wenn die maximalen Ausdehnungen weniger als 1,5 mm betragen. Bei einlagigen Dichtschweißungen sind Anzeigen nicht zulässig.			
(2) Eindringprüfung			
Anzeigen außerhalb der Schmelzlinie oder Wärmeeinflusszone			Anzeigen in der Schmelzlinie oder Wärmeeinflusszone
Anzeigen ≤ 3 mm	Anzeigen von > 3 mm bis ≤ 6 mm verursacht durch nichtmetallische Einschlüsse	Übrige Anzeigen > 3 mm	
Zulässig	Zulässig	Nicht zulässig	Anzeigenursache klären Risse und Bindefehler nicht zulässig
nicht in die Bewertung einzubeziehen	in Häufigkeit einzubeziehen		
Die Häufigkeit zulässiger Anzeigen darf örtlich zehn Stück pro Quadratdezimeter nicht überschreiten. Bei systematisch auftretenden Anzeigen ist ihrer Ursache nachzugehen, auch wenn die maximalen Ausdehnungen weniger als 3 mm betragen. Bei einlagigen Dichtschweißungen sind Anzeigen nicht zulässig.			

Tabelle 11-5: Bewertungsmaßstäbe für die Magnetpulver- und Eindringprüfungen ferritischer Verbindungs- und Auftragschweißungen

Nennwanddicke s in mm	s ≤ 20	20 < s ≤ 40	s > 40
Einschallwinkel allgemein	70 Grad	60 Grad	45 Grad und 60 Grad
Einschallwinkel in Krümmungsrichtung oder bei Wanddickenübergängen	45 Grad bis 60 Grad	45 Grad bis 60 Grad	35 Grad bis 45 Grad und 60 Grad bis 70 Grad
Auftreffwinkel für den Nachweis von senkrecht zur inneren Oberfläche orientierten Reflektoren, sofern die innere Oberfläche weder für eine Magnetpulver- noch für eine Eindringprüfung zugänglich ist	70 Grad	35 Grad bis 55 Grad	35 Grad bis 55 Grad

Tabelle 11-6: Empfohlene Einschall- und Auftreffwinkel für die Ultraschallprüfung ferritischer Stumpf- und Stutznähte

UT-Nr.	Zugänglichkeit Einschallung	Oberflächenzustand der Naht	Einschallbedingungen	
1.1	Von beiden Seiten der Naht und von einer Oberfläche in einem Sprungabstand	a) Außen und innen eben bearbeitet b) Außen eben bearbeitet und innen nicht bearbeitet 1)		Längsfehlerprüfung: Positionen 1 und 2 in p 2)
1.2	Von beiden Seiten der Naht und von beiden Oberflächen im halben Sprungabstand	Außen und innen eben bearbeitet		Längsfehlerprüfung: Positionen 1 bis 4 in p/2
1.3	Von einer Seite der Naht und von beiden Oberflächen in einem Sprungabstand	Außen und innen eben bearbeitet		Längsfehlerprüfung: Positionen 1 und 2 in p
1.4				
1.5	Von einer Seite der Naht und einer Oberfläche im anderthalbfachen Sprungabstand. Bei s > 40 mm zweiter Einschallwinkel in einem Sprungabstand	Außen und innen eben bearbeitet		Längsfehlerprüfung: Position 1 in 3/2 p Bei s ≤ 20 mm Position 1 mit 60 Grad erlaubt Bei s > 40 mm Position 1 mit zweitem Einschallwinkel in p
1.6	Von beiden Seiten der Naht und von einer Oberfläche in einem und im halben Sprungabstand	Außen und innen eben bearbeitet		Längsfehlerprüfung: Position 1 in p Position 2 mindestens in p/2

Querfehlerprüfung: QF in p oder QF und QF' in p/2, jeweils in beiden entgegengesetzten Nahrichtungen auf der Naht.
p : Sprungabstand

1) Unter Beachtung der Festlegungen in Abschnitt 5.1 (3)

2) Gilt bei Wanddicken > 40 mm nur für den kleineren Einschallwinkel, für den großen Einschallwinkel genügt die Auswertung bis p/2.

Tabelle 11-7: Prüfbedingungen für die Ultraschallprüfung von ferritischen Rund- und Längsnähten

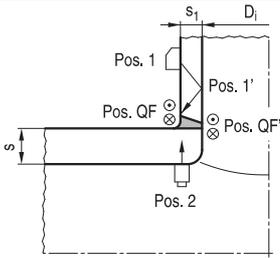
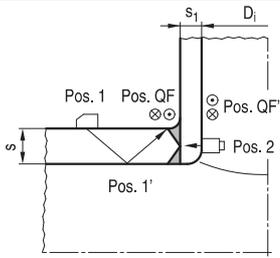
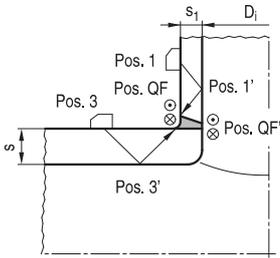
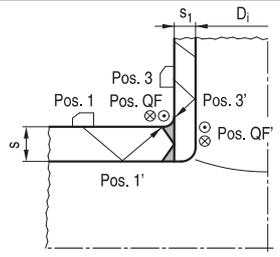
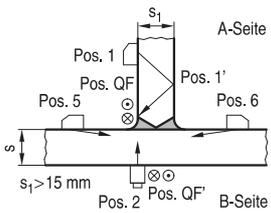
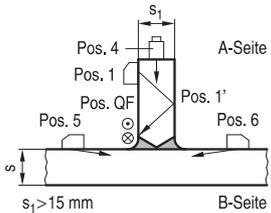
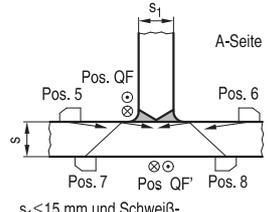
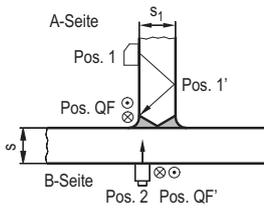
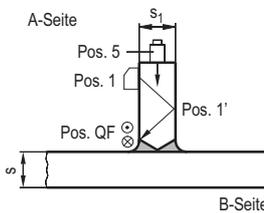
UT-Nr.	Zugänglichkeit Einschallung	Oberflächenzustand der Naht	Einschallbedingungen
2.1	Von der Stützensseite für die Schrägeinschallung und von der Grundrohr- oder Behälterseite für die Senkrechteinschallung	Außen formbearbeitet. Innen eben bearbeitet, soweit zugänglich	 <p>Längsfehlerprüfung:</p> <p>a) Schrägeinschallung:</p> <p>Position 1 in p oder Positionen 1 und 1' in p/2.</p> <p>Position 3 in p oder Position 3' in p/2 mit möglichst kleinem Einschallwinkel, jedoch ganzen Querschnitt am ganzen Umfang abdeckend.</p> <p>Bei $s > 40$ mm entfällt der zweite Einschallwinkel, wenn mit Position 2 der ganze Schweißnahtquerschnitt abgedeckt wird.</p>
2.2	Von der Grundrohr- oder Behälterseite für die Schrägeinschallung und von der Stützensinnenseite für die Senkrechteinschallung		
2.3	Innen nicht zugänglich oder Senkrechteinschallung durch Stützensinnenkante behindert		
2.4	Von der Grundrohr- oder Behälterseite sowie von der Stützensseite für Schrägeinschallung zugänglich		
p : Sprungabstand			

Tabelle 11-8: Prüfbedingungen für die Ultraschallprüfung von ferritischen Stützensnähten \geq DN 125 und s oder $s_1 > 15$ mm

UT-Nr.	Zugänglichkeit Einschallung	Oberflächenzustand der Naht	Einschallbedingungen	
3.1	B-Seite zugänglich für Senkrechteinschallung A-Seite zugänglich für Schrägeinschallung von der Stegseite und für Kriechwellentechnik von beiden Nahtseiten	Formbearbeitet		<p>Längsfehlerprüfung:</p> <p>a) Schrägeinschallung: Position 1 oder 1' in p oder Positionen 1 und 1' in P/2 mit einem Einschallwinkel, der möglichst senkrecht auf die Nahtflanke aufzutreffen soll.</p> <p>b) Kriechwellentechnik: Positionen 5 und 6 auf Anrisse unterhalb der Schweißnaht im Grundwerkstoff.</p> <p>c) Senkrechteinschallung: Position 2; Einschallung von der B-Seite Position 4; Einschallung vom Steg, wenn aufgrund der Abmessungen (Höhe, Breite) durchführbar. Wenn Position 4 nicht möglich, Positionen 1 und 1' mit flachem Einschallwinkel (60 Grad oder 70 Grad) in p/2.</p> <p>d) Wellenumwandlungstechnik: Positionen 7 und 8 auf Anrisse unterhalb der Schweißnaht im Grundwerkstoff.</p>
3.2	B-Seite nicht zugänglich A-Seite zugänglich für Schrägeinschallung von der Stegseite und für Kriechwellentechnik von beiden Nahtseiten und für Senkrechteinschallung vom Steg aus			<p>d) Wellenumwandlungstechnik: Positionen 7 und 8 auf Anrisse unterhalb der Schweißnaht im Grundwerkstoff.</p>
3.3	A-Seite oder B-Seite zugänglich A-Seite zugänglich für Kriechwellentechnik von beiden Nahtseiten aus oder B-Seite zugänglich für Wellenumwandlungstechnik von beiden Nahtseiten aus		 <p>$s_1 \leq 15 \text{ mm}$ und Schweißnahtlänge $l > 100 \text{ mm}$</p>	<p>Querfehlerprüfung:</p> <p>Position QF, ersatzweise Position QF' in beiden entgegengesetzten Nahrichtungen. Bei Einschallung von der A-Seite ist die Prüfung von beiden Seiten des Anschweißteils in p/2 zu bevorzugen.</p> <p>Die Einschallrichtung ist so zu wählen, dass der Auftreffwinkel auf die möglichen Querfehler möglichst klein ist.</p> <p>Bei $s_1 > 40 \text{ mm}$ ist ein zweiter Einschallwinkel einzusetzen.</p>

p : Sprungabstand

Tabelle 11-9: Prüfbedingungen für die Ultraschallprüfung von ferritischen Anschweißnähten (HV- und DHV-Nähte) der Prüfgruppe A 1

UT-Nr.	Zugänglichkeit Einschallung	Oberflächenzustand der Naht	Einschallbedingungen	
3.4	A-Seite zugänglich für Schrägeinschallung von der Stegseite und B-Seite zugänglich für Senkrechteinschallung	Formbearbeitet		<p>Längsfehlerprüfung:</p> <p>a) Schrägeinschallung: Position 1 oder 1' in $p/2$ mit einem Einschallwinkel, der möglichst senkrecht auf die Nahtflanke auf treffen soll.</p> <p>b) Senkrechteinschallung: Position 2; Einschallung von der B-Seite. Position 5; Einschallung vom Steg, wenn aufgrund der Abmessungen (Höhe, Breite) durchführbar.</p> <p>Wenn Position 5 nicht möglich, Positionen 1 und 1' mit flachen Einschallwinkel (60 Grad oder 70 Grad) in $p/2$.</p>
3.5	B-Seite nicht zugänglich. A-Seite zugänglich für Schrägeinschallung von der Stegseite und Senkrechteinschallung vom Steg aus			<p>Querfehlerprüfung:</p> <p>Position QF, ersatzweise Position QF' in beiden entgegengesetzten Nahrichtungen. Bei Einschallung von der A-Seite ist die Prüfung von beiden Seiten des Anschweißteils in $p/2$ zu bevorzugen.</p> <p>Die Einschallrichtung ist so zu wählen, dass der Auftreffwinkel auf die möglichen Querfehler möglichst klein ist.</p> <p>Bei $s_1 > 40$ mm ist ein zweiter Einschallwinkel einzusetzen.</p>

p : Sprungabstand

Tabelle 11-10: Prüfbedingungen für die Ultraschallprüfung ferritischer Anschweißnähte (HV- und DHV-Nähte) der Prüfgruppen A 2, A 3 bei $s_1 > 15$ mm

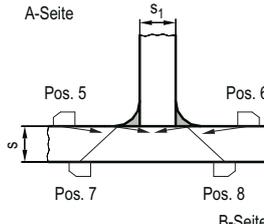
UT-Nr.	Zugänglichkeit Einschallung	Oberflächenzustand der Naht	Einschallbedingungen	
4.1	A-Seite oder B-Seite zugänglich. A-Seite zugänglich für Kriechwellentechnik von beiden Nahtseiten aus oder B-Seite zugänglich für Wellenumwandlungstechnik von beiden Nahtseiten aus.	Formbearbeitet		Längsfehlerprüfung aus den Positionen 5 und 6 mittels Kriechwellentechnik oder aus den Positionen 7 und 8 mittels Wellenumwandlungstechnik auf Anrisse unter der Schweißnaht im Grundwerkstoff.

Tabelle 11-11: Prüfbedingungen für die Ultraschallprüfung ferritischer Anschweißnähte (Kehl Nähte) bei $s_1 > 10$ mm oder Schweißnahtlänge > 100 mm

Nennwanddicke ¹⁾ s in mm	Durchmesser des jeweiligen Kreisscheibenreflektors in mm		
	Senkrechteinschallung	Schrägeinschallung	LLT-Prüfung
$8 \leq s \leq 15$	2,0	1,0	—
$15 < s \leq 20$	2,0	1,5	—
$20 < s \leq 40$	2,0	2,0; 6,0 ²⁾	6,0 ²⁾
$s > 40$	3,0	3,0; 6,0 ²⁾	6,0 ^{2) 3)}

¹⁾ Bei Stumpfnähten mit unterschiedlichen Nennwanddicken ist Abschnitt 11.3.4.1 Absatz 3 maßgebend.
²⁾ Gilt für die Prüfung der Grenzfläche zum ferritischen Grundwerkstoff auf Bindung gemäß Abschnitt 11.5.4.2.
³⁾ Gilt nur für die Prüfung von Engspalt-Nähten gemäß Abschnitt 11.3.4.3 Absatz 3.

Tabelle 11-12: Registrierschwellen in Abhängigkeit von der Nennwanddicke

Nennwanddicke s ¹⁾ in mm	Anzeigenlänge von Einzelreflektoren bei der Ultraschallprüfung	Kumulierte Länge (Summe der Anzeigenlängen bei der Ultraschallprüfung) je Bezugslänge ²⁾
$8 \leq s \leq 25$	$\leq s$	$\leq 1,5 \cdot s$
$25 < s \leq 40$	≤ 25	$\leq 1,5 \cdot s$
$s > 40$	≤ 30	$\leq 1,5 \cdot s$

1) s_1 bei Schweißnähten an aufgesetzten Stutzen und Anschweißteilen (HV- und DHV-Nähte)
2) Die Bezugslänge beträgt $6 \cdot s$, bei Schweißnähten an aufgesetzten Stutzen und Anschweißteilen (HV- und DHV-Nähte) $6 \cdot s_1$

Tabelle 11-13: Zulässigkeitskriterien für die Bewertung von Ultraschallanzeigen bei der Längsfehlerprüfung

Nennwanddicke s ¹⁾ der Verbindungsschweißnaht in mm	Zulässige Breite in mm	Zulässige Einzellängen l in mm	Zulässige kumulative Längen $\sum l$ je Bezugslänge $L = 6 \cdot s$ ¹⁾ in mm
$s < 10$	$< 0,2 \cdot s$	$l \leq s$	$\sum l \leq s$
$10 \leq s \leq 25$	≤ 2	$l \leq s$	$\sum l \leq 1,5 \cdot s$
$25 < s \leq 40$		$l \leq 25$	
$40 < s$		$l \leq 30$	

1) s_1 bei Schweißnähten an aufgesetzten Stutzen und Anschweißteilen (HV- und DHV-Nähte)

Tabelle 11-14: Zulässigkeitskriterien für die Bewertung metallischer und nichtmetallischer Einschlüsse bei der Durchstrahlungsprüfung

Art der Schweißverbindung	Anzeigen $\leq 1,5$ mm	Anzeigen $> 1,5$ mm bis ≤ 3 mm	Anzeigen > 3 mm
Schweißverbindungen $s > 3$ mm und mehrlagige Dichtschweißungen	Nicht in die Bewertung einzubeziehen	Bis 10 Anzeigen pro Meter Schweißnahtlänge zulässig	Nicht zulässig
Schweißverbindungen $s \leq 3$ mm und einlagige Dichtschweißungen	Keine Anzeigen zulässig		

Maßgebend für die Bewertung der Anzeigengröße ist der letzte Inspektionszeitpunkt gemäß **Anhang F**.

Tabelle 11-15: Bewertungsmaßstäbe für Eindringprüfungen von Schweißverbindungen an austenitischen Stählen sowie zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen, an Auftragschweißungen und Dichtschweißungen mit austenitischem Schweißgut oder Schweißgut aus Nickellegierungen

Art der Schweißplattierung	Anzeigen $\leq 1,5$ mm	Anzeigen $> 1,5$ mm bis ≤ 3 mm	Anzeigen > 3 mm bis ≤ 6 mm verursacht durch Schlackeneinschlüsse	Anzeigen > 6 mm
Schweißplattierungen (ausgenommen Rohrböden) mit einer Dicke ≥ 3 mm	Nicht in die Bewertung einzubeziehen	Örtlich bis 10 Anzeigen auf einer Fläche von 100 mm x 100 mm; jedoch bezogen auf die gesamte zu prüfende Bauteiloberfläche im Mittel nicht mehr als 20 Anzeigen pro m ²	Bis 10 Anzeigen pro m ²	Nicht zulässig
Schweißplattierungen mit einer Dicke < 3 mm	Keine Anzeigen zulässig			
Schweißplattierungen für Rohrböden	Maximal 100 Anzeigen im Bereich der Rohreinschweißung zulässig		Nicht zulässig	
Dichtflächenfunktionsbereiche	Keine Anzeigen zulässig			

Maßgebend für die Bewertung der Anzeigengröße ist der letzte Inspektionszeitpunkt gemäß **Anhang F**.
Für ferritische Plattierungen gilt **Tabelle 11-5**.

Tabelle 11-16: Bewertungsmaßstäbe für Eindringprüfungen von Schweißplattierungen mit austenitischem Schweißgut oder Schweißgut aus Nickellegierungen

Nennwanddicke s in mm	$8 \leq s \leq 20$	$20 < s \leq 40$	$s > 40$
Nuttiefe in mm	1,5	2	3

Tabelle 11-17: Tiefe des Vergleichsreflektors für die Einstellung der Prüfpfinglichkeit bei der Ultraschallprüfung der inneren Oberfläche von Schweißverbindungen an austenitischen Stählen sowie Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen

	Fall 1	Fall 2
Bewertungsmethode	Echohöhenbewertung nach Abschnitt 11.4.2.3.2.2 b)	Mustererkennung nach Abschnitt 11.4.2.3.2.2 e)
Bezugsnut	nach Tabelle 11-17 zu wählende Nut	nach Tabelle 11-17 zu wählende Nut
Echohöhenunterschied zwischen Bezugsnut und Rauschpegel	≥ 12 dB	≥ 6 dB
Echohöhenunterschied zwischen Kante und Bezugsnut	≥ 6 dB	≥ 0 dB
Registrierschwelle	Bezugsnut zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB	Rauschpegel
Registrierung	alle Anzeigen, deren Echohöhen die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten	alle Anzeigenmuster ab dem Rauschpegel
Bewertung	gemäß 11.4.2.3.5 (4)	gemäß 11.4.2.3.5 (5)

Tabelle 11-18: Beim Nachweis der Eignung von Prüftechniken für die Ultraschallprüfung von Stumpfnähten und von nicht plattierten Grundwerkstoffbereichen einzuhaltende Kriterien

Maximale Anzahl je m Nahtlänge	Maximale Anzeigenlänge in mm	Maximale Echohöhe, angegeben als Überschreitung der Registrierschwelle in dB
10	10	6

Tabelle 11-19: Bewertungsmaßstäbe bei der Ultraschallprüfung der inneren Oberfläche von Schweißverbindungen an austenitischen Stählen sowie von Schweißverbindungen zwischen ferritischen Stählen und austenitischen Stählen

12 Oberflächensauberkeit und Oberflächenschutz

(1) Auf der Grundlage von DIN 25410 sind zur Erzielung und Erhaltung der Oberflächensauberkeit von Bauteilen, Komponenten und Rohrleitungssystemen Maßnahmen festzulegen, um Funktionsstörungen oder Werkstoffschädigungen auszuschließen.

(2) Die entsprechenden Maßnahmen können bei der Planung, Fertigung, Verpackung, Lagerung, Montage und Inbetriebsetzung erforderlich werden. Sie umfassen insbesondere:

- Fertigung und Montage der Anlagenteile unter besonderen Sauberkeitsbedingungen,
- Druck- und Dichtheitsprüfung,
- Reinigung, Trocknung und Konservierung der Oberflächen,
- Verpackung.

(3) Für jede Komponente und jedes System sind in Abhängigkeit von Werkstoff und Funktion die erforderlichen Sauberkeitsstufen nach DIN 25410 festzulegen und deren Einhaltung zu überprüfen. Bei der Montage in der Anlage darf davon abgewichen werden, sofern eine nachträgliche Reinigung der Komponente oder des Systems durchgeführt wird.

(4) Soweit über DIN 25410 hinausgehende Anforderungen an die Oberflächensauberkeit einzelner Anlagenteile zu stellen sind, um Verunreinigung von Rohrleitungssystemen auszuschließen, sind diese in Abstimmung mit dem Sachverständigen festzulegen.

(5) Festlegungen, die die Ausführung und die Prüfungen von Innenbeschichtungen betreffen, soweit nach Auslegungs-

datenblatt oder Rohrleitungsbelastungsangaben gefordert, sind im Einzelfall mit dem Sachverständigen festzulegen.

(6) Außenbeschichtungen, soweit nach Auslegungsdatenblatt oder Rohrleitungsbelastungsangaben gefordert, werden nach Herstellerangaben ausgeführt. Sie dürfen die Durchführbarkeit erforderlicher wiederkehrender Prüfungen nicht beeinträchtigen. Außenbeschichtungen müssen, soweit erforderlich, dekontaminierbar sein.

13 Nachbesserungen, Reparaturen und Tolerierungen

(1) Werden Abweichungen von den Sollvorgaben oder von den Vorprüfunterlagen festgestellt, insbesondere von den

- spezifizierten Qualitätsmerkmalen,
- spezifizierten Qualitätsnachweisen,
- festgelegten Fertigungsvorgaben,

sind zu deren Beseitigung besondere Maßnahmen einzuleiten.

Hinweis:

Revisionen der Vorprüfunterlagen gelten nicht als Abweichungen.

(2) Die Abweichungen sind in 3 Kategorien nach **Tabelle 13-1** eingeteilt. Der **Anhang B** enthält ausführliche Erläuterungen zur Art und Behandlung dieser Abweichungen.

(3) Alle Nachbesserungen und Reparaturen sind unter Einhaltung der für den Grundwerkstoff des Bauteils notwendigen qualitätssichernden Maßnahmen durchzuführen.

(4) Vor jeder Reparatur ist zu prüfen, ob ein Belassen des Fehlers sicherheitstechnische Nachteile bringt.

Kategorie 1 Nachprüfungen, Nachbesserungen	Kategorie 2 Reparaturen nach Standardreparaturplan	Kategorie 3 Reparaturen nach Einzelreparaturplänen oder Tolerierungen
(1) Geringfügige Abweichungen, die durch a) Nachprüfungen oder b) Nachbesserungen in den Zulässigkeitsbereich zurückgeführt werden. (2) Geringfügige, gelegentlich auftretende Abweichungen, die belassen werden dürfen, wenn deren Auswirkungen aufgrund von Erfahrungen oder Nachweisen als unbedenklich beurteilt werden.	Örtliche Fehler mit bekannter Ursache, die vor der letzten Wärmebehandlung und der Druckprüfung nach Standard- reparaturplan beseitigt werden.	(1) Abweichungen, die weder Kategorie 1 noch Kategorie 2 zugeordnet werden können und die bei Vorliegen der erforderlichen Qualitätsnachweise mit Zustimmung des Sachverständigen nach Einzelreparaturplänen beseitigt werden. (2) Abweichungen, die toleriert werden dürfen.

Tabelle 13-1: Abweichungen - Einteilung in Kategorien

14 Zusätzliche Anforderungen zum Ausschluss des Bruchpostulats von Rohrrundnähten

(1) Bei Rohrleitungen mit Nenndurchmessern größer als DN 50 und einem Betriebsdruck von gleich oder größer als 2 MPa (20 bar) oder einer Betriebstemperatur gleich oder größer als 100 °C sind für Rohrrundnähte die zusätzlichen Anforderungen entsprechend **Tabelle 14-1** einzuhalten, wenn für diese Rohrleitungen der Ausschluss des Bruchpostulats in Anspruch genommen und die Spannungsausnutzung und Benutzungszeit nach Absatz 2 überschritten werden.

(2) Soll bei Rohrrundnähten der Ausschluss des Rundabrisse durch Einhaltung des Kriteriums P_{mNB} gleich oder kleiner als 50 N/mm² oder Benutzungszeit gleich oder kleiner als 2 % erreicht werden, sind die Schweißnähte in die Prüfgruppe A 1 oder A 2 einzustufen, wobei die vorgesehenen Erleichterungen nach **Tabelle 9-5** Fußnote 5 nicht in Anspruch genommen werden dürfen.

Hinweis:

Anforderungen an Rundnähte zwischen Armaturen (z. B. Frischdampf-Sicherheitsarmatur) sind gesondert zu regeln.

Lfd. Nr.	Grundanforderung	Zusätzliche Anforderungen
1	Tabelle 2-3	Die Einstufung erfolgt immer in Prüfgruppe A 1.
2	Abschnitt 4	Die Vorprüfung der Fertigungsisometrie und der Isometriestückliste erfolgt, abweichend von den Festlegungen im Abschnitt 4, vor Beginn der Herstellung oder des Herstellungsabschnittes. Die Vorprüfunterlagen sind entsprechend den Festlegungen dieser Tabelle zu ergänzen und mit besonderen Hinweisen auf das Bruchpostulat zu versehen.
3	Abschnitt 5.7.1.3; Tabelle 5-4	Für Außenoberflächen an Rohrrundnähten ist der Oberflächenzustand eben bearbeitet erforderlich. Für die Innenoberflächen gilt Abschnitt 5.1 Absatz 3. Auf ein Beschleifen der Innenoberflächen kann nur verzichtet werden, wenn keine formbedingten Anzeigen aus dem Wurzelbereich vorliegen. Abweichungen hiervon, z. B. bei Schließnähten, sind mit Zustimmung des Sachverständigen zulässig.
4	Abschnitt 5.3	Für Schweißzusätze und -hilfsstoffe gelten die Anforderungen nach KTA 3201.3 (Chargenprüfung erforderlich).
5	Abschnitt 6.4	Die Losgröße für mechanisch-technologische Prüfungen von Warm- und Kaltbiegungen wird abweichend von Tabelle 6-1 für alle Werkstoffe auf maximal 10 festgelegt.
6	Abschnitt 7.2.2; Tabelle 7-1	Bei einseitig geschweißten Nähten aus ferritischen Stählen ist eine Spannungsarmglühung durchzuführen.
7	Abschnitt 8.2	Bei den Arbeitsprüfungen sind für die Werkstoffe der Werkstoffuntergruppen 4.1 und 4.2 nach Tabelle 8-1 , soweit nach KTA 3201.3 Anhang A vorgesehen, Untersuchungen durchzuführen.
8	Abschnitt 8.2	Sofern nach Tabelle 8-11 eine zweite Arbeitsprüfung erforderlich ist, ist diese auf der Baustelle zu schweißen.
9	Abschnitt 9.2.3	Die Dichte der Überwachungstätigkeit durch den Hersteller und durch den Sachverständigen ist der Bedeutung der Komponente anzupassen.
10	Abschnitt 9.3.6; Tabelle 9-5 Abschnitt 9.3.14; Tabelle 9-8	Für die zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten gilt: a) Prüfumfang bei Ultraschallprüfung und Oberflächenprüfung durch den Sachverständigen: 100 % Es sind die Prüfverfahren nach KTA 3201.3 anzuwenden. b) Ultraschallprüfung durch Hersteller und Sachverständigen nach der Druckprüfung: 5 % (bei 15 MnNi 6 3), 10 % (bei 20 MnMoNi 5 5) der Nähte.
11	Abschnitt 11	Für die zerstörungsfreie Prüfung gilt KTA 3201.3 Abschnitt 12. Bei Rohrbogen oder -biegungen sind dann zylindrische Enden erforderlich, wenn diese für die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen (gegebenenfalls unter Beachtung der Anforderungen für die wiederkehrenden Prüfungen) notwendig sind.
12	KTA 3211.2 Abschnitt 5.2	Nicht durchgeschweißte Nähte und Kehlnähte sind mit Ausnahme von Dichtnähten nicht zulässig.

Tabelle 14-1: Zusätzliche Anforderungen zum Ausschluss des Bruchpostulats von Rohrrundnähten

Anhang A

Muster für Formblätter

Die Formblätter gelten für K1 und K2. Die für K2 nicht zutreffenden Rubriken werden auf den jeweiligen Formblättern vermerkt.

Formblätter zu den Abschnitten 4, 5 und 7

- A-1a - Deckblatt
- A-1b - Deckblatt
- A-1c - Deckblatt
- A-2 - Werkstoffliste
- A-3a - Prüffolgeplan
- A-3b - Prüffolgeplan
- A-4a - Schweißplan (Schweißanweisung)
- A-4b - Schweißplan (Schweißanweisung)
- A-5 - Wärmebehandlungsplan
- A-6 - Protokoll über Wärmebehandlung
- A-7 - Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan
- A-8 - Anhang
- A-9 - Inhaltsverzeichnis Endablage
- A-10 - Isometriestückliste
- A-11 - Fertigungsisometrie
- A-12a - Schweißprotokoll
- A-12b - Schweißprotokoll (Folgeseite)
- A-13a - Schweißprotokoll - Sammelbescheinigung (Deckblatt)
- A-13b - Schweißprotokoll - Sammelbescheinigung (Kontrollblatt)

Formblätter zu Abschnitt 11

- A-14a - Prüfbericht über Ultraschallprüfung
- A-14b - Prüfbericht über Ultraschallprüfung
- A-14c - Protokoll
- A-15 - Prüfbericht über Oberflächenprüfung
- A-16a - Prüfbericht über Durchstrahlungsprüfung (Filmradiografie) - Seite 1
- A-16b - Prüfbericht über Durchstrahlungsprüfung (Filmradiografie) - letzte Seite
- A-17a - Prüfbericht über Durchstrahlungsprüfung (Digitale Radiografie) - Seite 1
- A-17b - Prüfbericht über Durchstrahlungsprüfung (Digitale Radiografie) - letzte Seite
- A-18 - Prüfbericht über Wirbelstromprüfung
- A-19 - Abweichungsbericht
- A-20 - Anhang zu den Dokumenten gemäß den Formblättern A-13 bis A-18

Hersteller:		Auftrags-Nr.:		Bestell-Nr.:		
Anlage/Projekt:		Deckblatt		Seite:		
		DBL-Nr.:		von:		
1 Komponente:		Komp.-Spezifikation:				
Gegenstand:		Klasse:				
KKS/AKZ:		Prüfgruppe PG:				
Typ, Antrieb, DN:		Einzelteilgruppe EG:				
Identnummer:						
2 Inhaltsverzeichnis für Vorprüfunterlagen		3 Revisionstabelle der Dokumente der Rubrik 2				
Vorprüfunterlagen Nr.		Seite: von - bis		Rev. 01/a Seite Nr.	Rev. 02/b Seite Nr.	
				Rev. 03/c Seite Nr.	Rev. 04/d Seite Nr.	
<input type="checkbox"/> Deckblatt DBL						
<input type="checkbox"/> Zeichnung ZG						
<input type="checkbox"/> Werkstoffliste WL						
<input type="checkbox"/> Schweißstellenliste STL						
<input type="checkbox"/> Prüffolgeplan PFP						
<input type="checkbox"/> Schweißplan SP						
<input type="checkbox"/> Wärmebehandlungsplan WBP						
<input type="checkbox"/> Werkstoffprüf- und Proben- entnahmeplan WPP						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/> Auslegungsberechnung						
<input type="checkbox"/> Spannungsanalyse						
4 Hersteller:					Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG	
Geprüft						
Rev.	Datum	Erstellt von	QST	Grund der Revision		Freigabe
00						
01						
02						
03						
04						

MUSTER

Hersteller:	Auftrags-Nr.:	Bestell-Nr.:
Anlage/Projekt:	Deckblatt DBL-Nr.:	Seite: von:

5

Spezifikationen, Vorschriften:

MUSTER

Hersteller:		Geprüft			Grund der Revision	Freigabe	Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG
Rev.	Datum	Erstellt von	QST				
00							
01							
02							
03							
04							

Hersteller:		Auftrags-Nr.:			Bestell-Nr.:	
Anlage/Projekt:		Deckblatt			Seite:	
		DBL-Nr.:			von:	
6	MUSTER				7	
Hersteller:					Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG	
Geprüft						
Rev.	Datum	Erstellt von	QST	Grund der Revision	Freigabe	
00						
01						
02						
03						
04						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Pos.-Nr.	Stückzahl	Stückgewicht	Bezeichnung	Abmessungen	Werkstoff	Anforderungen nach		EG	VPU-Nr. Sonstiges	Schmelzen-Nr. Proben-Nr.	Kennzeichnung	Nachweis-Kennzeichnung	Prüfvermerk Nachweiskontrolle		Bemerkungen	Hersteller:
						Vorschrift	Rev.						H	S		
																Anlage/Projekt:
																Komponente:
																KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN:
																Spezifikation:
																Klasse:
																Prüfgruppe:
																Auftrags-Nr.:
																Bestell-Nr.:
																Werk-Nr./Index-Nr.:
																STL-Nr.:
																Zeichnungs-Nr.:
																PFP-Nr.:
																SP-Nr.:
	Hersteller:															
Rev.	Datum	Erstellt von	Geprüft QST	Grund der Revision					Freigabe	Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG			Dokumentationsfreigabe		Werkstoffliste	
00													Hersteller			WL-Nr.:
01													Sachverständiger			
02																
03																Seite:
04															von:	

MUSTER

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Prüf-Nr.	Anforderungen nach	Beschreibung	Prüfzeitpunkt	Prüfart	Prüfung durch	Nachweis-Schlüssel	Doku.-Ablage	Durchführungsvermerk	Nachweise	Bemerkungen	Hersteller:		
											Anlage/Projekt:		
											Komponente:		
											KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN:		
											Spezifikation:		
											Klasse:		
											Prüfgruppe:		
											Auftrags-Nr.:		
											Bestell-Nr.:		
											Werk-Nr./Index-Nr. ¹⁾ :		
											Zeichnungs-Nr.:		
											WL-Nr.:		
											STL-Nr.:		
											SP-Nr. ¹⁾ :		
Rev.	Hersteller: Datum	Erstellt von	Geprüft QST	Grund der Revision				Freigabe	Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG	Dokumentationsfreigabe		Prüffolgeplan	
00								Hersteller					PFP-Nr.:
01								Sachverständiger					
02													
03													
04											Seite: von:		

MUSTER

Formblatt A-3a: Prüffolgeplan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Schweißstellen-Nr.	Skizze der Schweißnaht	Schweißfolge zum Nahtaufbau	Position nach Zeichnung	Grundwerkstoff	Schweißverfahren	Ausnutzung der zuläss. Berechnungsspannung	Schweißposition	Schweißzusätze und -hilfstoffe Hersteller Bezeichnung Abmessung	Trocknungstemperatur und Zeit	Schweißdaten	Vorwärm-/Halte-temperatur [°C]	Zwischenlagen-temperatur [°C]	Nachfolgende Wärmebehandlung	Verfahrensprüfungs-Nr. Schweißerprüfung	Hersteller:		
Lfd.Nr.			Pos. m. Pos.												Arbeitsprüfungs-Nr.	Anlage/Projekt:	
															Komponente:		
															Spezifikation:		
															Klasse:		
															Prüfgruppe:		
															KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN:		
															Zeichnungs-Nr.:		
															Auftrags-Nr.:		
															Bestell-Nr.:		
															Werk-Nr./Index-Nr.: ¹⁾		
															PFP-Nr.:		
															WL-Nr.:		
(17)	Hersteller:												Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG				Schweißplan
Rev.	Datum	Erstellt von	Geprüft QST	Grund der Revision				Freigabe								SP-Nr.:	
00																	
01																	
02																	
03																Seite:	
04												1) Nur für Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen				von:	

MUSTER

Skizze	Prüf-Nr.	Wärmebehandlungsdiagramm	Mitlaufende Grundwerkstoff- und Arbeitsprüfstücke	5			
1	2	3	4	Hersteller: Anlage/Projekt: Komponente: KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN: Spezifikation: Klasse: Prüfgruppe: Auftrags-Nr.: Bestell-Nr.: Zeichnungs-Nr.: Werk-Nr./Index-Nr. ¹⁾ : PFP/WPP-Nr. ¹⁾ : SP-Nr. ¹⁾ : WL-Nr.:			
MUSTER							
Rev.	Datum	Erstellt von	Geprüft QST	Grund der Revision	Freigabe	Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG	Wärmebehandlungsplan
00							WBP-Nr.:
01							
02							
03							Seite:
04						¹⁾ Nur für Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen	von:

Formblatt A-5: Wärmebehandlungsplan

1	Hersteller:	Protokoll über Wärmebehandlung	Nachweis-Nr.: WBK- Seite: von:								
	Anlage/Projekt:		Komponente:	Erzeugnisform/Bauteil/Baugruppe:							
	KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN:		PFP/WPP/WB:	Prüf-Nr.:							
	Hersteller-Auftr.-Nr.:		Bestell-Nr.:	Werk-/Kennzeichnung-Nr.:							
	Spezifikation: Rev.:		Werkstoff:	Prüfgegenstand einschließlich Angabe der mitlaufenden Prüfstücke:							
2	Art der Wärmebehandlung: Datum der Wärmebehandlung: Art, Anzahl und Lage der Temperaturmessstellen: Wärmebehandlungsplan-Nr.: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Bei Wärmebehandlung im Ofen</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Bei örtlicher Wärmebehandlung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ofen-Nr.:</td> <td>Verfahren:</td> </tr> <tr> <td>Art der Beheizung/Ofenatmosphäre:</td> <td>Wärmeeinbringbereich:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Breite der Isolierung:</td> </tr> </tbody> </table>			Bei Wärmebehandlung im Ofen	Bei örtlicher Wärmebehandlung	Ofen-Nr.:	Verfahren:	Art der Beheizung/Ofenatmosphäre:	Wärmeeinbringbereich:		Breite der Isolierung:
Bei Wärmebehandlung im Ofen	Bei örtlicher Wärmebehandlung										
Ofen-Nr.:	Verfahren:										
Art der Beheizung/Ofenatmosphäre:	Wärmeeinbringbereich:										
	Breite der Isolierung:										
3	<div style="text-align: center;"> </div>										
4	Die Lage der Teile, der mitlaufenden Prüfstücke und der Temperaturmessstellen sind, soweit gefordert, im Ofenbelegungsplan dargestellt. Die Anforderungen gemäß Wärmebehandlungsplan sind: erfüllt/nicht erfüllt										
5	Bemerkungen:										
6	Unterschrift (H): Ort: Datum:	Unterschrift (S): Ort: Datum:	Unterschrift: Ort: Datum:								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Prüf-Nr.	Anforderungen nach	Beschreibung	Anzahl je Prüfeinheit	Probenabmessungen	Prüftemperatur in °C	Probenlage	Probenkennzeichnung	Prüfung durch	Nachweis-schlüssel	Doku-ablage	Durchführungs-vermerk	Nachweise	Bemerkungen	Hersteller:
														Anlage/Projekt:
														Komponente:
														Spezifikation:
														Klasse:
														Prüfgruppe:
														KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN:
														Zeichnungs-Nr.:
														WL-Nr.:
														Auftrags-Nr.:
														Bestell-Nr.:
														Werk-Nr./Index-Nr. ¹⁾ :
														PFP-Nr. ¹⁾ :
														SP-Nr.:
(16) Hersteller:												Dokumentationsfreigabe		Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan
Rev.	Datum	Erstellt von	Geprüft QST	Grund der Revision			Freigabe	Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG		Hersteller		WPP-Nr.:		
00										Sachverständiger				
01														
02														
03												Seite:		
04												von:		

MUSTER

Formblatt A-7: Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan

MUSTER

1

2

Hersteller:								Anlage/Projekt:
Rev.	Datum:	Erstellt von:	Geprüft QST:	Grund der Revision	Freigabe	Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG		Komponente:
00								Anhang zu:
01								
02								
03								
04								
								Seite:
								von:

MUSTER

1	Hersteller:
Auftrags-Nr.:	
Bestell-Nr.:	
ISO-SL-Nr.:	Rev.:
PFP (allgem.):	Rev.:
PFP (Schweißnähte)	Rev.:
Schweißplan-Nr.:	Rev.:
Auslegungsdruck: (MPa)	
Auslegungstemperatur: (°C)	
Spezifikation:	
Klasse:	Prüfgruppe:

Vorprüfung						Bauprüfung			Plangruppe:	Anlage/Projekt:
Rev.	Datum	Erstellt von	Geprüft H	Prüfvermerk	S-Prüfvermerk	Unterschrift (H), Datum	Unterschrift (S), Datum	Unterschrift, Datum		
									Raum:	
									Fertigungsisometrie	
									ISO-Nr.:	

1	Hersteller:	Schweißprotokoll Sammelbescheinigung (Deckblatt)		Nachweis-Nr.:	
				SPS-	
				Seite:	von:
	Anlage/Projekt:	Komponente:		Erzeugnisform/Bauteil/Baugruppe:	
	KKS/AKZ:	PFP/WPP/Schritt-Nr.:		Prüf-Nr./Lfd.-Nr.:	
	Hersteller-Auftr.-Nr.:	Bestell-Nr.:		Werk-/Kennzeichnung-Nr. ¹⁾ :	
2	Schweißprotokoll-Nr.: _____ befindet sich in der Dokumentation des Herstellers				
	Dauer der Schweißung von _____ bis _____				
	Schweißnahtart: _____				
	Schweißstellen-Nr./Naht-Nr.:		SP-Nr.:		Rev.:
	Grundwerkstoff:		AP-Nr.:		
	Gültige Verfahrensprüfungs-Nr.: _____				
3	Verwendete Schweißgeräte:				
	Verfahren	Masch.-Typ	Masch.-Nr.:	Besondere Vorrichtungen	
				MUSTER	
4	Verwendete Schweißzusätze und -hilfsstoffe:				
	Schweißfolge	Verfahren	Bezeichnung	Abmessung	Los-Nr.
					Chargen-Prüfung
5	Ausarbeiten der Wurzel durch:				
	¹⁾ z. B. Schmelze-Nr. oder Coupon-Nr., nicht zutreffend in Verbindung mit PFP/WPP Dieses Formblatt ist nur in Verbindung mit Formblatt A-13b anzuwenden.				

1 Hersteller:		Prüfbericht über Ultraschallprüfung				Nachweis-Nr.: UT-											
Anlage/Projekt:		Komponente:				Seite: von:											
KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN:		PFP/WPP/WB:				Erzeugnisform/Bauteil/Baugruppe:											
Hersteller-Auftr.-Nr.:		Bestell-Nr.:				Prüf-Nr. aus PFP:											
Spezifikation: Rev.:		Prüfvorschrift: Rev.:				Prüfzeitpunkt:											
Zeichnungs-Nr.: Rev.:		Werkstoff:				Werk-/Kennzeichnung-Nr.:											
		Abmessung:				Prüfgegenstand:											
						Prüfumfang:											
2 Oberflächenzustand Prüffläche:		Gegenfläche:															
Prüfgerätetyp/Hersteller: Ident.-Nr.:				Koppelmittel:													
Kontrolle des kompletten Prüfsystems nach DIN EN 12668-3 durchgeführt: <input type="checkbox"/> Anforderungen erfüllt																	
3																	
Einschallposition	Prüfkopfbezeichnung	Angepasst: j = ja; n = nein	Entfernungs- justierung		Empfindlichkeitsjustierung			Registrierverstärkung für max. auszuwertenden Schallweg S_{max}									
			Prüfbereich mm	Art (S, PA, vPA)	Bewertungsmethode (AVG, DAC, VK)	Kalibrier-, Vergleichskörper	Bezugsreflektor	Schallweg zum Bezugsre- fektor mm	Registrierschwelle (KSR, %DAC, %BH)	Schallweg S_{max} mm	A ΔV aus AVG-Diagramm oder Prüfvorschrift (DAC/VK) dB	B Korrekturfaktor für K1 und K2 dB	C Transferkorrektur ¹⁾ dB	D Grundverstärkung dB	Summe A bis D dB	Zuschlag für Beobachtungs- schwelle dB	Schallschwächung dB/m
4 Bemerkungen:								Die Anforderungen sind:			<input type="checkbox"/> Erfüllt, keine registrierpflichtigen Anzeigen <input type="checkbox"/> Erfüllt, mit registrierpflichtigen Anzeigen <input type="checkbox"/> Nicht erfüllt						
5 Firma (<input type="checkbox"/> H oder <input type="checkbox"/> S):					Firma (B):												
Name Prüfer/UT Stufe 2 ²⁾ :			Name Prüfaufsicht/UT Stufe 3 ²⁾ :		Name:												
Zertifikat Nr.:			Zertifikat Nr.:		Unterschrift:												
Unterschrift:			Unterschrift:		Ort:												
Ort:			Ort:		Datum:												
Datum:			Datum:														
¹⁾ Ankopplungs- und Schallschwächungsunterschiede für S_{max} . ²⁾ Zertifizierungsstufe nach DIN EN ISO 9712.																	

1 Hersteller:	Prüfbericht	Nachweis-Nr.: Seite: von:	
Anlage/Projekt:	Komponente:	Erzeugnisform/Bauteil/Baugruppe:	
KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN:	PFP/WPP/WB:	Prüf-Nr. aus PFP:	
2 Skizze:		Prüfzeitpunkt:	
		MUSTER	
3 Bemerkungen:			
4 Firma (<input type="checkbox"/> H oder <input type="checkbox"/> S):		Firma (B):	
Name Prüfer/UT Stufe 2 1): Zertifikat Nr.: Unterschrift: Ort: Datum:	Name Prüfaufsicht/UT Stufe 3 1): Zertifikat Nr.: Unterschrift: Ort: Datum:	Name: Unterschrift: Ort: Datum:	
1) Zertifizierungsstufe nach DIN EN ISO 9712.			

1	Hersteller:	Prüfbericht über Wirbelstromprüfung		Nachweis-Nr.:	
				ET- Seite: von:	
	Anlage/Projekt:	Komponente:	Erzeugnisform/Bauteil/Baugruppe:		
	KKS/AKZ:	PFP/WPP/WB:	Prüf-Nr.:		
			Prüfzeitpunkt:		
	Hersteller-Auftr.-Nr.:	Bestell-Nr.:	Werk-/Kennzeichnung-Nr.:		
	Spezifikation: Rev.:	Prüfvorschrift: Rev.:	Prüfanweisung: Rev.:		
	Zeichnungs-Nr.: Rev.:	Werkstoff:	Prüfgegenstand:		
		Abmessung:			
2	Referenzfehler:	Abmessungen (des Referenzfehlers):		mm	
	Prüfgerätetyp/Fabrikat:	Prüfbereich:		mm	
		Ungeprüfte Bereiche:		mm	
	Prüftechnik:	Sensortyp/Kabel:			
	Prüffrequenz: kHz	Sensorabmessung:		mm	
	Prüfempfindlichkeit: dB	Filterart/-stellung:			
	Prüftiefe: mm				
	Prüfgeschwindigkeit: m/min	Monitoreneinstellung: <input type="checkbox"/> Rundumauswertung <input type="checkbox"/> Horizontalschwelle <input type="checkbox"/> Phasenselektion			
	Fehler-Markierung:	Phaseneinstellung:			
	Sortierung:	Magnetisierung:			
		Stromstärke: A	Tangential-Feldstärke: A/cm		
		Entmagnetisierung: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein			
	Prüfumfang/Stückzahl: Menge:				
3	Bemerkungen:				
MUSTER					
Die Anforderungen sind: <input type="checkbox"/> Erfüllt <input type="checkbox"/> Nicht erfüllt					
4	Prüfer, ET Stufe 2 ¹⁾ (H): Name: Zertifikat Nr.: Unterschrift: Ort: Datum:	Prüfaufsicht, ET Stufe 3 ¹⁾ (H): Name: Zertifikat Nr.: Unterschrift: Ort: Datum:	(B): Name: Unterschrift: Ort: Datum:	Prüfer, ET Stufe 2 ¹⁾ (S): Name: Zertifikat Nr.: Unterschrift: Ort: Datum:	Prüfaufsicht, ET Stufe 3 ¹⁾ (S): Name: Zertifikat Nr.: Unterschrift: Ort: Datum:
1) Zertifizierungsstufe nach DIN EN ISO 9712.					

	Abweichungsbericht		Nachweis-Nr.:
			Seite: von:
1	Anlage/Projekt:	Komponente:	Erzeugnisform/Bauteil/Baugruppe ¹⁾ :
	KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN ²⁾ :	PFP/WPP ¹⁾ :	Prüf-Nr.:
	Hersteller-Auftr.-Nr.:	Bestell-Nr.:	Werk- ²⁾ /Kennzeichnung-Nr. ³⁾ :
	Spezifikation: Rev.:	Prüfvorschrift: Rev.:	Prüfanweisung: Rev.:
	Zeichnungs-Nr.: Rev.:	Werkstoff:	Prüfgegenstand:
2	Abweichung festgestellt am:	Kategorie:	
	Beschreibung der Abweichung:		
	MUSTER		
	Anlage:		
3	Unterschrift (H):	Unterschrift (S):	Unterschrift:
	Ort:	Ort:	Ort:
	Datum:	Datum:	Datum:
4	Vorgesehene Maßnahmen mit Begründung:		
	Anlage:		
5	Zustimmung:		
	Unterschrift (H):	Unterschrift (S):	Unterschrift:
	Ort:	Ort:	Ort:
	Datum:	Datum:	Datum:
1) Nicht zutreffendes streichen 2) Nur für Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen 3) z. B. Schmelze-Nr. oder Coupon-Nr., nicht zutreffend in Verbindung mit PFP/WPP			

	Anhang zu:	Nachweis-Nr.:
		Seite: von:
1	Anlage/Projekt:	Komponente:
		Erzeugnisform/Bauteil/Baugruppe ¹⁾ :
	KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN ²⁾ :	PFP/WPP ¹⁾ :
		Prüf-Nr.:
2	MUSTER	
3	Unterschrift (H):	Unterschrift (S):
	Ort:	Ort:
	Datum:	Datum:
		Unterschrift:
		Ort:
		Datum:
¹⁾ Nicht zutreffendes streichen ²⁾ Nur für Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen		

Anhang B

Nachbesserungen, Reparaturen und Tolerierungen

- (1) Werden Abweichungen von den Sollvorgaben dieser Regel oder von denen der Vorprüfunterlagen festgestellt, sind zu deren Beseitigung besondere Maßnahmen einzuleiten.
- (2) Die Abweichungen werden in 3 Kategorien eingeteilt.
- (3) Abweichungen der Kategorie 1 und deren Behandlung sind in **Tabelle B-1** dargestellt. Die Einstufung wird vom Hersteller vorgenommen. Weiterhin sind Kategorie 1 zuzuordnen:
- a) Geringfügige, gelegentlich auftretende Abweichungen von in der Vorprüfunterlage festgelegten Verfahrensparametern.
Es handelt sich um Abweichungen, die vereinzelt auftreten und deren Ursachen im Allgemeinen bekannt sind.
Es sind keine Nachbesserungen erforderlich.
Nachweis: BA (Betriebliche Aufzeichnung)
Prüfung: H1, S2
- b) Unvollständige Angaben in den Qualitätsnachweisen und Qualitätssicherungsmängeln.
Hierzu gehören Dokumentationsmängel und Lücken im Qualitätsnachweis, die durch Revision der Dokumentation, durch Nachprüfungen oder durch Aufzeichnungen aus anderen Belegen (z. B. des Sachverständigen) beseitigt oder geschlossen werden können und Umstellungen im Herstellungs- und Prüfablauf ohne Beeinträchtigung der Qualitätsmerkmale und der Prüfbarkeit.
Nachweis: PP (Prüfprotokoll)
Prüfung: H1, S2 (soweit beteiligt)
- (4) Abweichungen der Kategorien 2 und 3 sowie deren Behandlung sind in den **Tabellen B-2** und **B-3** dargestellt.

Kategorie 1					
<p>(1) Abweichungen, die während der Schweißarbeiten beseitigt werden</p> <p>Einzelne örtliche Fehlstellen nach den Beispielen a) und b), die vom Schweißer oder von der Schweißaufsicht festgestellt werden, dürfen nach Arbeitsanweisungen entfernt werden.</p> <p>Abweichungen entsprechend den Beispielen c) bis e) sind der Schweißaufsicht zu melden. Der Sachverständige ist, soweit möglich, vor deren Beseitigung zu informieren. Die Information des Sachverständigen bedeutet keinen Haltepunkt.</p>	<p>(2) Abweichungen, die durch Nacharbeit beseitigt werden oder aufgrund zusätzlicher Maßnahmen belassen werden dürfen</p> <p>Bei diesen Abweichungen handelt es sich um Fehlstellen, die unter Einhaltung der zulässigen Abmessungen durch mechanische Nacharbeit beseitigt werden dürfen. Dies sind z. B. Formkorrekturen durch Beschleifen. Die Prüfbarkeit und die Funktion müssen erhalten bleiben.</p> <p>Mechanische Nacharbeit durch Kaltumformung darf durchgeführt werden, wenn der zulässige Kaltumformgrad nicht überschritten wird.</p>				
	Maßnahmen				
Behandlung und Art der Abweichungen, Beispiele	– : nicht erforderlich				
	Abweichungsbericht	Reparaturplan	Freigabe zur Beseitigung	Nachweis	Prüfung
Beispiele zu (1):					
a) Endkrater, Ansatzfehler, Einbrandkerben, Zündstellen	–	–	H	–	H 1
b) Risse in Heftschweißungen, im Schweißgut und im Schweißgut mit Grundwerkstoffberührung ohne Erneuerung der Schweißfuge	–	–	H	–	H 1
c) Schweißüberlappungsfehler bei Plattierungen	–	–	H	BA	H 1, S 2
d) Anschmelzen des Kontaktrohrs während des Schweißvorganges	–	–	H	BA	H 1, S 2
e) Fehllage bei der Vergütungslagenteknik	–	–	H	BA	H 1, S 2
Beispiele zu (2):					
a) Oberflächenfehler mit geringer Tiefenausdehnung (keine Risse)	–	–	H	–	H 1
b) kleine Beschädigungen, z. B. Transportschäden, Handhabungsfehler beim Schleifen	–	–	H	–	H 1
c) Abweichungen der äußeren Beschaffenheit von den festgelegten Anforderungen	–	–	H	–	H 1, S 2
d) Maßabweichungen ohne Unterschreitungen der zulässigen Wanddicke (unter Berücksichtigung der Toleranz und Beeinträchtigung von Prüfbarkeit und Funktion)	keine Nachbesserung erforderlich				H 2
e) ZfP-Anzeigen in Schweißfugenflanken (z. B. metallische oder nicht metallische Einschlüsse, die durch Schleifen beseitigt oder belassen werden dürfen)	–	–	H	–	H 1, S 2
f) Anzeigen bei der Oberflächenprüfung (MT/PT) nach Bearbeitung von Funktionsflächen an Gussteilen (gilt nur für Pumpen, Armaturen)	–	–	H	–	H 1, S 2
g) Ergänzungen von zerstörenden Prüfungen durch Ersatzproben (Wiederholungsprüfung zum Nachweis der Zulässigkeit)	–	–	H	PP	H 1, S 2
h) ergänzende ZfP zum Nachweis der Zulässigkeit von Anzeigen (z. B. Analyseverfahren mit fokussierten Prüfköpfen oder Metallographie)	–	–	H	PP	H 1, S 2
i) Erneuerung von Rohrrundnähten, wenn die Prüfbarkeit nicht eingeschränkt wird (eingeschränkte Prüfbarkeit siehe Kategorie 3)	–	–	H	–	H 1, S 2

Tabelle B-1: Abweichungen der Kategorie 1

Kategorie 2					
<p>(1) Abweichungen, die durch Schweißen nach Standardreparaturplänen repariert werden</p> <p>Hierbei handelt es sich um nichtzulässige örtliche Wanddickenunterschreitungen sowie um örtliche Werkstofffehler oder unzulässige Fehler in Schweißverbindungen, deren Ursachen bekannt sind und die nicht systematisch auftreten (systematische Fehler siehe Kategorie 3).</p> <p>Die Herstellungsunterlagen müssen für die Schweißreparatur und die zugehörigen Prüfungen gelten.</p> <p>Die Reparatur muss vor der letzten Wärmebehandlung und der abschließenden Druckprüfung durchgeführt werden und durch verfahrenstechnische Nachweise abgesichert sein.</p> <p>Nach der Reparatur müssen die festgelegten Qualitätsmerkmale erfüllt sein und die Nachweise vorgelegt werden.</p>	<p>Zusätzliche Arbeitsprüfungen sind nicht erforderlich, wenn eine Verfahrensprüfung auch für die Schweißreparatur gilt. Bei Reparaturen an Verbindungsschweißungen mit nachfolgender Wärmebehandlung ist nach der Reparatur die gesamte Verbindungsschweißung nach dem im Prüffolgeplan festgelegten Verfahren zerstörungsfrei zu prüfen. Ist eine nachfolgende Wärmebehandlung nicht vorgesehen, ist lediglich der reparierte Bereich mit ausreichender Überlappung zu prüfen.</p> <p>Der Reparaturplan ist in die Dokumentation aufzunehmen.</p>				
	<p>(2) Abweichungen bei der Wärmebehandlung, die durch eine erneute Wärmebehandlung beseitigt werden können.</p> <p>Die erneute Wärmebehandlung ist nur dann zulässig, wenn die Gesamtwärmebehandlungsdauer und die Temperatur im Hinblick auf die Einhaltung der Qualitätsmerkmale bei den Erzeugnisformen und der Bauteilschweißungen als zulässig nachgewiesen werden.</p>				
Behandlung und Art der Abweichungen, Beispiele	Maßnahmen				
	- : nicht erforderlich		X : erforderlich		
	Abweichungsbericht	Reparaturplan	Freigabe zur Beseitigung	Nachweis	Prüfung
Beispiele zu (1):					
a) Poren, Schlauchporen, Porenketten oder Porennester	H	X	H, S1	PFP	H 1, S 2
b) Ausgleichsschweißungen bei Kantensversatz im Decklagenbereich	H	SP	H, S1	PFP	H 1, S 2
c) Bindefehler bei Auftragschweißung	H	X	H, S1	PFP	H 1, S 2
d) Heißrisse	H	X	H, S1	PFP	H 1, S 2
e) metallische und nichtmetallische Einschlüsse (Wolfram, Schlacke, Oxide)	H	X	H, S1	PFP	H 1, S 2
f) Bindefehler	H	X	H, S1	PFP	H 1, S 2
g) Beschädigungen an Schweißfugenflanken	-	SP	H, S1	-	H 1, S 2
h) einmalige Wiederholung der Reparatur aufgrund bekannter und beurteilbarer Fehler	H	X	H, S1	PFP	H 1, S 2
i) Wurzelfehler bei Rohrrundnähten	H	X	H, S1	PFP	H 1, S 2
Beispiel zu (2):					
Abweichung bei der Wärmebehandlung	H	WBP	H, S1	PFP	H 1, S 2

Tabelle B-2: Abweichungen der Kategorie 2

Kategorie 3

Zu der Kategorie 3 zählen Abweichungen, die nicht den Kategorien 1 oder 2 zugeordnet werden können.

Mit dem Abweichungsbericht ist ein Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise zu erstellen und dem Sachverständigen vorzulegen.

(1) Reparaturplan

Soll eine Abweichung durch eine Reparatur beseitigt werden, ist ein Reparaturplan zu erstellen und dem Sachverständigen zur Vorprüfung vorzulegen. Dieser Reparaturplan darf bei weiteren gleichartigen Anwendungsfällen mit Zustimmung des Sachverständigen als Standardreparaturplan angewendet werden.

Erst nach Vorlage des vorgeprüften und freigegebenen Reparaturplanes darf mit der Reparatur oder mit Zusatzuntersuchungen (soweit sie den Bauteilzustand verändern) begonnen werden. Der Reparaturplan ist in die Dokumentation aufzunehmen.

Im Einzelfall können ergänzende Arbeitsprüfungen für die Reparaturen erforderlich werden.

(2) Tolerierung

Soll eine Abweichung toleriert werden, ist dem Sachverständigen ein Tolerierungsantrag einschließlich Begründung und Zulässigkeitsnachweis einzureichen.

Eine Weiterfertigung ist nur zulässig, wenn:

- der Sachverständige der Tolerierung zustimmt oder
- Zusatzuntersuchungen für eine Tolerierung nicht beeinträchtigt werden oder
- eine eventuell doch erforderliche Reparatur nicht beeinträchtigt wird.

Behandlung und Art der Abweichungen, Beispiele	Maßnahmen				
	– : nicht erforderlich			X : erforderlich	
	Abweichungsbericht	Reparaturplan	Freigabe zur Beseitigung	Nachweis	Prüfung
Beispiele zu (1):					
a) Systematische Fehler (gleicher Fehlertyp in großer Häufigkeit wie z. B. Unternahtrisse, Nebennahtrisse und systematische Verfahrensfehler)	H	X	H, S 1	PFP	H 1, S 2
b) Spannungsrisse	H	X	H, S 1	PFP	H 1, S 2
c) Fehler unbekannter Ursache	H	X	H, S 1	PFP	H 1, S 2
d) Mehrfachreparaturen (drei oder mehr Reparaturen)	H	X	H, S 1	PFP	H 1, S 2
e) Reparaturen nach der letzten Wärmebehandlung oder nach der Druckprüfung	H	X	H, S 1	PFP	H 1, S 2
Beispiele zu (2):					
a) Einsatz anderer Werkstoffe	H	–	H, S 1	AB	–
b) Ausfall von Arbeitsprüfungen aufgrund bekannter Ursache	H	–	H, S 1	AB	–
c) Unterschleifungen, die zu Unterschreitungen der rechnerisch erforderlichen Wanddicke führen (siehe Abschnitt 5.7.1.3 oder KTA 3211.2)	H	–	H, S 1	AB	–

Tabelle B-3: Abweichungen der Kategorie 3

Anhang C

Dokumente zur Vorprüfung und Dokumentation

Lfd. Nr.	Zuordnung ²⁾				Anforderungen nach	Dokument (Vorgang) Titel	Vorprüfung durch S			Do-ku-men-tation
	B	Ar	P	R			Zuord-nung	Vor-lage	Zeitpunkte ¹⁾ Freigabe (Abschluss)	
1	x	x	x	x	Abschnitt 4.1.1.3.1	Deckblätter A-1a, A-1b, A-1c	VPU 1/ VPU 2	2	2	E
2	x	x	x	x	Tabelle 4-3	Auslegungsdatenblatt - (1) bis (4), (8) bis (14) - (5) bis (7), (15) bis (17)	VPU 1	2 4	2 4	E
3	-	-	-	x	Tabelle 4-3	Rohrleitungsbelastungsangaben - (1) bis (4), (7) bis (9) - (6), (14) bis (16)	VPU 1	2 4	2 4	E
4	x	x	x	x	KTA 3211.1; Abschnitt 4.1.1.3.3	Zeichnungen a) Übersichtszeichnung für Schmiedestücke und Gussstücke (falls erforderlich) b) Komponente	VPU 1	1 2	1 2	E
5	x	x	x	x	KTA 3211.1; Abschnitt 4.1.1.3.4	Werkstoffliste	VPU 1	2	2	E
6	x	x	x	x	KTA 3211.2	Dimensionierung	VPU 1	2	2	E
7	x	x	x	x	Abschnitt 4.1.1.3.6	Prüffolgepläne (PFP)	VPU 1	2	2	E
8	x	x	x	x	Abschnitt 4.1.1.3.7	Schweißpläne	VPU 1	2	2	E
9	x	x	x	x	Abschnitt 4.1.1.3.8	Wärmebehandlungspläne	VPU 1	2	2	E
10	x	x	x	x	Abschnitt 4.1.1.3.9; Abschnitte 6 und 8	Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan a) Erzeugnisform b) Komponente, Baugruppe oder Bauteil	VPU 1	1 2	1 2	E
11	x	x	x	x	Abschnitt 4.1.1.3.11; Abschnitt 13	Reparaturpläne (falls erforderlich)	VPU 1	2	2	E
12	x	x	x	x	Abschnitt 4.1.1.3.12	Prüfanweisungen	VPU 1	2	2	E
13	x	-	x	-	Abschnitt 4.1.1.3.13	Zeichnung für Fabrikschild	VPU 1	2	2	E
14	-	-	-	x	Abschnitt 4.1.1.3.15	Fertigungsisometrie	VPU 1	4	4 ⁴⁾	E
15	-	-	-	x	Abschnitt 4.1.1.3.14	Isometriestückliste	VPU 1	4	4 ⁴⁾	E
16	-	-	-	x	Abschnitt 4.1.1.3.16	Berechnungsisometrie (Planungs-Berechnungs- isometrie)	VPU 2	4	4 ⁶⁾	Z
17	x	x	x	x	Abschnitt 8.1 Abschnitt 4.1.1.3.7 Abschnitt 4.1.1.3.8 Abschnitt 4.1.1.3.9	Verfahrensprüfung a) Schweißplan b) Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan c) Wärmebehandlungsplan (falls erforderlich) d) Bericht des Herstellers und Bescheinigung des Sachverständigen	VPU 1 VPU 1 VPU 1 -	2 2 2 2	2 2 2 -	- - - Z
18	x	x	x	x	Abschnitt 8.2 Abschnitt 4.2.1.4 Abschnitt 4.1.1.3.8 Abschnitt 4.1.1.3.9	Arbeitsprüfung a) Schweißplan (entsprechend Bauteil- schweißung) b) Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan c) Wärmebehandlungsplan (falls erforderlich) d) Bericht des Herstellers und Bescheinigung des Sachverständigen	- - - -	2 2 2 -	2 2 2 5	- - - E ⁷⁾
19	x	x	x	-	Abschnitt 9.3.9	Druckprüfung a) Dehnungsmessplan (falls erforderlich) b) Druckprüfprotokoll	VPU 1 -	3 -	3 -	E E
20	-	-	-	x	Abschnitt 9.3.9 Abschnitt 4.1.1.3.10	Systemdruckprüfung a) Druckprüfplan b) Dehnungsmessplan (falls erforderlich) c) Druckprüfprotokoll	VPU 2 VPU 2 -	5 5 -	5 5 -	E E E
21	-	-	-	x	KTA 3211.2 (Planungs-Berechnungs- isometrie)	Analyse des mechanischen Verhaltens Spannungsanalyse (Datenvergleich mit den zulässigen Schnittlasten der B, Ar, P lfd. Nr. 2 ADB (13))	VPU 2	4	4	Z

Tabelle C-1: Dokumente zur Vorprüfung und Dokumentation (Fortsetzung siehe Folgeseite)

Lfd. Nr.	Zuordnung ²⁾				Anforderungen nach	Dokument (Vorgang) Titel	Vorprüfung durch S			Do-ku-men-tation			
	B	Ar	P	R			Zuord-nung	Zeitpunkte ¹⁾					
							Vor-lage	Freigabe (Abschluss)					
22	x	x	x	-	KTA 3211.2	Analyse des mechanischen Verhaltens	VPU 2	6	6	E			
						a) Spannungsanalyse					7	7	E
						b) Ermüdungsanalyse					6	6	E
						c) analytischer Funktionsfähigkeitsnachweis					4	6 ⁸⁾	E
						d) Spezifizierung der experimentellen Funktionsfähigkeitsnachweises					-	-	E
e) Protokoll des experimentellen Funktionsfähigkeitsnachweises													
23	-	-	-	x	KTA 3211.2 (Ist-Berechnungs-isometrie) ⁶⁾	Analyse des mechanischen Verhaltens	VPU 2	6	6	E			
						a) Spannungsanalyse (Datenvergleich mit den zulässigen Schnittlasten der B, Ar, P lfd. Nr. 2 ADB (13))					7	7	E
24	-	-	-	x	Abschnitt 4.1.1.3.16	Berechnungs-isometrie (Ist-Berechnungs-isometrie) ⁶⁾	VPU 2	6	6	E			
25	-	-	-	x	-	Inbetriebsetzungsprogramm	VPU 2	5	6	E			
						a) Verschiebungsmessungen					5	6	E
						b) Schwingungsmessungen					-	-	E
c) Protokoll													
26	x	x	x	x	Abschnitt 13	Abweichungsbericht oder Tolerierungsantrag	Abschnitt 13, Anhang B			E			
27	-	-	x	-	-	Leistungsprüfung	-	⁹⁾	-	E			

1) Zeitpunkte zur Abwicklung der Vorprüfung durch den Sachverständigen nach ZPI:

(ZPI: Zusammenstellung der in atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren für Kernkraftwerke zur Prüfung erforderlichen Informationen – BMU-Bekanntmachung vom 20.10.1982)

- 1 Vor Herstellung der jeweiligen Erzeugnisformen
- 2 Vor Herstellung der jeweiligen Komponenten, Baugruppen oder Bauteile
- 3 Vor Druckprüfung im Herstellerwerk
- 4 Vor Einbau der jeweiligen Komponenten (Bauteile, Spools)
- 5 Vor Druckprüfung der jeweiligen Systeme
- 6 Vor Inbetriebnahme des jeweiligen Systems
- 7 Der Zeitpunkt ist im Einzelfall mit S festzulegen

2) Ar : Armaturen

B : Apparate /Behälter

P : Pumpen

R : Rohrleitungen

3) Wird eine VPU (z. B. PFP oder WL) bei der Herstellung zur Dokumentationsführung (ST, AN) benutzt, sind die hierbei erforderlichen Nachweise und Protokolle der VPU zuzuordnen (E).

4) Die Prüfung darf bei Anlagenneuerrichtung fertigungsbegleitend erfolgen.

5) Bestätigung oder Nachweis gemäß PFP.

6) Nach der Istmaßkontrolle (Prüf-Nr. 4.2.3 des Bauprüfblattes nach **Tabelle 9-4**) erfolgt eine Bewertung von Maßänderungen.

7) Ablage bei direktem Komponentenbezug.

8) Ausgenommen Nachweise, die erst im Rahmen der nuklearen Inbetriebsetzung erfolgen.

9) Der Inhalt des Protokolls ist vor Durchführung der Leistungsprüfung mit dem Sachverständigen abzustimmen.

Tabelle C-1: Dokumente zur Vorprüfung und Dokumentation
(Fortsetzung)

Anhang D

Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen

D 1	Allgemeines	133
D 2	Begriffe, Kurzzeichen, Formeln	133
D 2.1	Begriffe	133
D 2.2	Kurzzeichen	133
D 2.3	Formeln	134
D 3	Anforderungen an den Prüfgegenstand	134
D 4	Anforderungen an das Prüfsystem	134
D 4.1	Prüfausrüstung	134
D 4.2	Kalibrierkörper, Vergleichskörper und Bezugsreflektoren	135
D 5	Optimierung der Prüftechnik bei der Ultraschallprüfung austenitischer Stähle oder Nickellegierungen	136
D 6	Einstellung des Prüfsystems	136
D 6.1	Entfernungsjustierung	136
D 6.2	Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der AVG-Methode	136
D 6.3	Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Vergleichskörper- und Bezugslinienmethode	137
D 6.4	Korrekturen bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit	138
D 6.5	Einstellung des Ultraschallgerätes	138
D 7	Kriechwellentechnik	140
D 7.1	Beschreibung des Verfahrens	140
D 7.2	Vergleichskörper	140
D 7.3	Einstellung der Prüfempfindlichkeit	140
D 7.4	Anpassen der Prüfköpfe	141
D 8	Wellenumwandlungstechnik I (sekundäre Kriechwelle)	141
D 8.1	Beschreibung des Verfahrens	141
D 8.2	Prüfkopf	142
D 8.3	Entfernungsjustierung	142
D 8.4	Einstellung der Prüfempfindlichkeit	142
D 8.5	Korrekturen bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit	142
D 8.6	Prüfdurchführung	143
D 9	Wellenumwandlungstechnik II (LLT-Technik)	144
D 9.1	Allgemeines	144
D 9.2	Prüfköpfe, Prüfzonen, Vergleichskörper, LLT-Empfindlichkeitsdiagramme	144
D 9.3	Entfernungsjustierung	144
D 9.4	Einstellung der Prüfempfindlichkeit	144
D 9.5	Transferkorrektur	145
D 9.6	Prüfdurchführung	145
D 10	Prüfdurchführung	145
D 10.1	Überlappung	145
D 10.2	Abtastgeschwindigkeit	145
D 10.3	Einstellung und Kontrolle des Prüfsystems	145
D 11	Beschreibung der Anzeigen	147
D 11.1	Echohöhe	147
D 11.2	Anzeigenausdehnung	147
D 11.3	Formbedingte Anzeigen	148

D 1 Allgemeines

(1) Dieser Anhang beschreibt die Durchführung der manuellen Ultraschallprüfung.

(2) Es sind Festlegungen zur Justierung von Prüfsystemen für die Prüfung nach dem Impulsverfahren in Reflexion oder Durchschallung und zur Beschreibung von Anzeigen getroffen.

D 2 Begriffe, Kurzzeichen, Formeln**D 2.1 Begriffe**

Es gelten die Festlegungen nach DIN EN ISO 5577.

D 2.2 Kurzzeichen

In diesem Anhang werden folgende Kurzzeichen verwendet:

Kurzzeichen	Größe oder Bezeichnung	Einheit
A	Auf die Nahfeldlänge bezogener Schallweg im allgemeinen AVG-Diagramm	—
a	Projektionsabstand	mm
a'	Verkürzter Projektionsabstand	mm
a _{LLT}	Verkürzter Projektionsabstand bei der LLT-Technik	mm
AVG	Abstand/Verstärkung/Größe	—
α_{LW}	Einschallwinkel der Longitudinalwelle	Grad
α_{TW}	Auftreffwinkel der Transversalwelle an der Kontaktfläche des Prüfgegenstandes	Grad
C	Erforderliche Breite des Vergleichskörpers	mm
c _{LW}	Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwelle	m/s
c _{TW}	Schallgeschwindigkeit der Transversalwelle	m/s
D _{eff}	Effektive Schwingerabmessung gemäß Prüfkopfdatenblatt	mm
D _{FBB}	Durchmesser der Flachbodenbohrung	mm
D _{Kon}	Durchmesser der Kontaktfläche eines Senkrechtprüfkopfes	mm
D _{KSR}	Durchmesser des Kreisscheibenreflektors	mm
D _Q	Effektive Schwingerabmessung quer zur Einschallrichtung	mm
D _{S-6dB}	Schallbündelbreite für 6 dB-Abfall des Schalldruckes bezogen auf den Zentralstrahl	mm
D _{S-20dB}	Schallbündelbreite für 20 dB-Abfall des Schalldruckes bezogen auf den Zentralstrahl	mm
D _Z	Durchmesser der Querbohrung	mm
d	Krümmungsdurchmesser der Kontaktfläche am Prüfgegenstand	mm
d _{ref}	Krümmungsdurchmesser der Gegenfläche am Prüfgegenstand	mm
Δf	Bandbreite (Differenz zwischen oberer und unterer Grenzfrequenz), bezogen auf den 3 dB-Abfall	MHz
Δ_{SE}	Abstand der Schalleintrittspunkte	mm
ES	Empfangsschwinger	—

Kurzzeichen	Größe oder Bezeichnung	Einheit
f _N	Nennfrequenz	MHz
ϕ_{LW}	Auftreffwinkel der Longitudinalwelle auf den Reflektor	Grad
ϕ_{TW}	Reflexionswinkel der Transversalwelle am Reflektor	Grad
G	Auf den effektiven Schwingerdurchmesser bezogener Reflektordurchmesser	—
G _K	Geräteverstärkung bei Einstellung der Justierreflektoranzeige auf Kennhöhe am Bildschirm	dB
G _T	Geräteverstärkung bei Einstellung der Durchschallungsanzeige auf Kennhöhe am Bildschirm	dB
\bar{G}_T	Arithmetischer Mittelwert von G _T -Werten	dB
G _R	Geräteverstärkung für die Registrierschwelle	dB
γ_6	Öffnungswinkel des Schallbündels bei der 6 dB-Grenze	Grad
H	Auf die Bildschirmhöhe bezogene Echohöhe	—
HE	Hauptecho bei der Prüfung mit Wellenumwandlungstechnik	—
KSR	Durchmesser des Kreisscheibenreflektors	mm
κ	Schallschwächungskoeffizient (abweichend von DIN EN ISO 5577: auf den Schallweg bezogene Schallschwächung)	dB/mm
L	Abmessung der Kontaktfläche des Prüfkopfes in Krümmungsrichtung	mm
LLT	„Long-Long-Trans“-Wellenumwandlungstechnik	—
LW	Longitudinalwelle	—
λ	Wellenlänge	mm
N	Nahfeldlänge	mm
NE1; NE2	Nebenechos bei der Prüfung mit Wellenumwandlungstechnik	—
n	Anzahl der Einzelmesswerte	—
p	Projektionsabstand im ganzen Sprung	mm
p'	Projektionsabstand bei der Prüfung mit Wellenumwandlungstechnik bei Optimierung eines Nebenechos	mm
p''	Projektionsabstand bei der Prüfung mit Wellenumwandlungstechnik bei Optimierung des Hauptechos	mm
R _a	arithmetischer Mittelwert der Profilorдинaten (Mittenrauwert) R _a nach DIN EN ISO 4287	μm
R _L	Registrierlänge	mm
R _{LK}	Korrigierte Registrierlänge	mm
S (mit und ohne Index)	Schallweg	mm
SEL	Sender-Empfänger-Longitudinalwellen	—
SE	Sender - Empfänger	—
SS	Sendeschwinger	—
s	Wanddicke, Nennwanddicke	mm
s _j	Dicke des Vergleichskörpers	mm

Kurzzeichen	Größe oder Bezeichnung	Einheit
S/N	Signal-Rausch-Verhältnis ist das Amplitudenverhältnis des Ultraschallechos eines Reflektors zum Rauschpegel (Der Rauschpegel ist der 95 %-Wert der Summenhäufigkeit der Echohöhen der Rauschanzeigen, ermittelt im fehlerfreien Prüfbereich).	—
TLL	„Trans-Long-Long“-Wellenumwandlung	—
TW	Transversalwelle	—
V	Verstärkung im allgemeinen AVG-Diagramm	dB
Y_{FBB}	Reflektortiefenlage	mm
Y_s	Abstand der Prüfbereichsmitte von der Kontaktfläche	mm
Z_H	Tiefenbereich der Prüfzone	mm
ΔV	Empfindlichkeitskorrektur	dB
ΔV_k	Auf einen bestimmten Schallweg bezogene Schallschwächungskorrektur	dB
ΔV_{koppl}	Ankopplungskorrektur	dB
ΔV_{LLT}	Echohöhendifferenz zwischen Bezugshöhe der Stirnfläche und dem Maximum der Empfindlichkeitskurve	dB
ΔV_S	Divergenzkorrektur der Rückwandechokurve	dB
ΔV^{\sim}	Verstärkungskorrektur zur Berücksichtigung von Transferschwankungen	dB
ΔV_T	Transferkorrektur	dB
ΔV_Z	Verstärkungskorrektur zur Berücksichtigung unterschiedlicher Schallwege bei Anschallung einer Zylinderbohrung	dB

D 2.3 Formeln

Die zu berechnenden Größen sind nach folgenden Gleichungen zu ermitteln:

- a) Erforderliche Breite des Vergleichskörpers

$$C \geq D_{S-20dB} \quad (D-1)$$

- b) Die auf den 20 dB-Echohöhenabfall bezogene Schallbündelbreite D_{S-20dB} :

$$D_{S-20dB} = 2 \cdot \lambda \cdot \frac{S}{D_Q} \quad (D-2)$$

- c) Umrechnung der Echohöhe von Querbohrungen in die Echohöhe von Kreisscheibenreflektoren:

$$D_{KSR} = \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\pi}} \cdot \lambda \cdot \sqrt{D_Z \cdot S}, \quad (D-3)$$

wobei $S > 1,5 \cdot N$ und $D_Z > 1,5 \cdot \lambda$.

- d) Der auf den 6 dB-Echohöhenabfall bezogene Schallbündeldurchmesser D_{S-6dB} :

$$D_{S-6dB} = 2 \cdot S \cdot \tan \gamma_6, \quad (D-4)$$

- e) Mittelwert der Geräteverstärkung \bar{G}_T :

$$\bar{G}_T = \frac{\sum G_T}{n} = \frac{\text{Summe der Einzelwerte}}{\text{Anzahl der Einzelwerte}}, \quad (D-5)$$

- f) Korrigierte Registrierlänge R_{LK} :

$$R_{LK} = R_L - D_{S-6dB} \cdot \left(1 - \frac{D_{S-6dB}}{R_L}\right) \quad (D-6)$$

- g) Schallweg ohne Seitenwandeneinfluss

$$S = \frac{s \cdot D_{eff}}{2 \cdot \lambda} \quad (D-7)$$

- h) Verstärkungskorrektur ΔV^{\sim} :

$$\Delta V^{\sim} = 1,7 \cdot \sqrt{\frac{\sum G_T^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum G_T)^2}{n-1}} \quad (D-8)$$

oder

$$\Delta V^{\sim} = 1,7 \cdot \sqrt{\frac{\sum (G_T - \bar{G}_T)^2}{n-1}} \quad (D-9)$$

- i) Empfindlichkeitskorrektur ΔV_Z :

$$\Delta V_Z = 30 \cdot \lg \frac{S_2}{S_1} \quad (D-10)$$

- k) Resultierende Geräteempfindlichkeit zur Einstellung der Registrierschwelle

$$G_R = G_K + \Delta V_T + \Delta V^{\sim} \quad (D-11)$$

mit

$$\Delta V_T = \Delta V_{koppl} + \Delta V_k \quad (D-12)$$

- l) Nullpunktverschiebung bei SEL-Prüfköpfen

$$S = 1,5 \cdot s + a \quad (D-13)$$

- m) Schalllaufweg bis zur Prüfbereichsmitte bei LLT-Prüfköpfen

$$S_{Just} = S_{LW} + 2 \cdot S_{TW} \quad (D-14)$$

$$\text{mit } S_{LW} = \frac{2 \cdot s - Y_s}{\cos \alpha_{LW}} \quad (D-15)$$

$$\text{und } S_{TW} = \frac{Y_s}{\cos \alpha_{TW}} \quad (D-16)$$

oder in der Näherung für Stahl

$$S_{Just} = 2 \cdot \frac{s + Y_s}{\cos \alpha_{LW}} \quad (D-17)$$

D 3 Anforderungen an den Prüfgegenstand

(1) Die Kontaktflächen des Prüfgegenstandes und die Gegenflächen müssen groß genug sein, um das Prüfvolumen vollständig erfassen zu können.

(2) Die Kontaktflächen müssen frei sein von störenden Unebenheiten und Verunreinigungen (z. B. Kerben, Zunder, Schweißspritzer, Drehriefen). Wird die Gegenfläche als Reflexionsfläche benutzt, so sind an diese die gleichen Anforderungen zu stellen wie an die Kontaktflächen.

(3) Der arithmetische Mittelwert der Profilorдынaten (Mittensrauwert) R_a nach DIN EN ISO 4287 darf auf den zu prüfenden Flächen einen Wert von 20 μm nicht überschreiten.

(4) Bei einer Welligkeit der Kontaktflächen muss diese so gering sein, dass die Prüfkopfsohle ausreichend aufliegt. Dies ist im Allgemeinen der Fall, wenn der Abstand zwischen Prüfkopfsohle und Kontaktfläche an keiner Stelle mehr als 0,5 mm beträgt.

(5) Die Formabweichung von der Sollkontur der Kontaktflächen soll bezogen auf eine Referenzfläche von 40 mm \times 40 mm nicht mehr als 0,5 mm betragen. Bei der Wahl anderer Abmessungen von Referenzflächen ist die zugeordnete Formabweichung entsprechend der Seitenlänge der gewählten Referenzfläche linear umzurechnen.

D 4 Anforderungen an das Prüfsystem

D 4.1 Prüfausrüstung

(1) Die eingesetzte Prüfausrüstung einschließlich der erforderlichen Messgeräte und Hilfsmittel muss eine dem Verwendungszweck entsprechende Genauigkeit und Stabilität aufweisen.

(2) Die Prüfgeräte und Prüfköpfe sollen die Anforderungen gemäß DIN EN 12668-1 oder DIN EN 12668-2 erfüllen. Für

die Kontrolle der Eigenschaften der kompletten Prüfausrüstung gelten die Anforderungen gemäß DIN EN 12668-3.

(3) Das Kombinieren von Geräten, Kabeln und Prüfköpfen verschiedener Hersteller ist zulässig, wenn sichergestellt ist (z. B. über Messungen an Bezugsreflektoren), dass die Genauigkeit der Ergebnisse nicht beeinträchtigt wird.

(4) Es sind Prüfköpfe mit Schallfeldern zu verwenden, die die Einhaltung der geforderten Prüfempfindlichkeit (Registrierschwelle) im zu prüfenden Bereich sicherstellen.

Hinweis:

Im Allgemeinen werden bei Nennwanddicken gleich oder kleiner als 40 mm eine Nennfrequenz von 4 MHz und eine Schwingergöße D_Q von etwa 10 mm und bei Nennwanddicken größer als 40 mm eine Nennfrequenz von 2 MHz und eine Schwingergöße D_Q von etwa 20 mm angewendet.

(5) Senkrechtprüfköpfe sind so auszuwählen, dass der Abstand zwischen den Kontaktflächen des Prüfkopfes und des Prüfgegenstandes nicht mehr als 0,5 mm ($D_{Kon} < \sqrt{2d}$) beträgt. Durch die Verwendung von Schutzfolien kann die Ankopplung von Einschwinger-Senkrechtprüfköpfen verbessert werden.

(6) Die Kontaktflächen von Transversalwellen-Winkelprüfköpfen sind

a) bei der Einschallung in konkave Kontaktflächen des Prüfgegenstandes immer anzupassen, es sei denn, aufgrund sehr großer Krümmungsradien kann eine ausreichende Ankopplung erreicht werden.

b) bei der Einschallung in konvexe Kontaktflächen des Prüfgegenstandes anzupassen, wenn entsprechend **Bild D-1** bei Durchmessern des Prüfgegenstandes bis 200 mm die Abmessung der Kontaktfläche in Krümmungsrichtung $L > d/10$ oder bei größeren Durchmessern als 200 mm diese Abmessung $L > \sqrt{2d}$ ist.

(7) Bei der Einstellung des Justierbereichs und der Prüfempfindlichkeit sowie bei der Prüfung ist das gleiche Koppelmittel zu verwenden. Es sind nur solche Koppelmittel zu verwenden, die zu keiner Schädigung des Prüfgegenstandes (z. B. Korrosion) führen. Nach der Prüfung sind alle Rückstände des Koppelmittels vom Prüfgegenstand zu entfernen.

(8) Prüfgegenstand, Kalibrier-, Vergleichskörper und Prüfköpfe sollen annähernd die gleiche Temperatur aufweisen.

D 4.2 Kalibrierkörper, Vergleichskörper und Bezugsreflektoren

(1) Bei Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe für Kalibrierkörper oder Vergleichskörper und Prüfgegenstand ist der Unterschied der Schallgeschwindigkeiten bei der Einstellungsjustierung und bei der Schrägeinschallung für die Winkelabweichung zu berücksichtigen.

(2) Falls nicht der Kalibrierkörper Nr. 1 nach DIN EN ISO 2400 oder der Kalibrierkörper Nr. 2 nach DIN EN ISO 7963 zur Einstellung der Prüfempfindlichkeit herangezogen werden, gilt:

a) für den verwendeten Vergleichskörper:

aa) Der Vergleichskörper muss in den prüftechnisch relevanten Eigenschaften (Werkstoff, konstruktive Ausführung, Form, Wanddicke, eventuell vorhandener Plättierung, Wärmebehandlung) dem Prüfgegenstand entsprechen. Die Abweichung der Wanddicke des Vergleichskörpers von der Wanddicke des zu prüfenden Bauteils darf maximal 10 % betragen. Bei der Verwendung angepasster Prüfköpfe oder wenn die Krümmung der Gegenoberfläche das Reflexionsverhalten beeinträchtigt (Verhältnis von Wanddicke s zu Außendurchmesser d_a des Prüfgegenstands größer als 0,2), darf die Abweichung des Durchmessers des Vergleichs-

körpers vom Durchmesser des zu prüfenden Bauteils maximal 10 % betragen. Abweichend hiervon dürfen bei der Verwendung von Impulsecho-Prüfköpfen ebene Vergleichskörper benutzt werden, wenn der Durchmesser des Prüfgegenstands keine angepassten Prüfköpfe erfordert, das Reflexionsverhalten durch die Krümmung der Gegenoberfläche nicht beeinträchtigt wird (Verhältnis von Wanddicke s zu Außendurchmesser d_a des Prüfgegenstands gleich oder kleiner als 0,2) und keine Wellenumwandlungstechnik verwendet wird.

ab) Vergleichskörper für die Prüfung von Schweißnähten aus austenitischem Stahl, Nickellegierung oder Mischverbindungen müssen artgleich sein. Der artgleiche Vergleichskörper (z. B. aus einer Arbeitsprobe) muss hinsichtlich Geometrie, Werkstoff, Nahtform, Schweißprozess und Oberflächenbeschaffenheit dem Prüfgegenstand entsprechen.

ac) Die Ausbildung des Schallbündels darf grundsätzlich nicht behindert sein, d. h. alle Abmessungen senkrecht zum Hauptstrahl sollen bei Schallwegen bis zur doppelten Nahfeldlänge (N) größer sein als die Schwingergöße quer zur Einschallrichtung (D_Q). Bei Schallwegen von S größer als die doppelte Nahfeldlänge ist die Schallbündelbreite D_{S-20dB} am Ort des Reflektors maßgebend. In diesem Fall ergibt sich die Breite des Vergleichskörpers nach folgender Formel:

$$C \geq 2 \cdot \lambda \cdot \frac{S_{\max}}{D_Q}$$

Ausgenommen sind Vergleichskörper für die Prüfung an Stäben in axialer Richtung für den Bereich des Seitenwandeneinflusses. In diesem Fall ist die Breite des Vergleichskörpers gleich der Breite des Prüfgegenstands.

ad) Die Abmessungen der Kontaktfläche des Prüfgegenstands sollen größer sein als die 1,5fache Abmessung der Kontaktfläche des Prüfkopfes.

ae) Die Lage der Bezugsreflektoren im Vergleichskörper muss so gewählt werden, dass sich deren Echos nicht gegenseitig stören und nicht mit Kantenechos verwechselt werden können.

b) für den verwendeten Bezugsreflektor:

ba) Die Rückwände sollen eben und senkrecht zum Hauptstrahl orientiert sein sowie Abmessungen haben, die größer sind als die Schallbündelbreite D_{S-20dB} , jedoch nicht kleiner als die Schwingerabmessung.

bb) Querbohrungen sollen senkrecht zum Hauptstrahl und parallel zur Kontaktfläche verlaufen. Die Länge der Querbohrungen soll größer sein als die Schallbündelbreite D_{S-20dB} , jedoch nicht kleiner als die Schwingerabmessung. Der Durchmesser soll 3 mm betragen.

bc) Die Böden von Flachbodenbohrungen sollen bei der Einkopftechnik senkrecht zum Hauptstrahl verlaufen. Hiervon ausgenommen sind Regelungen für die Verwendung von Flachbodenbohrungen bei der Wellenumwandlungstechnik II und der Kriechwellentechnik.

bd) Die Nuten müssen einen rechteckigen Querschnitt aufweisen. Die Nutflanken müssen senkrecht zur Oberfläche stehen. Die Nuten sollen eine Breite gleich oder kleiner als 1,0 mm und, sofern ergebnisformspezifisch nicht anders geregelt, eine Tiefe von 1,0 mm haben. Die akustisch wirksame Länge der Nuten soll 20 mm betragen.

be) Falls die Echohöhen von Querbohrungen in die Echohöhen von D_{KSR} umgerechnet werden sollen, ist die Gleichung C-3 zu beachten.

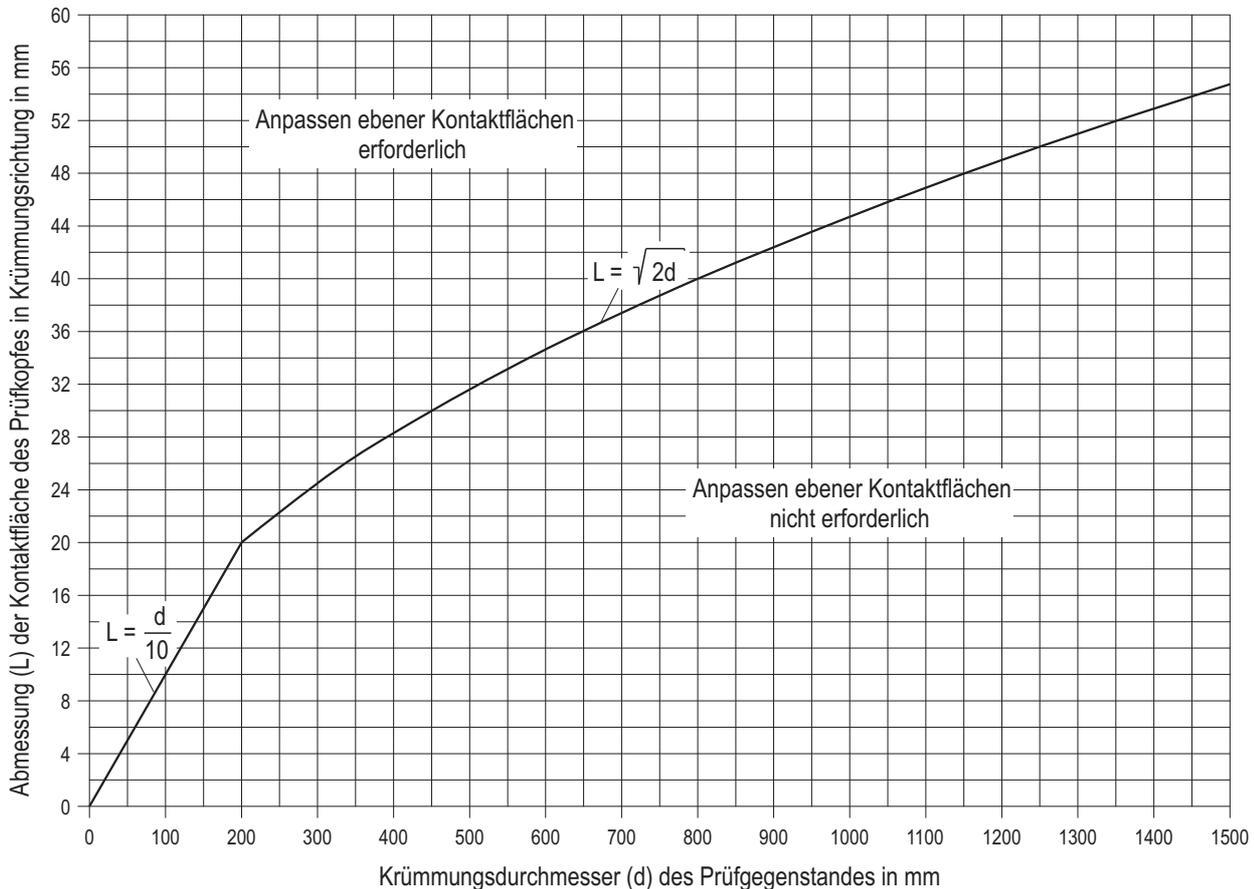


Bild D-1: Anpassbedingungen für ebene Kontaktflächen von Winkelprüfköpfen bei Einschaltung in konvexe Kontaktflächen des Prüfgegenstandes

D 5 Optimierung der Prüftechnik bei der Ultraschallprüfung austenitischer Stähle oder Nickellegierungen

(1) Zur Einhaltung eines ausreichenden Abstandes (mindestens 6 dB) der Registrierschwelle zum Rauschpegel ist die Prüftechnik zu optimieren, z. B. durch folgende Maßnahmen:

- Einsatz von Prüfköpfen mit niedrigerer Nennfrequenz,
- Einsatz von frequenzselektiven Prüfgeräten,
- Einsatz von Prüfköpfen mit Kompositschwingern und dafür geeigneten Prüfgeräten,
- Anwendung von Longitudinalwellen für die Schrägeinschallung,
- elektrodynamisch angeregte Oberflächenwellen und horizontal polarisierte Transversalwellen.

(2) Sofern die Optimierung der Prüftechnik gemäß (1) zu keinem ausreichenden Signal-Rausch-Verhältnis führt, sind Prüftechniken mit einer bildhaften Darstellung des Prüfergebnisses einzusetzen, die eine Bewertung ermöglichen, z. B.

- Sektor- und Verbundabtastung mit gesteuerten Gruppenstrahlern (Phased Arrays),
- mechanisierte Prüftechniken, z. B. in Verbindung mit ALOK (Amplituden-Laufzeit-Ortskurven).

D 6 Einstellung des Prüfsystems

Hinweis:

Festlegungen für die Einstellung des Prüfsystems bei Anwendung von Wellenumwandlungs- und Kriechwellentechniken sind in den Abschnitten D 7 bis D 9 getroffen.

D 6.1 Entfernungsjustierung

(1) Für die Einstellung des Justierbereiches sollen der Kalibrierkörper Nr. 1, der Kalibrierkörper Nr. 2, der Prüfgegen-

stand oder ein Vergleichskörper (z. B. nach **Bild D-2**) verwendet werden.

Die Einstellung des Justierbereiches ist durch eine Ortung von bekannten Reflektoren zu überprüfen.

(2) Bei anzupassenden Prüfköpfen darf die Entfernungsjustierung zunächst mit einem nicht angepassten Prüfkopf auf einem ebenen Kalibrier- oder Vergleichskörper erfolgen. Anschließend muss der angepasste Prüfkopf auf einem geeignet geformten Vergleichskörper positioniert werden, der mindestens einen Reflektor bei bekannter Justierstrecke aufweist. Mittels dieses Reflektors ist eine Nullpunkt Korrektur vorzunehmen.

(3) Bei Longitudinalwellen-Winkelprüfköpfen ist eine Voreinstellung des Justierbereiches mit Hilfe eines Senkrechtprüfkopfes an den Kalibrierkörpern Nr. 1 oder Nr. 2, am Prüfgegenstand oder am Vergleichskörper vorzunehmen. Zur Berücksichtigung der Vorlaufstrecke ist anschließend eine Nullpunkt Korrektur mit dem Winkelprüfkopf durchzuführen.

D 6.2 Einstellung der Prüfeempfindlichkeit bei Anwendung der AVG-Methode

D 6.2.1 Anwendung der AVG-Methode

(1) Die AVG-Methode darf nur bei Prüfköpfen angewendet werden, für die prüfkopfspezifische AVG-Diagramme vorhanden sind.

(2) Bei Prüfköpfen mit angepassten Kontaktflächen darf die AVG-Methode grundsätzlich nicht angewendet werden. Bei der Prüfung mit Winkelprüfköpfen, deren ebene Kontaktflächen angepasst sind, ist an Prüfgegenständen mit d größer als 100 mm bei der Einschaltung in eine konkave Kontaktfläche des Prüfgegenstandes die Anwendung der AVG-Methode erlaubt, wenn die Bedingung L kleiner als \sqrt{d} erfüllt ist.

(3) Für die Anwendung der AVG-Methode gelten die folgenden Kriterien:

- Der auswertbare Schallweg beginnt bei Einzelschwingerprüfköpfen näherungsweise bei $S = 0,7 \cdot N$ und bei SE- sowie fokussierenden Prüfköpfen mit Beginn des Fokusbereichs.
- Bei Vorliegen eines Seitenwandeneinflusses darf die AVG-Methode nur bis zum im Abschnitt D 2.3 Gleichung D-7 angegebenen Schallweg angewendet werden.
- Die AVG-Methode ist bei der Schrägeinschallung nur bei Wanddicken größer als $5 \cdot \lambda$ anwendbar.
- Bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit sind prüfkopf-spezifische AVG-Diagramme für Kreisscheibenreflektoren zu verwenden.
- Bei bedämpften Prüfköpfen darf die AVG-Methode nur dann angewendet werden, wenn das Verhältnis der Bandbreite (Δf) zur Nennfrequenz kleiner als 0,75 ist.

D 6.2.2 Anzuwendende Bezugsreflektoren

(1) Die Bestimmung der Bezugshöhe hat an Bezugsreflektoren unter Erfüllung folgender Bedingungen zu erfolgen:

- Für Senkrechtprüfköpfe ist der Bezugsreflektor
 - die Rückwand des Prüfgegenstandes, sofern die Rückwand die Anforderungen gemäß Abschnitt D 4.2 (2) ba) erfüllt,
 - die Rückwand eines Vergleichskörpers, sofern die Rückwand die Anforderungen gemäß Abschnitt D 4.2 (2) ba) erfüllt,
 - die Rückwand der 25 mm-Dicke des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder die Rückwand der 12,5 mm-Dicke des Kalibrierkörpers Nr. 2,
 - eine Quer- oder Flachbodenbohrung.
- Für Winkelprüfköpfe ist der Bezugsreflektor
 - der Kreisbogen R100 des Kalibrierkörpers Nr. 1,
 - der Kreisbogen R25 des Kalibrierkörpers Nr. 2 unter Berücksichtigung der bekannten oder ermittelten prüfkopfspezifischen Korrekturwerte,
 - eine Quer- oder Flachbodenbohrung.

(2) Der Durchmesser einer Flachbodenbohrung (D_{FBB}) entspricht dem Durchmesser des Kreisscheibenreflektors (D_{KSR}), sofern die Bedingung $D_{FBB} > 1,5 \cdot \lambda$ erfüllt wird.

(3) Für die Umrechnung der Echohöhe einer Querbohrung in die Echohöhe eines Kreisscheibenreflektors ist die Gleichung D-3 zu verwenden.

D 6.3 Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Vergleichskörper- und Bezugslinienmethode

D 6.3.1 Vergleichskörpermethode

(1) Bei der Vergleichskörpermethode wird die Anzeige aus dem Prüfgegenstand durch direkten Vergleich mit der eines Bezugsreflektors bei etwa gleichem Schallweg verglichen. Dies darf mit Bezugsreflektoren im Bauteil oder im Vergleichskörper erfolgen.

(2) Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit hat mittels eines am Ende des Justierbereiches liegenden Bezugsreflektors zu erfolgen. Werden bei der Prüfung Echos von Reflektoren im Prüfgegenstand festgestellt, dürfen weitere Bezugsreflektoren des entsprechenden Vergleichskörpers, die schallwegmäßig dieselbe oder die nächst größere Entfernung aufweisen, verwendet werden. Bei gleichzeitiger Anwendung von unterschiedlichen Arten von Bezugsreflektoren (siehe **Bild D-2**) ist die kleinere Echohöhe als Bezugshöhe zu verwenden.

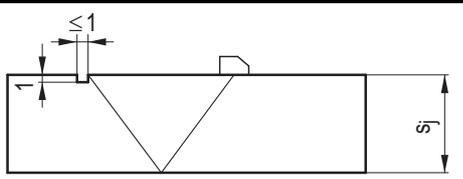
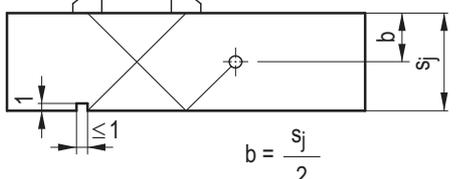
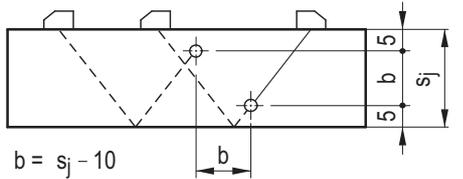
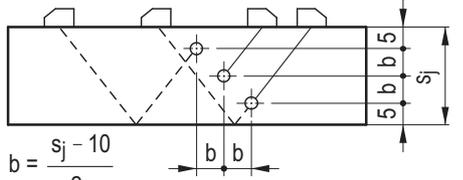
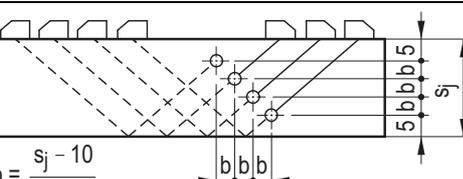
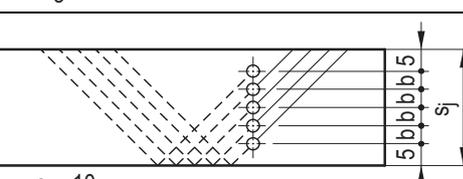
Wanddicke oder Nennwanddicke des Prüfgegenstands in mm	Seitenansicht des Vergleichskörpers
$s \leq 10$	
$10 < s \leq 15$	
$15 < s \leq 20$	
$20 < s \leq 40$	
$40 < s \leq 80$	
$s > 80$	

Bild D-2: Vergleichskörper zur Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Schrägeinschallung

D 6.3.2 Bezugslinienmethode

(1) Bei der Bezugslinienmethode wird zur Vereinfachung der Echohöhenbeschreibung die Erzeugung einer Bezugslinie mit Hilfe eines oder mehrerer gleichartiger Reflektoren in unterschiedlicher Tiefe in Vergleichskörpern (z. B. Stufenkeil oder nach **Bild D-2**) oder mit Hilfe von Bezugsreflektoren im Prüfgegenstand in unterschiedlicher Entfernung empfohlen. Für die Anforderungen an die Bezugsreflektoren gilt Abschnitt D 4.2 (2) b).

(2) Die Bezugslinie ist über mindestens drei Echoanzeigen der Bezugsreflektoren (z. B. Querbohrungen) aus unterschiedlichen Entfernungen des Prüfkopfes zu erzeugen (siehe **Bild D-3**). Das Echo mit der höchsten Amplitude soll auf ungefähr 80 % der Bildschirmhöhe eingestellt werden. Die konstruierte Bezugslinie darf über den durch die Bezugsreflektoren abgegrenzten Teil des Justierbereiches hinaus maximal

um 20 % extrapoliert werden. Die Verstärkung des Ultraschallgerätes ist so zu wählen, dass die Bezugslinie im Justierbereich zwischen 20 % und 80 % der Bildschirmhöhe liegt. Ist dies nicht für den gesamten Justierbereich möglich, muss die Bezugslinie gemäß **Bild D-4** gestuft werden.

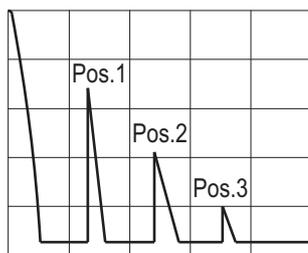
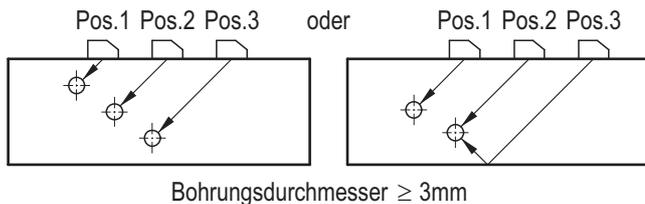


Bild D-3: Erzeugen von Bezugshöhen von Querbohrungen aus unterschiedlichen Entfernungen des Prüfkopfes für die Schrägeinschallung

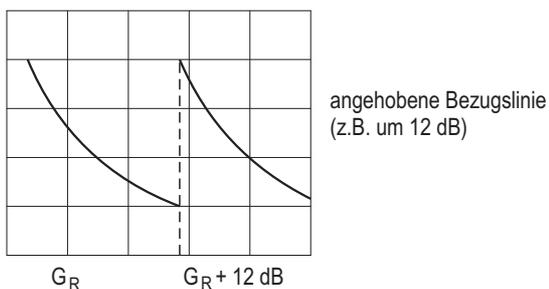


Bild D-4: Gestufte Bezugslinie

D 6.4 Korrekturen bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit

D 6.4.1 Transferkorrektur

(1) Die Bestimmung der Transferkorrektur soll an mindestens vier Stellen des Prüfgegenstands in der vorgesehenen Prüfrichtung erfolgen.

(2) Die Transferkorrektur soll nach **Bild D-5** mittels Durchschallung am Vergleichskörper und am Prüfgegenstand ermittelt werden.

(3) Zur Berücksichtigung der Transferkorrektur bei der Schrägeinschallung soll ΔV_T aus der V- oder W-Durchschallung verwendet werden. Überschreitet ΔV_T den Wert um mehr als 2 dB, ist die nach D 6.2 oder D 6.3 eingestellte Prüfempfindlichkeit um die erhaltenen Werte zu korrigieren. Bei ΔV_T -Werten gleich oder kleiner als 2 dB sind diese bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit pauschal mit 2 dB zu berücksichtigen.

D 6.4.2 Bestimmung der Schallschwächung

(1) Die Schallschwächung soll bei der Senkrechteinschallung nach **Bild D-6** und bei der Schrägeinschallung nach **Bild D-7** jeweils bei gleicher Kennhöhe unter Berücksichtigung von ΔV_S ermittelt werden.

(2) Die gesonderte Bestimmung der Schallschwächung darf entfallen, wenn sie über einen schallwegunabhängigen, konstanten Zuschlag (z. B. über die Transferkorrektur gemäß D 6.4.1) berücksichtigt wird.

D 6.4.3 Ankopplungs- und Schallschwächungsschwankungen

(1) Für die Transferkorrektur ist der Mittelwert aus den Durchschallungswerten am Prüfgegenstand zu verwenden, sofern die Schwankungsbreite 6 dB nicht überschreitet. Ergibt sich eine größere Schwankungsbreite als 6 dB, ist für die Transferkorrektur der Mittelwert aus 20 Durchschallungswerten zuzüglich eines gemäß Abschnitt D 2.3 h) zu berechnenden Zuschlags $\Delta \tilde{V} = 1,7 \cdot \text{Standardabweichung}$ zu verwenden.

(2) Ist der so ermittelte Wert für $\Delta \tilde{V}$ größer als 6 dB, ist der Prüfgegenstand in Prüfabschnitte einzuteilen, für die die Transferkorrektur jeweils gesondert zu berücksichtigen ist. Diese Einteilung hat so zu erfolgen, dass in jedem Prüfabschnitt $\Delta \tilde{V}$ gleich oder kleiner als 6 dB ist.

D 6.4.4 Berücksichtigung der Korrekturen

(1) Unter Berücksichtigung der vorstehenden Korrekturen ergibt sich die resultierende Geräteempfindlichkeit zur Einstellung der Registrierschwelle gemäß Gleichung D-11.

(2) Wird die Schallschwächung schallwegabhängig berücksichtigt, erfolgt dies mit dem in ΔV_T enthaltenen Schwächungsanteil ΔV_K gemäß **Bild D-8** bei Anwendung der AVG-Methode oder gemäß **Bild D-9** bei Anwendung der Bezugslinienmethode.

(3) Ist es nicht erforderlich, die Schallschwächung schallwegabhängig zu berücksichtigen, so enthält ΔV_T einen schallwegunabhängigen, konstanten Anteil für die Schallschwächung ΔV_K .

(4) Ist eine zusätzliche Korrektur zur Berücksichtigung größerer Schwankungen gemäß Abschnitt D 6.4.3 erforderlich, so hat dies über $\Delta \tilde{V}$ zu erfolgen. Andernfalls entfällt der Korrekturwert $\Delta \tilde{V}$ in Gleichung D-11.

D 6.5 Einstellung des Ultraschallgerätes

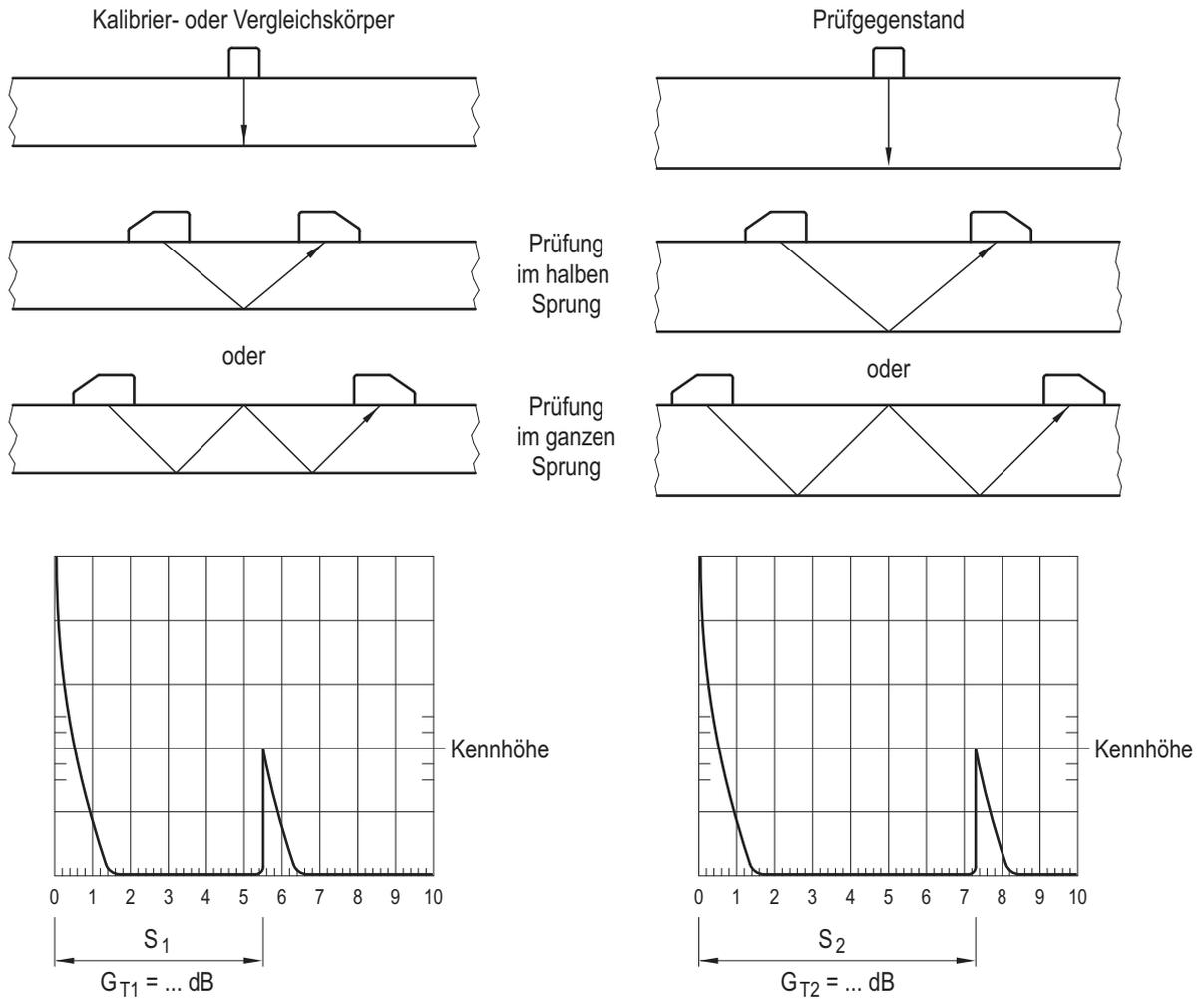
(1) Vor Einstellung der Prüfempfindlichkeit muss sichergestellt sein, dass

- die Verstärkerschwelle („Unterdrückung“) nicht benutzt wird,
- der Verstärker im richtigen Frequenzbereich betrieben wird,
- die Filterung so eingestellt ist, dass eine optimale Auflösung erreicht wird,
- die Impedanz des Prüfsystems, wenn nötig, so angepasst ist, dass bei gleichbleibendem Auflösungsvermögen die maximale Echohöhe erhalten wird,
- die Energie für den Sendepuls unter Berücksichtigung der Verstärkungsreserve so niedrig wie möglich eingestellt ist.

(2) Die Impulsfolgefrequenz muss so eingestellt sein, dass

- der Nachweis aller zu registrierenden Signale sichergestellt ist,
- die Entstehung von sogenannten Phantomechos bei langen Schallwegen (besonders im Falle von Werkstoffen mit geringer Schallschwächung) vermieden wird.

(3) Unter Berücksichtigung der Korrekturen nach D 6.4 ist die Geräteverstärkung so einzustellen, dass alle über der Registrierschwelle liegenden Echos am Ende des jeweiligen Justierbereiches mindestens 20 % der Bildschirmhöhe erreichen.



$$\Delta V_T = G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_S$$

Transferkorrektur bei der Senkrechteinschallung und bei der Schrägeinschallung [dB]

$$\Delta V_S = V_{S2} - V_{S1}$$

Divergenzkorrektur der Rückwandeckochurve eines AVG-Diagramms

$$V_{S1} = \text{Verstärkungswert für das Durchschallungsecho am Kalibrier- oder Vergleichskörper auf Bezugshöhe [dB]}$$

$$V_{S2} = \text{Verstärkungswert für das Durchschallungsecho am Prüfgegenstand auf Bezugshöhe [dB]}$$

$$G_{T1} = \text{Geräteverstärkung für das Durchschallungsecho am Kalibrier- oder Vergleichskörper [dB]}$$

$$G_{T2} = \text{Geräteverstärkung für das Durchschallungsecho am Prüfgegenstand [dB]}$$

Rückwandeckochurve eines AVG-Diagramms

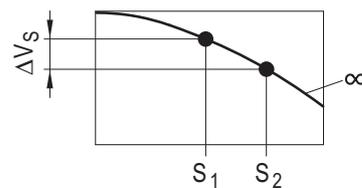
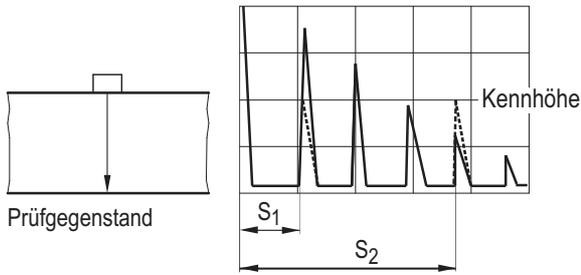


Bild D-5: Bestimmung der Transferkorrektur bei der Senkrechteinschallung und bei der Schrägeinschallung in V- oder W-Durchschallung

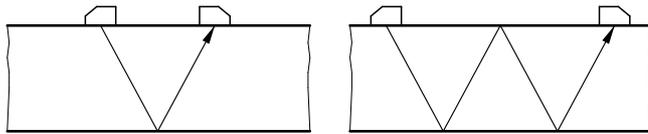


$$\kappa = \frac{G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_S}{2 \cdot (S_2 - S_1)} \text{ [dB/mm]}$$

$$G_{T1} = \dots \text{ dB}$$

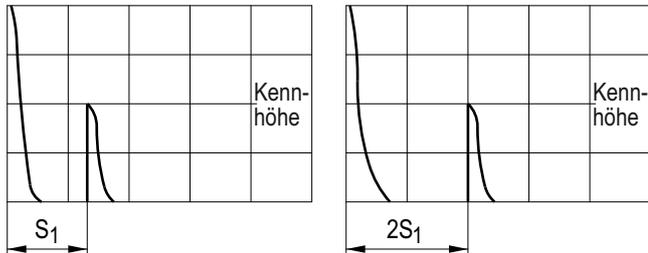
$$G_{T2} = \dots \text{ dB}$$

Bild D-6: Bestimmung der Schallschwächung bei der Senkrechteinschallung (Beispiel)



V-Durchschallung am Prüfgegenstand

W-Durchschallung am Prüfgegenstand

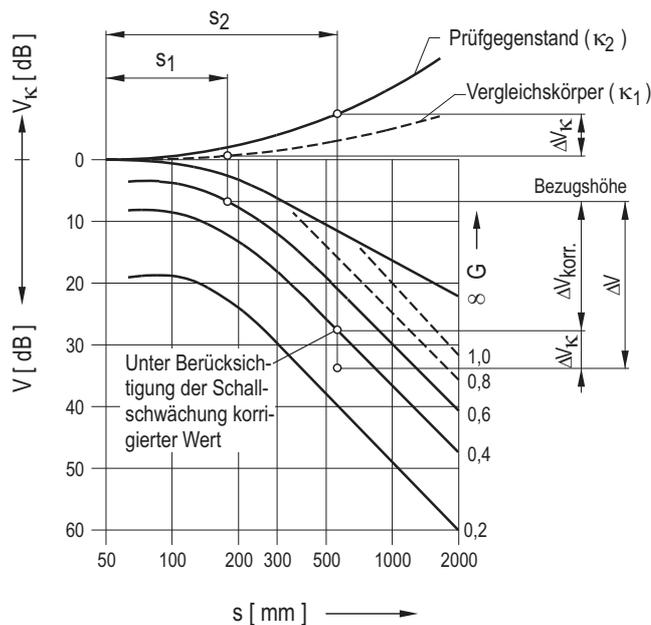


$$G_{T1} = \dots \text{ dB}$$

$$G_{T2} = \dots \text{ dB}$$

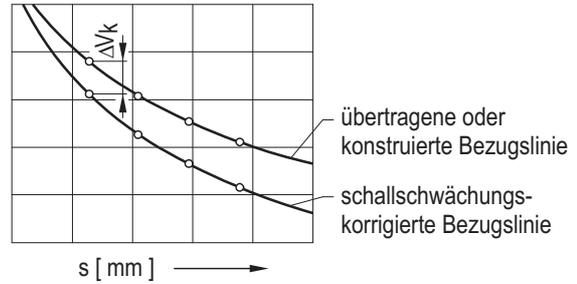
$$\kappa = \frac{G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_S}{2 \cdot S_1} \text{ [dB/mm]}$$

Bild D-7: Bestimmung der Schallschwächung bei der Schrägeinschallung



$$\Delta V_{\kappa} = 2 \cdot (S_2 \cdot \kappa_2 - S_1 \cdot \kappa_1) \text{ [dB]}$$

Bild D-8: Berücksichtigung der Schallschwächung im AVG-Diagramm für den Fall $\kappa_2 > \kappa_1$ (Beispiel)



$$\Delta V_{\kappa} = 2 \cdot S \cdot (\kappa_2 - \kappa_1) \text{ [dB]}$$

Bild D-9: Berücksichtigung der Schallschwächung bei der Bezugslinien-Methode für den Fall $\kappa_2 > \kappa_1$ (Beispiel)

D 7 Kriechwellentechnik

D 7.1 Beschreibung des Verfahrens

(1) Longitudinalwellenprüfköpfe mit Einschallwinkeln von üblicherweise 75 Grad bis 80 Grad erzeugen neben einer steil einfallenden Transversalwelle zusätzlich zur longitudinalen Hauptwelle eine sich parallel zur Kontaktfläche ausbreitende Longitudinalwelle (primäre Kriechwelle).

(2) Durch die Ausbreitung der primären Kriechwelle entlang der Kontaktfläche werden ständig Transversalwellen abgestrahlt, so dass die Intensität der Kriechwelle mit dem Schallweg rasch abfällt. Beispielsweise liegt der Fokusabstand bei SE-Kriechwellenprüfköpfen mit Schwingerabmessungen von $D_0 \approx 6 \text{ mm} \cdot 13 \text{ mm}$ bei ca. 10 mm, wodurch ein nutzbares Schallbündel von ca. 20 mm Länge gegeben ist.

(3) Wenn die primäre Kriechwelle aus geometrischen Gründen, z. B. bei Anschweißnähten, in das Volumen eintaucht, breitet sie sich als normale Longitudinalwelle ohne Abstrahlung aus. Dadurch ergeben sich größere nutzbare Schallwege von 30 mm bis ca. 50 mm.

D 7.2 Vergleichskörper

(1) Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit von Kriechwellenprüfköpfen sind

- zur Prüfung von Anschweißnähten oder Auftragschweißungen Vergleichskörper gemäß **Bild D-10** zu verwenden, in dem in gleichmäßigen Abständen von ca. 5 mm bis 10 mm bis zum maximal nutzbaren Schallweg verteilt Flachbodenbohrungen mit einem Durchmesser von 3 mm vorhanden sein müssen,
- zur Prüfung von oberflächennahen Bereichen Vergleichskörper gemäß **Bild D-11** zu verwenden, in dem eine 1 mm tiefe und 20 mm lange Nut vorhanden sein muss.

(2) Bei der Prüfung mit angepassten Prüfköpfen haben die Krümmungen der Kontaktflächen von Vergleichskörper und Prüfgegenstand übereinzustimmen.

D 7.3 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

(1) Für die Prüfung von Anschweißnähten oder Auftragschweißungen ist eine Bezugslinie nach den zutreffenden Vorgaben des Abschnittes D 7.3 durch Anschallen der entsprechenden Flachbodenbohrungen im Vergleichskörper nach Abschnitt D 7.2 (1) a) zu erzeugen.

(2) Für die Prüfung von oberflächennahen Bereichen ist die Bezugshöhe gleich der Amplitude des Bezugsreflektors nach Abschnitt D 7.2 (1) b).

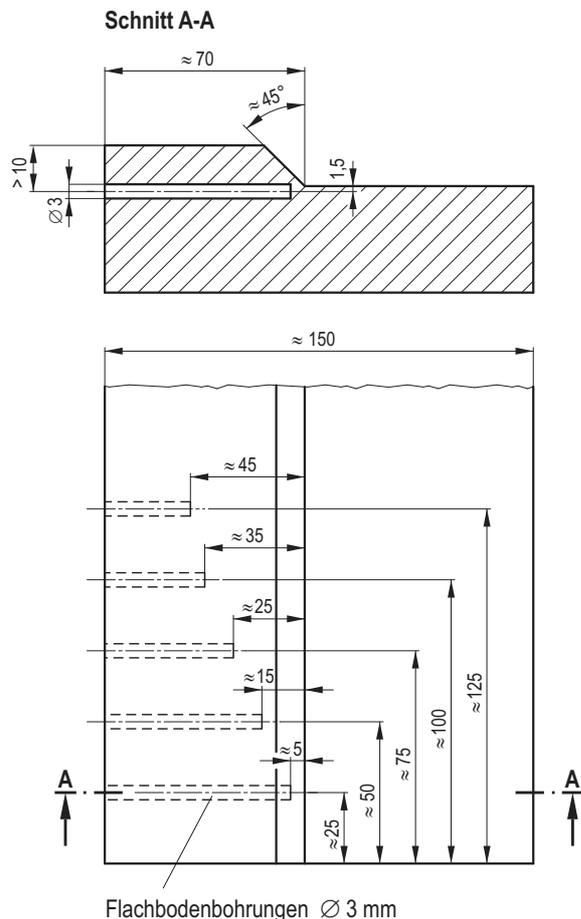


Bild D-10: Vergleichskörper für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der Kriechwellentechnik (primäre Kriechwelle)

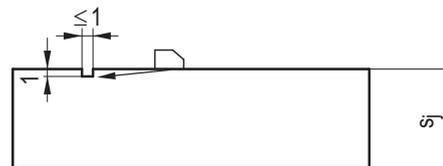


Bild D-11: Vergleichskörper für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der Kriechwellentechnik (primäre Kriechwelle) zur Prüfung von oberflächennahen Bereichen

D 7.4 Anpassen der Prüfköpfe

- (1) Bei der Prüfung auf konvex gekrümmter Kontaktfläche des Prüfgegenstandes hat die Auswahl des Prüfkopfes nach **Bild D-12** zu erfolgen.
- (2) Bei der Prüfung auf konkav gekrümmter Kontaktfläche des Prüfgegenstandes sind spezielle Prüfköpfe mit jeweils angepassten Kontaktflächen zu verwenden.

D 8 Wellenumwandlungstechnik I (sekundäre Kriechwelle)

D 8.1 Beschreibung des Verfahrens

(1) Das Prinzip der Reflexion mit Wellenumwandlung bei Einschallung mit einem Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf ist in **Bild D-13** dargestellt. Bei Stählen erfolgt beim Auftreffen von Transversalwellen auf eine Gegenfläche unter einem Winkel kleiner als 33 Grad neben der Reflexion der Transversalwelle eine Wellenumwandlung. Bei einem Auftreffwinkel von ca. 31 Grad wird eine Longitudinalwelle mit Anteilen annähernd parallel zur Oberfläche (sekundäre Kriechwelle) erzeugt. Der Auftreffwinkel von ca. 31 Grad wird bei Prüfgegenständen mit parallelen Oberflächen durch die begleitende Transversalwelle eines Longitudinalwellen-Winkelprüfkopfes mit einem Einschallwinkel von 70 Grad erreicht (**Bild D-14**).

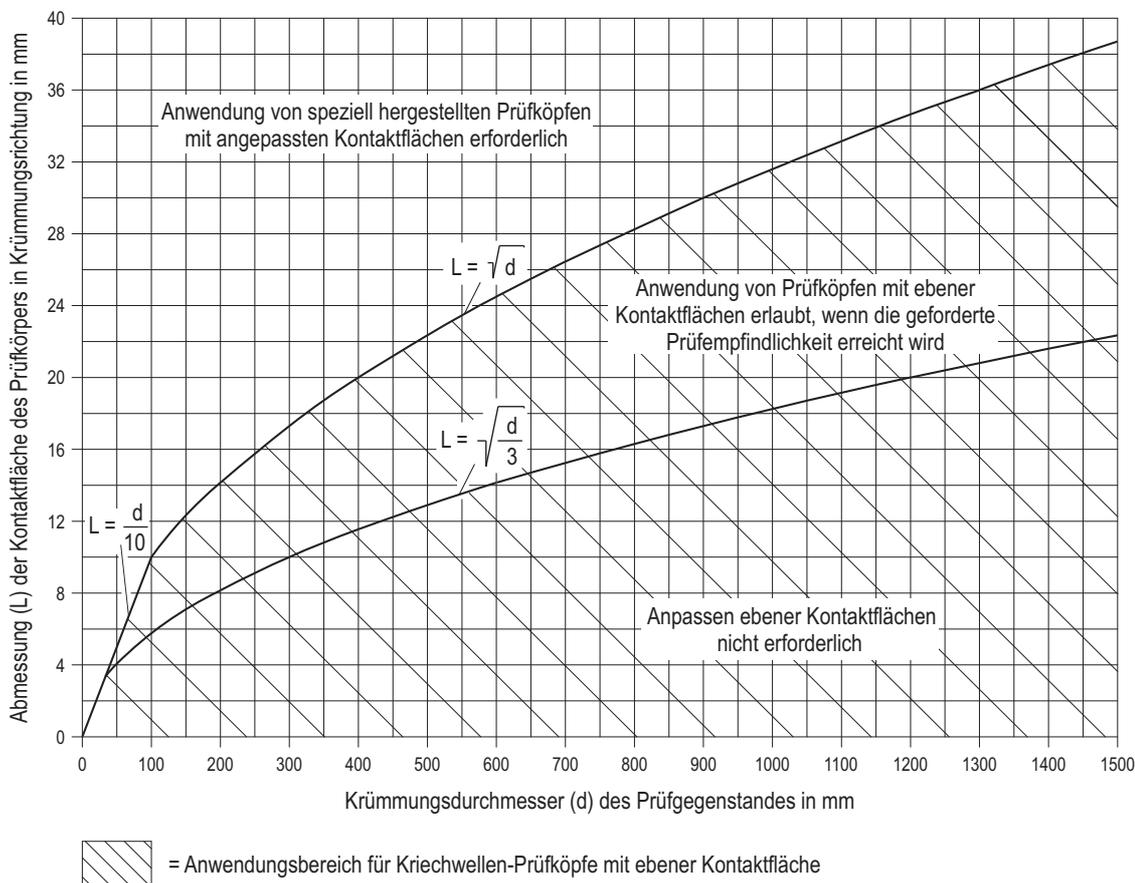


Bild D-12: Anwendungsbereiche für Kriechwellen-Prüfköpfe mit und ohne Anpassung der Kontaktfläche bei der Prüfung auf konvex gekrümmten Kontaktflächen des Prüfgegenstandes

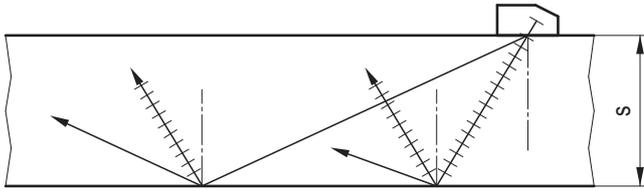


Bild D-13: Reflexion mit Wellenumwandlung beim Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf

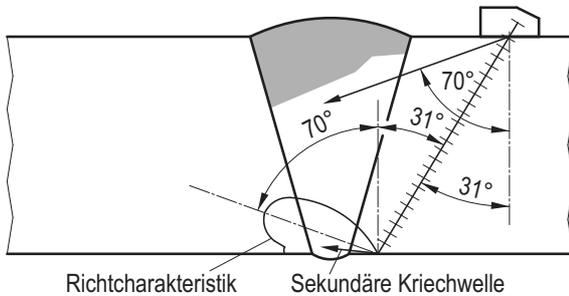


Bild D-14: Prüfung des innenoberflächennahen Bereiches von Schweißnähten mit sekundären Kriechwellen

(2) Die sekundäre Kriechwelle wird infolge ihrer oberflächennahen geradlinigen Ausbreitung z. B. dazu benutzt, den Wurzelbereich einer Schweißnaht zu erfassen, ohne vom Wurzeldurchgang wesentlich beeinflusst zu werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass

- die Intensität der sekundären Kriechwelle - bedingt durch die permanente Abstrahlung von Transversalwellen - mit dem Schallweg rasch abfällt,
- Unregelmäßigkeiten (z. B. Kanten, Kerben) im Wurzelbereich die sekundäre Kriechwelle beeinträchtigen können.

(3) Bei der Einschallung mit dem Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf an Prüfgegenständen mit parallelen Oberflächen werden Nebenechos erzeugt, mit NE1 und NE2 bezeichnet werden (**Bild D-15**). Zum Nachweis von Reflektoren wird das NE2 benutzt. Das NE1 kann zur Tiefenabschätzung herangezogen werden.

(4) Im Fall von dünneren Prüfgegenständen (Wanddicke in Abhängigkeit vom Werkstoff bis ca. 20 mm) wird bei der Einschallung mit dem Longitudinalwellenprüfkopf (Typ 70 Grad SEL) eine auswertbare Echofolge erzeugt, die sowohl den Longitudinalwellenanteil (Hauptecho-HE) als auch den umgewandelten Transversalwellenanteil (Nebenechofolge-NE) enthält (**Bild D-16**).

Hinweis:

Hervorgerufen durch die beim Eintritt des Schalls in den Prüfgegenstand gleichzeitig entstehende Transversalwelle können formbedingte Anzeigen auftreten, da die sehr steil einfallende Transversalwelle besonders empfindlich auf Unregelmäßigkeiten der prüfkopffernen Oberfläche (z. B. Körnerschläge, Kennzeichnungen) und auf Formabweichungen reagiert. Deshalb sind besonders wichtig:

- die Beachtung der Prüfkopfposition in Bezug auf die Schweißnahtmitte,
- die Kenntnis der Schallgeschwindigkeiten und des damit verbundenen Einschallwinkels der Transversalwelle,
- die Kenntnis über die unterschiedlichen Echodynamiken.

Bei exakter Zuordnung der Anzeige zur Schweißnaht und bei Berücksichtigung der Tatsache, dass ein Reflektor - im Gegensatz zur begleitenden Transversalwelle - bei direkter Anschallung mit Longitudinalwellen von 70 Grad eine große Dynamik bewirkt ist die Unterscheidung von solchen Störanzeigen und eigentlichen Fehlern möglich.

Eine sinnvolle Prüfung mit sekundären Kriechwellen nach (2) und (3) beginnt ab Wanddicken größer als 15 mm. Bei Wanddicken größer als 8 mm und gleich oder kleiner als 20 mm erfolgt

die Prüfung mit Longitudinalwellenprüfköpfen (Typ 70 Grad SEL). Das Vorhandensein des HE und der NE weist darauf hin, dass die Schallwellen an tieferen Materialtrennungen reflektiert werden. Anzeigen von Wurzelkerben geringerer Tiefe werden von tiefen Fehlern durch das Ausbleiben der NE unterschieden (**Bild D-16**).

D 8.2 Prüfkopf

(1) Es werden Einschlinger-Longitudinalwellen- oder SE-Longitudinalwellen-Winkelprüfköpfe mit Einschallwinkeln von 70 Grad eingesetzt, sofern die Prüfung an Gegenständen mit parallelen Oberflächen erfolgt.

(2) Bei der Prüfung an Gegenständen mit nicht parallelen Oberflächen sind Prüfköpfe mit Einschallwinkeln zu verwenden, bei denen der Auftreffwinkel der Transversalwelle auf die Gegenfläche ca. 31 Grad beträgt.

Hinweis:

Für die Auswahl des Prüfkopfes sind die zu prüfende Wanddicke, die Nennfrequenz und Schwingerabmessung sowie die sich von unterschiedlich tiefen Nuten ergebenden Echohöhen des Echos NE2 maßgebend.

D 8.3 Entfernungsjustierung

(1) Die Voreinstellung des Justierbereiches hat gemäß Abschnitt D 6.1 (3) zu erfolgen.

(2) Anschließend hat die Nullpunkt Korrektur für den Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf zu erfolgen. Dabei darf, sofern dies nicht am R100 des Kalibrierkörper Nr. 1 durchgeführt wird, wie folgt vorgegangen werden:

Unter Einbeziehung des Transversalwellenanteils des Longitudinalwellen-Winkelprüfkopfes ist am Vergleichskörper oder am Prüfgegenstand eine Nut mit rechteckigem Querschnitt anzuschallen (**Bild D-15**). Das Echo NE2 ist durch Verschieben des Prüfkopfes zu optimieren. An der Kontaktfläche ist dabei der Projektionsabstand (p') vom Schalleintrittspunkt bis zur angeschallten Nut zu ermitteln. Mit Hilfe der Gleichung

$$s_{NE2} = 1,5 \cdot s + p'$$

ist der Wert für die Schallwegeinstellung des Winkelprüfkopfes näherungsweise bestimmt.

Hinweis:

Zur Kontrolle der Entfernungsjustierung kann das Echo NE1 herangezogen werden. Die Schallwegposition des Echos NE1 ergibt sich näherungsweise aus der Formel $s_{NE1} = 2 \cdot s$ beim Maximum des Echos NE2.

D 8.4 Einstellung der Prüfeempfindlichkeit

(1) Die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit ist an einem Vergleichskörper vorzunehmen.

(2) Zur Erzeugung einer Bezugshöhe sind Nuten gemäß Abschnitt D 4.2 (2) bd) zu verwenden.

(3) Durch Verschieben des Prüfkopfes auf dem Vergleichskörper ist das an der Nut reflektierte Echo NE2 zu optimieren und dadurch die Bezugshöhe zu ermitteln.

(4) Im Falle der Prüfung gemäß Abschnitt D 8.1 (4) hat die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit an entsprechenden Nuten mit rechteckigem Querschnitt mit Longitudinalwellen zu erfolgen. Registrierschwelle ist die Bezugsechohöhe der direkten Longitudinalwelle minus 6 dB. Die Anzeige der Kante am Vergleichskörper muss die Registrierschwelle um mindestens 10 dB überschreiten. Anderenfalls ist die Registrierschwelle entsprechend zu vermindern.

D 8.5 Korrekturen bei der Einstellung der Prüfeempfindlichkeit

D 8.5.1 Transferkorrektur

Der Unterschied der akustischen Eigenschaften zwischen dem artgleichen Vergleichskörper und dem Prüfgegenstand

ist zu ermitteln und bei der Prüfung zu berücksichtigen. Dies darf durch eine pauschale Transfermessung erfolgen.

D 8.5.2 Schweißgutbedingte Schallschwächungskorrektur

Empfindlichkeitsunterschiede, hervorgerufen durch das Schweißgut, sind in geeigneter Weise zu ermitteln und zu berücksichtigen.

D 8.6 Prüfdurchführung

(1) Entfernungsjustierung nach den Vorgaben gemäß Abschnitt D 8.3

- a) Vorjustierung mit Senkrechprüfkopf,
- b) Nullpunktkorrektur mit Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf am R100 des Kalibrierkörpers Nr. 1,

c) Bestimmung des Schallaustrittspunktes, sofern am Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf erforderlich.

(2) Einstellung der Prüfeempfindlichkeit nach den Vorgaben gemäß Abschnitt D 8.4

a) Positionierung des Schallaustrittspunktes des Longitudinalwellen-Winkelprüfkopfes über der Nut des entsprechenden Vergleichskörpers,

b) Ermittlung des Abstandes p' bei optimiertem NE2 auf Bezugshöhe (siehe **Bild D-15**),

c) Berücksichtigung entsprechender Empfindlichkeitszuschläge.

(3) Prüfkopfverschiebung

Der Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf ist bei der Schweißnahtprüfung senkrecht zur Naht zu bewegen, dass der definierte Prüfbereich an der Gegenfläche vollständig erfasst wird.

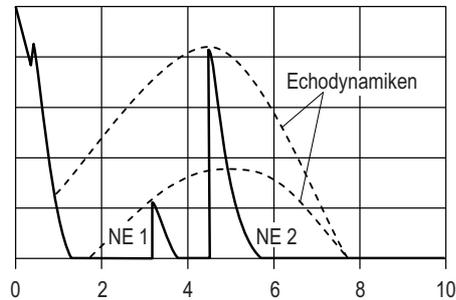
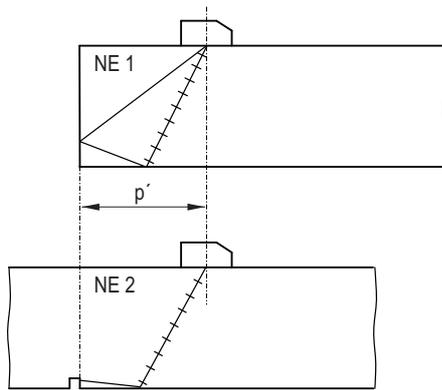
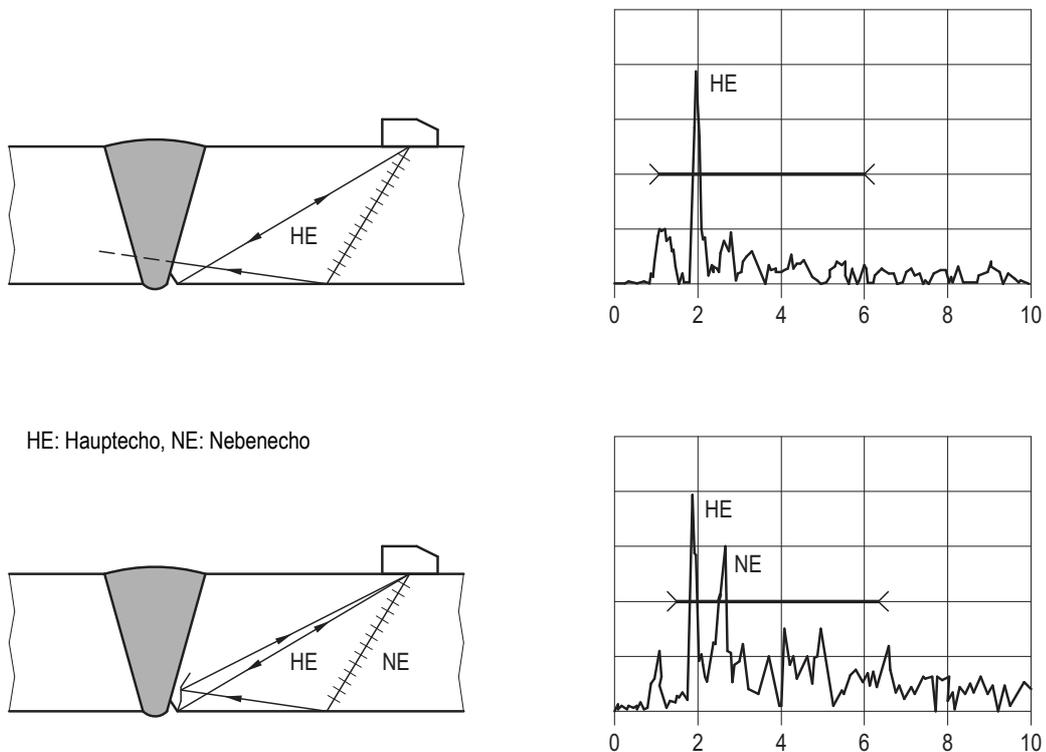


Bild D-15: Schallfeldgeometrien bei der Umwandlung von Transversalwellen



HE: Hauptecho, NE: Nebenecho

Bild D-16: Prüfung von Komponenten mit Nennwanddicken größer als 8 mm und gleich oder kleiner als 20 mm mittels Longitudinalwellen (Prüfkopf 70 Grad SEL)

D 9 Wellenumwandlungstechnik II (LLT-Technik)

D 9.1 Allgemeines

(1) Die LLT-Technik wird zum Auffinden von senkrecht oder annähernd senkrecht zur Oberfläche ausgerichteten Reflektoren bei der Volumenprüfung von Prüfgegenständen mit parallelen oder konzentrisch gekrümmten Oberflächen bis zu 80 mm Nennwanddicke eingesetzt.

(2) Das Prinzip der LLT-Technik ist in **Bild D-17** dargestellt. Der Sendeschwinger erzeugt eine Longitudinalwelle mit einem Winkel α_{LW} , der zwischen 7 Grad und 45 Grad beträgt. Diese Welle wird an der Rückwand des Prüfgegenstandes reflektiert und trifft auf den senkrecht ausgerichteten Reflektor. Hier erfolgt eine Wellenumwandlung des größten Teils der Energie in eine Transversalwelle, die mit einem Winkel α_{TW} zum Prüfkopf zurückläuft und vom Empfangsschwinger empfangen wird.

(3) Der Vorteil der LLT-Technik ist die kompakte Bauform von LLT-Prüfköpfen mit der Anordnung von Sende- und Empfangsschwinger in einem Gehäuse.

D 9.2 Prüfköpfe, Prüfzonen, Vergleichskörper, LLT-Empfindlichkeitsdiagramme

D 9.2.1 Anwendung von Prüfköpfen

(1) LLT-Prüfköpfe sind durch die Anordnung von Sende- und Empfangsschwingern für die Prüfung einer bestimmten Tiefenzone (Prüfzone) bei der jeweiligen Wanddicke und Krümmung des Prüfgegenstandes ausgelegt. Der Anwendungsbereich ist an Hand prüfkopfspezifischer Datenblätter zu bestimmen.

(2) LLT-Prüfköpfe, die für die Prüfung an ebenen Prüfgegenständen ausgelegt wurden, dürfen bei der Prüfung an in Prüfrichtung konzentrisch gekrümmten Oberflächen beim Vorliegen von großen Krümmungsradien (R größer als 1000 mm) eingesetzt werden.

D 9.2.2 Prüfköpfe und Prüfzonen

D 9.2.2.1 Lage und Höhe der Prüfzonen

(1) LLT-Prüfköpfe sind nur in einer begrenzten Prüfzone (Tiefenzone) empfindlich. Die Lage der Prüfzone wird durch den Einschallwinkel α_{LW} , den Auftreffwinkel α_{TW} und durch die Anordnung der Schwinger bestimmt.

(2) Die Höhe der Prüfzone wird durch den Tiefenbereich (Z_{Ha} , Z_{Hb} , **Bild D-17**) bestimmt, in dem die Empfindlichkeit auf den halben Wert (-6 dB) gegenüber dem Maximum in der Prüfzonenmitte (Y_{Sa} , Y_{Sb} , **Bild D-17**) abgenommen hat. Die Prüfzonenhöhe hängt von der Wanddicke, der Nennfrequenz und den Abmessungen des Sende- und des Empfangsschwingers ab.

D 9.2.2.2 Prüfzonenaufteilung

(1) Die Prüfzonen müssen das zu prüfende Volumen abdecken, die Prüfzonen müssen sich überlappen.

Hinweis:

Das zu prüfende Volumen umfasst im Allgemeinen den „nicht oberflächennahen Bereich“ ab 10 mm Tiefe von der prüfkopfernen und von der prüfkopfnahen Oberfläche.

(2) Die Prüfzonenaufteilung darf auf Basis prüfkopfspezifischer Datenblätter abgeschätzt werden. Liegen keine prüfkopfspezifischen Datenblätter vor, sind Lage und Abmessung der Prüfzonen durch Messung mit den ausgewählten Prüfköpfen an Vergleichskörpern mit Flachbodenbohrungen zu bestimmen.

D 9.2.3 Vergleichskörper

(1) Der Vergleichskörper für die Bestimmung von Prüfzonenabmessung und -lage muss hinsichtlich der Geometrie und der akustischen Eigenschaften dem Prüfgegenstand entsprechen. Die Bezugsreflektoren sind Flachbodenbohrungen in der gleichen Größe wie die zu registrierenden Kreisscheibenreflektoren. Die Bezugsreflektoren sind stirnseitig in der auf Grund des vorgesehenen Prüfkopfes vorgegebenen Prüfzonenmitte (Tiefenlage, Abstand Y_{Sa} , Y_{Sb} , **Bild D-17**) einzubringen. Zur Bestätigung der Prüfzonenaufteilung sind in den Überlappungsbereichen der Zonenränder zusätzliche Bezugsreflektoren einzubringen.

(2) Der Abstand der Bezugsreflektoren von den Stirnflächen hat mindestens 20 mm zu betragen.

D 9.2.4 Erstellung von LLT-Empfindlichkeitsdiagrammen

(1) Mit Hilfe eines Empfindlichkeitsdiagramms lässt sich die Justierung der Prüfempfindlichkeit vereinfachen.

(2) Die Diagramme sind durch Messungen an Flachbodenbohrungen des Vergleichskörpers nach Abschnitt D 9.2.3 für die jeweilige Prüfzone zu erstellen. Die an den Flachbodenbohrungen gemessenen Echohöhen werden über der Tiefenlage (Y_{FBB} , **Bild D-18**) aufgetragen. In das Diagramm ist auch die Bezugshöhe der Stirnfläche (Maximum des Stirnflächenechos) einzutragen. Der Abstand zwischen der Bezugshöhe der Stirnfläche und dem Maximum der Empfindlichkeitskurve aus den Echohöhen der Flachbodenbohrungen definiert den Wert ΔV_{LLT} .

(3) Zur Erzeugung eines Tiefenmaßstabes ist die Reflektortiefenlage über dem Schalllaufweg in einem weiteren Diagramm aufzutragen (siehe **Bild D-19**). Hierzu sind mindestens drei stirnseitig in den Vergleichskörper eingebrachte Flachbodenbohrungen erforderlich.

D 9.3 Entfernungsjustierung

(1) Der jeweilige LLT-Prüfkopf ist so zu betreiben, dass zunächst nur der Empfangsschwinger im Impulsechobetrieb für Transversalwellen arbeitet. Die Entfernungsjustierung ist am 100 mm-Kreisbogen des Kalibrierkörpers Nr. 1 vorzunehmen. Die Justierung ist so durchzuführen, dass der Schalllaufweg bis zur Prüfzonenmitte in der Mitte des Justierbereichs (S_{Just}) liegt. Dieser ist gemäß den Gleichungen D-14 bis D-17 zu berechnen und einzustellen.

Anschließend ist der Sendeschwinger ebenfalls anzuschließen und das Ultraschallgerät in den SE-Betrieb umzustellen.

(2) Zur Abschätzung der Tiefenlage von Reflektoren ist ein Tiefenmaßstab, der entsprechend Abschnitt D 9.2.4 ermittelt wurde, zu benutzen.

D 9.4 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

D 9.4.1 Allgemeines

(1) Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit hat unter Anwendung folgender Bezugsreflektoren erfolgen:

a) Endflächen (Stirnflächen) oder Flachbodenbohrungen senkrecht zur Kontaktfläche des Prüfgegenstandes oder Vergleichskörpers

oder

b) Flachbodenbohrungen, die je nach Prüfaufgabe zur Kontaktfläche des Prüfgegenstandes geneigt sind.

Die Flachbodenbohrungen sind in der gleichen Größe wie die zu registrierenden Kreisscheibenreflektoren auszuführen.

(2) Bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit sind der Zonenrandzuschlag und die Transferkorrektur zu berücksichtigen.

D 9.4.2 Einstellung an Endflächen senkrecht zur Kontaktfläche des Prüfgegenstandes (Stirnflächen)

(1) Für diese Art der Einstellung müssen prüfkopfspezifische LLT-Empfindlichkeitsdiagramme gemäß Abschnitt D 9.2.4 vorliegen.

(2) Bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit ist für die Prüfzonenmitte (Y_S) der Wert ΔV_{LLT} aus dem prüfkopfspezifischen LLT-Empfindlichkeitsdiagramm (siehe **Bild D-18**) zu entnehmen und um 6 dB für den Zonenrand zu erhöhen. Die Einstellung ist mit Hilfe von Flachbodenbohrungen zu überprüfen.

D 9.4.3 Einstellung an Flachbodenbohrungen

Stehen keine Empfindlichkeitsdiagramme zur Verfügung oder sollen Reflektoren geneigt zur Kontaktfläche des Prüfgegenstandes aufgefunden werden, hat die Einstellung der Prüfempfindlichkeit an Flachbodenbohrungen in einem Vergleichskörper zu erfolgen. Für jede Prüfzone müssen mindestens drei Flachbodenbohrungen vorhanden sein.

D 9.5 Transferkorrektur

(1) Bei ferritischen Stählen darf die Transferkorrektur pauschal mit 2 dB angenommen werden.

(2) Bei austenitischen Stählen und Nickellegierungen ist der Unterschied der akustischen Eigenschaften zwischen dem artgleichen Vergleichskörper und dem Prüfgegenstand zu ermitteln und zu berücksichtigen. Dies darf auch durch eine pauschale Transfermessung erfolgen.

D 9.6 Prüfdurchführung

(1) Die Prüfung mit der LLT-Technik ist für jede Prüfzone getrennt durchzuführen.

(2) Der Prüfkopf ist am Prüfgegenstand für jede Prüfzone im Abstand a'_{LLT} (siehe **Bild D-18**) zur Schweißnahtmitte anzukoppeln. Die Abstände a'_{LLT} sind am Vergleichskörper zu ermitteln.

(3) Die Prüfköpfe sind für jede Prüfzone senkrecht zur Schweißfortschrittsrichtung soweit zu bewegen, dass das Prüfvolumen vollständig erfasst wird.

(4) Die Ankopplung des LLT-Prüfkopfes ist durch Beobachtung der Rauschanzeigen zu überwachen.

D 10 Prüfdurchführung

D 10.1 Überlappung

Zur Sicherstellung einer vollständigen Prüfung muss der Abstand zwischen zwei benachbarten Prüfspuren im Prüfvolumen kleiner sein als die Schallbündelbreite D_{B-6dB} quer zur Prüfrichtung.

D 10.2 Abtastgeschwindigkeit

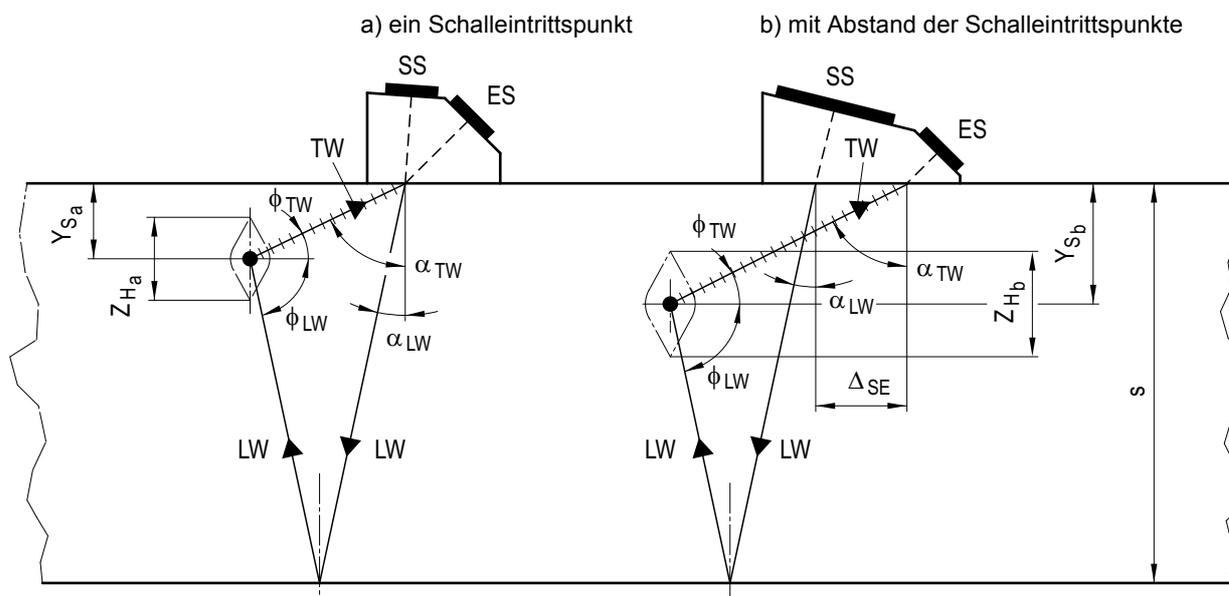
Bei der Wahl der Abtastgeschwindigkeit muss die Impulsfolgefrequenz, die Fähigkeit des Prüfers, Signale zu erkennen und die des Prüfgerätes, Signale aufzuzeichnen, berücksichtigt werden.

Bei der manuellen Prüfung sollte eine Abtastgeschwindigkeit von 150 mm/s nicht überschritten werden.

D 10.3 Einstellung und Kontrolle des Prüfsystems

(1) Vor Beginn der Prüfung sind nach Ablauf der vom Gerätehersteller angegebenen Einlaufzeiten die Einstellung der Prüfempfindlichkeit und die Entfernungsjustierung vorzunehmen. Dazu sind geeignete Kalibrier- oder Vergleichskörper zu verwenden. Die Geräteeinstellung muss während der Prüfung beibehalten werden und ist regelmäßig sowie am Ende der Prüfung zu kontrollieren.

(2) Ergeben sich zu den vorhergehenden Kontrollen Abweichungen, sind alle nach der letzten Kontrolle ohne Abweichung durchgeführten Prüfungen mit entsprechend korrigierten Einstellungen zu wiederholen.



$$\alpha_{TW} = \arccos \left(\frac{c_{TW}}{c_{LW}} \cdot \cos \alpha_{LW} \right)$$

$$Y_{Sa}, Y_{Sb} = \frac{2s \cdot \tan \alpha_{LW} + \Delta_{SE}}{\tan \alpha_{TW} + \tan \alpha_{LW}}$$

Z_{Ha}, Z_{Hb} : Tiefenzone

Bild D-17: Prinzip der LLT-Technik

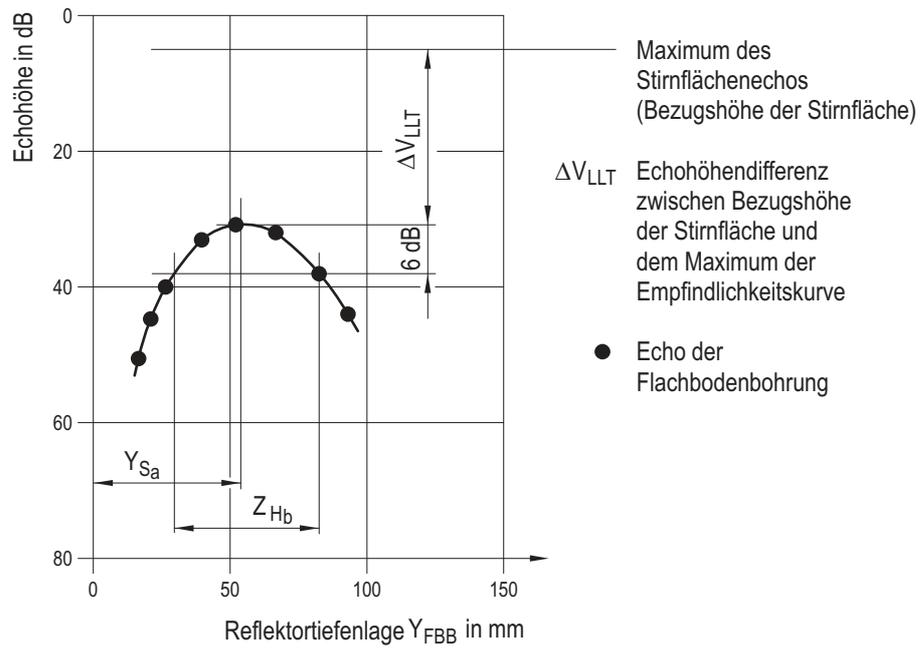
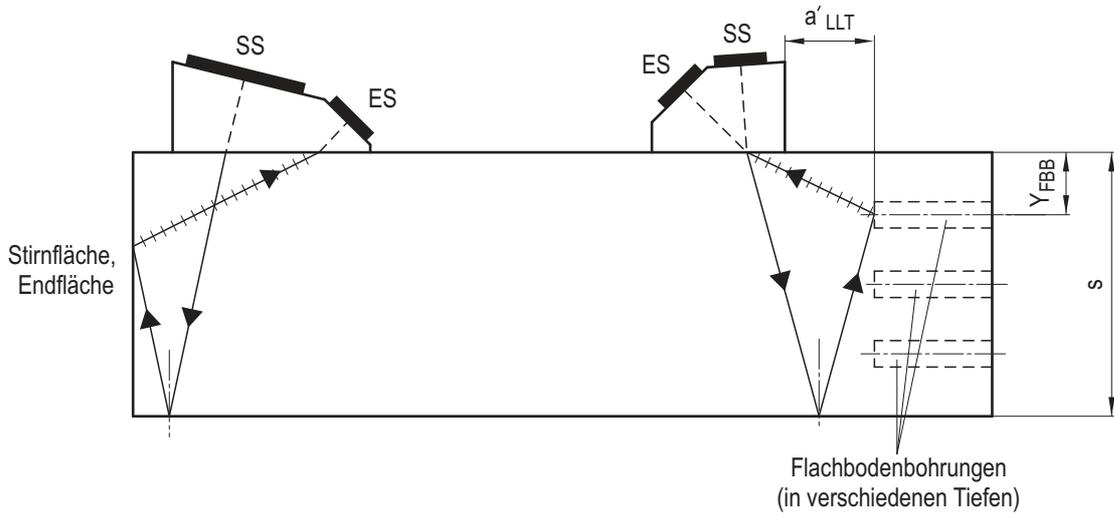


Bild D-18: Beispiel für ein LLT-Empfindlichkeitsdiagramm

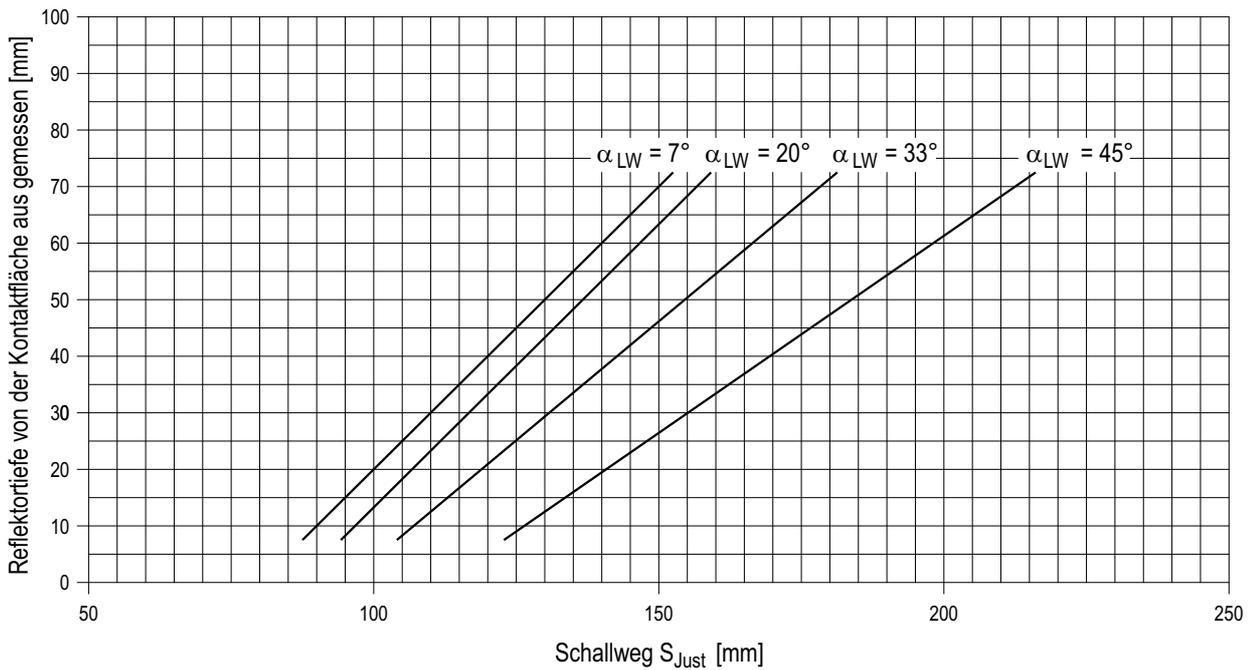


Bild D-19: Beispiel für LLT-Reflektortiefenmaßstäbe

D 11 Beschreibung der Anzeigen

D 11.1 Echohöhe

Die maximale Echohöhe einer Anzeige ist bezogen auf die jeweils gültige Registrierschwelle in dB anzugeben.

Hinweis:

Die Reproduzierbarkeit der Echohöhenbestimmung beträgt im Allgemeinen ± 3 dB.

D 11.2 Anzeigenausdehnung

D 11.2.1 Allgemeine Forderungen

Anzeigenlängen gleich oder größer als 10 mm sind auszumessen. Kürzere Anzeigenlängen sind als „< 10“ zu protokollieren.

D 11.2.2 Bestimmung der Registrierlänge bei festgelegter Registrierschwelle

Die Ausdehnung eines Reflektors (siehe **Bild D-20**) ist durch die Verschiebestrecke des Prüfkopfes gegeben. Diese Verschiebestrecke wird dadurch begrenzt, dass das Echo die Registrierschwelle entweder um 0 dB oder um 6 dB oder um 12 dB unterschreitet. Wird hierbei der Rauschpegel erreicht, so ist die Registrierlänge bis zum Absinken des Echos auf den Rauschpegel anzugeben. Der Abstand der Registrierschwelle zum Rauschpegel ist dabei zu protokollieren.

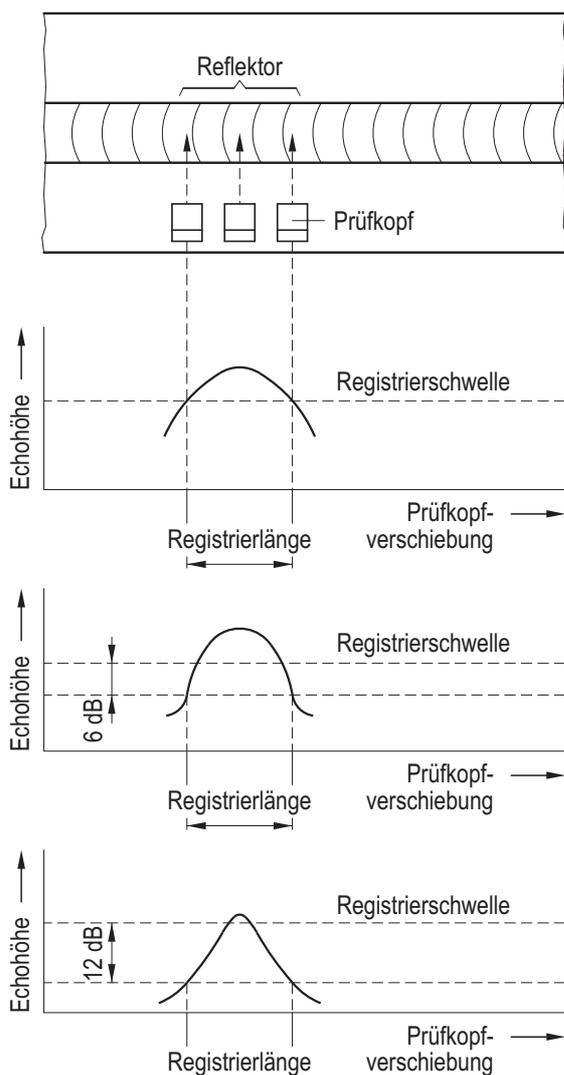


Bild D-20: Bestimmung der Registrierlänge

D 11.2.3 Bestimmung der Halbwertslänge

Bei der Ausmessung der Halbwertslänge von Anzeigen sind die zugehörigen Prüfkopfverschiebungen bei Echohöhenabfällen von 6 dB zur Maximalerchöhe zu bestimmen. Dabei sind bei SE-Prüfköpfen die akustische Trennebene und bei linienfokussierenden Prüfköpfen der Linienfokus senkrecht zur Ausdehnungsrichtung der Anzeige auszurichten.

D 11.2.4 Methoden zur genaueren Bestimmung der Anzeigenlänge

Die Bestimmung der Anzeigenlänge darf durch eine der in den Abschnitten D 11.2.4.1 bis D 11.2.4.4 beschriebenen Korrekturen oder durch Untersuchungen gemäß Abschnitt D 11.2.5 optimiert werden.

D 11.2.4.1 Korrektur bei gekrümmten Oberflächen

Bei gekrümmten Oberflächen ist in der ermittelten Tiefenlage die Länge mathematisch oder grafisch zu korrigieren.

D 11.2.4.2 Auswahl des Prüfkopfes

Einschallpositionen und Einschallwinkel sind so zu wählen, dass der vorliegende Schallweg zum Reflektor eine möglichst geringe Abweichung zu $1,0 \cdot N$ aufweist, jedoch größer als $0,7 \cdot N$ ist. Dabei darf eine höhere Nennfrequenz als bei der Prüfung verwendet werden.

D 11.2.4.3 Berücksichtigung der Schallbündelbreite

(1) Die Schallbündelbreite D_{S-6dB} ist am Ort des Reflektors zu ermitteln. Ist die gemessene Anzeigenlänge größer als diese Schallbündelbreite, gilt als Anzeigenlänge die korrigierte Registrierlänge nach Gleichung D-6.

(2) Diese Schallbündelbreite ist entweder rechnerisch oder experimentell zu ermitteln.

(3) Rechnerisch ist sie nach der Gleichung D-4 zu ermitteln, wenn Prüfköpfe verwendet werden, deren Kontaktfläche nicht angepasst ist. Bei der Schrägeinschallung ist für γ_6 der horizontale Öffnungswinkel einzusetzen. Der Öffnungswinkel ist aus den jeweils zugehörigen Datenblättern der verwendeten Prüfköpfe zu entnehmen.

(4) Muss die Schallbündelbreite experimentell ermittelt werden, so sind Messungen an einem Vergleichskörper gemäß Abschnitt D 3.3 durchzuführen. In diesen Vergleichskörper ist in gleicher Tiefenlage wie der auszumessende Reflektor ein Bezugsreflektor einzubringen. Als Bezugsreflektor darf der Boden einer Bohrung von 3 mm Durchmesser verwendet werden. Bei gleichem Schallweg wie der des auszumessenden Reflektors ist die Halbwertslänge am Bezugsreflektor zu ermitteln. Das so ermittelte Maß entspricht der Schallbündelbreite am Ort des Reflektors.

D 11.2.4.4 Einsatz von SE-Prüfköpfen und fokussierenden Prüfköpfen

(1) Mit SE-Prüfköpfen oder fokussierenden Prüfköpfen mit geeignetem Schallfeld ist die Anzeigenlänge im Fokusbereich mittels der Halbwertsmethode zu bestimmen.

(2) Dabei dürfen zur Erhöhung der Messgenauigkeit und zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit bei fokussierenden Prüfköpfen in einem Prüfraster mehrere Echodynamiken vom Reflektor aufgenommen werden. Der Rasterabstand ist dabei kleiner als der Durchmesser des Fokusschlauches des Prüfkopfes zu wählen.

D 11.2.5 Einsatz von zusätzlichen Ultraschallprüftechniken zur Bestimmung der Anzeigenausdehnung

Sollen zur genaueren Bestimmung der Anzeigenausdehnung (Länge oder Tiefe) zusätzliche Ultraschallprüftechniken angewendet werden, sind die verfahrenstechnischen Anforderungen in einer Prüfanweisung festzulegen.

Hinweis:

Beispiele für Ultraschallprüftechniken zur genaueren Ermittlung der Anzeigenausdehnung sind:

- Synthetische Apertur Fokussierungstechnik (SAFT),
- Beugungslaufzeitverfahren (TOFD),
- Rissspitzensignalverfahren,
- Echotomographie.

D 11.3 Formbedingte Anzeigen

(1) Sollen Anzeigen aus dem Wurzelbereich einer Schweißnaht als formbedingt eingestuft werden, sind Kontrollmessungen zum Nachweis der Anzeigenursache durchzuführen.

(2) Wenn nachgewiesen werden soll, dass die an beiden Nahtseiten aufgenommenen Anzeigen von den beiden Flanken des Wurzeldurchgangs und nicht von Schweißnahtfehlern hervorgerufen werden, darf dies durch Ausmessung der Projektionsabstände am Prüfstück erfolgen (siehe **Bild D-21 a**). Die genauen Projektionsabstände sind an Nuten mit rechteckigem Querschnitt von je 1 mm Breite und Tiefe an einem Vergleichskörper zu bestimmen (siehe **Bild D-21 b**). Ergibt

sich hierbei, dass die Projektionsabstände der entsprechenden Anzeigen sich deutlich überlappen [($2a - a'$) gleich oder größer als 3 mm], gelten die Anzeigen als formbedingt. Wird ein kleinerer Abstand als 3 mm ermittelt, dürfen die Anzeigen nicht mehr als getrennt behandelt werden.

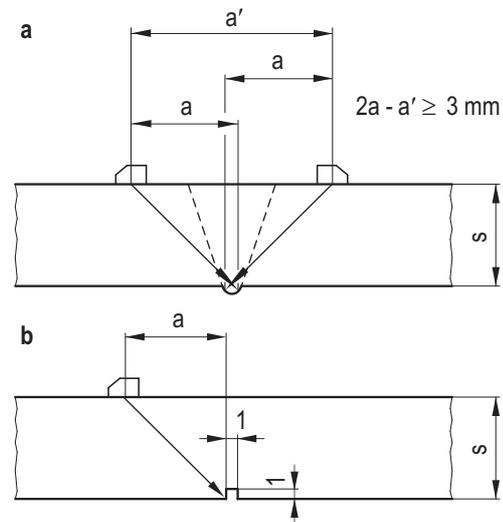


Bild D-21: Nachweis von formbedingten Anzeigen aus dem Wurzelbereich einseitig geschweißter Nähte

Anhang E

Durchführung von Oberflächenprüfungen mittels Magnetpulver- und Eindringprüfung

E 1 Allgemeines

E 1.1 Oberflächenzustand

- (1) Die zu prüfenden Oberflächen müssen einen dem Prüfzweck entsprechenden Zustand aufweisen.
- (2) Sie müssen frei von Zunder, Schweißspritzern oder sonstigen störenden Verunreinigungen sein.
- (3) Die Prüfaussage beeinträchtigende Riefen und Kerben sind zu beseitigen.

E 1.2 Betrachtungsbedingungen

- (1) Die Betrachtungsbedingungen nach DIN EN ISO 3059 sind einzuhalten. Darüber hinaus sind die Festlegungen gemäß (2) bis (5) zu beachten.
- (2) Die Augen des Prüfers müssen mindestens 5 Minuten Zeit haben, sich an die Lichtverhältnisse zu gewöhnen.
- (3) Zur besseren Fehlererkennbarkeit ist durch Verwendung geeigneter Mittel (z. B. fluoreszierender Prüfmittel oder Auftragen einer dünnen, den Untergrund gerade bedeckenden Farbschicht) bei der Magnetpulverprüfung für einen ausreichenden Kontrast zu sorgen. Zur Kontrastverbesserung darf bei der Eindringprüfung bei Verwendung von fluoreszierenden Farbeindringmitteln zusätzlich UV-A-Strahlung eingesetzt werden.
- (4) Bei der Inspektion soll der Betrachtungswinkel nicht mehr als 30 Grad von der Oberflächennormalen abweichen. Bei der Betrachtung soll der Abstand zur Prüffläche etwa 300 mm betragen.
- (5) Für die Inspektion sind Hilfsmittel (z. B. Vergrößerungsgläser, kontrastverbessernde Brillen, Spiegel) zulässig.

E 1.3 Nachreinigung

Nach Abschluss der Prüfung sind die Bauteile von Rückständen des Prüfmittels sachgemäß zu reinigen.

E 2 Magnetpulverprüfung

E 2.1 Verfahren und Durchführung

Die Magnetpulverprüfung ist nach DIN EN ISO 9934-1 mit den nachfolgenden Festlegungen durchzuführen.

E 2.1.1 Verfahren

- (1) Erfolgt die Magnetisierung in Teilbereichen mittels Stromdurchflutung oder mit Hilfe der Jochmagnetisierung, soll die Wechselstrommagnetisierung angewandt werden.
- (2) Der Einsatz der Gleichstrommagnetisierung hat nur mit Zustimmung des Sachverständigen zu erfolgen.
- (3) Die Restfeldstärke darf 800 A/m nicht übersteigen, sofern für die Verarbeitung kein niedrigerer Wert erforderlich ist. Bei Überschreitung des einzuhaltenden Wertes ist zu entmagnetisieren und der erreichte Wert der Restfeldstärke zu protokollieren.
- (4) Für die Magnetisierungsverfahren sind folgende Kennbuchstaben zu verwenden:

Magnetisierungsverfahren		Kennbuchstaben
Jochmagnetisierung	mit Dauermagnet	JD
	mit Elektromagnet	JE
Magnetisierung durch stromdurchflossene Leiter	mit Spule	LS
	mit sonstigen Leitern (Kabel)	LK
Magnetisierung mittels Stromdurchflutung	Selbstdurchflutung	SS
	Induktionsdurchflutung	SI

E 2.1.2 Kontaktstellen bei der Stromdurchflutung

- (1) Wird mittels Stromdurchflutung geprüft, sollen nach Möglichkeit abschmelzende Elektroden (z. B. Blei-Zinn-Legierungen) verwendet werden. Es ist sicherzustellen, dass in den Kontaktbereichen Überhitzungen des zu prüfenden Werkstoffs vermieden werden.
- (2) Sind dennoch Überhitzungsbereiche entstanden, so sind sie zu kennzeichnen, nach Abschluss der Prüfung zu überschleifen und einer Oberflächenprüfung, bevorzugt mit dem Magnetpulververfahren mittels Jochmagnetisierung, zu unterziehen.

E 2.1.3 Magnetisierungsrichtung

Jede Stelle der Oberfläche ist unter zwei verschiedenen Magnetisierungsrichtungen zu prüfen, die um etwa 90 Grad versetzt sein sollen.

E 2.1.4 Feldstärke

- (1) Die Tangentialfeldstärke an der Oberfläche soll im Fall einer Wechselstrommagnetisierung mindestens 2 kA/m betragen und darf 6,5 kA/m nicht überschreiten.

Hinweis:

- a) Die erforderliche magnetische Flussdichte in der Oberfläche des Prüfgegenstandes von mindestens 1 Tesla wird in niedrig legierten oder kohlenstoffarmen unlegierten Stählen mit hoher relativer Permeabilität bereits mit einer Tangentialfeldstärke von 2 kA/m erreicht.
- b) Bei anderen Stählen mit niedrigerer Permeabilität kann eine höhere Feldstärke erforderlich sein.
- c) Bei zu hoher Magnetisierung können durch gefügebedingte Anzeigen (Scheinanzeigen) relevante Anzeigen überdeckt werden.

- (2) Durch Messungen ist die Einhaltung dieser Werte zu kontrollieren oder es sind die Prüfbedingungen zu ermitteln, unter denen diese Werte erreicht werden.

E 2.1.5 Magnetisierungsdauer

Für die Aufbringung der Prüfflüssigkeit und das Magnetisieren gelten folgende Anhaltswerte:

- a) Magnetisieren und Bespülen: mindestens 3 Sekunden
- b) Nachmagnetisieren: mindestens 5 Sekunden

E 2.2 Prüfmittel

Es sind nach DIN EN ISO 9934-2 mustergeprüfte Prüfmittel zu verwenden. Der Nachweis ist dem Sachverständigen vorzulegen.

E 2.2.1 Nassverfahren

(1) Es sind Magnetpulver mit einem mittleren Korndurchmesser kleiner als oder gleich 8 µm zu verwenden. Je nach Anwendung darf schwarzes, fluoreszierendes oder eingefärbtes Pulver verwendet werden.

Hinweis:

Der geforderte mittlere Korndurchmesser stellt die Vergleichbarkeit mit wiederkehrenden Prüfungen sicher, siehe DIN 25435-2.

(2) Unmittelbar vor dem Besspülen der Oberfläche ist dafür Sorge zu tragen, dass das Magnetpulver gleichmäßig in der Trägerflüssigkeit verteilt und in der Schwebe gehalten wird. Durch geeignete vormagnetisierte Kontrollkörper ist vor und während der Prüfung die Pulver-Suspension stichprobenweise zu überprüfen.

E 2.2.2 Trockenverfahren

(1) Das Trockenverfahren darf nur bei einer Zwischenprüfung im warmen Zustand angewendet werden.

(2) Die Vorrichtung zur Aufbringung des Pulvers muss eine feine Zerstäubung ermöglichen, so dass keine Pulveranhäufungen entstehen. Es muss sichergestellt sein, dass die verwendeten Pulver unter dem Einfluss der Werkstücktemperatur nicht verkleben.

E 2.3 Prüfgeräte

Die Prüfgeräte müssen den Anforderungen von DIN EN ISO 9934-3 entsprechen.

E 3 Eindringprüfung**E 3.1 Prüfsystem**

(1) Vorzugsweise sind Farbeindringmittel zu verwenden. Es dürfen auch fluoreszierende Eindringmittel oder fluoreszierende Farbeindringmittel eingesetzt werden.

(2) Als Zwischenreiniger dürfen entweder Lösemittel oder Wasser oder beide in Kombination miteinander verwendet werden.

(3) Es dürfen nur Nassentwickler angewendet werden, die als Trägerflüssigkeit Lösemittel besitzen. Trockenentwickler sind nur in Verbindung mit elektrostatischer Aufbringung auf die Prüffläche zulässig.

(4) Für das Prüfsystem ist mindestens die Empfindlichkeitsklasse „hochempfindlich“ nach DIN EN ISO 3452-2 einzuhalten.

(5) Die Eignung des Prüfsystems (Eindringmittel, Zwischenreiniger und Entwickler) ist durch eine Musterprüfung nach DIN EN ISO 3452-2 nachzuweisen. Der Nachweis ist dem Sachverständigen vorzulegen.

(6) Eindringmittel in Prüfanlagen und teilgebrauchten offenen Behältern (ausgenommen Aerosolbehälter) sind durch den Anwender mit dem Kontrollkörper 2 nach DIN EN ISO 3452-3 zu überwachen. Hierbei dürfen Eindringdauer und Entwicklungsdauer maximal nur die für die Prüfung festgelegten Mindestzeiten betragen. Die erreichte Prüfeempfindlichkeit ist zu protokollieren.

E 3.2 Durchführung

(1) Die Eindringprüfung ist nach DIN EN ISO 3452-1 mit den nachfolgenden Festlegungen durchzuführen.

(2) Die Eindringdauer soll mindestens eine halbe Stunde betragen.

(3) Unmittelbar nach dem Antrocknen des Entwicklers soll die erste Inspektion stattfinden. Eine weitere Inspektion soll frühestens eine halbe Stunde nach der ersten Inspektion erfolgen.

(4) Weitere Inspektionszeitpunkte sind erforderlich, wenn bei der zweiten Inspektion Anzeigen vorhanden sind, die bei der ersten Inspektion noch nicht erkennbar waren.

Hinweis:

Zusätzliche Inspektionszeitpunkte können auch dann in Betracht kommen, wenn bei der zweiten Inspektion wesentliche Änderungen oder zusätzliche Anzeigen festgestellt werden.

(5) Die Beurteilung erfolgt unter Berücksichtigung der Ergebnisse aller Inspektionen.

Anhang F

Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

(Die Verweise beziehen sich nur auf die in diesem Anhang angegebene Fassung. Darin enthaltene Zitate von Bestimmungen beziehen sich jeweils auf die Fassung, die vorlag, als die verweisende Bestimmung aufgestellt oder ausgegeben wurde.)

AtG		Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 2 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I 2017, Nr. 52, S. 2808)
StrlSchV		Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), zuletzt geändert nach Maßgabe des Artikel 10 durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. Januar 2017 (BGBl. I S. 114, 1222)
SiAnf	(2015-03)	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)
Interpretationen	(2015-03)	Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3)
KTA 1401	(2017-11)	Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung
KTA 1404	(2013-11)	Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken
KTA 1408.1	(2017-11)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 1: Eignungsprüfung
KTA 1408.2	(2017-11)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 2: Herstellung
KTA 1408.3	(2017-11)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 3: Verarbeitung
KTA 2201.1	(2011-11)	Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen; Teil 1: Grundsätze
KTA 3201.1	(2017-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen
KTA 3201.3	(2017-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 3: Herstellung
KTA 3205.2	(2015-11)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 2: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Systemen außerhalb des Primärkreises
KTA 3205.3	(2006-11)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 3: Serienmäßige Standardhaltungen
KTA 3206	(2014-11)	Nachweise zum Bruchausschluss für druckführende Komponenten in Kernkraftwerken
KTA 3211.1	(2017-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 1: Werkstoffe
KTA 3211.2	(2013-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3211.4	(2017-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung
DIN EN ISO 148-1	(2017-05)	Metallische Werkstoffe - Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy - Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 148-1:2016
DIN EN 287-1	(2011-11)	Prüfung von Schweißern - Schmelzschweißen - Teil 1: Stähle; Deutsche Fassung EN 287-1:2004 + A2:2006
DIN EN ISO 636	(2016-05)	Schweißzusätze - Stäbe, Drähte und Schweißgut zum Wolfram-Inertgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen - Einteilung (ISO 636:2015); Deutsche Fassung EN ISO 636:2015
DIN EN 1011-1	(2009-07)	Schweißen - Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe - Teil 1: Allgemeine Anleitungen für das Lichtbogenschweißen; Deutsche Fassung EN 1011-1:2009
DIN 1910-11	(1979-02)	Schweißen; Werkstoffbedingte Begriffe für Metallschweißen
DIN 1910-100	(2008-02)	Schweißen und verwandte Prozesse - Begriffe - Teil 100: Metallschweißprozesse mit Ergänzungen zu DIN EN 14610:2005

DIN EN ISO 2400	(2013-01)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung - Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 1 (ISO 2400:2012); Deutsche Fassung EN ISO 2400:2012
DIN 2559-2	(2007-09)	Schweißnahtvorbereitung - Teil 2: Anpassen der Innendurchmesser für Rundnähte an nahtlosen Rohren
DIN EN ISO 2560	(2010-03)	Schweißzusätze - Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen - Einteilung (ISO 2560:2009); Deutsche Fassung EN ISO 2560:2009
DIN ISO 2768-1	(1991-06)	Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung; Identisch mit ISO 2768-1:1989
DIN ISO 2768-2	(1991-04)	Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung; Identisch mit ISO 2768-2:1989
DIN EN ISO 3059	(2013-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung und Magnetpulverprüfung - Betrachtungsbedingungen (ISO 3059:2012); Deutsche Fassung EN ISO 3059:2012
DIN EN ISO 3452-1	(2014-09)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung - Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 3452-1:2013, korrigierte Fassung 2014-05-01); Deutsche Fassung EN ISO 3452-1:2013
DIN EN ISO 3452-2	(2014-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung - Teil 2: Prüfung von Eindringmitteln (ISO 3452-2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 3452-2:2013
DIN EN ISO 3452-3	(2014-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Eindringprüfung - Teil 3: Kontrollkörper (ISO 3452-3:2013); Deutsche Fassung EN ISO 3452-3:2013
DIN EN ISO 3580	(2011-05)	Schweißzusätze - Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von warmfesten Stählen - Einteilung (ISO 3580:2010); Deutsche Fassung EN ISO 3580:2011
DIN EN ISO 3581	(2016-12)	Schweißzusätze - Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen - Einteilung (ISO 3581:2016); Deutsche Fassung EN ISO 3581:2016
DIN EN ISO 3651-2	(1998-08)	Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion - Teil 2: Nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex)-Stähle; Korrosionsversuch in schwefelsäurehaltigen Medien (ISO 3651-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 3651-2:1998
DIN EN ISO 4136	(2013-02)	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen - Querzugversuch (ISO 4136:2012); Deutsche Fassung EN ISO 4136:2012
DIN EN ISO 4287	(2010-07)	Geometrische Produktspezifikationen (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit; Tastschnittverfahren - Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997 + Cor 1:1998 + Cor 2:2005 + Amd 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 4287:1998 + AC:2008 + A1:2009
DIN EN ISO 5173	(2012-02)	Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen - Biegeprüfungen (ISO 5173:2009+ Amd 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 5173:2010 + A1:2011
DIN EN ISO 5178	(2011-05)	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen - Längszugversuch an Schweißgut in Schmelzschweißverbindungen (ISO 5178:2001); Deutsche Fassung EN ISO 5178:2011
DIN EN ISO 5577	(2017-05)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung - Terminologie (ISO 5577:2017); Deutsche Fassung EN ISO 5577:2017
DIN EN ISO 5817	(2014-06)	Schweißen - Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) - Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2014); Deutsche Fassung EN ISO 5817:2014
DIN EN ISO 6507-1	(2006-03)	Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Vickers - Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6507-1:2005); Deutsche Fassung EN ISO 6507-1:2005
DIN EN ISO 6507-4	(2006-03)	Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Vickers - Teil 4: Tabellen zur Bestimmung der Härtewerte (ISO 6507-4:2005); Deutsche Fassung EN ISO 6507-4:2005
DIN EN ISO 6508-1	(2016-12)	Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Rockwell - Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6508-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 6508-1:2016
DIN EN ISO 6520-1	(2007-11)	Schweißen und verwandte Prozesse - Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen - Teil 1: Schmelzschweißen (ISO 6520-1:2007); Dreisprachige Fassung EN ISO 6520-1:2007
DIN EN ISO 6847	(2013-11)	Schweißzusätze - Auftragung von Schweißgut zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung (ISO 6847:2013); Deutsche Fassung EN 26847:2013
DIN EN ISO 6892-1	(2017-02)	Metallische Werkstoffe - Zugversuch - Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 6892-1:2016
DIN EN ISO 6892-2	(2011-05)	Metallische Werkstoffe - Zugversuch - Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur (ISO 6892-2:2011); Deutsche Fassung EN ISO 6892-2:2011

DIN EN ISO 7963	(2010-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung - Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr 2 (ISO 7963:2006); Deutsche Fassung EN ISO 7963:2010
DIN 8580	(2003-09)	Fertigungsverfahren - Begriffe, Einteilung
DIN EN ISO 9013	(2017-05)	Thermisches Schneiden - Einteilung thermischer Schnitte - Geometrische Produktspezifikation und Qualität (ISO 9013:2017); Deutsche Fassung EN ISO 9013:2017
DIN EN ISO 9015-1	(2011-05)	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen - Härteprüfung - Teil 1: Härteprüfung für Lichtbogenschweißverbindungen (ISO 9015-1:2001); Deutsche Fassung EN ISO 9015-1:2011
DIN EN ISO 9016	(2013-02)	Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen - Kerbschlagbiegeversuch - Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung (ISO 9016:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9016:2012
DIN EN ISO 9606-1	(2013-12)	Prüfung von Schweißern - Schmelzschweißen - Teil 1: Stähle (ISO 9606-1:2012, einschließlich Cor 1:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9606-1:2013
DIN EN ISO 9606-4	(1999-06)	Prüfung von Schweißern - Schmelzschweißen - Teil 4: Nickel und Nickellegierungen (ISO 9606-4:1999); Deutsche Fassung EN ISO 9606-3:1999
DIN EN ISO 9712	(2012-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung - Allgemeine Grundlagen
DIN EN ISO 9906	(2013-03)	Kreiselpumpen - Hydraulische Abnahmeprüfung - Klassen 1, 2 und 3 (ISO 9906:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9906:2012
DIN EN ISO 9934-1	(2017-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Magnetpulverprüfung - Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 9934-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 9934-1:2016
DIN EN ISO 9934-2	(2015-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Magnetpulverprüfung - Teil 2: Prüfmittel (ISO 9934-2:2015); Deutsche Fassung EN ISO 9934-2:2015
DIN EN ISO 9934-3	(2015-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Magnetpulverprüfung - Teil 3: Geräte (ISO 9934-3:2015); Deutsche Fassung EN ISO 9934-3:2015
DIN EN 10204	(2005-01)	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004
DIN EN 10216-2	(2014-03)	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10216-2:2013
DIN EN 10216-5	(2014-03)	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 10216-5:2013 (Berichtigung 2015-01)
DIN EN 10217-2	(2005-04)	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10217-2:2002+A1:2005
DIN EN 10217-5	(2005-04)	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 5: Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10217-5:2002+A1:2005
DIN EN 10217-7	(2015-01)	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 10217-7:2014
DIN EN ISO 10675-1	(2013-12)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Zulässigkeitsgrenzen für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ISO 10675-1:2008); Deutsche Fassung EN ISO 10675-1:2013
DIN ISO 10816-7	(2009-08)	Mechanische Schwingungen - Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen - Teil 7: Kreiselpumpen für den industriellen Einsatz (einschließlich Messung der Wellenschwingungen) (ISO 10816-7:2009)
DIN EN ISO 11699-1	(2012-01)	Zerstörungsfreie Prüfung - Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Klassifizierung von Filmsystemen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung (ISO 11699-1:2008); Deutsche Fassung EN ISO 11699-1:2011
DIN EN 12266-1	(2012-06)	Industriearmaturen - Prüfung von Armaturen aus Metall - Teil 1: Druckprüfungen, Prüfverfahren und Annahmekriterien - Verbindliche Anforderungen; Deutsche Fassung EN 12266-1:2012
DIN EN 12266-2	(2012-04)	Industriearmaturen - Prüfung von Armaturen aus Metall - Teil 2: Prüfungen, Prüfverfahren und Annahmekriterien - Ergänzende Anforderungen; Deutsche Fassung EN 12266-2:2012
DIN EN 12668-1	(2010-05)	Zerstörungsfreie Prüfung - Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung - Teil 1: Prüfgeräte; Deutsche Fassung EN 12668-1:2010

DIN EN 12668-2	(2010-06)	Zerstörungsfreie Prüfung - Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung - Teil 2: Prüfköpfe; Deutsche Fassung EN 12668-2:2010
DIN EN 12668-3	(2014-02)	Zerstörungsfreie Prüfung - Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung - Teil 3: Komplette Prüfausrüstung; Deutsche Fassung EN 12668-3:2013
DIN EN ISO 13916	(1996-11)	Schweißen - Anleitung zur Messung der Vorwärm-, Zwischenlagen- und Haltetemperatur (ISO 13916:1996); Deutsche Fassung EN ISO 13916:1996
DIN EN ISO 14174	(2012-05)	Schweißzusätze - Pulver zum Unterpulverschweißen und Elektroschlackeschweißen - Einteilung (ISO 14174:2012); Deutsche Fassung EN ISO 14174:2012
DIN EN ISO 14175	(2008-06)	Schweißzusätze - Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse (ISO 14175:2008); Deutsche Fassung EN ISO 14175:2008
DIN EN ISO 14341	(2011-04)	Schweißzusätze - Drahtelektroden und Schweißgut zum Metall-Schutzgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen - Einteilung (ISO 14341:2010); Deutsche Fassung EN ISO 14341:2011
DIN EN ISO 14343	(2010-04)	Schweißzusätze - Drahtelektroden, Bandelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogenschweißen von korrosionsbeständigen und hitzebeständigen Stählen - Einteilung (ISO 14343:2009); Deutsche Fassung EN ISO 14343:2009
DIN EN 14610	(2005-02)	Schweißen und verwandte Prozesse - Begriffe für Metallschweißprozesse; Dreisprachige Fassung EN 14610:2004
DIN EN 14700	(2014-07)	Schweißzusätze - Schweißzusätze zum Hartauftragen; Deutsche Fassung EN 14700:2014
DIN EN ISO 14731	(2006-12)	Schweißaufsicht - Aufgaben und Verantwortung (ISO 14731:2006); Deutsche Fassung EN ISO 14731:2006
DIN EN ISO 14732	(2013-12)	Schweißpersonal - Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14732:2013
DIN EN ISO 15614-1	(2012-06)	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe - Schweißverfahrensprüfung - Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004 + Amd 1:2008 + Amd 2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 15614-1:2004+A1:2008+ A2 2:2012
DIN EN ISO 15614-8	(2016-11)	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe - Schweißverfahrensprüfung - Teil 8: Einschweißen von Rohren in Rohrböden (ISO 15614-8:2016); Deutsche Fassung EN ISO 15614-8:2016
DIN EN ISO 15614-11	(2002-10)	Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe - Schweißverfahrensprüfung - Teil 11: Elektronen- und Laserstrahlschweißen (ISO 15614-11:2002); Deutsche Fassung EN ISO 15614-11:2002
DIN EN ISO 17636-1	(2013-05)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen (ISO 17636-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 17636-1:2013
DIN EN ISO 17636-2	(2013-05)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Durchstrahlungsprüfung - Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO 17636-2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 17636-2:2013
DIN EN ISO 17637	(2011-05)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen (ISO 17637:2003); Deutsche Fassung EN ISO 17637:2011
DIN EN ISO 19232-1	(2013-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen - Teil 1: Ermittlung der Bildgütezah mit Draht-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 19232-1:2013
DIN EN ISO 19232-3	(2014-02)	Zerstörungsfreie Prüfung - Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen - Teil 3: Bildgüteklassen (ISO 19232-3:2013); Deutsche Fassung EN ISO 19232-3:2013
DIN EN ISO 19232-5	(2013-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen - Teil 5: Bestimmung der Bildunschärfeszah mit Doppeldraht-Typ-Bildgüteprüfkörpern (ISO 19232-5:2013); Deutsche Fassung EN ISO 19232-5:2013
DIN ISO 21940-11	(2017-03)	Mechanische Schwingungen - Auswuchten von Rotoren - Teil 11: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit starrem Verhalten (ISO 21940-11:2016)
DIN 24299-1	(1985-05)	Fabrikschilder für Pumpen; Allgemeine Festlegungen
DIN 25410	(2012-07)	Kerntechnische Anlagen - Oberflächensauberkeit von Komponenten
DIN 25435-1	(2014-01)	Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren - Teil 1: Mechanisierte Ultraschallprüfung
DIN 25435-2	(2014-01)	Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren - Teil 2: Magnetpulver- und Eindringprüfung

DIN 25435-7	(2014-01)	Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren - Teil 7: Durchstrahlungsprüfung
DIN 50125	(2016-12)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugproben
DIN CEN ISO/TR 15608	(2013-08)	Schweißen - Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen (ISO/TR 15608:2013); Deutsche Fassung CEN ISO/TR 15608:2013
AD 2000-Merkblatt A 2	(2015-04)	Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung - Sicherheitsventile
AD 2000-Merkblatt HP 0	(2013-02)	Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundene Prüfungen
AD 2000-Merkblatt HP 2/1	(2017-06)	Verfahrensprüfung für Fügeverfahren - Verfahrensprüfung für Schweißungen
AD 2000-Merkblatt HP 3	(2014-11)	Schweißaufsicht - Schweißer
AD 2000-Merkblatt W 0	(2016-05)	Allgemeine Grundsätze für Werkstoffe

Anhang G (informativ)

Änderungen gegenüber der Fassung 2012-11

(1) Der Abschnitt „Grundlagen“ wurde im Absatz 1 an die für alle KTA-Regeln einheitliche Form angepasst und im Absatz 2 um Vorgaben aus den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) sowie den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ ergänzt. Im Absatz 2 wurde außerdem ein Verweis auf KTA 3206 ergänzt.

(2) Die gesamte Regel wurde an den aktuellen Stand der Normen angepasst und die normativen Verweise im Anhang F wurden aktualisiert. In diesem Zusammenhang wurde die in 3.3.2.3 (1) und 3.3.3.3 (1) sowie in den Tabellen 8-1, 8-3, 8-7, 8-8 und 8-9 für den Werkstoff 20 MnMoNi 5 5 genannte Werkstoffgruppe 4.1 durch die Gruppe 4.2 ersetzt. Außerdem wurden die Werkstoffe in den Tabellen 7-1 und 8-1 sowie die Werkstoffangaben in den Abschnitten 5.3 (7) und 5.5.3 (3) b) an KTA 3211.1 (2015-11) angepasst.

(3) Im Abschnitt 2 „Begriffe“ wurden Begriffsdefinitionen für „Echohöhenbewertung“ und „Raumtemperatur“ aufgenommen.

(4) In den Abschnitten 3.3.2 und 3.3.3 wurden die Anforderungen an das Schweißpersonal unter Berücksichtigung der aktuellen Normen überarbeitet. Hierbei wurden aufgrund folgender Sachverhalte Änderungen vorgenommen:

a) Die aktuelle Norm DIN EN ISO 9606-1:2013-12 ist nicht gleichwertig mit der Vorgängernorm DIN EN 287-1:2011-11, da der Schweißzusatzwerkstoff die Basis für die Qualifizierung darstellt und nicht (wie in DIN EN 287-1:2011-11) der Grundwerkstoff. Außerdem wurde der Geltungsbereich für die Qualifizierung von Grundwerkstoffen gegenüber DIN EN 287-1:2011-11 Tabelle 2 erweitert.

Um die Gleichwertigkeit mit den bisherigen Anforderungen beizubehalten, wurde im Abschnitt 3.3.2.3 (1) zusätzlich zu den Festlegungen in DIN EN ISO 9606-1 aufgenommen, dass der Geltungsbereich für Grundwerkstoffe nach DIN EN 287-1:2011-11 Tabelle 2 einzuhalten ist.

b) In 3.3.2.3 (2) b) und in 3.3.2.5 erfolgte eine Anpassung an die Ausgabe 2014-11 des AD-2000 Merkblatts HP 3.

(5) Im Abschnitt 3.3.4 wurden die bisher fehlenden Anforderungen für das Prüfpersonal von Dichtheitsprüfungen (LT) ergänzt, da Abschnitt 9.3.9 Dichtheitsprüfungen fordert.

(6) Abschnitt 5 wurde wie folgt geändert:

a) Die Festlegungen zu Anlauffarben in 5.5.4 (2) wurden übereinstimmend mit KTA 3201.3 und unter Berücksichtigung der für Erzeugnisformen in KTA 3211.1 vorgesehenen Anforderungen präzisiert.

b) In 5.7.1.1 (1) wurde klargestellt, dass für äußere Unregelmäßigkeiten an Schweißnähten die im Abschnitt 11 festgelegten Zulässigkeitskriterien der zerstörungsfreien Prüfungen und nicht die Anforderungen gemäß DIN EN ISO 5817 gelten.

(7) Abschnitt 8 wurde wie folgt geändert:

a) Im Abschnitt 8.1.1.3.3 wurden die Anforderungen durch Übernahme der Festlegungen aus KTA 3201.3 präzisiert.

b) In den Tabellen 8-3 bis 8-9 wurden einige Präzisierungen vorgenommen. In Tabelle 8-5 wurde außerdem die in KTA 3211.1 enthaltene Regelung zur Verwendung von Untermaßproben als Fußnote aufgenommen.

c) In Tabelle 8-5 wurde die Zeile „Werkstoffe für WT-Rohre“ gestrichen, da ein Kerbschlagbiegeversuch aufgrund der Abmessungen nicht möglich ist.

(8) Im Abschnitt 9.1.1 (4) wurden die Kennzeichnungsverfahren Elektrogravur (anstelle des bisher aufgeführten „Vibrographen“) und Laserbeschriftung aufgenommen.

(9) Im Abschnitt 11 „Zerstörungsfreie Prüfungen“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Im Abschnitt 11.2.3.4 wurde klargestellt, dass für die Ultraschallprüfung die Anforderungen an den Prüfgegenstand gemäß Abschnitt D 3 einzuhalten sind. Außerdem wurde auf Basis der Erfahrungen bei der Anwendung der KTA 3201.4 (2010-11) ergänzend zu den Festlegungen in Tabelle 5-4 und im Abschnitt 5.1 (3) festgelegt, dass die innere Oberfläche von Mischnähten in jedem Fall eben und kerbfrei bearbeitet sein muss.

b) Im Abschnitt 11.2.4.2 wurden Festlegungen zur Anwendung der digitalen Radiografie neu aufgenommen. Die Angaben in den Tabellen 4-2 und 9-4 sowie im Abschnitt 9.3.6.4 b) wurden entsprechend angepasst und im Anhang A wurde ein Formblatt für die digitale Radiografie ergänzt. Der letzte Satz des Absatzes (3) c) wurde gestrichen, weil diese Festlegung in der aktuellen Ausgabe der DIN 25435-7 bereits enthalten ist.

c) Die Erfahrungen bei der Prüfung von Schweißnähten zwischen austenitischen Stählen sowie zwischen ferritischen und austenitischen Stählen haben gezeigt, dass bei den Prüfungen gemäß 11.4.2.3 und 11.5.4 die Grenzen einer zuverlässigen Handprüfung im Allgemeinen überschritten werden. Im Abschnitt 11.2.4.3 sowie im Abschnitt 11.4.2.3.1 wurde deshalb festgelegt, dass die Prüfung dieser Schweißnähte mechanisiert zu erfolgen hat.

d) Im Abschnitt 11.3.4.1 wurde ergänzend zu den Festlegungen in 9.3.6.2.2 (1) und in Tabelle 9-5 klargestellt, dass Schweißverbindungen an ferritischen Stählen einer Ultraschallprüfung auf Längs- und Querfehler zu unterziehen sind.

e) Die im Abschnitt 11.4.2.3.2 aufgeführten Kriterien für die Eignung von Prüftechniken bei der Prüfung von Stumpfnähten und von nicht plattierten Grundwerkstoffbereichen wurden überarbeitet und an die Festlegungen in KTA 3201.4 (2016-11) angepasst. Mit den überarbeiteten Festlegungen erfolgt jetzt eine klare Unterscheidung zwischen Fällen, wo eine Echohöhenbewertung möglich ist, und Fällen, wo eine Mustererkennung zur Anwendung kommen muss. Die Überarbeitung erfolgte auf Basis der Erfahrungen, die bei der Anwendung der Festlegungen in KTA 3201.4 (2010-11) gesammelt wurden. Die einzuhaltenden Kriterien sind in der neu aufgenommenen Tabelle 11-18 dargestellt. Die in dieser Tabelle vorgesehenen Fälle 1 und 2 decken alle praxisrelevanten Anwendungen bei der Prüfung von Stumpfnähten und von nicht plattierten Grundwerkstoffbereichen ab. Als Folge wurden auch die Festlegungen zu den Registrierschwellen und Bewertungsmaßstäben entsprechend präzisiert.

f) Im Abschnitt 11.5.4.1 wurde ein Hinweis auf den Abschnitt 9.3.15 ergänzt, da der Abschnitt 9.3.15 zusätzliche Anforderungen an die Prüfung von Mischnähten nach dem Schweißen enthält.

g) Die Aussagen zu Poren in Tabelle 11-5 wurden gestrichen. Dadurch wird für Poren Übereinstimmung mit den Festlegungen in DIN EN ISO 5817 hergestellt.

(10) Die Muster für Formblätter in Anhang A wurden unter Zugrundelegung der aktuellen Normen aktualisiert. Formblätter für die digitale Radiografie wurden neu aufgenommen.

(11) Der Anhang D „Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen“ wurde basierend auf KTA 3211.1 (2015-11) aktualisiert.

(12) Im Anhang E „Durchführung von Oberflächenprüfungen mittels Magnetpulver- und Eindringprüfung“ wurden einige Vereinfachungen und Präzisierungen vorgenommen, die sich aus den aktuellen Fassungen der zugrunde gelegten Normen ergaben.