Diese Fassung enthält die Berichtigung vom 24. April 2019 (BAnz AT 24.04.2019 B3).

Inhaltlich überprüft und unverändert weiterhin gültig: 2022-11

KTA 3211.1

Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises Teil 1: Werkstoffe

Fassung 2017-11

Frühere Fassungen der Regel: 1991-06 (BAnz. Nr. 118a vom 30. Juni 1992)
2000-06 (BAnz. Nr. 194a vom 14. Oktober 2000, Berichtigung BAnz. Nr. 132 vom 19. Juli 2001)
2015-11 (BAnz. vom 8. Januar 2016)

Inhalt

Seite

Grundlagen ... 3

1 Anwendungsbereich ... 3

2 Begriffe ... 3

3 Allgemeine Grundsätze ... 4
3.1 Auswahl der Werkstoffe ... 4
3.2 Begutachtung der Werkstoffe ... 4
3.3 Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung ... 4
3.4 Forderungen an den Hersteller ... 4
3.5 Vorprüfung ... 5
3.6 Fertigungsüberwachung durch den Sachverständigen nach § 20 AtG ... 5
3.7 Nachweis der Güteeigenschaften ... 5
3.8 Kennzeichnung ... 5
3.9 Reparaturen ... 5
3.10 Werkstoffkenndaten für die Berechnung ... 5

4 Allgemeingültige Festlegungen für Werkstoffe und ihre Prüfungen ... 5
4.1 Allgemeines ... 5
4.2 Zulässige Werkstoffe ... 5
4.3 Forderungen an die Werkstoffe und ihre Erzeugnisformen ... 5
4.4 Prüfung der Werkstoffe und Erzeugnisformen ... 6
4.5 Wiederholung von Prüfungen ... 8

5 Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W I ... 9
5.1 Flacherzeugnisse ... 9
5.2 Aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisformen ... 10
5.3 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe ... 11
5.4 Nahtlose Rohre größer als DN 50 ... 15
5.5 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50 ... 17
5.6 Nahtlose Formstücke größer als DN 50 ... 18
5.7 Gussstücke ... 19

6 Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W II ... 22
6.1 Flacherzeugnisse ... 22
6.2 Aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisformen ... 23
6.3 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe ... 24
6.4 Nahtlose Rohre größer als DN 50 ... 25
6.5 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50 ... 26
6.6 Nahtlose Formstücke größer als DN 50 ... 27
6.7 Gussstücke ... 28

7 Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen ... 30
7.1 Flacherzeugnisse ... 30
7.2 Aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisformen ... 31

7.3 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe ... 32
7.4 Nahtlose Rohre größer als DN 50 ... 33
7.5 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50 ... 34
7.6 Nahtlose Formstücke größer als DN 50 ... 35
7.7 Gussstücke ... 36

8 Schrauben und Muttern ... 38
8.1 Geltungsbereich ... 38
8.2 Werkstoffe ... 38
8.3 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe ... 38
8.4 Schrauben und Muttern, spanend aus vergüteten Stäben oder aus warm-kalt-verfestigten austenitischen Stäben hergestellt ... 38
8.5 Schrauben und Muttern, spanend aus lösungsgeglühten und abgeschreckten austenitischen Stäben hergestellt ... 40
8.6 Schrauben und Muttern, warm- oder kaltformgebend gefertigt und anschließend vergütet ... 40
8.7 Schrauben und Muttern nach Festigkeitsklassen oder Stahlsorten ... 41
8.8 Kennzeichnung ... 41
8.9 Nachweis der Güteeigenschaften ... 41

9 Erzeugnisformen aus Stählen für besondere Beanspruchungen ... 43
9.1 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe ... 43
9.2 Gussstücke ... 43

10 Wärmetauscherrohre ... 44
10.1 Nahtlose gerade Wärmetauscherrohre aus ferritischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 4 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 38 mm ... 44
10.2 Nahtlose gebogene Wärmetauscherrohre aus ferritischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 4 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 38 mm ... 45
10.3 Nahtlose gerade Wärmetauscherrohre aus austenitischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 3,6 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 42,4 mm ... 46
10.4 Nahtlose gebogene Wärmetauscherrohre aus austenitischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 3,6 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 42,4 mm ... 47
10.5 Längsnahtgeschweißte gerade Wärmetauscherrohre aus austenitischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als 2 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 38 mm ... 48

11 Zerstörungsfreie Prüfungen ... 48
11.1 Allgemeine Anforderungen ... 48
11.2 Flacherzeugnisse ... 51
11.3 Aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisformen ... 51
11.4 Schmiedestücke, Stäbe und Ringe ... 51
11.5 Nahtlose Rohre größer als DN 50 ... 55
11.6 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50 ... 56
11.7 Nahtlose Formstücke größer als DN 50 ... 56
11.8 Gussstücke ... 56
11.9 Schrauben und Muttern ... 62
11.10 Erzeugnisformen aus Stählen für besondere Beanspruchungen ... 63
11.11 Wärmetauscherrohre ... 64

Anhang A: Werkstoffkenndaten ... 67
Anhang AP: Anhaltsangaben über physikalische Eigenschaften ... 92
Anhang B: Fertigungsschweißungen an Gussstücken aus Stahl ... 94
Anhang C: Verfahren zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes ... 98
Anhang D: Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen ... 100
Anhang E: Durchführung von Oberflächenprüfungen nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren ... 116
Anhang F: Bestimmungen und Literatur, auf die in dieser Regel verwiesen wird ... 118

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 (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz -AtG-) getroffen ist, um die im AtG und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) und den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) In den “Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ wird in Nr. 3.1 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 3211.1 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 Regel KTA 3211

KTA 3211.2 Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung,

KTA 3211.3 Teil 3: Herstellung,

KTA 3211.4 Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung

und

KTA 3206 Nachweise zum Bruchausschluss für druckführende Komponenten in Kernkraftwerken

somit umfassend konkretisiert.

(3) Im Einzelnen werden in KTA 3211.1 die Anforderungen festgelegt, die zu stellen sind an:

a) die bei der Herstellung beteiligten Organisationen,
b) die Herstellung der Werkstoffe und Erzeugnisformen sowie deren chemische Zusammensetzung, mechanisch-technologische Eigenschaften, physikalische Eigenschaften, Wärmebehandlung und Weiterverarbeitung,
c) die Verfahren zur Kontrolle und zum Nachweis der geforderten Qualität der Werkstoffe und Erzeugnisformen, wie zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen,
d) die Bereitstellung von Unterlagen für die Dokumentation der Prüfergebnisse.

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist anzuwenden auf die Werkstoffe und Erzeugnisformen der drucktragenden Wandungen von nicht zur druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels gehörenden druck- und aktivitätsführenden Systemen und Komponenten von Leichtwasserreaktoren, die eine spezifisch reaktorsicherheitstechnische 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) Schweißzusätze und -hilfsstoffe sowie
g) Kleinteile.

Hinweis:
Für Kleinteile gelten die Festlegungen von KTA 3211.3 (Abschnitt 10 und Tabelle 2-3).

2 Begriffe

(1) Beanspruchungstemperatur, niedrigste

Die jeweils niedrigste Temperatur aus Druckprüftemperatur oder der niedrigsten Betriebstemperatur wird als niedrigste Beanspruchungstemperatur bezeichnet.

(2) Fertigungsschweißung

Eine Fertigungsschweißung ist eine Schweißung zur Sicherstellung der vereinbarten Gussstückqualität, die vor der Auslieferung an den Kunden ausgeführt wird.

(3) Konstruktionsschweißung

Eine Konstruktionsschweißung ist eine Verbindungsschweißung zwischen zwei Gussstücken zur Herstellung einer vollständigen Einheit, die vor der Auslieferung an den Kunden ausgeführt wird.

(4) Prüfgruppen A 1, A 2 und A 3

Die Komponenten im Anwendungsbereich dieser Regel werden in Abhängigkeit von Auslegungsdaten und Abmessungen unter Berücksichtigung der vorgesehenen Werkstoffe und Spannungen in die Prüfgruppen A 1, A 2 oder A 3 eingestuft. Nach welchen Kriterien eine Einstufung einer Komponente zu erfolgen hat, ist in KTA 3211.2 festgelegt.

Hinweis:
Die Einstufung in Prüfgruppen erfolgt durch den Genehmigungsinhaber im Einvernehmen mit dem Sachverständigen.

(5) Raumtemperatur

Der Temperaturbereich für Raumtemperatur beträgt bei den in dieser Regel festgelegten mechanisch-technologischen Prüfungen (23 ± 5) °C.

(6) Rauschanzeigen

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

(7) Rauschpegel

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

(8) Sachverständiger

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

(9) Ultraschallprüfung, gezielte

Eine gezielte Ultraschallprüfung ist eine Prüfung, bei der sich die Zulässigkeitskriterien auf das fertige Bauteil beziehen. Hierfür ist es erforderlich, die Form und die Endabmessungen der aus dem Prüfgegenstand zu fertigenden Bauteile sowie deren Lage im Prüfgegenstand zu kennen.

(10) Ultraschallprüfung, pauschale

Eine pauschale Ultraschallprüfung ist eine Prüfung, bei der die Zulässigkeitskriterien pauschal ohne Bezug auf ein fertiges Bauteil festgelegt sind.

(11) Vergleichskörper

Ein Vergleichskörper ist ein in den prüftechnisch relevanten Eigenschaften (z. B. Werkstoff, Schmiederichtung, Form, Wanddicke) dem Prüfgegenstand entsprechender Körper mit Bezugsmerkmalen (z. B. Nuten, Bohrungen), die an die Prüfaufgabe angepasst sind.

(12) Werkstoffgruppe W I oder W II

Die ferritischen Werkstoffe für die Herstellung von Komponenten im Anwendungsbereich dieser Regel werden auf Grund ihrer Qualitätsmerkmale, insbesondere chemische Zusammensetzung und Zähigkeitseigenschaften, in die Werkstoffgruppen W I oder W II eingestuft. Die Zuordnung der Werkstoffe zu den Prüfgruppen ist in KTA 3211.2 festgelegt.

(13) Zulässigkeitskriterien bei der zerstörungsfreien Prüfung

Zulässigkeitskriterien bei der zerstörungsfreien Prüfung sind die Summe aller Festlegungen an Hand derer entschieden wird, ob eine Anzeige aus einer zerstörungsfreien Prüfung ohne weitere Maßnahmen als zulässig zu bewerten ist (Forderungen der Prüfanweisung sind erfüllt) oder ob weitere Maßnahmen erforderlich sind. Die Zulässigkeitskriterien beinhalten sowohl quantitative Festlegungen in Form von Zulässigkeitsgrenzen (z. B. Amplitudenhöhe, Anzeigenausdehnung, Häufigkeit, Abstände zwischen Anzeigen), als auch beschreibende Festlegungen (z. B. lineare oder runde Anzeige, Anzeige an der Oberfläche oder im Volumen, Anhäufung von Anzeigen).

3 Allgemeine Grundsätze

3.1 Auswahl der Werkstoffe

(1) Die Werkstoffe müssen entsprechend ihrem Verwendungszweck ausgewählt werden, wobei die mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen sowie die Auslegungsbedingungen nach KTA 3211.2 zu berücksichtigen sind.

(2) Die Werkstoffe müssen den Beanspruchungen bei der Druckprüfung, während des Betriebs und bei allen spezifizierten Anlagenzuständen sicher genügen. Falls an den Werkstoffen geschweißt werden soll, müssen sie schweißgeeignet sein.

Hinweis:
Die Wahl des Werkstoffs erfolgt durch den Besteller, gegebenenfalls nach Rücksprache mit dem Werkstoffhersteller.

3.2 Begutachtung der Werkstoffe

(1) Durch eine Begutachtung der Werkstoffe ist festzustellen, ob die Werkstoffe für den vorgesehenen Verwendungszweck und die vorgesehenen Verarbeitungsbedingungen geeignet sind.

(2) Ferritische Stähle für den Einsatz in der Werkstoffgruppe W I sind im Einvernehmen mit dem Sachverständigen auf Hersteller und Erzeugnisform bezogen zu begutachten.

(3) Alle anderen Stähle sind hinsichtlich Art und Umfang der Begutachtungsprüfungen wie Stähle für überwachungsbedürftige Druckbehälteranlagen außerhalb des Bereiches der Kerntechnik zu behandeln. Sofern diese Stähle zur Verwendung für überwachungsbedürftige Druckbehälteranlagen außerhalb des Bereiches der Kerntechnik schon zugelassen sind, gelten sie als begutachtet.

(4) Soll im Einzelfall ein Werkstoff über den Geltungsbereich seiner Zulassung hinaus oder ein sonstiger Werkstoff verwendet werden, ist ein Einzelgutachten zu erstellen. Das Einzelgutachten muss im Abnahmeprüfzeugnis erwähnt werden.

3.3 Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung

Für die allgemeinen Forderungen an die Qualitätssicherung gelten die Festlegungen in KTA 1401.

3.4 Forderungen an den Hersteller

(1) Der Hersteller muss über Einrichtungen verfügen, die eine sachgemäße und dem Stand der Technik entsprechende Fertigung von Werkstoffen und Erzeugnisformen gestatten.

(2) Der Hersteller muss über Prüfeinrichtungen verfügen, die die Prüfung der Werkstoffe und Erzeugnisformen nach den entsprechenden DIN-Normen oder anderen für die Durchführung der Werkstoffprüfung in Frage kommenden Regeln erlauben. Die Prüfmaschinen müssen DIN 51220 entsprechen und nach DIN 51220 untersucht werden. Im Messbereich der Prüfmaschinen darf der zugelassene Anzeigefehler der Kraftmesseinrichtung nicht größer sein als $\pm$ 1 %. Die Untersuchungsberichte nach DIN 51220 sind dem Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen. Werden Prüfeinrichtungen anderer Stellen in Anspruch genommen, so gelten für diese die gleichen Festlegungen.

(3) Dem Hersteller müssen im eigenen Werk oder an anderer Stelle Einrichtungen zur Verfügung stehen, mit denen die nach dieser Regel geforderten zerstörungsfreien Prüfungen durchgeführt werden können.

(4) Mechanisierte oder automatisierte Einrichtungen, die für die nach dieser Regel geforderten zerstörungsfreien Prüfungen eingesetzt werden sollen, sind einer Begutachtung durch den Sachverständigen zu unterziehen.

(5) Zu den Fertigungs- und Prüfeinrichtungen müssen Auflistungen über erforderliche Arbeitsanweisungen vorliegen.

(6) Der Hersteller hat durch Güteüberwachung mit entsprechenden Aufzeichnungen die sachgemäße Herstellung und Verarbeitung der Werkstoffe und der Erzeugnisformen sowie die Einhaltung der hierfür maßgebenden technischen Regeln sicherzustellen.

(7) Der Hersteller muss über fachkundiges Personal verfügen, das die Prüfungen sachgemäß durchführen kann. Personal, das Besichtigungen durchführt, muss über das eingesetzte Herstellungsverfahren informiert sein und über ein Sehvermögen gemäß den Anforderungen nach DIN EN ISO 9712 verfügen, das alle 12 Monate zu überprüfen ist. Für Personal, das zerstörungsfreie Prüfungen durchführt, gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 11.1.3.

(8) Der Hersteller darf Abnahmeprüfzeugnisse nur ausstellen, wenn er über einen Abnahmebeauftragten verfügt, der die Bedingungen gemäß DIN EN 10204 erfüllt. Der Name und Prüfstempel des Abnahmebeauftragten des Herstellers muss dem zuständigen Sachverständigen bekannt sein.

(9) Soweit im Rahmen der Herstellung an den Erzeugnisformen geschweißt wird, muss der Hersteller eigenes Auf-

sichtspersonal und nach DIN EN ISO 9606-1 in Verbindung mit AD 2000-Merkblatt HP 3 geprüfte Schweißer haben. Nur qualifizierte Schweißer dürfen für die Schweißarbeiten eingesetzt werden. Eine Verlängerung der Schweißerqualifikation muss nach DIN EN ISO 9606-1 Abschnitt 9.3 a) oder Abschnitt 9.3 b) erfolgen. Die Schweißaufsicht muss dem Herstellerwerk angehören und dem Sachverständigen benannt werden.

(10) Ein Verfahren, nach dem alle während der Fertigung festgestellten Abweichungen von den Qualitätsforderungen der dafür vorgesehenen Stelle gemeldet werden, muss schriftlich festgelegt sein.

(11) Der Hersteller muss eine von der Fertigung unabhängige Qualitätsstelle haben.

(12) Die organisatorische Eingliederung und Aufgabenstellung des Abnahmebeauftragten, der Prüfaufsicht, des Prüfpersonals und der Qualitätsstelle sowie gegebenenfalls der Schweißaufsicht müssen schriftlich festgelegt sein.

(13) Vor Aufnahme der Fertigung hat der Sachverständige zu prüfen, ob die Forderungen erfüllt sind. Die Prüfung ist in Zeitabständen von etwa ein bis zwei Jahren zu wiederholen, sofern sich der Sachverständige nicht auf andere Weise davon überzeugen kann, dass die Bedingungen auch weiterhin erfüllt sind.

3.5 Vorprüfung

Der Vorprüfung durch den Sachverständigen unterliegen

a) Prüfanweisungen für zerstörungsfreie Prüfungen mit den Verfahren RT, UT und ET,

b) Werkstoffprüf- und Probenentnahmepläne für Erzeugnisformen zur Fertigung von Komponenten aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W I, wenn in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten die Probenentnahme nicht eindeutig festgelegt ist, und

c) Unterlagen für Gussstücke gemäß den Festlegungen in den Abschnitten 5.7.2, 6.7.2, 7.7.2 und 9.2.2.

3.6 Fertigungsüberwachung durch den Sachverständigen nach § 20 AtG

Der Sachverständige ist berechtigt, den Herstellungsvorgängen beizuwohnen. Der Herstellungsablauf darf dabei jedoch nicht beeinträchtigt werden.

3.7 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Güteeigenschaften der Werkstoffe und Erzeugnisformen sind durch Prüfungen zu ermitteln. Die Prüfungen sollen im Herstellerwerk durchgeführt werden.

(2) Die Güteeigenschaften der Werkstoffe und Erzeugnisformen sind durch Bescheinigungen über Materialprüfungen nach DIN EN 10204 nachzuweisen. Maßgebend für die erforderliche Art des Gütenachweises sind die Festlegungen in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten. In den Bescheinigungen ist zu bestätigen, dass die Forderungen dieser Regel erfüllt sind.

(3) Abnahmeprüfzeugnisse 3.2 nach DIN EN 10204 müssen von dem nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen bestätigt oder ausgestellt werden.

3.8 Kennzeichnung

Die Erzeugnisformen sind gemäß den Festlegungen in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten deutlich und dauerhaft sowie möglichst kerbfrei zu kennzeichnen. Die Verwendung von Schlüsselzeichen ist zulässig. Der vollständige Wortlaut der Kennzeichnung ist in den Prüfbescheinigungen anzugeben. Eine eindeutige Zuordnung der Prüfbescheinigungen zu den Erzeugnisformen muss jederzeit möglich sein.

3.9 Reparaturen

(1) Wenn Reparaturen erforderlich sind, müssen sie dem Sachverständigen angezeigt werden. Das weitere Vorgehen ist mit dem Sachverständigen abzustimmen.

(2) Für Reparaturen durch Schweißen gelten die Festlegungen von KTA 3211.3.

(3) Fertigungsschweißungen an Gussstücken sind keine Reparaturen im Sinne dieser Regel.

3.10 Werkstoffkenndaten für die Berechnung

Die für die Festigkeitsberechnung maßgebenden Kenndaten sind dem **Anhang A**, den entsprechenden DIN-Normen, VdTÜV-Werkstoffblättern oder bei sonstigen Stählen dem Gutachten des Sachverständigen zu entnehmen.

4 Allgemeingültige Festlegungen für Werkstoffe und ihre Prüfungen

4.1 Allgemeines

(1) Die Forderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endzustand der Komponenten nach der Bau- und Druckprüfung. Bei den durchzuführenden Prüfungen an den Werkstoffen und Erzeugnisformen sind die Werkstoffeigenschaften an ausreichend großen Probenabschnitten in den jeweils geforderten Wärmebehandlungszuständen nachzuweisen.

(2) Die Erzeugnisse müssen dem angewendeten Formgebungsverfahren entsprechend glatte Oberflächen haben. Unzulässige Oberflächenunregelmäßigkeiten sind zu beseitigen. Die hierdurch gebildeten Vertiefungen sind auszuebnen. Die Mindestnennwanddicke des Erzeugnisses darf nicht unterschritten werden.

(3) Ausführungsart und Oberflächenbeschaffenheit der Erzeugnisse sind im Rahmen der Bestellung vorzugeben. Dabei sind die Oberflächenanforderungen gemäß Abschnitt 11.1 zu berücksichtigen.

4.2 Zulässige Werkstoffe

Zulässig sind Werkstoffe, die den Voraussetzungen des Abschnittes 3.1 genügen und deren Eignung gemäß Abschnitt 3.2 dieser Regel festgestellt wurde. In den Abschnitten 5 bis 10 sind für die einzelnen Erzeugnisformen zugelassene Werkstoffe angegeben.

4.3 Forderungen an die Werkstoffe und ihre Erzeugnisformen

4.3.1 Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I

Die ferritischen Stähle der Werkstoffgruppe W I müssen folgende Bedingungen erfüllen:

a) Im Kerbschlagbiegeversuch an Querproben darf bei der niedrigsten Betriebstemperatur (einschließlich Störfällen) oder bei der Temperatur, bei der die primäre Membranspannung größer ist als 50 N/mm^2, der kleinste Einzelwert der Schlagenergie des Grundwerkstoffs, des Schweißgutes und der Wärmeeinflusszone 68 J, der kleinste Einzelwert der seitlichen Breitung 0,9 mm nicht unterschreiten.

b) Der kleinste Einzelwert der Schlagenergie im Bereich der Hochlage, ermittelt an Querproben, darf 100 J nicht unterschreiten. Diese Forderung gilt nur für den Grundwerkstoff.

c) Die Schlagenergie, ermittelt an Querproben, darf bei der Prüftemperatur 0 °C 41 J nicht unterschreiten. Nur ein Einzelwert darf den geforderten Mittelwert unterschreiten und nicht kleiner sein als 29 J. Diese Forderung gilt für den Grundwerkstoff, das Schweißgut und die Wärmeeinflusszone.

Bei Stahlguss ist die Probenentnahmerichtung nicht vorgegeben.

4.3.2 Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W II

Die ferritischen Stähle der Werkstoffgruppe W II müssen folgende Bedingungen erfüllen:

a) Die Werte der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse dürfen 0,020 % P und 0,015 % S nicht überschreiten. Im Übrigen ist bei der Festlegung der chemischen Zusammensetzung, insbesondere der zulässigen Gehalte an Mikrolegierungselementen, die Verarbeitbarkeit zu berücksichtigen.

b) Im Kerbschlagbiegeversuch an Querproben

ba) bei der Prüftemperatur 0 °C, wenn die niedrigste Beanspruchungstemperatur kleiner als 20 °C ist oder

bb) bei der Prüftemperatur 20 °C, wenn die niedrigste Beanspruchungstemperatur größer als oder gleich 20 °C ist,

darf der Mittelwert 41 J nicht unterschreiten. Nur ein Einzelwert darf den geforderten Mittelwert unterschreiten und nicht kleiner sein als 29 J.

Die Forderung gilt für den Grundwerkstoff, das Schweißgut und die Wärmeeinflusszone.

Bei Stahlguss ist die Probenentnahmerichtung nicht vorgegeben.

4.3.3 Austenitische Stähle

Die austenitischen Stähle müssen folgende Bedingungen erfüllen:

a) Die Stähle müssen in den in Betracht kommenden Fertigungszuständen gegen interkristalline Korrosion beständig sein.

b) Stähle für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedewasserreaktoren, die mit Reaktorwasser (Betriebstemperatur $T \geq 200$ °C im Dauerbetrieb) in Berührung stehen, müssen gegen interkristalline Spannungsrisskorrosion beständig sein und müssen einen Kobaltanteil von kleiner als oder gleich 0,2 % aufweisen. Einzelheiten sind in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten geregelt.

c) Die chemische Zusammensetzung ist so festzulegen, dass Heißrisse beim Schweißen vermieden werden.

d) Bei Stählen für Erzeugnisformen mit einer Wanddicke größer als 16 mm oder DN größer als 150 mm darf der Wert der Schlagenergie des Grundwerkstoffs, des Schweißgutes und der Wärmeeinflusszone, ermittelt an Querproben, bei der Prüftemperatur 20 °C, im lösungsgeglühten und abgeschreckten Zustand 70 J (Mittelwert von drei Proben, kleinster Einzelwert nicht unter 60 J), im geglühten Zustand 55 J (Mittelwert aus drei Proben, kleinster Einzelwert nicht unter 40 J) nicht unterschreiten.

e) Bei Teilen, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten ohne Schweißzusatz ausgeführt werden, soll der Grundwerkstoff im aufgeschmolzenen Zustand einen Deltaferritgehalt von 2 % bis 10 % (Ferritnummer 2 bis 11) gemäß **Anhang C** aufweisen. Bei Teilen, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten mit Schweißzusatz durchgeführt werden, soll der Grundwerkstoff im aufgeschmolzenen Zustand einen Deltaferritgehalt von 1 % bis 10 % (Ferritnummer 1 bis 11) gemäß **Anhang C** aufweisen. Dabei ist in beiden Fällen ein geschlossenes Ferritnetz nicht zulässig. Abweichungen sind zulässig, sofern die Eigenschaften der Schweißverbindung den Festlegungen von KTA 3211.3 genügen.

f) Bei gewalzten und geschmiedeten Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen sowie daraus hergestellten Teilen dürfen die geforderte Ultraschallprüfbarkeit, die Weiterverarbeitbarkeit und die spezifizierten mechanisch-technologischen Eigenschaften nicht durch grobkörnige Gefügeanteile beeinträchtigt werden.

Hinweis:
Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen ist eine Korngröße anzustreben, die einer Kennzahl größer als oder gleich 4 nach DIN EN ISO 643 entspricht.

4.3.4 Stähle für besondere Beanspruchungen

Liegen besondere Beanspruchungen vor, z. B. Erosion, Korrosion, Verschleiß, dürfen auf die Forderungen des jeweiligen Einsatzfalles abgestimmte Werkstoffe eingesetzt werden. Die Bedingungen hierfür sind im Einzelfall im Einvernehmen mit dem Sachverständigen festzulegen.

4.4 Prüfung der Werkstoffe und Erzeugnisformen

4.4.1 Bezeichnung der Probenrichtung in den Erzeugnisformen

Für die Richtung der Proben in den Erzeugnisformen sind folgende Bezeichnungen zu verwenden (siehe **Bilder 4-1** und **4-2**):

a) Bezeichnung nach der Richtung zum Faserverlauf:

Längsproben (L):
Probenlängsachse in Hauptumformrichtung; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse senkrecht zur Ebene der Quer- und Längsrichtung.

Querproben (Q):
Probenlängsachse quer zur Hauptumformrichtung; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse senkrecht zur Ebene der Quer- und Längsrichtung.

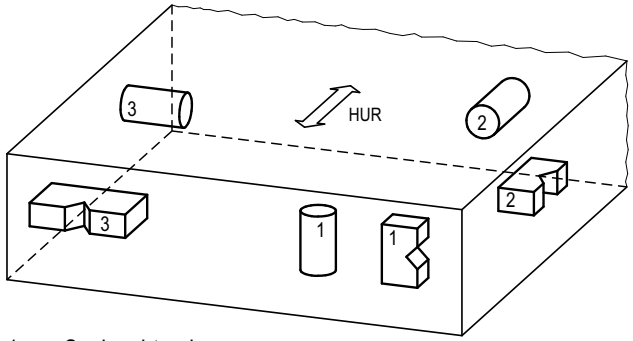
Senkrechtproben (S):
Probenlängsachse senkrecht zur Ebene der Quer- und Längsrichtung; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse in Hauptumformrichtung.

b) Bezeichnung nach der Richtung zur Erzeugnisgestalt:

Axialproben (A):
Probenlängsachse parallel zur Rotationssymmetrieachse; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse senkrecht zur zylindrischen Oberfläche.

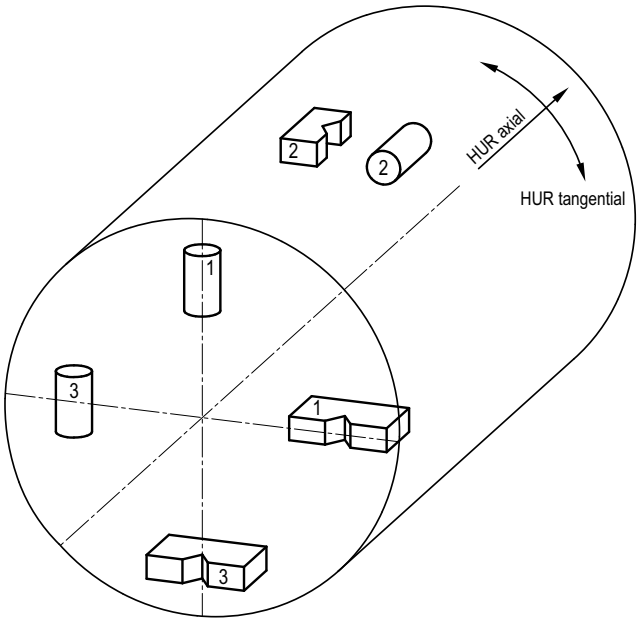
Tangentialproben (T):
Probenlängsachse in Umfangsrichtung; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse senkrecht zur zylindrischen Oberfläche.

Radialproben (R):
Probenlängsachse senkrecht zur zylindrischen Oberfläche; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse in Hauptumformrichtung.



1: Senkrechtprobe
2: Längsprobe
3: Querprobe
HUR: Hauptumformrichtung

Bild 4-1: Bezeichnung der Probenrichtungen bei Flacherzeugnissen



Probe Nr.	Probenrichtung bezogen auf		
	Erzeugnis-gestalt	Hauptumformrichtung (HUR)	
		tangential	axial
1	radial	senkrecht	senkrecht
2	axial	quer	längs
3	tangential	längs	quer

Bild 4-2: Bezeichnung der Probenrichtungen bei rotationssymmetrischen Erzeugnisformen

4.4.2 Lage der Proben in den Erzeugnisformen

Die Probenlage darf hinsichtlich der Tiefe unter der Oberfläche durch die Lage der Probenachse, hinsichtlich des Abstandes vom Rand durch die Lage des Prüfquerschnitts gekennzeichnet werden. Weitere Einzelheiten sind in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten festgelegt.

4.4.3 Größe der Probenabschnitte

(1) Für die Probennahme ist eine ausreichende Werkstoffmenge vorzusehen, so dass außer zum Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften eine genügende Menge Werkstoff für Ersatzproben zur Verfügung steht.

(2) Werden für zusätzliche Untersuchungen weitere Probenmengen benötigt, so sind bei der Bestellung Zahl und Abmessung der zusätzlichen Probenabschnitte anzugeben. Bei den Gussstücken sind gegebenenfalls zusätzliche Probenplatten aus den für diese Stücke verwendeten Schmelzen bereitzuhalten.

4.4.4 Kennzeichnung der Probenabschnitte und der Proben

Für die Abnahmeprüfungen sind die Probenabschnitte vor der Entnahme aus der Erzeugnisform sowie die Proben vor der Entnahme aus dem Probenabschnitt leserlich und eindeutig zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung der Probe muss eine genaue Zuordnung hinsichtlich ihrer Lage in der Erzeugnisform gestatten.

4.4.5 Wärmebehandlungszustände der Proben

(1) Alle Probenabschnitte sind an der Erzeugnisform mit dieser zusammen wärmezubehandeln (Normalglühen, Vergüten, Lösungsglühen und Abschrecken).

(2) Werden die Erzeugnisformen nicht in dem für die Einstellung der Eigenschaften maßgeblichen Wärmebehandlungszustand ausgeliefert, sondern erst im Laufe der Weiterverarbeitung dieser Wärmebehandlung unterzogen, hat die Erprobung beim Werkstoffhersteller an Proben aus entsprechend wärmebehandelten Probenabschnitten zu erfolgen.

Hinweis:
Sofern bei der Begutachtung keine anderen Festlegungen getroffen worden sind, ist das Spannungsarmglühen keine für die Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften maßgebliche Wärmebehandlung.

(3) Falls in **Anhang A** oder im Gutachten des Sachverständigen ein simulierendes Spannungsarmglühen gefordert wird, ist dieses nach den dort festgelegten Bedingungen durchzuführen.

4.4.6 Prüfungen und anzuwendende Prüfverfahren

4.4.6.1 Grundsätzliches

(1) Falls in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten die Durchführung der nachfolgend genannten Prüfungen gefordert wird, und soweit dort nicht ausdrücklich etwas anderes festgelegt ist, gelten folgende Regelungen.

(2) Die für die Werkstoffprüfung notwendigen Angaben, die sich aus der Einstufung in Prüf- und Werkstoffgruppen nach KTA 3211.2 ergeben, sind dem Werkstoff- oder Erzeugnisformhersteller in der Bestellung anzugeben.

4.4.6.2 Chemische Analyse

(1) Die Massenanteile der für den jeweiligen Werkstoff spezifizierten Elemente sind im Rahmen der Schmelzen- und Stückanalysen zu ermitteln.

(2) Für die Probenahme und Probenvorbereitung gilt DIN EN ISO 14284.

(3) Im Schiedsfall ist die chemische Zusammensetzung nach dem vom Chemikerausschuss des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute erarbeiteten Prüfverfahren (siehe Handbuch für das Eisenhüttenlaboratorium [1]) zu ermitteln.

4.4.6.3 Härteprüfung

(1) Die Härteprüfungen sind nach DIN EN ISO 6506-1 und DIN EN ISO 6506-4 oder nach DIN EN ISO 6507-1 und DIN EN ISO 6507-4 durchzuführen.

(2) Mit Zustimmung des Sachverständigen dürfen auch andere Härteprüfverfahren angewendet werden.

4.4.6.4 Zugversuch

Der Zugversuch ist nach DIN EN ISO 6892-1 und DIN EN ISO 6892-2 durchzuführen. Bei Anwendung des Verfahrens A sollen die in der Norm empfohlenen Dehngeschwindigkeiten verwendet werden. Es dürfen auch Zugproben nach DIN 50125 verwendet werden.

4.4.6.5 Kerbschlagbiegeversuch

Der Kerbschlagbiegeversuch ist nach DIN EN ISO 148-1 an Proben mit V-Kerb unter Verwendung einer Hammerfinne mit 2 mm Radius (KV_2) durchzuführen. Es ist ein Satz aus drei Proben zu prüfen. 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.

4.4.6.6 Schlagenergie-Temperatur-Kurven

(1) Zur Ermittlung von Schlagenergie-Temperatur-Kurven sind bei Erzeugnisformen der Prüfgruppen A 1 und A 2 Kerbschlagbiegeversuche gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei mindestens vier Temperaturen durchzuführen.

(2) Die Temperaturen sind so zu wählen, dass die Hochlage der Schlagenergie, gekennzeichnet durch einen Anteil der matten Bruchfläche an der Gesamtbruchfläche von rund 100 %, und der Übergang zu verformungsarmem Bruchverhalten, gekennzeichnet durch einen Anteil der matten Bruchfläche an der Gesamtbruchfläche von rund 50 %, erfasst werden.

(3) Je Prüftemperatur ist ein Probensatz aus drei Proben zu prüfen. Bei allen zur Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurven verwendeten Kerbschlagproben ferritischer Stähle sind die seitliche Breitung und der Anteil der matten Bruchfläche an der Gesamtbruchfläche gemäß DIN EN ISO 148-1 zu ermitteln.

4.4.6.7 Technologische Prüfungen an Rohren

Die technologischen Prüfungen an Rohren sind nach:

DIN EN ISO 8492 - Ringfaltversuch oder

DIN EN ISO 8493 - Aufweitversuch oder

DIN EN ISO 8495 - Ringaufdornversuch oder

DIN EN ISO 8496 - Ringzugversuch

durchzuführen.

4.4.6.8 Metallographische Untersuchungen

(1) Zur Ermittlung des Gefügezustandes sind Schliffbilder mit einer Vergrößerung anzufertigen, die eine eindeutige Beurteilung zulässt.

(2) Die Korngrößenkennzahl ist nach DIN EN ISO 643 zu ermitteln.

4.4.6.9 Ermittlung des Deltaferritgehaltes

(1) Soweit in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten gefordert, ist der Deltaferritgehalt von Erzeugnissen aus austenitischen Stählen oder austenitischem Stahlguss nach einem der folgenden Verfahren zu ermitteln:

a) durch metallographische Ermittlung im Lieferzustand,

b) durch metallographische Ermittlung an der Aufschmelzprobe,

c) durch rechnerische Abschätzung nach dem Verfahren von De Long [2] aus der chemischen Zusammensetzung.

(2) In den erzeugnisformbezogenen Abschnitten ist angegeben, welches der unter (1) a) bis c) genannten Verfahren anzuwenden ist.

(3) Ergeben sich bei der rechnerischen Abschätzung Ferritnummern kleiner als 3, muss der Deltaferritgehalt zusätzlich metallographisch an der Aufschmelzprobe ermittelt werden.

(4) Einzelheiten zur Durchführung der unter (1) a) bis c) genannten Verfahren sind im **Anhang C** geregelt.

(5) Das jeweils angewendete Verfahren ist im Gütenachweis anzugeben.

4.4.6.10 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

Die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion ist nach DIN EN ISO 3651-2 nachzuweisen.

4.4.6.11 Verwechslungsprüfung

(1) Verwechslungsprüfungen sind mit einem spektrometrischen Verfahren durchzuführen.

(2) Bei Stücken, die einer Stückanalyse unterzogen wurden, ist es zulässig, diese als Verwechslungsprüfung anzuerkennen.

4.4.6.12 Maßprüfung

Vor der Auslieferung der Erzeugnisse sind die in der Bestellung angegebenen Maße einschließlich der Toleranzen zu überprüfen.

4.4.6.13 Besichtigung

Alle Erzeugnisse sind bei der Abnahme einer Besichtigung zu unterziehen. Dabei ist

a) die Übereinstimmung der Erzeugnisoberfläche mit der erforderlichen Oberflächenbeschaffenheit unter Berücksichtigung von gegebenenfalls nachfolgender Oberflächenbeschichtung,

b) die Erzeugnisoberfläche im Hinblick auf Oberflächenunregelmäßigkeiten,

c) die Übereinstimmung der Erzeugnisse mit der vorgegebenen Stückzahl und der Kennzeichnung und

d) die Erzeugnisoberfläche auf Übereinstimmung mit den vorgegebenen Sauberkeitsanforderungen

zu prüfen.

4.4.6.14 Zerstörungsfreie Prüfungen

Es gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 11.

4.5 Wiederholung von Prüfungen

(1) Prüfergebnisse, die auf eine nicht ordnungsgemäße Probenentnahme oder Vorbereitung der Proben (Probensätze) oder auf eine nicht ordnungsgemäße Durchführung der Prüfung oder auf eine zufällige eng begrenzte Fehlstelle in einer Probe zurückzuführen sind, sind ungültig. Die Prüfung ist zu wiederholen.

(2) Sofern die Ergebnisse einer ordnungsgemäßen Prüfung den vorgeschriebenen Forderungen nicht genügen, ist wie folgt zu verfahren:

a) Losweise Prüfung

  aa) Das Stück, aus dem die nicht genügenden Proben (Probensätze) entnommen wurden, ist aus dem Los auszuscheiden. An seine Stelle sind dem Los zwei weitere Stücke zu entnehmen, an denen die geforderten Prüfungen zu wiederholen sind.

  ab) Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die Ergebnisse der Wiederholungsprüfungen die Forderungen erfüllen.

  ac) Das Los ist zurückzuweisen, wenn ein Ergebnis der beiden Wiederholungsprüfungen die Forderungen nicht erfüllt. Es darf jedoch an jedem einzelnen Stück des Loses die Eigenschaft, die nicht bedingungsgemäß war, nachgeprüft werden.

b) Einzelprüfung

  ba) Für jede nicht genügende Probe (Probensatz) sind zwei weitere Proben (Probensätze) vom gleichen Entnahmeort zu prüfen.

  bb) Die Ergebnisse beider Prüfungen müssen den Forderungen genügen.

(3) Kann der Grund für das Nichtgenügen einer Prüfung durch eine entsprechende Wärmebehandlung beseitigt wer-

den, so darf erneut wärmebehandelt werden, worauf die Prüfeinheit erneut zur Prüfung vorzustellen ist.

(4) Der Ursache für das ungenügende Ergebnis der ersten Prüfung ist nachzugehen.

5 Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W I

5.1 Flacherzeugnisse

5.1.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) Stahlsorten nach Abschnitt A 1 und

b) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.1 erfüllen.

5.1.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

(1) Flacherzeugnisse mit Nenndicken gleich oder größer als 15 mm, die senkrecht zur Walzoberfläche beansprucht werden, müssen mindestens der Güteklasse Z35 nach DIN EN 10164 entsprechen. Dies ist bei der Bestellung anzugeben.

(2) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder größer als 150 mm darf in Flacherzeugnisdickenmitte bei 80 °C der kleinste Einzelwert der Schlagenergie (Querproben) 68 J nicht unterschreiten.

(3) Bei Verwendung von Flacherzeugnissen für Rohrböden gelten zusätzlich für Normproben senkrecht zur Flacherzeugnisoberfläche bei Raumtemperatur für die Kennwerte Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze und Zugfestigkeit die gleichen Forderungen wie für Proben längs oder quer zur Hauptwalzrichtung. Dies ist bei der Bestellung anzugeben.

(4) Die Oberflächenbeschaffenheit muss den Festlegungen nach DIN EN 10163-2 Klasse B Untergruppe 3 genügen.

5.1.3 Prüfung

5.1.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Probenentnahmeorte sind in Abschnitt A 1 festgelegt.

(2) Für den Zugversuch bei Raumtemperatur sind zu entnehmen:

a) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder kleiner als 40 mm Flachzugproben mit beiden Walzoberflächen.

b) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 40 mm Flachzugproben mindestens 40 mm dick mit mindestens einer belassenen Walzoberfläche.

(3) Für den Zugversuch bei erhöhter Temperatur sind zu entnehmen:

a) bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken kleiner als 12 mm Flachzugproben oder Rundzugproben,

b) bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder größer als 12 mm bis einschließlich 40 mm Rundzugproben,

c) bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 40 mm Rundzugproben mit der Probenachse in einem Viertel der Nenndicke unter der Walzoberfläche (Prüfdurchmesser gleich oder größer als 10 mm).

(4) Für den Kerbschlagbiegeversuch gilt:

Bei den Proben für den Kerbschlagbiegeversuch ist bei Nenndicken gleich oder kleiner als 40 mm eine Probenseite möglichst nahe an die Walzoberfläche zu legen. Bei Nenndicken über 40 mm soll die Probenachse in einem Abstand von einem Viertel der Erzeugnisformdicke unter der Walzoberfläche liegen.

(5) Für die Zug- und Kerbschlagbiegeversuche sind Querproben zu verwenden.

(6) Proben zur Ermittlung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben sind nach den Festlegungen in DIN EN 10164 zu entnehmen und vorzubereiten.

(7) Für die Ermittlung der Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze und der Zugfestigkeit bei Raumtemperatur an Proben senkrecht zur Flacherzeugnisoberfläche sind Normproben zu verwenden.

5.1.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und

b) je Schmelze an zwei Walztafeln an je einem Probenentnahmeort eine Stückanalyse.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Je Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur.

b) Je Schmelze, Abmessungsbereich und einem Gesamtgewicht von höchstens 30 t ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur. Die Prüftemperatur ist im Abschnitt A 1 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

c) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder größer als 15 mm, je Walztafel Zugversuche nach DIN EN 10164 bei Raumtemperatur zur Ermittlung der Brucheinschnürung, sofern gemäß Abschnitt 5.1.2 (1) die Güteklasse Z35 gefordert ist.

d) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder größer als 5 mm je Probenentnahmeort ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 33 °C oder bei der niedrigsten Betriebstemperatur, sofern diese niedriger als 33 °C ist. Abweichend hiervon ist bei der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 die Schlagenergie bei 0 °C zu ermitteln.

e) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder größer als 10 mm und gleich oder kleiner als 38 mm je Schmelze und Abmessungsbereich sowie gleicher Wärmebehandlung, bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 38 mm je Walztafel an einem Probenentnahmeort Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6. Zwei von mindestens vier Prüftemperaturen müssen 0 °C und die niedrigste Beanspruchungstemperatur sein. Diese Prüfung darf bei Flacherzeugnissen aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 entfallen.

f) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 16 mm je Walztafel an einem Probenentnahmeort ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 zur Ermittlung der Schlagenergie in der Hochlage. Diese Prüfung darf im Rahmen der Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurven durchgeführt werden. Im Allgemeinen ist als Prüftemperatur 80 °C zu wählen. Die Prüfung ist nur in der Prüfgruppe A 1 durchzuführen und darf entfallen, wenn der nach d) ermittelte Wert der Schlagenergie gleich oder größer als 100 J ist.

g) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder größer als 150 mm je Walztafel an einem Probenentnahmeort in Flacherzeugnisdickenmitte bei 80 °C ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5, sofern bei der Begutachtung nichts anderes festgelegt wurde.

(3) Jede Walztafel ist auf Verwechslung zu prüfen.

(4) Jedes Flacherzeugnis ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(5) Jede Walztafel ist auf Maß- und Formhaltigkeit zu prüfen.

(6) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.2, bei Flacherzeugnissen für Rohrböden die Abschnitte 11.1 und 11.4.

5.1.4 Kennzeichnung

(1) Jedes Flacherzeugnis ist mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte (bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164),

c) Schmelzennummer,

d) Probennummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Die Kennzeichnung ist so anzubringen, dass sie aufrecht steht, wenn man in Hauptwalzrichtung blickt.

5.1.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren, der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

5.2 Aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisformen

5.2.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) Stahlsorten nach Abschnitt A 1 und

b) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.1 erfüllen.

5.2.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Es gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 5.1.2 (1), (2) und (4).

5.2.3 Ausgangserzeugnisse

(1) Für die Ausgangserzeugnisse gelten die Festlegungen in Abschnitt 5.1.

(2) Werden die Fertigteile einzeln nach Abschnitt 5.2.4.2 geprüft, dürfen die Prüfungen nach Abschnitt 5.1.3.2 (2) sowie die entsprechenden Nachweise entfallen.

(3) Für die Prüfungen nach Abschnitt 5.1.3.2 (3) bis (5) genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

Hinweis:

Für Schweißverbindungen, die an den Ausgangserzeugnissen ausgeführt werden und die an den Fertigteilen verbleiben, gelten die Festlegungen nach KTA 3211.3.

5.2.4 Prüfung der aus Flacherzeugnissen gekümpelten oder gepressten Erzeugnisformen

5.2.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Prüfungen sind bei Erzeugnisformen mit einem Durchmesser oder einer Länge gleich oder kleiner als 3000 mm an einem Teil je Walztafel und Wärmebehandlungslos durchzuführen. Die Losgröße darf höchstens 10 Teile betragen.

Hinweis:

Die Zuordnung der Teile zur Walztafel kann z. B. über die Probennummer der Ausgangserzeugnisse erfolgen.

(2) Bei Erzeugnisformen mit einem Durchmesser oder einer Länge größer als 3000 mm ist jedes Teil zu prüfen.

(3) Von jedem zu prüfenden Teil ist ein Probenabschnitt, bei Längen oder Durchmessern größer als 6000 mm an der gegenüberliegenden Seite ein weiterer Probenabschnitt zu entnehmen.

(4) Die Probenabschnitte müssen so entnommen werden, dass die Ausarbeitung von Querproben möglich ist. Bei Böden und ähnlichen Teilen sind Abweichungen bis zu 20 Grad von der theoretischen Querrichtung zulässig. Ist das nicht einzuhalten, so ist mit dem Sachverständigen eine andere Probenentnahme zu vereinbaren.

(5) Für den Zugversuch bei Raumtemperatur sowie für den Warmzugversuch sind Rundzugproben mit einem Prüfdurchmesser von gleich oder größer als 10 mm herzustellen. Bei Nenndicken über 40 mm soll die Probenachse in einem Abstand von einem Viertel der Erzeugnisformdicke unter der Walzoberfläche liegen.

Bei Erzeugnisformdicken, die einen Prüfdurchmesser von 10 mm nicht zulassen, ist der größtmögliche Durchmesser zu wählen.

(6) Bei den Proben für den Kerbschlagbiegeversuch ist bei Nennwanddicken gleich oder kleiner als 40 mm eine Probenseite möglichst nahe an die Walzoberfläche zu legen. Bei Nennwanddicken über 40 mm soll die Probenachse in einem Abstand von einem Viertel der Erzeugnisformdicke unter der Walzoberfläche liegen.

5.2.4.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Je Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur.

b) Je Schmelze, Abmessungsbereich und einem Gesamtgewicht von höchstens 30 t ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur. Die Prüftemperatur ist in Abschnitt A 1 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

c) Bei Erzeugnisformen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 15 mm je Walztafel Zugversuche nach DIN EN 10164 bei Raumtemperatur zur Ermittlung der Brucheinschnürung, sofern gemäß Abschnitt 5.1.2 (1) die Güteklasse Z35 gefordert ist. Diese Prüfung darf entfallen, wenn sie bereits an der Walztafel durchgeführt worden und mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 belegt ist.

Hinweis:

Die Zuordnung der Teile zur Walztafel kann z. B. über die Probennummer der Ausgangserzeugnisse erfolgen.

d) Je Probenentnahmeort bei Nennwanddicken gleich oder größer als 5 mm ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 33 °C oder bei der niedrigsten Betriebstemperatur, sofern diese niedriger als 33 °C ist. Abweichend hiervon ist bei der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 die Schlagenergie bei 0 °C zu ermitteln.

e) Bei Erzeugnisformen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm und gleich oder kleiner als 38 mm je

Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos, bei Erzeugnisformen mit Nennwanddicken größer als 38 mm je Walztafel an einem Probenentnahmeort Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6. Zwei von mindestens vier Prüftemperaturen müssen 0 °C und die niedrigste Beanspruchungstemperatur sein. Diese Prüfung darf bei Erzeugnisformen aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 entfallen.

f) Bei Erzeugnisformen mit Nennwanddicken größer als 16 mm an jedem zu prüfenden Teil an einem Probenentnahmeort ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 zur Ermittlung der Schlagenergie in der Hochlage. Diese Prüfung darf im Rahmen der Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurve durchgeführt werden.

   Im Allgemeinen ist als Prüftemperatur 80 °C zu wählen. Die Prüfung ist nur in Prüfgruppe A 1 durchzuführen und darf entfallen, wenn der nach d) ermittelte Wert der Schlagenergie gleich oder größer als 100 J ist.

g) Bei Erzeugnisformen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 150 mm je Probenentnahmeort in Erzeugnisformdickenmitte bei 80 °C ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5, sofern bei der Begutachtung nichts anderes festgelegt wurde.

(2) Jede Erzeugnisform ist auf Verwechslung zu prüfen.

(3) Jede Erzeugnisform ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(4) Jede Erzeugnisform ist auf Maß- und Formhaltigkeit zu überprüfen.

(5) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.3.

5.2.5 Kennzeichnung

(1) Jede Erzeugnisform ist mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers der Erzeugnisform,
b) Stahlsorte (bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164),
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Bei losweiser Prüfung ist die Erzeugnisform, aus der die Proben entnommen worden sind, zusätzlich zu kennzeichnen.

(3) Die Kennzeichnung ist so anzubringen, dass sie aufrecht steht, wenn man in Hauptwalzrichtung der Walztafel blickt.

5.2.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Das Umformverfahren ist im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 anzugeben.

(3) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

5.3 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe

5.3.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) Stahlsorten nach Abschnitt A 2 und
b) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.1 erfüllen.

5.3.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Bei Stücken mit Wärmebehandlungsdicken größer als 150 mm und Wärmebehandlungsgewichten größer als 500 kg darf in Wanddickenmitte bei 80 °C der kleinste Einzelwert der Schlagenergie (Querproben) 68 J nicht unterschreiten.

Hinweis:

Unter der Wärmebehandlungsdicke und dem Wärmebehandlungsgewicht versteht man die Wanddicke und das Stückgewicht der Erzeugnisformen in dem Zustand, in dem die für die Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften maßgebende Wärmebehandlung durchgeführt wird.

5.3.3 Prüfung

5.3.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

5.3.3.1.1 Prüfeinheiten

Sofern im Abschnitt 5.3.3.2 nichts anderes gefordert wird, gilt:

a) Stücke mit Wärmebehandlungsgewichten kleiner als oder gleich 100 kg dürfen zu Prüfeinheiten von je 1000 kg zusammengefasst werden,
b) Stücke mit Wärmebehandlungsgewichten größer als 100 kg und gleich oder kleiner als 500 kg aus der gleichen Schmelze, mit ähnlichen Abmessungen und aus dem gleichen Wärmebehandlungslos sind zu Prüfeinheiten mit höchstens 10 Teilen zusammenzufassen und
c) Stücke mit Wärmebehandlungsgewichten größer als 500 kg sind einzeln zu prüfen.

5.3.3.1.2 Probenentnahmeorte

(1) Bei geschmiedeten Hohlteilen, z. B. für Schüsse, Stutzen oder Armaturengehäuse sind in Abhängigkeit vom Innendurchmesser D_i an einer Stirnseite bei D_i gleich oder kleiner als 500 mm von einem Probenentnahmeort, bei D_i zwischen 500 mm und 2000 mm von zwei um 180 Grad versetzten Probenentnahmeorten und bei D_i größer als 2000 mm von drei um 120 Grad versetzten Probenentnahmeorten Proben zu entnehmen.

(2) An der gegenüberliegenden Stirnseite sind bei normalgeglühten oder luftvergüteten Schmiedestücken mit einer Fertiglänge von mehr als 5000 mm und bei flüssigkeitsvergüteten Schmiedestücken mit einer Fertiglänge von mehr als 2000 mm Proben von einem Probenentnahmeort zu entnehmen. Dabei soll bei Stücken mit Innendurchmessern kleiner als oder gleich 500 mm dieser Probenentnahmeort gegenüber demjenigen auf der anderen Stirnseite um 180 Grad versetzt sein (siehe **Bilder 5.3-1** und **5.3-2**).

Hinweis:

Unter der Fertiglänge versteht man die Länge der Erzeugnisform bei der maßgebenden Wärmebehandlung, verringert um die Länge der Probenabschnitte.

(3) Bei nahtlos gewalzten oder geschmiedeten Ringen oder Flanschen sind Proben vom Umfang oder von der Stirnseite des Blattes zu entnehmen. Sie dürfen auch von der Stirnseite des Anschweißendes entnommen werden, wenn die Wärmebehandlungswanddicke des Anschweißendes gleich der des Blattes ist. Bei Innendurchmessern D_i gleich oder größer als 1000 mm sind von einem Probenentnahmeort, bei D_i zwischen 1000 mm und 2000 mm von zwei um 180 Grad versetzten und bei D_i größer als 2000 mm von drei um 120 Grad versetzten Probenentnahmeorten Proben zu entnehmen (siehe **Bild 5.3-3**).

(4) Bei Platten, z. B. für Rohrböden, Rohrplatten oder Blinddeckel, mit Wärmebehandlungsgewichten von kleiner als 1000 kg sind von einem Probenentnahmeort Proben zu entnehmen. Dabei ist, soweit aufgrund des angewendeten Schmiedeverfahrens möglich, der Kopf- oder Fußbereich zu erfassen (siehe **Bild 5.3-4**).

(5) Bei Platten mit Wärmebehandlungsgewichten von gleich oder größer als 1000 kg sind von zwei Probenentnahmeorten Proben zu entnehmen. Dabei sind, soweit es aufgrund des angewendeten Schmiedeverfahrens möglich ist, Kopf- und Fußbereich zu erfassen (siehe **Bild 5.3-4**).

(6) Bei Stäben sind in Abhängigkeit des Durchmessers D der Stäbe an einer Stirnseite bei D kleiner als oder gleich 500 mm von einem Probenentnahmeort, bei D größer als 500 mm von zwei um 180 Grad versetzten Probenentnahmeorten Proben zu entnehmen.

(7) Bei

a) normalgeglühten oder luftvergüteten Stäben mit einer Fertiglänge von größer als 5000 mm und

b) flüssigkeitsvergüteten Stäben mit einer Fertiglänge von größer als 2000 mm

sind Proben an der gegenüberliegenden Stirnseite von einem Probenentnahmeort zu entnehmen. Bei Durchmessern der Stäbe kleiner als oder gleich 500 mm soll dieser Probenentnahmeort gegenüber dem Probenentnahmeort auf der anderen Stirnseite um 180 Grad versetzt sein.

5.3.3.1.3 Probenentnahmetiefe

(1) Bei normalgeglühten und luftvergüteten Teilen müssen die Proben mindestens aus einem Viertel der maßgebenden Wärmebehandlungsdicke, höchstens jedoch 80 mm unter den Wärmebehandlungsoberflächen entnommen werden.

(2) Bei flüssigkeitsvergüteten Teilen, ausgenommen Platten mit Wärmebehandlungsdicken größer als 320 mm, müssen die Proben mindestens aus einem Viertel der maßgebenden Wärmebehandlungsdicke, höchstens jedoch 80 mm unter der maßgebenden Wärmebehandlungsoberfläche und mindestens aus der Mitte der maßgebenden Wärmebehandlungsdicke (s/2), höchstens jedoch 160 mm unter den übrigen Oberflächen entnommen werden.

(3) Bei flüssigkeitsvergüteten Platten mit Wärmebehandlungsdicken größer als 320 mm müssen die Proben mindestens 80 mm unter den Wärmebehandlungsoberflächen entnommen werden.

(4) Bei Teilen mit einer maßgebenden Wärmebehandlungsdicke größer als 150 mm und einem Wärmebehandlungsgewicht größer als 500 kg müssen zusätzlich an einem Probenentnahmeort Proben aus der Mitte der maßgebenden Wärmebehandlungsdicke (s/2) entnommen werden.

Hinweis:

Bei Platten für Rohrböden wird die Erfüllung dieser Forderung an die Schlagenergie in Wanddickenmitte bei der Begutachtung nachgewiesen.

5.3.3.1.4 Probenrichtung

(1) Für Zugversuche und Kerbschlagbiegeversuche sind Querproben zu entnehmen, sofern dies geometrisch möglich und im Abschnitt A 2 oder im Gutachten des Sachverständigen nichts anderes festgelegt ist.

(2) Hiervon abweichend dürfen bei Stäben Längsproben oder Axialproben entnommen werden und zwar für Zugversuche, wenn der Durchmesser oder die größte Länge einer Querschnittskante kleiner als 160 mm ist, oder für Kerbschlagbiegeversuche, wenn der Durchmesser oder die größte Länge einer Querschnittskante kleiner 68 mm ist.

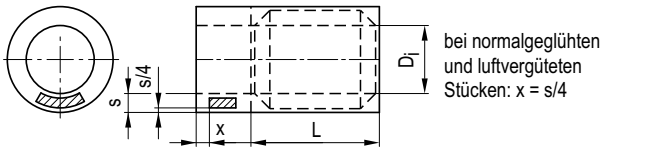
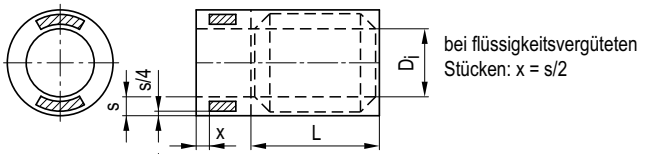
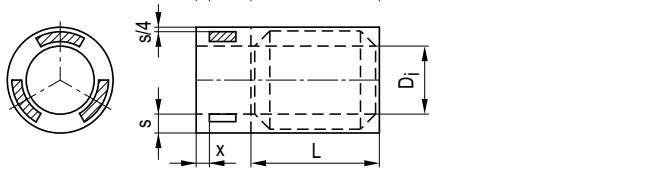
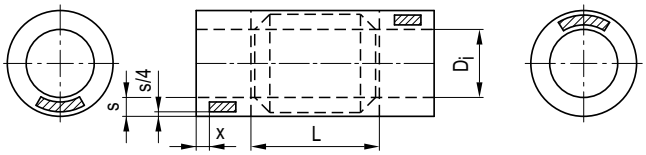
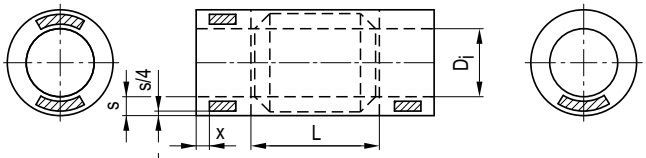
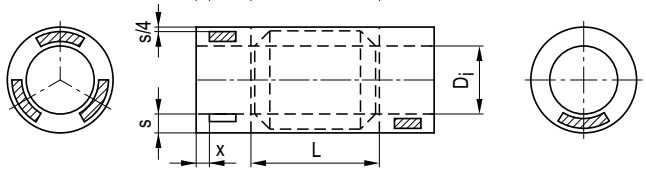
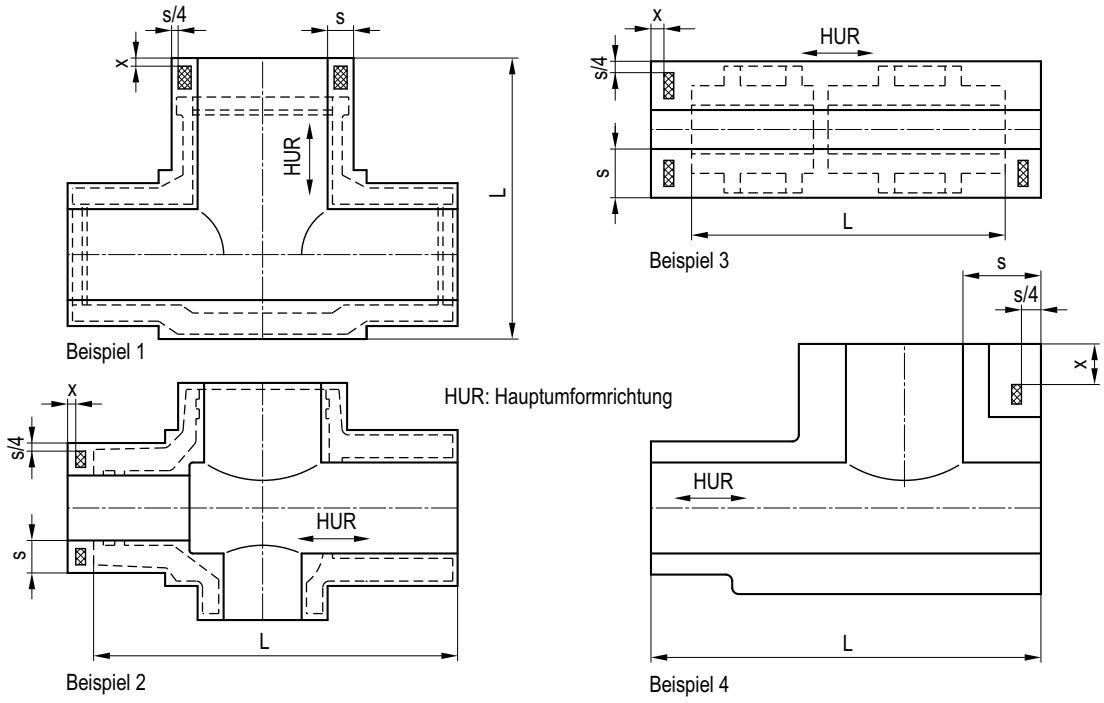
Lfd. Nr.	Fertiglänge	Innendurchmesser D_i	Beispiele für Probenentnahme
1	Normalgeglühte und luftvergütete Teile: $L \leq 5000$ mm Flüssigkeitsvergütete Teile: $L \leq 2000$ mm	≤ 500 mm	
2		> 500 mm bis ≤ 2000 mm	
3		> 2000 mm	
4	Normalgeglühte und luftvergütete Teile: $L > 5000$ mm Flüssigkeitsvergütete Teile: $L > 2000$ mm	≤ 500 mm	
5		> 500 mm bis ≤ 2000 mm	
6		> 2000 mm	

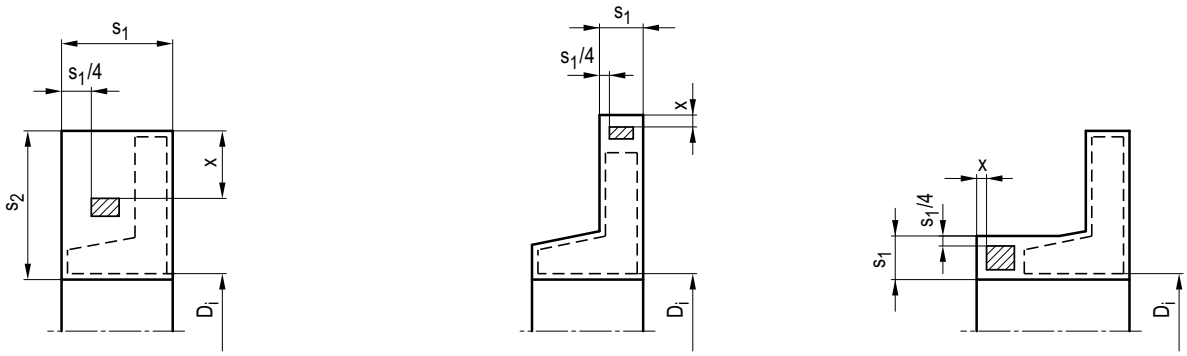
Bild 5.3-1: Beispiele für die Probenentnahme an geschmiedeten Hohlteilen



bei flüssigkeitsvergüteten Teilen: x = s/2

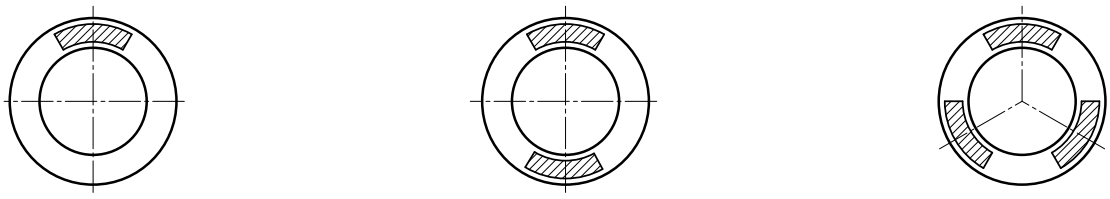
bei normalgeglühten oder luftvergüteten Teilen: x = s/4

Bild 5.3-2: Beispiele für die Probenentnahme an geschmiedeten Armaturengehäusen



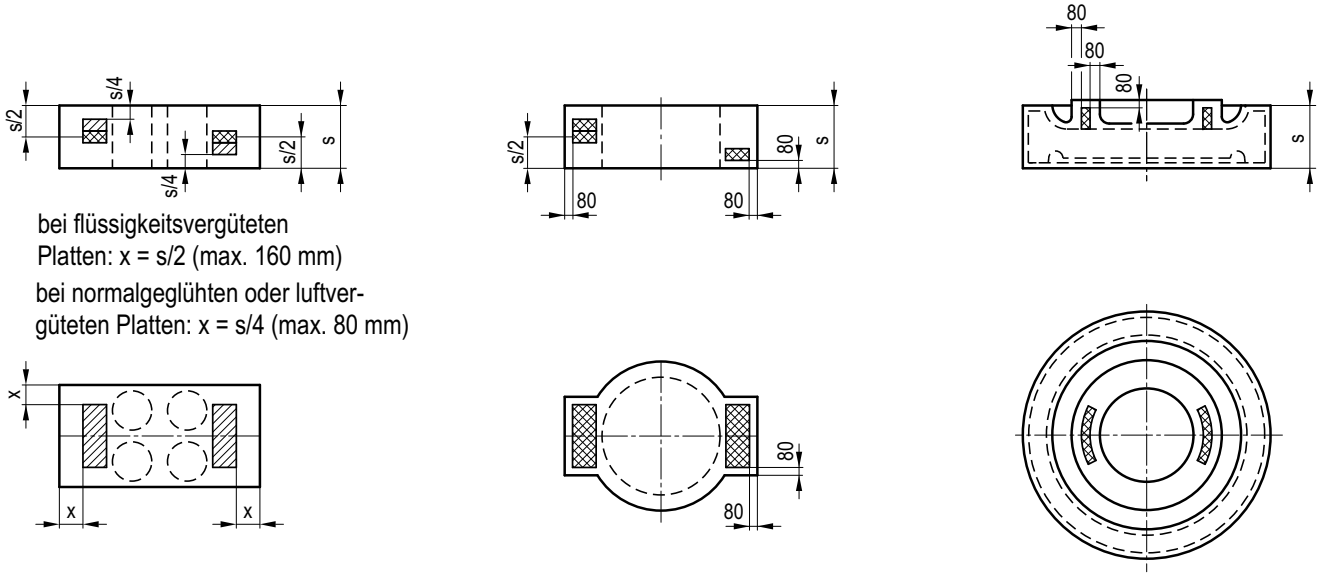
bei flüssigkeitsvergüteten Teilen: $x = s_1/2$
bei normalgeglühten oder luftvergüteten Teilen: $x = s_1/4$

a) Beispiele für die Probenentnahme



b) Verteilung der Probenentnahmeorte auf dem Umfang oder an der Stirnseite in Abhängigkeit vom Innendurchmesser

Bild 5.3-3: Beispiele für die Probenentnahme an nahtlos gewalzten oder geschmiedeten Ringen oder Flanschen



bei flüssigkeitsvergüteten Platten: x = s/2 (max. 160 mm)
bei normalgeglühten oder luftvergüteten Platten: x = s/4 (max. 80 mm)

a) Probenentnahme für Platten mit s ≤ 320 mm

b) Probenentnahme für Platten mit s > 320 mm

c) Probenentnahme für Platten mit s > 320 mm

—— Vergütungskontur – – – Lieferkontur ▨ Probenabschnitt

Bild 5.3-4: Beispiele für die Probenentnahme an geschmiedeten Platten

5.3.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse,

b) je Schmelze an zwei getrennt hergestellten Stücken an einem Probenentnahmeort eine Stückanalyse und

c) bei Stückgewichten gleich oder größer als 5000 kg an jedem Stück eine Stückanalyse.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Bei Stücken, die zu Prüfeinheiten zusammengefasst werden, je Stück eine Härteprüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit.

Hinweis:

Der Nachweis der Gleichmäßigkeit gilt als erbracht, wenn der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Härtewert innerhalb einer Prüfeinheit nicht größer ist als 30 HB-Einheiten.

b) Je Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur.

c) Für Stücke ähnlicher Abmessung je Schmelze und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur. Die Prüftemperatur ist in Abschnitt A 2 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

d) Je Probenentnahmeort ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 33 °C oder bei der niedrigsten Betriebstemperatur, sofern diese niedriger als 33 °C ist. Abweichend hiervon ist bei der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 die Schlagenergie bei 0 °C zu ermitteln.

e) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6

ea) bei Stücken mit Wärmebehandlungsgewichten gleich oder kleiner als 500 kg je Schmelze und Wärmebehandlungslos und

eb) bei Stücken mit Wärmebehandlungsgewichten größer als 500 kg je Stück an einem Probenentnahmeort.

Zwei der mindestens vier Prüftemperaturen müssen 0 °C und die niedrigste Beanspruchungstemperatur sein. Diese Prüfung darf bei Stücken aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 mit Wanddicken kleiner als oder gleich 150 mm entfallen.

f) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 zum Nachweis der Schlagenergie in der Hochlage bei Stücken mit Wärmebehandlungsgewichten von gleich oder größer als 150 kg im normalgeglühten oder luftvergüteten Zustand und gleich oder größer als 50 kg im flüssigkeitsvergüteten Zustand je Prüfeinheit an einem Probenentnahmeort. Es ist nachzuweisen, dass der kleinste Einzelwert der Schlagenergie in der Hochlage gleich oder größer als 100 J ist. Diese Prüfung darf im Rahmen der Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurven durchgeführt werden. Im Allgemeinen ist 80 °C als Prüftemperatur zu wählen. Die Prüfung ist nur in der Prüfgruppe A 1 durchzuführen und darf entfallen, wenn der nach d) ermittelte Wert der Schlagenergie gleich oder größer als 100 J ist. Bei Stücken aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 mit Wanddicken kleiner als oder gleich 150 mm darf diese Prüfung entfallen.

g) Bei Stücken mit Wärmebehandlungsgewichten größer als 500 kg und Wärmebehandlungsdicken größer als 150 mm an einem Probenentnahmeort in Dickenmitte bei 80 °C ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5, sofern bei der Begutachtung nichts anderes festgelegt wurde.

(3) Jedes Stück ist auf Verwechslung zu prüfen.

(4) Jedes Stück ist im Auslieferungszustand einer Besichtigung zu unterziehen.

(5) An jedem Stück ist eine Maßprüfung durchzuführen.

(6) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.4.

5.3.4 Kennzeichnung

(1) Jedes Stück ist mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte,

c) Schmelzennummer,

d) Probennummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Bei losweiser Prüfung ist das Stück, an dem die Proben entnommen worden sind, zusätzlich zu kennzeichnen.

5.3.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren, der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

5.4 Nahtlose Rohre größer als DN 50

5.4.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose, gewalzte oder gepresste Rohre größer als DN 50

Hinweis:

Für geschmiedete Rohre gilt Abschnitt 5.3.

(2) Die Festlegungen dieses Abschnittes gelten auch für Rohre gleich oder kleiner als DN 50, wenn aus solchen Rohren Rohrbogen größer als DN 50 hergestellt werden.

(3) Die Festlegungen dieses Abschnittes gelten nicht für Rohre für Behältermäntel.

5.4.2 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) Stahlsorten nach Abschnitt A 3 und

b) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen nach Abschnitt 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.1 erfüllen.

5.4.3 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Rohre mit Nennwanddicken von gleich oder größer als 15 mm, die senkrecht zur Oberfläche beansprucht werden, müssen mindestens der Güteklasse Z35 nach DIN EN 10164 entsprechen. Dies ist bei der Bestellung anzugeben.

5.4.4 Prüfung

5.4.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Rohre sind in Herstelllängen zu prüfen.

(2) Die Proben sind von den Enden der Herstelllängen zu entnehmen.

(3) Für Zugversuche und Kerbschlagbiegeversuche sind Querproben zu entnehmen. Ist dies nicht möglich, dürfen Längsproben entnommen werden.

(4) Kerbschlagbiegeversuche sind nur bei Rohren mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm durchzuführen.

(5) Für Zugversuche an Rundzugproben und für Kerbschlagbiegeversuche sind die Probenabschnitte so zu entnehmen, dass sie in einem Viertel der Wanddicke unter der Außenoberfläche und in der Hälfte der Wanddicke unter der Stirnfläche oder so nahe wie möglich an diesem Ort liegen.

(6) Proben zur Ermittlung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben sind am gleichen Ort zu entnehmen wie die Proben für den Zugversuch bei Raumtemperatur.

5.4.4.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und

b) je Schmelze an zwei Herstelllängen je eine Stückanalyse.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Zugversuche bei Raumtemperatur für je 20 Herstelllängen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung
   aa) bei Rohren aus normalgeglühten oder luftvergüteten Stählen an einer Herstelllänge an einem Ende und
   ab) bei Rohren aus flüssigkeitsvergüteten Stählen an einer Herstelllänge an beiden Enden.

b) Ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung, falls die Auslegungstemperatur höher ist als 100 °C. Die Prüftemperatur ist im Abschnitt A 3 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

c) Zugversuche bei Raumtemperatur gemäß DIN EN 10164 an Senkrechtproben zur Ermittlung der Brucheinschnürung bei Rohren mit Nennwanddicken gleich oder größer als 15 mm je 20 Herstelllängen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einem Probenentnahmeort, sofern gemäß Abschnitt 5.4.3 die Güteklasse Z35 gefordert ist. Bei Stahlsorten, für die bei der Werkstoffbegutachtung nachgewiesen wurde, dass der Mittelwert der Brucheinschnürung mindestens 45 % und kein Einzelwert kleiner als 35 % ist, darf diese Prüfung entfallen.

d) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 33 °C oder bei der niedrigsten Betriebstemperatur, sofern diese niedriger ist als 33 °C, bei Rohren aus normalgeglühten oder luftvergüteten Stählen mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 38 mm je 20 Herstelllängen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einem Ende einer Herstelllänge und bei Rohren mit Nennwanddicken größer als 38 mm an einem Ende jeder Herstelllänge. Bei Rohren aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 ist als Prüftemperatur 0 °C vorzusehen.

e) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 33 °C oder bei der niedrigsten Betriebstemperatur, sofern diese niedriger ist als 33 °C, bei Rohren aus flüssigkeitsvergüteten Stählen mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 16 mm je 20 Herstelllängen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einer Herstelllänge an beiden Enden und bei Rohren und Nennwanddicken größer als 16 mm an jeder Herstelllänge an beiden Enden.

f) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Rohren mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einer Herstelllänge an einem Ende. Zwei der mindestens vier Prüftemperaturen müssen 0 °C und die niedrigste Beanspruchungstemperatur sein. Diese Prüfung darf bei Rohren aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 entfallen.

g) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 zur Ermittlung der Schlagenergie in der Hochlage bei Rohren aus normalgeglühten und luftvergüteten Stählen mit Nennwanddicken größer als 38 mm sowie bei Rohren aus flüssigkeitsvergüteten Stählen mit Nennwanddicken größer als 16 mm an jeder Herstelllänge an einem Ende. Diese Prüfung darf im Rahmen der Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurven durchgeführt werden. Im Allgemeinen ist 80 °C als Prüftemperatur zu wählen. Diese Prüfung ist nur in der Prüfgruppe A 1 durchzuführen und darf entfallen, wenn der nach d) oder e) ermittelte Wert der Schlagenergie gleich oder größer als 100 J ist.

h) Technologische Prüfungen nach **Tabelle 5.4-1** bei Rohren mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 40 mm an jeder Herstelllänge an beiden Enden.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.5.1.

(4) Jedes Rohr ist auf Verwechslung zu prüfen.

(5) Bei jedem Rohr sind die innere und die äußere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) An jedem Rohr sind an beiden Enden Durchmesser und Wanddicke auf Maßhaltigkeit zu überprüfen.

(7) Jedes Rohr ist nach DIN EN 10216-2 auf Dichtheit zu prüfen.

Nennwanddicke s der Rohre in mm	Außendurchmesser (Nennmaß) der Rohre in mm	
	≤ 146	> 146
s < 2	Ringfaltversuch	—
2 ≤ s ≤ 16	Ringaufdornversuch [1]	Ringzugversuch
16 < s ≤ 40	Ringfaltversuch	Ringzugversuch

[1] Es darf auch der Aufweitversuch durchgeführt werden.

Tabelle 5.4-1: Abmessungsbereiche für die Anwendung der technologischen Prüfungen an Rohren

5.4.5 Kennzeichnung

(1) Jedes Rohr ist 300 mm vom Ende mit folgenden Angaben an beiden Enden zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte, bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164, und

c) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Jedes Rohr ist zusätzlich mit folgenden Angaben an einem Ende zu kennzeichnen:

a) Schmelzennummer und

b) Rohrnummer.

5.4.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung, der Dichtheitsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren, der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten

und Abkühlbedingungen sowie Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

5.5 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50

5.5.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose Rohrbogen, die durch Kalt- oder Warmumformung mit anschließender Wärmebehandlung (Normalglühen, Vergüten) hergestellt werden (Einschweißbogen).

(2) Dieser Abschnitt gilt nicht für Rohrbiegungen, die mit Induktivbiegemaschinen oder durch Kaltumformen mit oder ohne anschließende Wärmebehandlung hergestellt werden. Für diese Rohrbiegungen gilt Abschnitt 6 von KTA 3211.3.

5.5.2 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) Stahlsorten nach Abschnitt A 3 und

b) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.1 erfüllen.

(3) Für die fertigen Rohrbogen gelten die Werte der mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt A 3 auch dann, wenn geschmiedete Hohlteile als Ausgangserzeugnisse verwendet werden.

5.5.3 Ausgangserzeugnisse

(1) Als Ausgangserzeugnisse sind grundsätzlich geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 5.3 oder nahtlose Rohre nach Abschnitt 5.4 zu verwenden.

(2) Es dürfen auch Ausgangserzeugnisse verwendet werden, die nicht vollständig nach den Festlegungen in den Abschnitten 5.3 oder 5.4 geprüft und wärmebehandelt wurden, wenn

a) die fertigen Rohrbogen einzeln nach Abschnitt 5.5.4.2 geprüft werden und

b) die zerstörungsfreien Prüfungen der Ausgangserzeugnisse gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.4 oder 11.5.1 vor dem Umformen durchgeführt wurden.

In diesem Fall darf bei den Ausgangserzeugnissen die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der entsprechende Nachweis entfallen. Für die Besichtigung und die Maßprüfung der Ausgangserzeugnisse genügt dann ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

5.5.4 Prüfung der Rohrbogen

5.5.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Proben sind von den Enden der Rohrbogen entsprechend dem Gutachten des Sachverständigen zu entnehmen.

(2) Die Probenabschnitte müssen in einem Viertel der Wanddicke unter der Außenoberfläche und in der Hälfte der Wanddicke unter der Stirnfläche oder so nahe wie möglich an diesem Ort liegen.

(3) Im Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch sind Querproben zu prüfen, sofern diese aus ungerichteten Probenabschnitten entnommen werden können. Ist dies nicht möglich, sind Längsproben zu prüfen.

(4) Kerbschlagbiegeversuche sind nur bei Rohrbogen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm durchzuführen.

(5) Werden Ausgangserzeugnisse verwendet, die nicht vollständig nach den Festlegungen in den Abschnitten 5.3 und 5.4 geprüft und wärmebehandelt worden sind, sind bei Rohrbogen mit einem Bogenmaß größer als 3000 mm, gemessen an der Biegungsaußenseite, Probenabschnitte von beiden Enden zu entnehmen.

(6) In allen anderen Fällen sind Probenabschnitte nur von einem Ende der Rohrbogen zu entnehmen.

(7) Werden die Rohrbogen nicht einzeln geprüft, so sind zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften Prüfeinheiten zu bilden, die aus Rohrbogen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung bestehen.

(8) Für die Zugversuche bei Raumtemperatur und für die Prüfung der Schlagenergie darf die Zahl der Rohrbogen je Prüfeinheit nicht überschreiten:

a) 30 Stück bei Rohrbogen kleiner als DN 200,

b) 20 Stück bei Rohrbogen gleich oder größer als DN 200 bis kleiner als DN 350 und

c) 10 Stück bei Rohrbogen gleich oder größer als DN 350.

5.5.4.2 Prüfumfang

(1) Die chemische Zusammensetzung ist am Ausgangserzeugnis nachzuweisen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Prüfeinheit an einem Rohrbogen für jeden Probenentnahmeort, bei Einzelprüfung an jedem Rohrbogen für jeden Probenentnahmeort.

b) Ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einem Rohrbogen für einen Probenentnahmeort, bei Einzelprüfung an jedem Rohrbogen für einen Probenentnahmeort. Die Prüftemperatur ist im Abschnitt A 3 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

c) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 33 °C oder bei der niedrigsten Betriebstemperatur, sofern diese niedriger ist als 33 °C, bei Rohrbogen aus normalgeglühten und luftvergüteten Stählen mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 38 mm sowie bei Rohrbogen aus flüssigkeitsvergüteten Stählen mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 16 mm je Prüfeinheit an einem Rohrbogen für jeden Probenentnahmeort. Bei größeren Nennwanddicken sowie bei Einzelprüfung ist diese Prüfung je Rohrbogen an jedem Probenentnahmeort durchzuführen. Bei Rohrbogen aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 ist als Prüftemperatur 0 °C vorzusehen.

d) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Rohrbogen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einem Rohrbogen für einen Probenentnahmeort. Zwei der mindestens vier Prüftemperaturen müssen 0 °C und die niedrigste Beanspruchungstemperatur sein. Diese Prüfung darf bei Rohrbogen aus dem Stahl 15 MnNi 6 3 entfallen.

e) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 zur Ermittlung der Schlagenergie in der Hochlage bei Rohrbogen aus normalgeglühten und luftvergüteten Stählen mit Nennwanddicken größer als 38 mm sowie bei Rohrbogen aus flüssigkeitsvergüteten Stählen mit Nennwanddicken größer als 16 mm an jedem Bogen für einen Probenentnahmeort. Diese Prüfung darf im Rahmen der Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurven durchgeführt werden. Im Allgemeinen ist 80 °C als Prüftemperatur zu wählen. Die Prüfung ist nur in der Prüfgruppe A 1 durchzuführen und darf entfallen, wenn der nach c) ermittelte Wert der Schlagenergie gleich oder größer als 100 J ist.

f) Bei Rohrbögen, die zu Prüfeinheiten zusammengefasst werden, je Rohrbogen eine Härteprüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit.

Hinweis:
Der Nachweis der Gleichmäßigkeit gilt als erbracht, wenn der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Härtewert innerhalb einer Prüfeinheit nicht größer ist als 30 HB-Einheiten.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.6.1.

(4) Jeder Rohrbogen ist auf Verwechslung zu prüfen.

(5) Bei jedem Rohrbogen sind die innere und die äußere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) Bei jedem Rohrbogen sind über die Bogenlänge unter Einschluss der Enden und in ausreichendem Maße über den Umfang die Wanddicke und je nach Bestellung entweder der Außen- oder der Innendurchmesser zu messen. Die kleinste Wanddicke sowie die Unrundheit sind zu ermitteln.

5.5.5 Kennzeichnung

Jeder Rohrbogen ist mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte (bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164),

c) Schmelzennummer,

d) Bogennummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

5.5.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Das Umformverfahren ist im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 anzugeben.

(3) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

5.6 Nahtlose Formstücke größer als DN 50

Hinweis:
Der Nenndurchmesser eines Reduzierstückes oder eines T-Stückes bezieht sich auf das Ende mit dem größeren Durchmesser.

5.6.1 Geltungsbereich

Dieser Abschnitt gilt für folgende nahtlose Formstücke:

a) Reduzierstücke, die durch Kalt- oder Warmumformung und

b) T-Stücke, die nach dem Fließpressverfahren (liquid bulge-Verfahren)

mit anschließender Wärmebehandlung (Normalglühen, Vergüten) hergestellt werden.

5.6.2 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) Stahlsorten nach Abschnitt A 3 und

b) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen nach Abschnitt 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.1 erfüllen.

(3) Für die fertigen Formstücke gelten die Werte der mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt A 3 auch dann, wenn geschmiedete Hohlteile als Ausgangserzeugnisse verwendet werden.

5.6.3 Ausgangserzeugnisse

(1) Als Ausgangserzeugnisse sind grundsätzlich geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 5.3 oder nahtlose Rohre nach Abschnitt 5.4 zu verwenden.

(2) Es dürfen auch Ausgangserzeugnisse verwendet werden, die nicht vollständig nach den Festlegungen in den Abschnitten 5.3 oder 5.4 geprüft und wärmebehandelt wurden, wenn

a) die fertigen Formstücke einzeln nach Abschnitt 5.6.4.2 geprüft werden und

b) die zerstörungsfreien Prüfungen der Ausgangserzeugnisse gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.4 oder 11.5.1 vor dem Umformen durchgeführt wurden.

In diesem Fall darf bei den Ausgangserzeugnissen die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der entsprechende Nachweis entfallen. Für die Besichtigung und die Maßprüfung der Ausgangserzeugnisse genügt dann ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

5.6.4 Prüfung der Formstücke

5.6.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Proben sind von einem Ende der Formstücke entsprechend dem Gutachten des Sachverständigen zu entnehmen.

(2) Die Probenabschnitte müssen in einem Viertel der Wanddicke unter der Außenoberfläche und in der Hälfte der Wanddicke unter der Stirnfläche oder so nahe wie möglich an diesem Ort liegen.

(3) Im Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch sind Querproben zu prüfen, sofern diese aus ungerichteten Probenabschnitten entnommen werden können. Ist dies nicht möglich, sind Längsproben zu prüfen.

(4) Kerbschlagbiegeversuche sind nur bei Formstücken mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm durchzuführen.

(5) Werden die Formstücke nicht einzeln geprüft, so werden zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaf-

ten Prüfeinheiten gebildet, die aus Formstücken gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung bestehen.

(6) Für die Zugversuche bei Raumtemperatur und für die Kerbschlagbiegeversuche darf die Zahl der Formstücke je Prüfeinheit

a) 30 Stück bei Formstücken kleiner als DN 100 und

b) 10 Stück bei Formstücken gleich oder größer als DN 100

nicht überschreiten.

5.6.4.2 Prüfumfang

(1) Die chemische Zusammensetzung ist am Ausgangserzeugnis nachzuweisen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Je Prüfeinheit ein Zugversuch bei Raumtemperatur.

b) Je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur, falls die Auslegungstemperatur höher ist als 100 °C. Die Prüftemperatur ist im Abschnitt A 3 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

c) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 33 °C oder bei der niedrigsten Betriebstemperatur, sofern diese niedriger als 33 °C ist, bei Formstücken aus normalgeglühten oder luftvergüteten Stählen mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 38 mm sowie bei Formstücken aus flüssigkeitsvergüteten Stählen mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 16 mm je Prüfeinheit an einem Stück, bei größeren Nennwanddicken an jedem Stück. Bei Formstücken aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 ist als Prüftemperatur 0 °C vorzusehen.

d) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Formstücken mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos an einem Stück. Zwei der mindestens vier Prüftemperaturen müssen 0 °C und die niedrigste Beanspruchungstemperatur sein. Diese Prüfung darf bei Formstücken aus dem Stahl 15 MnNi 6 3 entfallen.

e) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 zur Ermittlung der Schlagenergie in der Hochlage bei Formstücken aus normalgeglühten oder luftvergüteten Stählen mit Nennwanddicken größer als 38 mm sowie bei Formstücken aus flüssigkeitsvergüteten Stählen mit Nennwanddicken größer als 16 mm an jedem Stück. Im Allgemeinen ist 80 °C als Prüftemperatur zu wählen. Diese Prüfung darf im Rahmen der Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurven durchgeführt werden. Die Prüfung ist nur in der Prüfgruppe A 1 durchzuführen und darf entfallen, wenn der nach c) ermittelte Wert der Schlagenergie gleich oder größer als 100 J ist.

f) Bei Formstücken, die zu Prüfeinheiten zusammengefasst werden, je Formstück eine Härteprüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit.

Hinweis:

Der Nachweis der Gleichmäßigkeit gilt als erbracht, wenn der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Härtewert innerhalb einer Prüfeinheit nicht größer ist als 30 HB-Einheiten.

(3) Jedes Formstück ist auf Verwechslung zu prüfen.

(4) An jedem Formstück sind die innere und die äußere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(5) An jedem Formstück sind an den Enden Unrundheit, Durchmesser und Wanddicke zu messen.

(6) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.7.1.

5.6.5 Kennzeichnung

Jedes Formstück ist mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte (bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164),

c) Schmelzennummer,

d) Formstück- oder Prüflosnummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

5.6.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Das Umformverfahren ist im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 anzugeben.

(3) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

5.7 Gussstücke

5.7.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlgusssorten dürfen verwendet werden:

a) GS-C 25 S nach Abschnitt A 4 und

b) sonstige Stahlgusssorten, die den Voraussetzungen nach Abschnitt 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.1 erfüllen.

5.7.2 Forderungen an die Gussstückbeschaffenheit

(1) Hinsichtlich ihrer allgemeinen inneren und äußeren Beschaffenheit müssen die Gussstücke in Abhängigkeit von der Prüfgruppe den Bedingungen in **Tabelle 11-6** genügen.

(2) Speiser und große gießtechnische Verstärkungen, die die Wärmebehandelbarkeit des Gussstückes beeinträchtigen, sind vor dem Normalglühen oder Vergüten zu beseitigen.

(3) Die Gießtechnik ist nach den Grundsätzen der gelenkten Erstarrung auszulegen. Bei Gussstücken mit Nennweiten gleich oder größer als 200 mm ist die Anschnitt- und Speisertechnik anhand der Sättigungsberechnung und anhand von Zeichnungen zu erläutern, aus denen die Lage der Speiser, der Speisungsbereiche und die Probenlage hervorgehen.

Hinweis:

Als Merkmal zur Kennzeichnung der Abmessungen der Gehäuse gilt als Nennweite:

a) bei Pumpen die Nennweite des Druckstutzens,

b) bei Armaturen die jeweils größte auftretende Nennweite,

c) bei Sicherheitsventilen die Nennweite des Eintrittstutzens.

(4) Die Beschreibung der Gießtechnik ist für jedes Gussmodell der Zwischenablage (interne Herstellerdokumentation) zum Verbleib beim Hersteller beizufügen.

(5) Zusammen mit der Zeichnung des Gussstücks im Auslieferungszustand sind folgende Unterlagen zur Vorprüfung im Allgemeinen als Standardpläne vorzulegen:

a) sofern vom Standard-Fertigungsschema nach **Bild 5.7-1** abgewichen wird, Prüffolge- und Wärmebehandlungsplan,

b) bei Gussstücken der Prüfgruppe A 1 mit Nennweiten gleich oder größer als 200 mm Prüfanweisungen für die zerstörungsfreien Prüfungen sowie ein Koordinatenbezugssystem (Bezugspunktraster),

c) bei Prototypen der Prüfgruppen A 2 und A 3 mit Nennweiten gleich oder größer als 200 mm ein Filmlageplan und ein Strahlenquellenplan,

d) Schweißverfahrensprüfung und Schweißplan für Fertigungsschweißungen (siehe **Anhang B**) und gegebenenfalls Konstruktionsschweißungen,

e) Prüffolgeplan für Konstruktionsschweißungen, soweit erforderlich,

f) Auflistung der vorgesehenen Arbeitsprüfungen.

(6) Wird von den im Schweißplan festgelegten Bedingungen abgewichen oder ein anderes Schweißverfahren gewählt, ist der Schweißplan entsprechend zu ändern und erneut zur Vorprüfung vorzulegen.

5.7.3 Prüfung

5.7.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Gussstücke mit einem Liefergewicht gleich oder kleiner als 500 kg sind in Losen, Gussstücke mit einem Liefergewicht größer als 500 kg einzeln zu prüfen.

(2) Für die Anzahl der Probenentnahmeorte gelten die Festlegungen in **Tabelle 5.7-1**.

Stückgewicht (Liefergewicht) in kg	Prüfeinheit	Anzahl der Probenentnahmeorte
≤ 100	höchstens 2500 kg je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos	1
> 100 bis ≤ 500	höchstens 10 Stück, jedoch nicht mehr als 2500 kg je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos	1
> 500 bis ≤ 1000	Einzelstück	1
> 1000	Einzelstück	2

Tabelle 5.7-1: Anzahl der Probenentnahmeorte bei Gussstücken

(3) Die Proben sind aus angegossenen Prüfblöcken gemäß DIN EN 1559-2 oder aus Überlängen zu entnehmen. Getrennt gegossene Prüfblöcke sind nur bei Gussstücken mit Stückgewichten gleich oder kleiner als 150 kg zulässig.

(4) Die Prüfblöcke sind in einer solchen Anzahl und Größe vorzusehen, dass die vorgeschriebenen Proben entnommen werden können.

(5) Die Dicke der Prüfblöcke muss der maßgebenden Wanddicke entsprechen. Als maßgebende Wanddicke gilt in diesem Zusammenhang die druckbeaufschlagte Wand, nicht jedoch die Dicke angegossener Flansche oder örtlicher Verstärkungen.

(6) Angegossene Prüfblöcke am Eingusssystem sind unzulässig.

(7) Bei Gussstücken mit Stückgewichten größer als 1000 kg ist die Lage der Prüfblöcke am Gussstück durch eine Fotografie oder in einer Skizze festzuhalten.

5.7.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und

b) für einen Probenentnahmeort je Prüfeinheit eine Stückanalyse.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Prüfungen sind durchzuführen:

a) Ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort. Dabei ist zur Information auch der Wert der Brucheinschnürung zu ermitteln.

b) Je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur. Die Prüftemperatur ist im Abschnitt A 4 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt. Dabei ist zur Information auch der Wert der Brucheinschnürung zu ermitteln.

c) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 je Probenentnahmeort bei 33 °C oder bei der niedrigsten Betriebstemperatur, sofern diese niedriger als 33 °C ist.

d) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 je Prüfeinheit an einem Probenentnahmeort. Zwei der mindestens vier Prüftemperaturen müssen 33 °C oder die niedrigste Beanspruchungstemperatur und 0 °C sein.

e) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 zum Nachweis der Schlagenergie in der Hochlage je Prüfeinheit an einem Probenentnahmeort. Im Allgemeinen soll diese Prüfung bei 80 °C erfolgen. Die Prüfung ist nur in der Prüfgruppe A 1 durchzuführen und darf entfallen, wenn die Einhaltung der Forderungen schon im Kerbschlagbiegeversuch bei 33 °C oder der gegebenenfalls tieferen niedrigsten Beanspruchungstemperatur nachgewiesen wurde.

f) Eine Härteprüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Vergütungsbehandlung bei losweiser Prüfung von Gussstücken aus vergütetem Stahl an jedem Stück.

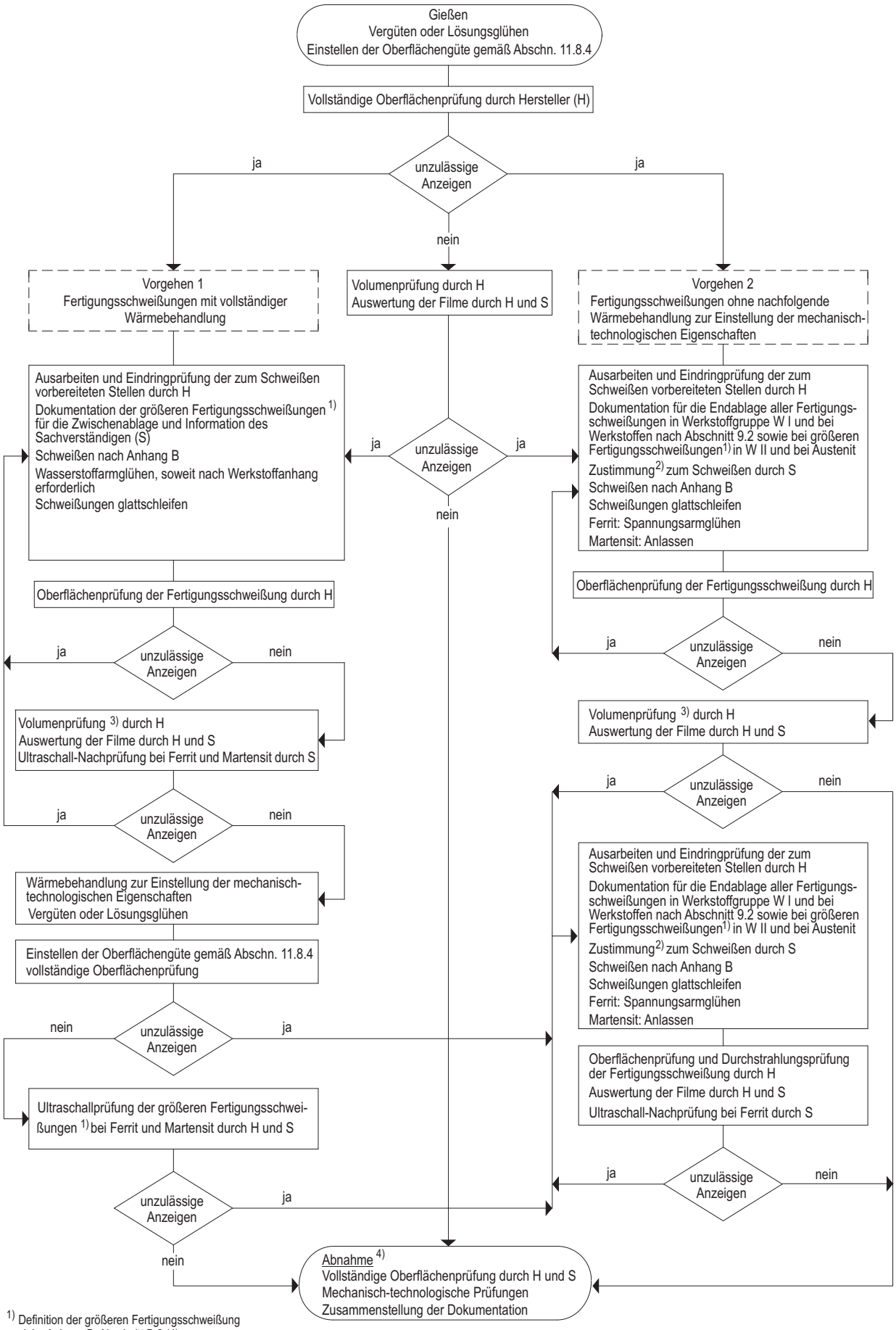
(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen der Gussstücke gelten die Abschnitte 11.1 und 11.8.

(4) Jedes Gussstück ist einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

(5) Jedes Gussstück ist im Auslieferungszustand einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) Jedes Gussstück ist im Auslieferungszustand einer Maßprüfung zu unterziehen.

(7) Jedes Gussstück ist in einem dafür geeigneten Zustand, im Allgemeinen beim Weiterverarbeiter, einer Prüfung auf Dichtheit durch einen Innendruckversuch zu unterziehen. Dieser ist nach DIN 50104 durchzuführen. Druckmedium, Prüfdruck und Standzeit sind in der Bestellung anzugeben. Der Prüfdruck ist so zu begrenzen, dass die 1,1fache Sicherheit gegen die Streckgrenze oder gegen die 0,2 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur nicht unterschritten wird.



1) Definition der größeren Fertigungsschweißung siehe Anhang B, Abschnitt B 2 (4).

2) Gilt nur für die Werkstoffgruppe W I, Prüfgruppe A 1 und bei Werkstoffen nach Abschnitt 9.2.

3) Hinweis bei weiteren Volumenprüfungen: Durchstrahlte Schweißungen und Gussstückbereiche mit zulässigen Anzeigen müssen nicht erneut geprüft werden.

4) Werden in Ausnahmefällen im Zuge der Weiterverarbeitung beim Komponentenhersteller Fertigungsschweißungen zur Beseitigung von Gussfehlern in einem weit fortgeschrittenen Bearbeitungszustand erforderlich, so sind Abweichungen gegenüber dem Standard-Fertigungsschema im Einvernehmen mit dem Sachverständigen zulässig.

Bild 5.7-1: Fertigungsschema für Stahlgussgehäuse aus ferritischen, austenitischen oder martensitischen Stahlgusssorten

5.7.4 Kennzeichnung

Jedes Gussstück ist mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlsorte,
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

5.7.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung, Dichtheitsprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Bei Gussstücken mit Stückgewichten größer als 1000 kg ist dem Abnahmeprüfzeugnis eine Fotografie oder eine Skizze der Lage der angegossenen Prüfblöcke am Gussstück beizufügen.

6 Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W II

6.1 Flacherzeugnisse

6.1.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) 15 MnNi 6 3 nach Abschnitt A 1,
b) P275NH (1.0487) nach DIN EN 10028-3 in Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 352/1,
c) P355NH (1.0565) nach DIN EN 10028-3 in Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 354/1,
d) 16Mo3 (1.5415) nach DIN EN 10028-2,
e) P235GH (1.0345) nach DIN EN 10028-2 und
f) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen nach Abschnitt 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.2 erfüllen.

(3) Die Werkstoffauswahl hat sich nach der niedrigsten Betriebstemperatur zu richten.

6.1.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

(1) Flacherzeugnisse mit Nenndicken gleich oder größer als 15 mm, die senkrecht zur Walzoberfläche beansprucht werden, müssen mindestens der Güteklasse Z25 nach DIN EN 10164 entsprechen. Dies ist bei der Bestellung anzugeben.

(2) Bei Verwendung von Flacherzeugnissen für Rohrböden gelten zusätzlich für Normproben senkrecht zur Flacherzeugnisoberfläche bei Raumtemperatur für die Kennwerte Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze und Zugfestigkeit die gleichen Forderungen wie für Proben längs oder quer zur Hauptwalzrichtung. Dies ist bei der Bestellung anzugeben.

(3) Die Oberflächenbeschaffenheit muss den Festlegungen nach DIN EN 10163-2 Klasse B Untergruppe 3 genügen.

6.1.3 Prüfung

6.1.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Proben sind gemäß den unter 6.1.1 (1) genannten Normen und VdTÜV-Werkstoffblättern zu entnehmen. Für die Stahlsorte 15 MnNi 6 3 gilt Abschnitt 5.1.3.

(2) Proben zur Ermittlung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben sind nach den Festlegungen in DIN EN 10164 zu entnehmen und vorzubereiten.

6.1.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und
b) je Schmelze an einer Walztafel an einem Probenentnahmeort eine Stückanalyse.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort.
b) Je Schmelze, Abmessungsbereich und einem Gesamtgewicht von höchstens 30 t ein Zugversuch bei einer Temperatur von 300 °C.
c) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder größer als 15 mm je Walztafel Zugversuche nach DIN EN 10164 bei Raumtemperatur zur Ermittlung der Brucheinschnürung, sofern gemäß Abschnitt 6.1.2 (1) die Güteklasse Z25 gefordert ist.
d) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 je Probenentnahmeort bei Nenndicken gleich oder größer als 5 mm bei 0 °C oder bei 20 °C.
e) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder größer als 10 mm je Schmelze, Abmessungsbereich und gleicher Wärmebehandlung an einem Probenentnahmeort. Eine der mindestens vier Prüftemperaturen ist 0 °C oder 20 °C. Diese Prüfung darf bei Flacherzeugnissen aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 entfallen.

(3) Jede Walztafel ist auf Verwechslung zu prüfen.

(4) Jedes Flacherzeugnis ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(5) Jede Walztafel ist auf Maß- und Formhaltigkeit zu prüfen.

(6) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.2, bei Flacherzeugnissen für Rohrböden die Abschnitte 11.1 und 11.4.

6.1.4 Kennzeichnung

(1) Jedes Flacherzeugnis ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlsorte (bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164),
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Die Kennzeichnung ist so anzubringen, dass sie aufrecht steht, wenn man in Hauptwalzrichtung blickt.

6.1.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren, der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie gegebenenfalls Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

6.2 Aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisformen

6.2.1 Werkstoffe

Für die Werkstoffe gilt Abschnitt 6.1.1.

6.2.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Es gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 6.1.2.

6.2.3 Ausgangserzeugnisse

(1) Für die Ausgangserzeugnisse gelten die Festlegungen in Abschnitt 6.1.

(2) Werden die Fertigteile einzeln nach Abschnitt 6.2.4.2 geprüft, dürfen die Prüfungen nach Abschnitt 6.1.3.2 (2) sowie die entsprechenden Nachweise entfallen.

Hinweis:
Für Schweißverbindungen, die an den Ausgangserzeugnissen ausgeführt werden und die an den Fertigteilen verbleiben, gelten die Festlegungen von KTA 3211.3.

6.2.4 Prüfung der aus Flacherzeugnissen gekümpelten oder gepressten Erzeugnisformen

6.2.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Prüfungen sind bei den Erzeugnisformen mit einem Durchmesser oder einer Länge gleich oder kleiner als 3000 mm an einem Teil je Walztafel und Wärmebehandlungslos durchzuführen. Die Losgröße darf höchstens 10 Teile betragen.

Hinweis:
Die Zuordnung der Teile zur Walztafel kann z. B. über die Probennummer der Ausgangserzeugnisse erfolgen.

(2) Bei Erzeugnisformen mit einem Durchmesser oder einer Länge größer als 3000 mm ist jedes Teil zu prüfen. Bei Längen oder Durchmessern größer als 6 m ist an 2 gegenüberliegenden Seiten je ein Probenabschnitt zu entnehmen.

(3) Von jedem zu prüfenden Teil wird unabhängig von seinem Durchmesser oder seiner Länge ein Probenabschnitt entnommen.

(4) Die Probenabschnitte müssen so entnommen werden, dass die Ausarbeitung von Querproben möglich ist. Bei Böden und ähnlichen Teilen sind Abweichungen bis zu 20 Grad von der theoretischen Querrichtung zulässig. Ist das nicht einzuhalten, so ist mit dem Sachverständigen eine andere Probenentnahme zu vereinbaren.

(5) Für den Zugversuch bei Raumtemperatur sowie für den Warmzugversuch sind Rundzugproben mit einem Prüfdurchmesser von gleich oder größer als 10 mm herzustellen. Bei Nennwanddicken über 40 mm soll die Probenachse in einem Abstand von einem Viertel der Erzeugnisformdicke unter der Walzoberfläche liegen. Bei Erzeugnisformdicken, die einen Prüfdurchmesser von 10 mm nicht zulassen, ist der größtmögliche Durchmesser zu wählen.

(6) Bei den Proben für den Kerbschlagbiegeversuch ist bei Nennwanddicken gleich oder kleiner als 40 mm eine Probenseite möglichst nahe an die Walzoberfläche zu legen. Bei Nennwanddicken über 40 mm soll die Probenachse in einem Abstand von einem Viertel der Erzeugnisformdicke unter der Walzoberfläche liegen.

6.2.4.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Je Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur.

b) Je Schmelze, Abmessungsbereich und einem Gesamtgewicht von höchstens 30 t ein Zugversuch bei einer Temperatur von 300 °C.

c) Bei Erzeugnisformen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 15 mm je Walztafel Zugversuche nach DIN EN 10164 bei Raumtemperatur zur Ermittlung der Brucheinschnürung, sofern gemäß Abschnitt 6.1.2 (1) die Güteklasse Z25 gefordert ist. Diese Prüfung darf entfallen, wenn sie bereits an der Walztafel durchgeführt wurde und mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 belegt ist.

   Hinweis:
   Die Zuordnung der Teile zur Walztafel kann z. B. über die Probennummer erfolgen.

d) Je Probenentnahmeort bei Nennwanddicken gleich oder größer als 5 mm ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 0 °C oder bei 20 °C,

e) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Erzeugnisformen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm je Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos an einem Probenentnahmeort. Eine der mindestens vier Prüftemperaturen ist 0 °C oder 20 °C. Diese Prüfung darf bei Erzeugnisformen aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 entfallen.

(2) Jede Erzeugnisform ist auf Verwechslung zu prüfen.

(3) Jede Erzeugnisform ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(4) Jede Erzeugnisform ist auf Maß- und Formhaltigkeit zu überprüfen.

(5) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.3.

6.2.5 Kennzeichnung

(1) Jedes Fertigteil ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers der Erzeugnisform,

b) Stahlsorte (bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164),

c) Schmelzennummer,

d) Probennummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Bei losweiser Prüfung ist die Erzeugnisform, aus der die Proben entnommen worden sind, zusätzlich zu kennzeichnen.

(3) Die Kennzeichnung ist so anzubringen, dass sie aufrecht steht, wenn man in Hauptwalzrichtung der Walztafel blickt.

6.2.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie gegebenenfalls Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Das Umformverfahren ist im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 anzugeben.

(3) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

6.3 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe

6.3.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) 15 MnNi 6 3 nach Abschnitt A 2,

b) P250GH (1.0460) nach DIN EN 10273 oder DIN EN 10222-2,

c) 16Mo3 (1.5415) nach DIN EN 10273 oder DIN EN 10222-2,

d) P355NH (1.0565) nach DIN EN 10273 in Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 354/1 oder DIN EN 10222-4 in Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 354/3,

e) P355QH1 (1.0571) nach DIN EN 10222-4 in Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 354/3,

f) P235GH (1.0345) nach DIN EN 10273 und

g) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen nach Abschnitt 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.2 erfüllen.

(3) Die Werkstoffauswahl hat sich nach der niedrigsten Betriebstemperatur zu richten.

6.3.2 Prüfung

6.3.2.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

6.3.2.1.1 Prüfeinheiten

(1) Sofern im Abschnitt 6.3.2.2 nichts anderes festgelegt wird, sind Stücke mit Wärmebehandlungsgewichten zwischen 100 kg und gleich oder kleiner als 500 kg aus derselben Schmelze, mit ähnlichen Abmessungen und aus demselben Wärmebehandlungslos zu Prüfeinheiten mit höchstens 10 Stücken zusammenzufassen, bei Stücken mit Wärmebehandlungsgewichten kleiner als oder gleich 100 kg dürfen Prüfeinheiten zu je 1000 kg zusammengefasst werden.

(2) Stücke mit Wärmebehandlungsgewichten über 500 kg sind einzeln zu prüfen.

6.3.2.1.2 Probenentnahmeorte

(1) Bei geschmiedeten Hohlteilen, z. B. für Schüsse, Stutzen oder Armaturengehäuse sind in Abhängigkeit vom Innendurchmesser D_i an einer Stirnseite bei D_i gleich oder kleiner als 500 mm von einem Probenentnahmeort, bei D_i zwischen 500 mm und 2000 mm von zwei um 180 Grad versetzten Probenentnahmeorten und bei D_i größer als 2000 mm von drei um 120 Grad versetzten Probenentnahmeorten Proben zu entnehmen.

(2) An der gegenüberliegenden Stirnseite sind bei normalgeglühten oder luftvergüteten Schmiedestücken mit einer Fertiglänge von mehr als 5000 mm und bei flüssigkeitsvergüteten Schmiedestücken mit einer Fertiglänge von mehr als 2000 mm Proben von einem Probenentnahmeort zu entnehmen. Dabei soll bei Teilen mit Innendurchmessern kleiner als oder gleich 500 mm dieser Probenentnahmeort gegenüber demjenigen auf der anderen Stirnseite um 180 Grad versetzt sein (entsprechend den **Bildern 5.3-1** und **5.3-2**).

Hinweis:

Unter der Fertiglänge versteht man die Länge der Erzeugnisform bei der maßgebenden Wärmebehandlung, verringert um die Länge der Probenabschnitte.

(3) Bei nahtlos gewalzten oder geschmiedeten Ringen oder Flanschen sind Proben vom Umfang oder von der Stirnseite des Blattes zu entnehmen. Sie dürfen auch von der Stirnseite des Anschweißendes entnommen werden, wenn die Wärmebehandlungswanddicke des Anschweißendes gleich der des Blattes ist. Bei Innendurchmessern D_i gleich oder größer als 1000 mm sind von einem Probenentnahmeort, bei D_i zwischen 1000 mm und 2000 mm von zwei um 180 Grad versetzten und bei D_i größer als 2000 mm von drei um 120 Grad versetzten Probenentnahmeorten Proben zu entnehmen (entsprechend **Bild 5.3-3**).

(4) Bei Platten, z. B. für Rohrböden, Rohrplatten oder Blinddeckel, mit Wärmebehandlungsgewichten von kleiner als 1000 kg sind von einem Probenentnahmeort Proben zu entnehmen. Dabei ist, soweit aufgrund des angewendeten Schmiedeverfahrens möglich, der Kopf- oder Fußbereich zu erfassen (entsprechend **Bild 5.3-4**).

(5) Bei Platten mit Wärmebehandlungsgewichten von gleich oder größer als 1000 kg sind von zwei Probenentnahmeorten Proben zu entnehmen. Dabei sind, soweit es aufgrund des angewendeten Schmiedeverfahrens möglich ist, Kopf- und Fußbereich zu erfassen (entsprechend **Bild 5.3-4**).

(6) Bei Stäben sind in Abhängigkeit vom Durchmesser D der Stäbe an einer Stirnseite bei D kleiner als oder gleich 500 mm von einem Probenentnahmeort, bei D größer als 500 mm von zwei um 180 Grad versetzten Probenentnahmeorten Proben zu entnehmen.

(7) Bei

a) normalgeglühten oder luftvergüteten Stäben mit einer Fertiglänge von größer als 5000 mm und

b) flüssigkeitsvergüteten Stäben mit einer Fertiglänge von größer als 2000 mm

sind Proben an der gegenüberliegenden Stirnseite von einem Probenentnahmeort zu entnehmen. Bei Durchmessern der Stäbe kleiner als oder gleich 500 mm soll dieser Probenentnahmeort gegenüber dem Entnahmeort auf der anderen Stirnseite um 180 Grad versetzt sein.

6.3.2.1.3 Probenentnahmetiefe

Es gelten die Anforderungen gemäß den für die jeweilige Erzeugnisform zutreffenden Normen oder VdTÜV-Werkstoffblättern. Beim Stahl 15 MnNi 6 3 sind die Proben mindestens aus einem Viertel der maßgebenden Wärmebehandlungsdicke, höchstens jedoch 80 mm unter den Wärmebehandlungsoberflächen zu entnehmen.

6.3.2.1.4 Probenrichtung

(1) Für Zugversuche und Kerbschlagbiegeversuche sind Querproben zu entnehmen, sofern dies geometrisch möglich oder im Gutachten des Sachverständigen nicht anderes festgelegt ist.

(2) Hiervon abweichend dürfen bei Stäben Längsproben oder Axialproben entnommen werden und zwar für Zugversuche, wenn der Durchmesser oder die größte Länge einer Querschnittskante kleiner als 160 mm ist, oder für Kerbschlagbiegeversuche, wenn der Durchmesser oder die größte Länge einer Querschnittskante kleiner als 68 mm ist.

6.3.2.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse,

b) je Schmelze an zwei getrennt hergestellten Stücken je eine Stückanalyse. Dabei ist nach Möglichkeit an dem einen Stück der Kopfbereich, an dem anderen Stück der Fußbereich zu erfassen. Bei Stückgewichten gleich oder größer als 5000 kg ist an jedem Stück an einem Probenentnahmeort eine Stückanalyse durchzuführen. Dabei ist nach Möglichkeit Kopf oder Fuß des Ausgangsblockes zu erfassen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) bei Stücken, die zu Prüfeinheiten zusammengefasst wurden, je Stück eine Härteprüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit,

   Hinweis:

   Der Nachweis der Gleichmäßigkeit gilt als erbracht, wenn der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Härtewert innerhalb einer Prüfeinheit nicht größer ist als 30 HB-Einheiten.

b) je Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur,

c) für Stücke ähnlicher Abmessung je Schmelze und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei erhöhter Temperatur,

d) je Probenentnahmeort ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 0 °C oder bei 20 °C,

e) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme einer Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Stücken mit Wärmebehandlungsgewichten größer als 150 kg je Schmelze und Wärmebehandlungslos an einem Probenentnahmeort. Eine der mindestens vier Prüftemperaturen ist 0 °C oder 20 °C.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1. und 11.4.

(4) Jedes Stück ist auf Verwechslung zu prüfen.

(5) Jedes Stück ist im Auslieferungszustand einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) An jedem Stück ist eine Maßprüfung durchzuführen.

6.3.3 Kennzeichnung

(1) Jedes Stück ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte,

c) Schmelzennummer,

d) Probennummer oder Prüflosnummer,

e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Bei losweiser Prüfung ist das Stück, von dem die Proben entnommen worden sind, zusätzlich zu kennzeichnen.

6.3.4 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren und der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie gegebenenfalls Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

6.4 Nahtlose Rohre größer als DN 50

6.4.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose, gewalzte oder gepresste Rohre größer als DN 50

   Hinweis:

   Für geschmiedete Rohre gilt Abschnitt 6.3.

(2) Die Festlegungen dieses Abschnittes gelten auch für Rohre gleich oder kleiner als DN 50, wenn aus solchen Rohren Rohrbogen größer als DN 50 hergestellt werden.

(3) Die Festlegungen dieses Abschnittes gelten nicht für Rohre für Behältermäntel.

6.4.2 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) 15 MnNi 6 3 nach Abschnitt A 3,

b) P235GH (1.0345) nach DIN EN 10216-2,

c) P275NL1 (1.0488) nach DIN EN 10216-3 in Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 352/2,

d) P355NH (1.0565) nach DIN EN 10216-3 in Verbindung mit VdTÜV-Werkstoffblatt 354/2,

e) 16Mo3 (1.5415) nach DIN EN 10216-2 und

f) sonstige Stahlsorten die den Voraussetzungen nach Abschnitt 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.2 erfüllen.

(3) Die Werkstoffauswahl hat sich nach der niedrigsten Betriebstemperatur zu richten.

6.4.3 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Rohre mit Nennwanddicken gleich oder größer als 15 mm, die senkrecht zur Oberfläche beansprucht werden, müssen mindestens der Güteklasse Z25 nach DIN EN 10164 entsprechen. Dies ist bei der Bestellung anzugeben.

6.4.4 Prüfung

6.4.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

Die Proben sind gemäß den unter 6.4.2 genannten Normen und VdTÜV-Werkstoffblättern und für den Stahl 15 MnNi 6 3 nach Abschnitt 5.4.4 zu entnehmen.

6.4.4.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und

b) je Schmelze an zwei Herstelllängen je eine Stückanalyse.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Zugversuche bei Raumtemperatur gemäß den Festlegungen für Prüfkategorie 2 in den unter 6.4.2 genannten Normen, für den Stahl 15 MnNi 6 3 ein Zugversuch bei Raumtemperatur je 50 Herstelllängen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einer Herstelllänge an einem Ende.

b) Ein Zugversuch bei 300 °C je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung, wenn die Auslegungstemperatur größer als 100 °C ist.

c) Zugversuche bei Raumtemperatur gemäß DIN EN 10164 an Senkrechtproben zur Ermittlung der Brucheinschnürung bei Rohren mit Nennwanddicken gleich oder größer als 15 mm je Zugversuch gemäß a), sofern gemäß Abschnitt 6.4.3 die Güteklasse Z25 gefordert ist. Bei Stahlsorten, für die bei der Werkstoffbegutachtung nachgewiesen wurde, dass der Mittelwert der Brucheinschnürung mindestens 35 % ist und kein Einzelwert kleiner als 25 % ist, darf diese Prüfung entfallen.

d) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 0 °C oder 20 °C

   da) bei Rohren aus normalgeglühten oder luftvergüteten Stählen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm bis einschließlich 38 mm je Zugversuch gemäß a),

   db) bei Rohren aus normalgeglühten oder luftvergüteten Stählen mit Nennwanddicken größer als 38 mm an einem Ende jeder Herstelllänge,

   dc) bei Rohren aus flüssigkeitsvergüteten Stählen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm bis einschließlich 16 mm an einer Herstelllänge an beiden Enden und bei Rohren mit Nennwanddicken größer als 16 mm an jeder Herstelllänge an beiden Enden, je Zugversuch gemäß a).

   Bei Rohren aus dem Stahl 15 MnNi 6 3 ist 0 °C als Prüftemperatur vorzusehen.

e) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Rohren mit Nennwanddicken größer als 16 mm je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einer Herstelllänge an einem Ende. Eine der mindestens vier Prüftemperaturen ist 0 °C oder 20 °C. Diese Prüfung darf bei Rohren aus dem Stahl 15 MnNi 6 3 entfallen.

f) Technologische Prüfungen bei Rohren mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 40 mm je Zugversuch gemäß a), Prüfverfahren gemäß den unter 6.4.2 genannten Normen. Bei Rohren aus dem Stahl 15 MnNi 6 3 Prüfung an jeder Herstelllänge an beiden Enden, Prüfverfahren gemäß **Tabelle 5.4-1**.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.5.2.

(5) Jedes Rohr ist auf Verwechslung zu prüfen.

(6) An jedem Rohr sind die innere und die äußere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(7) An jedem Rohr sind an beiden Enden Durchmesser und Wanddicke auf Maßhaltigkeit zu überprüfen.

(8) Jedes Rohr ist nach DIN EN 10216-2 oder DIN EN 10216-3 auf Dichtheit zu prüfen.

6.4.5 Kennzeichnung

(1) Jedes Rohr ist mindestens mit folgenden Angaben an beiden Enden zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte und Nummer der Norm, bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164,

c) Schmelzennummer,

d) Rohrnummer,

e) Prüfkategorie und

f) Zeichen des Sachverständigen.

6.4.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung, der Dichtheitsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren, der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie gegebenenfalls Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

6.5 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50

6.5.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose Rohrbogen, die durch Kalt- oder Warmumformung mit anschließender Wärmebehandlung (Normalglühen, Vergüten) hergestellt werden (Einschweißbogen).

(2) Dieser Abschnitt gilt nicht für Rohrbiegungen, die mit Induktivbiegemaschinen oder durch Kaltumformen mit oder ohne anschließende Wärmebehandlung hergestellt werden. Für diese gilt Abschnitt 6 von KTA 3211.3.

6.5.2 Werkstoffe

(1) Für die Werkstoffe gelten die Abschnitte 6.3.1 und 6.4.2.

(2) Für die fertigen Rohrbogen gelten die Werte der mechanisch-technologischen Eigenschaften für Rohre auch dann, wenn geschmiedete Hohlteile als Ausgangserzeugnisse verwendet werden.

6.5.3 Ausgangserzeugnisse

(1) Als Ausgangserzeugnisse sind grundsätzlich geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 6.3 oder nahtlose Rohre nach Abschnitt 6.4 zu verwenden.

(2) Es dürfen auch Ausgangserzeugnisse verwendet werden, die nicht vollständig nach den Festlegungen in den Abschnitten 6.3 oder 6.4 geprüft oder wärmebehandelt worden sind, wenn

a) die fertigen Rohrbogen einzeln nach Abschnitt 6.5.4.2 geprüft werden und

b) die zerstörungsfreien Prüfungen der Ausgangserzeugnisse gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.4 oder 11.5.1 vor dem Umformen durchgeführt wurden.

In diesem Fall darf bei den Ausgangserzeugnissen die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der entsprechende Nachweis entfallen. Für die Besichtigung und die Maßprüfung der Ausgangserzeugnisse genügt dann ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

6.5.4 Prüfung der Rohrbogen

6.5.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Proben sind von den Enden der Rohrbogen entsprechend dem Gutachten des Sachverständigen zu entnehmen.

(2) Im Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch sind Querproben zu prüfen, sofern diese aus ungerichteten Probenabschnitten entnommen werden können. Ist dies nicht möglich, sind Längsproben zu prüfen.

(3) Werden Ausgangserzeugnisse verwendet, die nicht vollständig nach den Festlegungen in den Abschnitten 6.3 und 6.4 geprüft und wärmebehandelt worden sind, sind bei Rohrbogen mit einem Bogensehnenmaß größer als 3000 mm, gemessen an der Biegungsaußenseite, Probenabschnitte von beiden Enden zu entnehmen.

(4) In allen anderen Fällen sind Probenabschnitte nur von einem Ende der Rohrbogen zu entnehmen.

(5) Werden die Rohrbogen nicht einzeln geprüft, so sind zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften Prüfeinheiten zu bilden, die aus Rohrbogen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung bestehen.

(6) Für die Zugversuche bei Raumtemperatur und für die Kerbschlagbiegeversuche darf die Zahl der Rohrbogen je Prüfeinheit

a) 50 Stück bei Rohrbogen kleiner als DN 200,

b) 25 Stück bei Rohrbogen gleich oder größer als DN 200 bis kleiner als DN 350 und

c) 10 Stück bei Rohrbogen gleich oder größer als DN 350

nicht überschreiten.

6.5.4.2 Prüfumfang

(1) Die chemische Zusammensetzung ist am Ausgangserzeugnis nachzuweisen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Prüfeinheit an einem Rohrbogen.

b) Ein Zugversuch bei 300 °C je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einem Rohrbogen, wenn die Auslegungstemperatur größer als 100 °C ist.

c) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 0 °C oder bei 20 °C bei Rohrbogen mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm je Prüfeinheit an einem Rohrbogen. Bei Rohrbogen aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 ist als Prüftemperatur 0 °C vorzusehen,

d) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Rohrbogen mit Nennwanddicken größer als 16 mm je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einem Rohrbogen. Eine der mindestens vier Prüftemperaturen soll 0 °C oder 20 °C sein. Diese Prüfung darf bei Rohrbogen aus dem Stahl 15 MnNi 6 3 entfallen.

e) Bei Rohrbogen, die zu Prüfeinheiten zusammengefasst werden, je Rohrbogen eine Härteprüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit.

Hinweis:

Der Nachweis der Gleichmäßigkeit gilt als erbracht, wenn der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Härtewert innerhalb einer Prüfeinheit nicht größer ist als 30 HB-Einheiten.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.6.2.

(4) Jeder Rohrbogen ist auf Verwechslung zu prüfen.

(5) Bei jedem Rohrbogen sind die innere und die äußere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) Bei jedem Rohrbogen sind über die Bogenlänge unter Einschluss der Enden und in ausreichendem Maße über den Umfang die Wanddicke und je nach Bestellung entweder der Außen- oder der Innendurchmesser zu messen. Die kleinste Wanddicke sowie die Unrundheit sind zu ermitteln.

6.5.5 Kennzeichnung

Jeder Rohrbogen ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte, (bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164),

c) Schmelzennummer,

d) Bogennummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

6.5.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfung sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie gegebenenfalls Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Das Umformverfahren ist im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 anzugeben.

(3) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

6.6 Nahtlose Formstücke größer als DN 50

Hinweis:

Der Nenndurchmesser eines Reduzierstückes oder eines T-Stückes bezieht sich auf das Ende mit dem größeren Durchmesser.

6.6.1 Geltungsbereich

Dieser Abschnitt gilt für folgende nahtlose Formstücke:

a) Reduzierstücke, die durch Kalt- oder Warmumformung, und

b) T-Stücke, die nach dem Fließpressverfahren (liquid bulge-Verfahren)

mit anschließender Wärmebehandlung (Normalglühen, Vergüten) hergestellt werden.

6.6.2 Werkstoffe

(1) Für die Werkstoffe gelten die Abschnitte 6.3.1 und 6.4.2.

(2) Für die fertigen Formstücke gelten die Werte der mechanisch-technologischen Eigenschaften der Rohre auch dann,

wenn geschmiedete Hohlteile als Ausgangserzeugnisse verwendet werden.

6.6.3 Ausgangserzeugnisse

(1) Als Ausgangserzeugnisse sind grundsätzlich geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 6.3 oder nahtlose Rohre nach Abschnitt 6.4 zu verwenden.

(2) Es dürfen auch Ausgangserzeugnisse verwendet werden, die nicht vollständig nach den Festlegungen in den Abschnitten 6.3 oder 6.4 geprüft oder wärmebehandelt worden sind, wenn

a) die fertigen Formstücke einzeln nach Abschnitt 6.6.4.2 geprüft werden und
b) die zerstörungsfreien Prüfungen der Ausgangserzeugnisse gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.4 oder 11.5.2 vor dem Umformen durchgeführt wurden.

In diesem Fall darf bei den Ausgangserzeugnissen die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der entsprechende Nachweis entfallen. Für die Besichtigung und die Maßprüfung der Ausgangserzeugnisse genügt dann ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

6.6.4 Prüfung der Formstücke

6.6.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Proben sind von einem Ende der Formstücke entsprechend dem Gutachten des Sachverständigen zu entnehmen.

(2) Im Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch sind Querproben zu prüfen, sofern diese aus ungerichteten Probenabschnitten entnommen werden können. Ist dies nicht möglich, sind Längsproben zu prüfen.

(3) Werden die Formstücke nicht einzeln geprüft, so werden zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften Prüfeinheiten gebildet, die aus Formstücken gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung bestehen.

(4) Für die Zugversuche bei Raumtemperatur und für die Kerbschlagbiegeversuche darf die Zahl der Formstücke je Prüfeinheit folgende Stückzahlen nicht überschreiten:

a) bei Formstücken kleiner als DN 100 höchsten 50 Stück und
b) bei Formstücken gleich oder größer als DN 100 aus unlegierten Stählen höchsten 25 Stück oder aus legierten Stählen höchstens 10 Stück.

6.6.4.2 Prüfumfang

(1) Die chemische Zusammensetzung ist am Ausgangserzeugnis nachzuweisen.

(2) Für die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Prüfeinheit.
b) Je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung ein Zugversuch bei 300 °C, wenn die Auslegungstemperatur größer als 100 °C ist.
c) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 0 °C oder bei 20 °C bei Formstücken mit Nennwanddicken gleich oder größer als 10 mm je Prüfeinheit und an einem Stück. Bei Formstücken aus der Stahlsorte 15 MnNi 6 3 ist als Prüftemperatur 0 °C vorzusehen.
d) Kerbschlagbiegeversuche zur Aufnahme der Schlagenergie-Temperatur-Kurve gemäß Abschnitt 4.4.6.6 bei Formstücken mit Nennwanddicken größer als 16 mm je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einem Stück. Eine der mindestens vier Prüftemperaturen soll 0 °C oder 20 °C sein. Diese Prüfung darf bei Formstücken aus dem Stahl 15 MnNi 6 3 entfallen.
e) Bei Formstücken, die zu Prüfeinheiten zusammengefasst werden, je Formstück eine Härteprüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit.

   Hinweis:
   Der Nachweis der Gleichmäßigkeit gilt als erbracht, wenn der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Härtewert innerhalb einer Prüfeinheit nicht größer ist als 30 HB-Einheiten.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.7.2.

(4) Jedes Formstück ist auf Verwechslung zu prüfen.

(5) Bei jedem Formstück sind die innere und die äußere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) An jedem Formstück sind an den Enden Unrundheit, Durchmesser und Wanddicke zu messen.

6.6.5 Kennzeichnung

Jedes Formstück ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlsorte (bei Stählen mit gewährleisteter Brucheinschnürung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche zusätzlich Güteklasse nach DIN EN 10164),
c) Schmelzennummer,
d) Formstück- oder Prüflosnummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

6.6.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie gegebenenfalls Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Das Umformverfahren ist im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 anzugeben.

(3) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

6.7 Gussstücke

6.7.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlgusssorten dürfen verwendet werden:

a) GP240GH+QT (1.0619+QT) nach DIN EN 10213 und
b) sonstige Stahlgusssorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.2 erfüllen.

(3) Die Werkstoffauswahl hat sich nach der niedrigsten Betriebstemperatur zu richten.

6.7.2 Allgemeine Forderungen an die Gussstückbeschaffenheit

(1) Hinsichtlich ihrer allgemeinen inneren und äußeren Beschaffenheit müssen die Gussstücke in Abhängigkeit von der Prüfgruppe den Festlegungen in **Tabelle 11-6** genügen.

(2) Speiser und große gießtechnische Verstärkungen, die die Wärmebehandelbarkeit des Gussstückes beeinträchtigen, sind vor der Wärmebehandlung zur Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften zu beseitigen.

(3) Die Gießtechnik ist nach den Grundsätzen der gelenkten Erstarrung auszulegen. Bei Gussstücken mit Nennweiten größer als oder gleich 200 mm ist die Anschnitts- und Speisertechnik anhand der Sättigungsberechnung und anhand von Zeichnungen zu erläutern, aus denen die Lage der Speiser und der Speisungsbereiche sowie die Probenlage hervorgeht.

(4) Die Beschreibung der Gießtechnik ist für jedes Gussmodell der Zwischenablage (interne Herstellerdokumentation) zum Verbleib beim Hersteller beizufügen.

Hinweis:

Als Merkmal zur Kennzeichnung der Abmessungen der Gehäuse gilt die Nennweite, und zwar

a) bei Pumpen die Nennweite des Druckstutzens,
b) bei Armaturen die jeweils größte auftretende Nennweite,
c) bei Sicherheitsventilen die Nennweite des Eintrittsstutzens.

(5) Zusammen mit der Zeichnung des Gussstücks im Auslieferungszustand sind folgende Unterlagen zur Vorprüfung im Allgemeinen als Standardprüfpläne vorzulegen:

a) sofern vom Standard-Fertigungsschema nach **Bild 5.7-1** abgewichen wird, Prüffolge- und Wärmebehandlungsplan,
b) bei Prototypen mit Nennweiten gleich oder größer als 200 mm ein Filmlageplan und ein Strahlenquellenplan,
c) Schweißverfahrensprüfung und Schweißplan für Fertigungsschweißungen (siehe **Anhang B**) und gegebenenfalls Konstruktionsschweißungen,
d) Prüffolgeplan für Konstruktionsschweißungen, soweit erforderlich,
e) Auflistung der vorgesehenen Arbeitsprüfungen.

(6) Wird von den im Schweißplan festgelegten Bedingungen abgewichen oder ein anderes Schweißverfahren gewählt, ist der Schweißplan entsprechend zu ändern und erneut zur Vorprüfung vorzulegen.

6.7.3 Prüfung

6.7.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Gussstücke mit einem Liefergewicht von gleich oder kleiner als 500 kg sind in Losen, Gussstücke mit einem Liefergewicht größer als 500 kg einzeln zu prüfen. Für die Anzahl der Probenentnahmeorte gelten die Festlegungen in **Tabelle 5.7-1**.

(2) Die Proben sind aus angegossenen Prüfblöcken gemäß DIN EN 1559-2 oder Überlängen zu entnehmen. Getrennt gegossene Prüfblöcke sind nur bei Gussstücken mit Stückgewichten gleich oder kleiner als 50 kg zulässig. Die Prüfblöcke sind in solcher Anzahl und Größe vorzusehen, dass die vorgeschriebenen Proben entnommen werden können.

(3) Die Dicke der Prüfblöcke muss der maßgebenden Wanddicke entsprechen. Als maßgebende Wanddicke gilt in diesem Zusammenhang die druckbeaufschlagte Wand, nicht jedoch die Dicke angegossener Flansche oder örtlicher Verstärkungen.

(4) Angegossene Prüfblöcke am Eingusssystem sind unzulässig.

(5) Bei Gussstücken mit Stückgewichten größer als 1000 kg ist die Lage der Prüfblöcke am Gussstück durch eine Fotografie oder in einer Skizze festzuhalten.

6.7.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und
b) für einen Probenentnahmeort je Prüfeinheit eine Stückanalyse.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort. Dabei ist zur Information auch der Wert der Brucheinschnürung zu ermitteln.
b) Je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei 350 °C, wenn die Auslegungstemperatur größer als 100 °C ist.
c) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei 0 °C oder bei 20 °C je Probenentnahmeort.
d) An jedem Stück die Härte zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Vergütungsbehandlung bei losweiser Prüfung von Gussstücken aus vergütetem Stahl.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen der Gussstücke gelten die Abschnitte 11.1 und 11.8.

(4) Jedes Gussstück ist einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

(5) Jedes Gussstück ist im Auslieferungszustand einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) Jedes Gussstück ist im Auslieferungszustand einer Maßprüfung zu unterziehen.

(7) Jedes Gussstück ist in einem dafür geeigneten Zustand, im Allgemeinen beim Weiterverarbeiter, einer Prüfung auf Dichtheit durch einen Innendruckversuch zu unterziehen. Dieser ist nach DIN 50104 durchzuführen. Druckmedium, Prüfdruck und Standzeit sind in der Bestellung anzugeben. Der Prüfdruck ist so zu begrenzen, dass die 1,1fache Sicherheit gegen die Streckgrenze oder gegen die 0,2 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur nicht unterschritten wird.

6.7.4 Kennzeichnung

Jedes Gussstück ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlgusssorte,
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

6.7.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung, der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie gegebenenfalls Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung, Dichtheitsprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller

ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen. Bei Gussstücken mit Stückgewichten größer als 1000 kg ist dem Abnahmeprüfzeugnis eine Fotografie oder Skizze der Lage der angegossenen Prüfblöcke am Gussstück beizufügen.

7 Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen

7.1 Flacherzeugnisse

7.1.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) X6CrNiNb18-10 (1.4550) nach DIN EN 10028-7,
b) X6CrNiTi18-10 (1.4541) nach DIN EN 10028-7,
c) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) nach DIN EN 10028-7,
d) X6CrNiMoNb17-12-2 (1.4580) nach DIN EN 10028-7 und
e) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen nach Abschnitt 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen, genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.3 erfüllen.

(3) Für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedewasserreaktoren, die mit Reaktorwasser (Betriebstemperatur $T \geq 200\ °C$ im Dauerbetrieb) in Berührung stehen, darf nur die Stahlsorte nach (1) a) mit folgenden Einschränkungen der chemischen Zusammensetzung verwendet werden:

$C \leq 0{,}03\ \%$

$Si \leq 0{,}5\ \%$

$P \leq 0{,}025\ \%$

$S \leq 0{,}010\ \%$

$18{,}0\ \% \leq Cr \leq 19{,}0\ \%$

$13 \cdot C \leq Nb \leq 0{,}65\ \%$

$Co \leq 0{,}2\ \%$

In der Prüfbescheinigung ist der Stickstoffgehalt auszuweisen.

7.1.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Die Oberflächen müssen frei sein von ferritischen Verunreinigungen, die für die Korrosionsbeständigkeit der Erzeugnisform relevant sind. Zunderschichten, die bei der Warmformgebung oder Wärmebehandlung entstehen, müssen entfernt werden. Anlauffarben infolge von Warmformgebung oder Wärmebehandlung sind durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden. Über die Zulässigkeit von Anlauffarben bis einschließlich „gelb“ ist im Einzelfall zu entscheiden.

7.1.3 Prüfung

7.1.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Für die Zugversuche bei Raumtemperatur sind

a) bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder kleiner als 30 mm Flachzugproben mit beiden Walzoberflächen und
b) bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 30 mm bis gleich oder kleiner als 75 mm Flachzugproben, mindestens 30 mm dick mit mindestens einer belassenen Walzoberfläche

zu verwenden.

(2) Für den Zugversuch bei erhöhter Temperatur sind

a) bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken kleiner als oder gleich 12 mm Flachzug- oder Rundzugproben und
b) bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 12 mm Rundzugproben

zu verwenden.

(3) Für den Kerbschlagbiegeversuch gilt:

a) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken gleich oder kleiner als 30 mm sind die Proben 2 mm unter der Walzoberfläche zu entnehmen.
b) Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 30 mm bis gleich oder kleiner als 75 mm sind die Proben in ein Viertel der Flacherzeugnisdicke unter der Walzoberfläche zu entnehmen.

(4) Für die Probenentnahmetiefe bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 75 mm gelten die Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen.

(5) Die Proben sind als Querproben so zu entnehmen, dass die Proben im halben Abstand zwischen Längskanten und Mittellinie der Flacherzeugnisse liegen.

(6) Die Anzahl der Probenentnahmeorte ist DIN EN 10028-7 zu entnehmen.

7.1.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und
b) je Schmelze an einem Flacherzeugnis an einem Probenentnahmeort eine Stückanalyse.

Bei der Stückanalyse ist der Stickstoffgehalt auszuweisen.

(2) Für die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort.
b) Je Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur in der Prüfgruppe A 1 größer als 200 °C und in den Prüfgruppen A 2 und A 3 größer als 300 °C ist.
c) Ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken größer als 16 mm je Probenentnahmeort.

(3) Je Schmelze, Abmessungsbereich und Wärmebehandlungslos ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(4) Je Schmelze ist ein Aufschmelzversuch zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes durchzuführen, wenn sich bei der Errechnung der Ferritnummer aus der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse gemäß **Anhang C** Werte von kleiner als 3 ergeben.

(5) Jedes Flacherzeugnis ist auf Verwechslung zu prüfen.

(6) Jedes Flacherzeugnis ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(7) Jedes Flacherzeugnis ist auf Maß- und Formhaltigkeit zu prüfen.

(8) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.2, bei Flacherzeugnissen für Rohrböden die Abschnitte 11.1 und 11.4.

7.1.4 Kennzeichnung

(1) Jedes Flacherzeugnis ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlsorte,
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Die Kennzeichnung ist quer zur Walzrichtung anzubringen. Bei aus Band geschnittenen Flacherzeugnissen ist auch Rollstempelung in Längsrichtung zulässig.

7.1.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, der Ermittlung des Deltaferritgehaltes, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren und der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Für Flacherzeugnisse der Prüfgruppen A 1 und A 2 sind die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und der zerstörungsfreien Prüfungen vom Sachverständigen zu bestätigen und zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen. Bei Flacherzeugnissen der Prüfgruppe A 3 gelten die Festlegungen wie für Stähle für überwachungsbedürftige Druckbehälteranlagen nach AD 2000-Merkblatt W 2.

7.2 Aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisformen

7.2.1 Werkstoffe

Für die Werkstoffe gilt Abschnitt 7.1.1.

7.2.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Es gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 7.1.2.

7.2.3 Prüfung der Ausgangserzeugnisse

(1) Für die Ausgangserzeugnisse gelten die Festlegungen des Abschnitts 7.1.

(2) Werden die Fertigteile einzeln nach Abschnitt 7.2.4.2 geprüft, dürfen die Prüfungen nach Abschnitt 7.1.3.2 (2) sowie die entsprechende Nachweise entfallen.

Hinweis:
Für Schweißverbindungen, die an den Ausgangserzeugnissen ausgeführt werden und die an den Fertigteilen verbleiben, gelten die Festlegungen nach KTA 3211.3.

7.2.4 Prüfung der aus Flacherzeugnissen gekümpelten oder gepressten Erzeugnisformen

7.2.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die mechanischen Prüfungen sind bei Erzeugnisformen mit einem Durchmesser oder einer Länge kleiner als oder gleich 500 mm und einer Nenndicke kleiner als oder gleich 16 mm an einem Teil je Schmelze, Dickenbereich und Wärmebehandlungslos durchzuführen. Die Losgröße soll maximal 20 Teile, höchstens jedoch 500 kg betragen.

(2) Bei Erzeugnisformen mit einem Durchmesser oder einer Länge größer als 500 mm oder einer Nenndicke größer als 16 mm ist jedes Teil einzeln zu prüfen, wobei

a) bei Erzeugnisformen mit einem Durchmesser oder einer Länge größer als 500 mm und gleich oder kleiner als 6000 mm oder einer Nenndicke größer als 16 mm ein Probenabschnitt und
b) bei Erzeugnisformen mit einem Durchmesser oder einer Länge größer als 6000 mm je ein Probenabschnitt von zwei gegenüberliegenden Seiten

zu entnehmen ist.

(3) Die Probenabschnitte müssen so entnommen werden, dass die Ausarbeitung von Querproben möglich ist. Bei Böden und ähnlichen Teilen sind Abweichungen bis zu 20 Grad von der theoretischen Querrichtung zulässig. Bei der Probenherstellung ist eine plastische Verformung der Probe im Bereich der Messlänge zu vermeiden. Gegebenenfalls ist mit dem Sachverständigen eine andere Probenahme oder das Vorgehen bei der Probenherstellung zu vereinbaren.

(4) Für die Probenentnahme gelten die Festlegungen in Abschnitt 7.1.3.1 und nach DIN EN 10028-7 sinngemäß.

7.2.4.2 Prüfumfang

(1) Für die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) je Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur,
b) je Schmelze, Dickenbereich und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur in der Prüfgruppe A 1 größer als 200 °C und in den Prüfgruppen A 2 und A 3 größer als 300 °C ist, sowie
c) ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Erzeugnisformen mit Nennwanddicken größer als 16 mm bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort.

(2) Je Schmelze, Dickenbereich und Wärmebehandlungslos ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(3) Je Schmelze ist ein Aufschmelzversuch zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes durchzuführen, wenn sich bei der Errechnung der Ferritnummer aus der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse gemäß **Anhang C** Werte von kleiner als 3 ergeben. Diese Prüfung darf durch eine entsprechende Prüfung der Ausgangserzeugnisse ersetzt werden.

(4) Jede Erzeugnisform ist auf Verwechslung zu prüfen.

(5) Jede Erzeugnisform ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) Jede Erzeugnisform ist auf Maß- und Formhaltigkeit zu prüfen.

(7) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.3.

7.2.5 Kennzeichnung

(1) Jede Erzeugnisform ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlsorte,
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Bei losweiser Prüfung ist die Erzeugnisform, von der die Proben entnommen worden sind, zusätzlich zu kennzeichnen.

(3) Die Kennzeichnung ist so anzubringen, dass sie aufrecht steht, wenn man in Hauptwalzrichtung der Walztafel blickt.

7.2.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, der Ermittlung des Deltaferritgehaltes, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Das Umformverfahren ist im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 anzugeben.

(3) Für Erzeugnisformen der Prüfgruppen A 1 und A 2 sind die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen,

der Besichtigung und Maßprüfung sowie der zerstörungsfreien Prüfungen vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen. Bei Erzeugnisformen der Prüfgruppe A 3 gelten die Festlegungen wie für Stähle für überwachungsbedürftige Druckbehälteranlagen nach AD 2000-Merkblatt W 2.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

7.3 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe

7.3.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) X6CrNiNb18-10 (1.4550) nach DIN EN 10222-5 oder DIN EN 10272,

b) X6CrNiTi18-10 (1.4541) nach DIN EN 10222-5 oder DIN EN 10272,

c) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) nach DIN EN 10222-5 oder DIN EN 10272,

d) X6CrNiMoNb17-12-2 (1.4580) nach DIN EN 10272 und

e) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.3 erfüllen.

(3) Für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedewasserreaktoren, die mit Reaktorwasser (Betriebstemperatur $T \geq 200$ °C im Dauerbetrieb) Reaktorwasser in Berührung stehen, darf nur die Stahlsorte nach (1) a) mit folgenden Einschränkungen der chemischen Zusammensetzung verwendet werden:

$C \leq 0{,}03$ %

$Si \leq 0{,}5$ %

$P \leq 0{,}025$ %

$S \leq 0{,}010$ %

$18{,}0\ \% \leq Cr \leq 19{,}0\ \%$

$13 \cdot C \leq Nb \leq 0{,}65$ %

$Co \leq 0{,}2$ %

In der Prüfbescheinigung ist der Stickstoffgehalt auszuweisen.

7.3.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Die Oberflächen müssen frei sein von ferritischen Verunreinigungen, die für die Korrosionsbeständigkeit der Erzeugnisform relevant sind. Zunderschichten, die bei der Warmformgebung oder Wärmebehandlung entstehen, müssen entfernt werden. Anlauffarben infolge von Warmformgebung oder Wärmebehandlung sind durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden. Über die Zulässigkeit von Anlauffarben bis einschließlich „gelb“ ist im Einzelfall zu entscheiden.

7.3.3 Prüfung

7.3.3.1 Prüfeinheiten

(1) Stücke aus der gleichen Schmelze, mit ähnlichen Abmessungen und aus dem gleichen Wärmebehandlungslos sind zu Prüfeinheiten von höchstens 500 kg zusammenzufassen.

(2) Stücke mit Wärmebehandlungsgewichten über 500 kg oder maßgeblichen Maßen über 250 mm sind einzeln zu prüfen.

7.3.3.2 Probenentnahme für Schmiedestücke und Ringe

7.3.3.2.1 Probenentnahmeort

Die Proben sind den Stücken an einer Stirnfläche zu entnehmen. Bei Wärmebehandlungsgewichten über 2500 kg sind Proben von beiden Enden des Schmiedestücks zu entnehmen. Bei einem Durchmesser größer als 1000 mm sind die Proben um 180 Grad versetzt zu entnehmen. Sofern nichts anderes festgelegt ist, sind je Prüfeinheit Proben von einem Stück zu entnehmen.

7.3.3.2.2 Probenentnahmetiefe

(1) Es gelten die Anforderungen gemäß den für die jeweilige Erzeugnisform zutreffenden Normen.

(2) Für Stücke, bei denen die genaue Probenentnahme nicht vorgegeben werden kann, ist diese im Einvernehmen mit dem Sachverständigen festzulegen.

7.3.3.2.3 Probenrichtung

(1) Die Proben sind quer zur Hauptumformrichtung zu entnehmen.

(2) Längsproben sind zulässig bei Stücken mit einer Querschnittsfläche entsprechend Vollteilen mit einem Durchmesser kleiner als 160 mm für Zugproben und bei Stücken mit einer Querschnittsfläche entsprechend Vollteilen mit einem Durchmesser kleiner als 100 mm für Kerbschlagproben.

7.3.3.3 Probenentnahme für Stäbe

7.3.3.3.1 Probenentnahmeort

(1) Die Proben sind von einem Ende der Stäbe zu entnehmen.

(2) Sofern nichts anderes festgelegt ist, sind je Prüfeinheit Proben von einem Stück zu entnehmen.

7.3.3.3.2 Probenentnahmetiefe

(1) Bei Stäben mit einem Durchmesser oder einer Wärmebehandlungsdicke kleiner als oder gleich 25 mm sind die Proben aus dem Kern der Stäbe zu entnehmen.

(2) Bei Stäben mit einem Durchmesser oder einer Wärmebehandlungsdicke größer als 25 mm bis kleiner als oder gleich 160 mm sind die Proben mindestens 12,5 mm unter der Mantelfläche zu entnehmen.

(3) Für die Probenentnahmetiefe bei Stäben mit größerem Durchmesser oder größerer Wärmebehandlungsdicke gelten die Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen.

(4) Der Abstand der Probenentnahmeorte von den Stirnflächen muss mindestens 25 mm betragen.

7.3.3.3.3 Probenrichtung

Bei Stäben mit einem Durchmesser oder einer Wärmebehandlungsdicke kleiner als oder gleich 100 mm sind Längsproben, bei Stäben mit einem Durchmesser oder einer Wärmebehandlungsdicke größer als 100 mm sind Querproben zu prüfen.

7.3.3.4 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und

b) je Schmelze eine Stückanalyse.

Bei der Stückanalyse ist der Stickstoffgehalt auszuweisen.

(2) Für die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) je Probenentnahmeort ein Zugversuch beim Raumtemperatur,
b) je Schmelze, ähnliche Abmessung und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur in der Prüfgruppe A 1 größer als 200 °C und in den Prüfgruppen A 2 und A 3 größer als 300 °C ist, und
c) ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort.

(3) Je Schmelze, ähnliche Abmessung und Wärmebehandlungslos ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(4) Je Schmelze ist ein Aufschmelzversuch zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes durchzuführen, wenn sich bei der Errechnung der Ferritnummer aus der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse gemäß **Anhang C** Werte von kleiner als 3 ergeben.

(5) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.4.

(6) Jedes Stück ist auf Verwechslung zu prüfen.

(7) Jedes Stück ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(8) Bei jedem Stück ist eine Maßprüfung durchzuführen.

7.3.4 Kennzeichnung

(1) Jedes Stück ist dauerhaft mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlsorte,
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Bei losweiser Prüfung ist das Stück, von dem die Proben entnommen worden sind, zusätzlich zu kennzeichnen.

7.3.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, der Ermittlung des Deltaferritgehaltes, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Für Stücke der Prüfgruppen A 1 und A 2 sind die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, der Besichtigung und Maßprüfung sowie der zerstörungsfreien Prüfungen vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen. Bei Stücken der Prüfgruppe A 3 gelten die Festlegungen wie für Stähle für überwachungsbedürftige Druckbehälteranlagen nach AD 2000-Merkblatt W 2.

7.4 Nahtlose Rohre größer als DN 50

7.4.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose, gewalzte oder gepresste Rohre größer als DN 50

Hinweis:
Für geschmiedete Rohre gilt Abschnitt 7.3.

(2) Die Festlegungen dieses Abschnittes gelten auch für Rohre gleich oder kleiner als DN 50, wenn aus solchen Rohren Rohrbogen größer als DN 50 hergestellt werden.

7.4.2 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) X6CrNiNb18-10 (1.4550) nach DIN EN 10216-5,
b) X6CrNiTi18-10 (1.4541) nach DIN EN 10216-5,
c) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) nach DIN EN 10216-5,
d) X6CrNiMoNb17-12-2 (1.4580) nach DIN EN 10216-5 und
e) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.3 erfüllen.

(3) Für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedewasserreaktoren, die mit Reaktorwasser (Betriebstemperatur $T \geq 200$ °C im Dauerbetrieb) in Berührung stehen, darf nur die Stahlsorte nach (1) a) mit folgenden Einschränkungen der chemischen Zusammensetzung verwendet werden:

$C \leq 0{,}03$ %
$Si \leq 0{,}5$ %
$P \leq 0{,}025$ %
$S \leq 0{,}010$ %
$18{,}0\ \% \leq Cr \leq 19{,}0\ \%$
$13 \cdot C \leq Nb \leq 0{,}65$ %
$Co \leq 0{,}2$ %

In der Prüfbescheinigung ist der Stickstoffgehalt auszuweisen.

7.4.3 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Die Oberflächen müssen frei sein von ferritischen Verunreinigungen, die für die Korrosionsbeständigkeit der Erzeugnisform relevant sind. Zunderschichten, die bei der Warmformgebung oder Wärmebehandlung entstehen, müssen entfernt werden. Anlauffarben infolge von Warmformgebung oder Wärmebehandlung sind durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden. Über die Zulässigkeit von Anlauffarben bis einschließlich „gelb“ ist im Einzelfall zu entscheiden.

7.4.4 Prüfung

7.4.4.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

Die Proben sind gemäß DIN EN 10216-5 zu entnehmen. Der Abstand zwischen Rohrende und Entnahmeort der Zug- und Kerbschlagproben muss mindestens gleich der Nennwanddicke, höchstens jedoch 25 mm betragen.

7.4.4.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse,
b) je Schmelze eine Stückanalyse. Der Stickstoffgehalt ist auszuweisen.

(2) Für die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Zugversuche bei Raumtemperatur gemäß den Festlegungen für Prüfkategorie 2 in DIN EN 10216-5,
b) ein Zugversuch bei 350 °C je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos, sofern die Auslegungstemperatur

bei Rohren der Prüfgruppe A 1 größer als 200 °C und bei Rohren der Prüfgruppen A 2 und A 3 größer als 300 °C ist,

c) bei Rohren mit Nennwanddicken größer als 16 mm ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur je Zugversuch gemäß a) und

d) technologische Prüfungen bei Rohren mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 40 mm gemäß DIN EN 10216-5.

(3) Je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(4) Je Schmelze ist ein Aufschmelzversuch zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes durchzuführen, wenn sich bei der Errechnung der Ferritnummer aus der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse gemäß **Anhang C** Werte von kleiner als 3 ergeben.

(5) Jedes Rohr ist auf Verwechslung zu prüfen.

(6) Bei jedem Rohr sind die innere und die äußere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(7) Bei jedem Rohr sind an beiden Enden Durchmesser und Wanddicke auf Maßhaltigkeit zu prüfen.

(8) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.5.3

(9) Jedes Rohr ist nach DIN EN 10216-5 auf Dichtheit zu prüfen.

7.4.5 Kennzeichnung

Jedes Rohr ist an einem Ende dauerhaft mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Rohrmaße,

c) Stahlsorte und Nummer der Norm,

d) Schmelzennummer,

e) Prüfkategorie,

f) Kennzeichen des Lieferzustands,

g) Rohrnummer und

h) Zeichen des Sachverständigen.

7.4.6 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, der Bestimmung des Deltaferritgehaltes, der Verwechslungsprüfung, der Dichtheitsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren und der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Bei Rohren der Prüfgruppe A 3 und Nennwanddicken kleiner als oder gleich 5,6 mm genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

7.5 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50

7.5.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose Rohrbogen, die durch Kalt- oder Warmumformung mit anschließender Wärmebehandlung (Lösungsglühen und Abschrecken) hergestellt werden (Einschweißbogen).

(2) Dieser Abschnitt gilt nicht für Rohrbiegungen, die mit Induktivbiegemaschinen oder durch Kaltumformen mit oder ohne anschließende Wärmebehandlung hergestellt werden. Für diese gilt Abschnitt 6 von KTA 3211.3.

7.5.2 Werkstoffe

(1) Für die Werkstoffe gelten die Abschnitte 7.3.1 und 7.4.2.

(2) Für die fertigen Rohrbogen gelten die Werte der mechanisch-technologischen Eigenschaften für Rohre auch dann, wenn geschmiedete Hohlteile als Ausgangserzeugnis verwendet werden.

7.5.3 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Es gelten die Anforderungen gemäß den Abschnitten 7.3.2 und 7.4.3.

7.5.4 Ausgangserzeugnisse

(1) Als Ausgangserzeugnisse sind grundsätzlich geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 7.3 oder nahtlose Rohre nach Abschnitt 7.4 zu verwenden.

(2) Es dürfen auch Ausgangserzeugnisse verwendet werden, die nicht vollständig nach den Festlegungen in den Abschnitten 7.3 oder 7.4 geprüft worden sind, wenn

a) die fertigen Rohrbogen einzeln nach Abschnitt 7.5.5.2 geprüft werden und

b) die zerstörungsfreien Prüfungen der Ausgangserzeugnisse gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.4 oder 11.5.3 vor dem Umformen durchgeführt wurden.

(3) Werden die fertigen Rohrbogen einzeln nach Abschnitt 7.5.5.2 geprüft, darf bei den Ausgangserzeugnissen die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der entsprechende Nachweis entfallen. Für die Besichtigung und die Maßprüfung der Ausgangserzeugnisse genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

7.5.5 Prüfung der Rohrbogen

7.5.5.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Proben sind von den Enden der Rohrbogen entsprechend dem Gutachten des Sachverständigen zu entnehmen.

(2) Der Abstand zwischen Rohrbogenende und Probenentnahmeort muss mindestens gleich der Nennwanddicke, höchstens jedoch 25 mm sein. Abweichungen hiervon sind im Einvernehmen mit dem Sachverständigen zulässig.

(3) Im Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch sind Querproben zu prüfen, sofern diese aus ungerichteten Probenabschnitten entnommen werden können. Ist dies nicht möglich, sind Längsproben zu prüfen.

(4) Bei Rohrbogen mit Nennwanddicken größer als oder gleich 20 mm sind die Proben möglichst aus der Mitte der Rohrwand zu entnehmen.

(5) Werden die Rohrbogen nicht einzeln geprüft, so werden zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften Prüfeinheiten gebildet, die aus Rohrbogen gleicher Schmelze und Abmessung und des gleichen Wärmebehandlungsloses bestehen.

(6) Für die Zugversuche bei Raumtemperatur und für die Kerbschlagbiegeversuche darf die Zahl der Rohrbogen je Prüfeinheit folgende Stückzahl nicht überschreiten:

a) 50 Stück bei Rohrbogen kleiner als DN 200,

b) 25 Stück bei Rohrbogen größer als oder gleich DN 200 bis kleiner als DN 350 und

c) 10 Stück bei Rohrbogen größer als oder gleich DN 350.

7.5.5.2 Prüfumfang

(1) Der Nachweis der chemischen Zusammensetzung ist am Ausgangserzeugnis zu erbringen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Prüfeinheit an einem Rohrbogen, bei Einzelprüfung an jedem Rohrbogen,

b) je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos an einem Rohrbogen ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur bei Rohrbogen der Prüfgruppe A 1 größer als 200 °C, oder bei Rohrbogen der Prüfgruppe A 2 und A 3 größer als 300 °C ist, und

c) je Prüfeinheit bei Nennwanddicken größer als 16 mm ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur.

(3) Je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(4) Je Schmelze ist ein Aufschmelzversuch zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes durchzuführen, wenn sich bei der Errechnung der Ferritnummer aus der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse gemäß **Anhang C** Werte von kleiner als 3 ergeben. Diese Prüfung darf durch eine entsprechende Prüfung am Ausgangserzeugnis ersetzt werden.

(5) Jeder Rohrbogen ist auf Verwechslung zu prüfen.

(6) Die innere und die äußere Oberfläche eines jeden Rohrbogens ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(7) Bei jedem Rohrbogen ist über die Bogenlänge unter Einschluss der Enden und über den Umfang in ausreichendem Maße die Wanddicke und je nach Bestellung entweder der Außen- oder der Innendurchmesser zu messen. Die kleinste Wanddicke sowie die Unrundheit sind zu ermitteln.

(8) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.6.3.

7.5.6 Kennzeichnung

Jeder Rohrbogen ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Stahlherstellers,

b) Stahlsorte mit dem Kurzzeichen für die Ausführungsart gemäß den Vorgaben in der Norm für das Ausgangserzeugnis,

c) Schmelzennummer,

d) Bogen- oder Prüflosnummer,

e) Zeichen des Sachverständigen und

f) ggf. Zeichen „X“ für warmgefertigte Rohrbogen (Hamburger Bogen) aus den Stahlsorten X6CrNiTi18-10 und X6CrNiMoTi18-10.

7.5.7 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, der Ermittlung des Deltaferritgehaltes, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

(4) Bei Rohrbogen der Prüfgruppe A 3 mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 5,6 mm genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

7.6 Nahtlose Formstücke größer als DN 50

Hinweis:
Der Nenndurchmesser eines Reduzierstückes oder eines T-Stückes bezieht sich auf das Ende mit dem größeren Durchmesser.

7.6.1 Geltungsbereich

Dieser Abschnitt gilt für folgende nahtlose Formstücke:

a) Reduzierstücke, die durch Kalt- oder Warmumformung und

b) T-Stücke, die nach dem Fließpressverfahren (liquid bulge-Verfahren)

mit anschließender Wärmebehandlung (Lösungsglühen und Abschrecken) hergestellt werden.

7.6.2 Werkstoffe

(1) Für die Werkstoffe gelten die Abschnitte 7.3.1 und 7.4.2.

(2) An die mechanisch-technologischen Eigenschaften der fertigen Formstücke werden die gleichen Forderungen gestellt wie an die mechanisch-technologischen Eigenschaften der Rohre, und zwar auch dann, wenn geschmiedete Hohlteile als Ausgangserzeugnisse verwendet werden.

7.6.3 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe und Umformverfahren

Es gelten die Anforderungen gemäß den Abschnitten 7.3.2 und 7.4.3.

7.6.4 Ausgangserzeugnisse

(1) Als Ausgangserzeugnisse sind grundsätzlich geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 7.3 oder nahtlose Rohre nach Abschnitt 7.4 zu verwenden.

(2) Es dürfen auch Ausgangserzeugnisse verwendet werden, die nicht vollständig nach den Festlegungen in den Abschnitten 7.3 oder 7.4 geprüft worden sind, wenn

a) die fertigen Formstücke einzeln nach Abschnitt 7.6.5.2 geprüft werden und

b) die zerstörungsfreien Prüfungen der Ausgangserzeugnisse gemäß den Festlegungen in Abschnitt 11.4 oder 11.5.3 vor dem Umformen durchgeführt wurden.

(3) Werden die fertigen Formstücke einzeln nach Abschnitt 7.6.5.2 geprüft, darf bei den Ausgangserzeugnissen die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der entsprechende Nachweis entfallen. Für die Besichtigung und die Maßprüfung der Ausgangserzeugnisse genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

7.6.5 Prüfung der Formstücke

7.6.5.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Proben sind von einem Ende der Formstücke gemäß dem Gutachten des Sachverständigen zu entnehmen.

(2) Die Probenabschnitte müssen in der Hälfte der Wanddicke unter der Stirnfläche oder so nahe wie möglich an diesem Ort liegen.

(3) Im Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch sind Querproben zu prüfen, sofern diese aus ungerichteten Probenabschnitten entnommen werden können. Ist dies nicht möglich, sind Längsproben zu prüfen.

(4) Bei Formstücken mit Nennwanddicken größer als oder gleich 20 mm sind die Proben möglichst aus der Mitte der Rohrwand zu entnehmen.

(5) Werden die Formstücke nicht einzeln geprüft, so werden zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften Prüfeinheiten gebildet, die aus Formstücken gleicher Schmelze und Abmessung und des gleichen Wärmebehandlungsloses bestehen.

(6) Für die Zugversuche bei Raumtemperatur und für die Kerbschlagbiegeversuche darf die Zahl der Formstücke je Prüfeinheit folgende Stückzahl nicht überschreiten:

a) 50 Stück bei Formstücken kleiner als DN 100 und

b) 10 Stück bei Formstücken größer als oder gleich DN 100.

7.6.5.2 Prüfumfang

(1) Der Nachweis der chemischen Zusammensetzung ist am Ausgangserzeugnis zu erbringen.

(2) Für die Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Prüfeinheit,

b) je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur bei Formstücken der Prüfgruppe A 1 größer als 200 °C, bei Formstücken der Prüfgruppen A 2 und A 3 größer als 300 °C ist und

c) je Prüfeinheit bei Nennwanddicken größer 16 mm ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur.

(3) Je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(4) Je Schmelze ist ein Aufschmelzversuch zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes durchzuführen, wenn sich bei der Errechnung der Ferritnummer aus der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse gemäß **Anhang C** Werte von kleiner als 3 ergeben. Diese Prüfung darf durch eine entsprechende Prüfung am Ausgangserzeugnis ersetzt werden.

(5) Jedes Formstück ist auf Verwechslung zu prüfen.

(6) Bei jedem Formstück sind die innere und die äußere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(7) An jedem Formstück sind an den Enden Unrundheit, Durchmesser und Wanddicke zu messen.

(8) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.7.3

7.6.6 Kennzeichnung

Jedes Formstück ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Stahlherstellers,

b) Stahlsorte mit dem Kurzzeichen für die Ausführungsart gemäß den Vorgaben in der Norm für das Ausgangserzeugnis,

c) Schmelzennummer,

d) Formstück- oder Prüflosnummer,

e) Zeichen des Sachverständigen und

f) ggf. Zeichen „X“ für warmgefertigte Formstücke aus den Stahlsorten X6CrNiTi18-10 und X6CrNiMoTi18-10.

7.6.7 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, der Ermittlung des Deltaferritgehaltes, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfung sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 beizufügen.

(4) Bei Formstücken der Prüfgruppe A 3 mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 5,6 mm genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

7.7 Gussstücke

7.7.1 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stahlgusssorten dürfen verwendet werden:

a) GX5CrNiNb19-11 (1.4552) nach DIN EN 10213,

b) GX5CrNiMoNb19-11-2 (1.4581) nach DIN EN 10213 und

c) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Die Werkstoffe müssen die Forderungen des Abschnitts 4.3.3 erfüllen.

7.7.2 Allgemeine Forderungen an die Gussstückbeschaffenheit

(1) Der Grundwerkstoff soll einen Deltaferritgehalt entsprechend Ferritnummer von 2 bis 12 nach **Anhang C** aufweisen.

(2) Hinsichtlich ihrer allgemeinen inneren und äußeren Beschaffenheit müssen die Gussstücke in Abhängigkeit von der Prüfgruppe den Festlegungen in **Tabelle 11-6** genügen.

(3) Speiser und große gießtechnische Verstärkungen, die die Wärmebehandlung des Gussstückes beeinträchtigen, sind vor der Wärmebehandlung zur Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften zu beseitigen.

(4) Die Gießtechnik ist nach den Grundsätzen der gelenkten Erstarrung auszulegen. Bei Gussstücken mit Nennweiten größer als oder gleich 200 mm ist die Anschnitt- und Speisertechnik anhand der Sättigungsberechnung und anhand von Zeichnungen zu erläutern, aus denen die Lage der Speiser und der Speisungsbereiche sowie die Probenlage hervorgehen.

(5) Die Beschreibung der Gießtechnik ist für jedes Gussmodell der Zwischenablage (interne Herstellerdokumentation) zum Verbleib beim Hersteller beizufügen.

Hinweis:

Als Merkmal zur Kennzeichnung der Abmessungen der Gehäuse gilt als Nennweite:

a) bei Pumpen die Nennweite des Druckstutzens,
b) bei Armaturen die jeweils größte auftretende Nennweite und
c) bei Sicherheitsventilen die Nennweite des Eintrittsstutzens.

(6) Zusammen mit der Zeichnung des Gussstücks im Auslieferungszustand sind folgende Unterlagen zur Vorprüfung im Allgemeinen als Standardprüfpläne vorzulegen:

a) sofern vom Standard-Fertigungsschema nach **Bild 5.7-1** abgewichen wird, Prüffolge- und Wärmebehandlungsplan,
b) bei Gussstücken der Prüfgruppe A 1 mit Nennweiten größer als 200 mm Prüfanweisungen für die zerstörungsfreien Prüfungen sowie ein Koordinatenbezugssystem (Bezugspunktraster),
c) bei Prototypen der Prüfgruppen A 2 und A 3 mit Nennweiten größer als 200 mm ein Filmlageplan und ein Strahlenquellenplan,
d) Schweißverfahrensprüfung und Schweißplan für Fertigungsschweißungen (siehe **Anhang B**) und gegebenenfalls Konstruktionsschweißungen,
e) Prüffolgeplan für Konstruktionsschweißungen, soweit erforderlich, und
f) Auflistung der vorgesehenen Arbeitsprüfungen.

(7) Wird von den im Schweißplan festgelegten Bedingungen abgewichen oder ein anderes Schweißverfahren gewählt, ist der Schweißplan in dieser Hinsicht erneut zur Vorprüfung vorzulegen.

7.7.3 Prüfung

7.7.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Gussstücke mit einem Liefergewicht kleiner als oder gleich 500 kg sind in Losen, Gussstücke mit einem Liefergewicht größer als 500 kg sind einzeln zu prüfen.

(2) Für die Anzahl der Probenentnahmeorte gelten die Festlegungen in **Tabelle 5.7-1**.

(3) Die Proben sind aus angegossenen Prüfblöcken gemäß DIN EN 1559-2 oder Überlängen zu entnehmen. Getrennt gegossene Prüfblöcke sind nur bei Gussstücken mit Stückgewichten gleich oder kleiner als 50 kg zulässig. Die Prüfblöcke sind in solcher Anzahl und Größe vorzusehen, dass die vorgeschriebenen Proben entnommen werden können.

(4) Die Dicke der Prüfblöcke muss der maßgebenden Wanddicke entsprechen. Als maßgebende Wanddicke gilt in diesem Zusammenhang die druckbeaufschlagte Wand, nicht jedoch die Dicke angegossener Flansche oder örtlicher Verstärkungen.

(5) Angegossene Prüfblöcke am Eingusssystem sind unzulässig.

(6) Bei Gussstücken mit Stückgewichten größer als 1000 kg ist die Lage der Prüfblöcke am Gussstück durch eine Fotografie oder in einer Skizze festzuhalten.

7.7.3.2 Prüfumfang

(1) Für die chemische Analyse sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse,
b) für einen Probenentnahmeort je Prüfeinheit eine Stückanalyse.

Bei der Stückanalyse ist der Stickstoffgehalt auszuweisen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) ein Zugversuch bei Raumtemperatur je Probenentnahmeort,
b) je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur bei Gussstücken der Prüfgruppe A 1 größer als 200 °C, bei Gussstücken der Prüfgruppe A 2 und A 3 größer als 300 °C ist, und
c) je Probenentnahmeort ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur.

(3) Je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(4) Der Deltaferritgehalt ist unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes nach **Anhang C** zu ermitteln. Ist der aus der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse errechnete Wert der Ferritnummer kleiner als 3, ist der Deltaferritgehalt je Schmelze metallographisch zu bestimmen.

(5) Für die zerstörungsfreien Prüfungen der Gussstücke gelten die Abschnitte 11.1 und 11.8.

(6) Jedes Gussstück ist einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

(7) Jedes Gussstück ist im Auslieferungszustand einer Besichtigung zu unterziehen.

(8) Jedes Gussstück ist im Auslieferungszustand einer Maßprüfung zu unterziehen.

(9) Jedes Gussstück ist in einem dafür geeigneten Zustand, im Allgemeinen beim Weiterverarbeiter, einer Prüfung auf Dichtheit durch einen Innendruckversuch zu unterziehen. Dieser ist nach DIN 50104 durchzuführen. Druckmedium, Prüfdruck und Standzeit sind in der Bestellung anzugeben. Der Prüfdruck ist so zu begrenzen, dass die 1,1fache Sicherheit gegen die 0,2 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur nicht unterschritten wird.

7.7.4 Kennzeichnung

Jedes Gussstück ist mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlgusssorte,
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

7.7.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, der Ermittlung des Deltaferritgehaltes, der Verwechslungsprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren und der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung, Dichtheitsprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen. Bei Gussstücken mit Stückgewichten größer als 1000 kg ist dem Abnahmeprüfzeugnis eine Fotografie oder Skizze der Lage der angegossenen Prüfblöcke am Gussstück beizufügen.

8 Schrauben und Muttern

8.1 Geltungsbereich

Dieser Abschnitt gilt für:

a) Schrauben und Muttern, die spanend aus vergüteten Stäben hergestellt werden,

b) Schrauben und Muttern, die spanend aus warm-kaltverfestigten austenitischen Stäben hergestellt werden,

c) Schrauben und Muttern, die spanend aus lösungsgeglühten und abgeschreckten austenitischen Stäben hergestellt werden,

d) Schrauben und Muttern, die warm- oder kaltformgebend gefertigt und anschließend vergütet werden,

e) Schrauben und Muttern aus unlegierten und legierten ferritischen Stählen der Festigkeitsklassen nach DIN EN ISO 898-1 und DIN EN ISO 898-2 sowie aus austenitischen Stählen der Stahlsorten A 2, A 3, A 4 und A 5 nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2 innerhalb der Grenzen nach **Tabelle 8-1**.

Hinweis:

Gewindewalzen gilt nicht als Kaltumformung, die eine erneute Wärmebehandlung erfordert.

Stahlgruppe	Erzeugnisform	Festigkeitsklasse	Anwendungsgrenzen
Unlegierte und legierte ferritische Stähle [1]	Schrauben	5.6 und 8.8 nach DIN EN ISO 898-1	≤ M 30 für den Anwendungsbereich: ≤ 2,5 MPa und ≤ 100 °C [2]; Festigkeitsklasse 8.8 nur in Verbindung mit Flanschen ≤ DN 500
	Muttern	5-2 und 8 nach DIN EN ISO 898-2	≤ M 30 für den Anwendungsbereich: < 4 MPa und ≤ 300 °C; Festigkeitsklasse 8 nur in Verbindung mit Flanschen ≤ DN 500
Austenitische Stähle der Stahlsorten A 2 [3], A 3, A 4 [3] und A 5 nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2	Schrauben und Muttern	50 und 70 nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2	≤ M 39, Festigkeitsklasse 70 nur bis ≤ M 30

[1] Nur in der Prüfgruppe A3 zulässig.

[2] Ohne Nachweis der Warmstreckgrenze dürfen Schrauben aus den Stählen für die Festigkeitsklasse 8.8 nur bis 50 °C eingesetzt werden.

[3] Die Schrauben und Muttern aus nicht stabilisierten austenitischen Stählen der Stahlsorten A 2 und A 4 dürfen nicht verwendet werden, wenn sie mit dem Medium in dauerndem Kontakt stehen. Ausnahmen sind mit dem Besteller und dem Sachverständigen abzustimmen.

Tabelle 8-1: Anwendungsgrenzen von Schrauben und Muttern nach DIN EN ISO 898-1 und DIN EN ISO 898-2 sowie DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2

8.2 Werkstoffe

(1) Nachstehende Stähle dürfen verwendet werden:

a) Stähle nach Abschnitt A 5,

b) die Stähle C35E+QT (1.1181+QT), 25CrMo4 (1.7218) und 21CrMoV5-7 (1.7709) nach DIN EN 10269 unter Berücksichtigung der zusätzlichen Forderungen nach Abschnitt 8.3 sowie der Abmessungsgrenzen und sonstigen Festlegungen im Abschnitt A 6,

c) die Stähle

ca) X6CrNiNb18-10 (1.4550) nach DIN EN 10222-5 oder DIN EN 10272,

cb) X6CrNiTi18-10 (1.4541) nach DIN EN 10222-5 oder DIN EN 10272,

cc) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) nach DIN EN 10222-5 oder DIN EN 10272,

cd) X6CrNiMoNb17-12-2 (1.4580) nach DIN EN 10272,

d) die Stähle X22CrMoV12-1+QT1 (1.4923+QT1) nach DIN EN 10269 und X 8 CrNiMoBNb 16-16 +wk (1.4986+wk) nach VdTÜV-Werkstoffblatt 113/2 unter Berücksichtigung der Abmessungsgrenzen und sonstigen Festlegungen im Abschnitt A 6,

e) ferritische und austenitische Stähle für Schrauben und Muttern nach **Tabelle 8-1** und

f) sonstige Stähle, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

(2) Sicherungen durch Schweißen sind nicht zulässig.

8.3 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Bei ferritischen Stählen für Schrauben, ausgenommen X22CrMoV12-1+QT1 (1.4923+QT1) und Schrauben nach Festigkeitsklassen, gelten im Kerbschlagbiegeversuch an Längsproben bei Raumtemperatur folgende zusätzliche Festlegungen:

a) bei Abmessungen größer als M 24 bis gleich oder kleiner als M 100 darf der kleinste Einzelwert der seitlichen Breitung 0,6 mm und

b) bei Abmessungen größer M 100 darf der kleinste Einzelwert der Schlagenergie 61 J sowie der kleinste Einzelwert der seitlichen Breitung 0,6 mm

nicht unterschreiten.

8.4 Schrauben und Muttern, spanend aus vergüteten Stäben oder aus warm-kalt-verfestigten austenitischen Stäben hergestellt

8.4.1 Prüfungen an den Stäben

8.4.1.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Es sind Längsproben zu entnehmen.

(2) Der Prüfquerschnitt der Zug- und Kerbschlagproben muss im Abstand von mindestens der Hälfte des Durchmessers der Stäbe von der Stirnfläche entfernt und die Probenachse bei Durchmessern gleich oder kleiner als 40 mm in Stabmitte und bei Durchmessern größer als 40 mm im Abstand eines Sechstels des Durchmessers unter der Oberfläche liegen.

8.4.1.2 Prüfeinheiten

Die Stäbe sind in Prüfeinheiten von höchstens 5000 kg, die aus Stäben gleicher Abmessung, gleicher Schmelze und des gleichen Wärmebehandlungsloses bestehen, zu prüfen. Für den Stahl X 8 CrNiMoBNb 16-16 +wk (1.4986+wk) gelten die Festlegungen gemäß VdTÜV-Werkstoffblatt 113/2.

8.4.1.3 Prüfumfang

(1) Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Härteprüfung nach DIN EN ISO 6506-1 und zwar bei Stäben mit einem Durchmesser größer als 120 mm an jedem Stab der Prüfeinheit mit je einem Eindruck an einem Ende und bei Stäben mit einem Durchmesser gleich oder kleiner als 120 mm an 10 % der Stäbe der Prüfeinheit mit je einem Eindruck an einem Ende, mindestens jedoch an 10 Stäben oder, wenn die Prüfeinheit weniger als 10 Stäbe umfasst, an jedem Stab,

b) je ein Zugversuch bei Raumtemperatur an den Stäben mit den niedrigsten und den höchsten Härtewerten,

c) bei Stäben für die Fertigung von Schrauben der Prüfgruppe A 1 sowie bei Stäben aus 20 NiCrMo 14 5 und 26 NiCrMo 14 6 für die Fertigung von Schrauben der Prüfgruppen A 1, A2 und A 3 ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur größer als 100 °C ist, und

d) ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur bei Stäben mit Durchmessern gleich oder größer als 14 mm an den beiden Stäben, die im Zugversuch geprüft wurden, zur Ermittlung der Schlagenergie und der seitliche Breitung.

(3) Jeder Stab ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(4) An jedem Stab ist die Kennzeichnung zu kontrollieren.

(5) Jeder Stab ist auf Maßhaltigkeit zu prüfen.

(6) Jeder Stab ist einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

(7) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten

a) bei Stäben aus vergüteten ferritischen und martensitischen Stählen die Abschnitte 11.1 und 11.9.2.1 und

b) bei Stäben aus dem Stahl X 8 CrNiMoBNb 16-16 +wk (1.4986+wk) die Abschnitte 11.1 und 11.9.3.1.

8.4.2 Prüfungen an den Fertigteilen

(1) Bei der Maßprüfung sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach **Tabelle 8-2** zu überprüfen. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-3**. Die in der **Tabelle 8-2** genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.

(2) Die Kennzeichnung ist stichprobenweise zu kontrollieren. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen nach **Tabelle 8-3**.

(3) Schrauben und Muttern aus legierten Stählen sind stichprobenweise einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-4**. Die Annahmezahl ist unabhängig vom Stichprobenumfang gleich Null.

(4) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.9.2.2.

Hauptmerkmale
Gewindegrenzmaße (Lehrenhaltigkeit)
Kraftangriffsflächen für Montage
Übergang unter dem Schraubenkopf
Gewindegrundradius am Übergang Gewinde-Schaft
Nebenmerkmale
Längen (Schraubenlänge, Gewindelänge)
Form- und Lageabweichungen
Auflageflächen
Höhen (Kopfhöhen, Mutterhöhen)
Durchmesser
Hinweis: Weitere Merkmale sowie deren Einstufung dürfen im Rahmen der Bestellung festgelegt werden.

Tabelle 8-2: Bei der Maßprüfung zu prüfende Merkmale sowie deren Einstufung als Haupt- oder Nebenmerkmale

Stückzahl der Prüfeinheit	Stichprobenumfang				Annahmezahlen		
	Maßprüfung auf Hauptmerkmale und Prüfung der Kennzeichnung		Maßprüfung auf Nebenmerkmale und Oberflächenprüfung		Maßprüfung auf Hauptmerkmale	Maßprüfung auf Nebenmerkmale und Oberflächenprüfung	Prüfung der Kennzeichnung
	Schrauben	Muttern	Schrauben	Muttern			
bis 150	32	20	20	13	0	0	0
151 bis 280	32	20	80	50	0	1	0

Tabelle 8-3: Stichprobenumfang und Annahmezahlen für die Maßprüfung, Oberflächenprüfung und Prüfung der Kennzeichnung

Stückzahl der Prüfeinheit	Stichprobenumfang [1)]
bis 150	20
151 bis 280	32
281 bis 500	50
501 bis 1200	80
1201 bis 3200	125
3201 bis 10000	200
[1)] Die Annahmezahl ist unabhängig vom Stichprobenumfang stets Null.	

Tabelle 8-4: Stichprobenumfang für die Verwechslungsprüfung von Schrauben und Muttern

8.5 Schrauben und Muttern, spanend aus lösungsgeglühten und abgeschreckten austenitischen Stäben hergestellt

8.5.1 Prüfungen an den Stäben

8.5.1.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Es sind Längsproben zu entnehmen.

(2) Die Probenachse der Zug- und Kerbschlagbiegeproben muss bei Abmessungen mit Durchmessern kleiner als oder gleich 25 mm in der Mitte und bei Abmessungen mit Durchmessern größer als 25 mm mindestens 12,5 mm unter der Oberfläche liegen.

8.5.1.2 Prüfeinheiten

Die Stäbe sind in Prüfeinheiten von höchstens 500 kg zu prüfen, die aus Stäben gleicher Abmessung, gleicher Schmelze und des gleichen Wärmebehandlungsloses bestehen.

8.5.1.3 Prüfumfang

(1) Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) an einem Stab je Prüfeinheit ein Zugversuch bei Raumtemperatur,
b) bei Stäben für die Fertigung von Schrauben der Prüfgruppe A 1 ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur für die Prüfgruppe A 1 größer ist als 200 °C und
c) ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur bei Stäben mit gleich oder größer als 14 mm Durchmesser an dem gleichen Stab, der im Zugversuch geprüft wurde.

(3) Je Schmelze und Wärmebehandlungslos ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 durchzuführen.

(4) Jeder Stab ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(5) An jedem Stab ist die Kennzeichnung zu kontrollieren.

(6) Jeder Stab ist auf Maßhaltigkeit zu prüfen.

(7) Jeder Stab ist einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

(8) Für die zerstörungsfreien Prüfungen der Stäbe gelten die Abschnitte 11.1 und 11.9.3.1

8.5.2 Prüfungen an den Fertigteilen

(1) Bei der Maßprüfung sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach **Tabelle 8-2** zu überprüfen. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-3**. Die in der **Tabelle 8-2** genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.

(2) Die Kennzeichnung ist stichprobenweise zu kontrollieren. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-3**.

(3) Schrauben und Muttern sind stichprobenweise einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-4**. Die Annahmezahl ist unabhängig vom Stichprobenumfang gleich Null.

(4) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.9.3.2.

8.6 Schrauben und Muttern, warm- oder kaltformgebend gefertigt und anschließend vergütet

8.6.1 Prüfungen

8.6.1.1 Prüfung an den Stäben

(1) Je Schmelze ist eine Schmelzanalyse durchzuführen.

(2) Jeder Stab ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(3) Jeder Stab ist einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

(4) An jedem Stab ist die Kennzeichnung zu kontrollieren.

8.6.1.2 Prüfung an den Fertigteilen

Die Prüfungen sollen an Schrauben und Muttern aus dem Fertigungslos durchgeführt werden. Wenn dies aufgrund der Abmessungen der Schrauben und Muttern nicht möglich ist, sind Proben für Zug- und Kerbschlagbiegeversuche aus Stababschnitten zu entnehmen, die auf den für die Wärmebehandlung der umgeformten Schrauben und Muttern maßgebenden Wärmebehandlungsdurchmesser abgedreht und mit diesen gemeinsam wärmebehandelt worden sind. In diesem Fall gelten für den Probenentnahmeort die Festlegungen in Abschnitt 8.4.1.1.

8.6.1.3 Prüfeinheiten

(1) Die Prüfung ist nach der Endwärmebehandlung an Prüfeinheiten durchzuführen, die aus Teilen ähnlicher Abmessung, der gleichen Schmelze und des gleichen Wärmebehandlungsloses bestehen.

(2) Die Anzahl der zu prüfenden Stücke ist abhängig von der Stückzahl der Prüfeinheit und vom Prüfverfahren. Es gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-5**.

8.6.1.4 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Härteprüfung der Schrauben und Muttern einer Prüfeinheit gemäß **Tabelle 8-5** (DIN EN ISO 6506-1); falls für die Prüfungen nach (3) und (4) Stababschnitte mitvergütet wurden, ist an diesen ebenfalls die Härte zu ermitteln,
b) ein Zugversuch an abgedrehten Proben nach DIN EN ISO 898-1 oder bei Prüfung mitvergüteter Stababschnitte an Proben nach DIN 50125 bei Raumtemperatur; das Stück, für das bei der Härteprüfung der kleinste Wert der Härte ermittelt wurde, ist mit zu erfassen, und
c) bei Schrauben größer als M 19 gemäß **Tabelle 8-5** ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur zur Bestimmung der Schlagenergie; bei Schrauben größer als M 24 ist zusätzlich die seitliche Breitung zu ermitteln; das Stück, für das bei der Härteprüfung der größte Wert der Härte ermittelt wurde, ist mit zu erfassen.

(2) An Muttern ist gemäß **Tabelle 8-5** ein Aufweitversuch nach DIN EN ISO 10484 durchzuführen. Das Stück, an dem der größte Härtewert ermittelt wurde, ist mit zu erfassen.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.9.4.

(4) Bei der Maßprüfung sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach **Tabelle 8-2** zu überprüfen. Für den Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-3**. Die in der **Tabelle 8-2** genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.

(5) Die Kennzeichnung ist stichprobenweise zu kontrollieren. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-3**.

(6) Schrauben und Muttern aus legierten Stählen sind stichprobenweise einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-4**. Die Annahmezahl ist unabhängig vom Stichprobenumfang gleich Null.

8.7 Schrauben und Muttern nach Festigkeitsklassen oder Stahlsorten

8.7.1 Prüfungen

8.7.1.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Prüfungen sollen an Schrauben und Muttern aus dem Fertigungslos durchgeführt werden.

(2) Wenn dies aufgrund der Abmessungen der Schrauben nicht möglich ist, so sind:

a) bei ferritischen Stählen Proben für Zug- und Kerbschlagbiegeversuche aus Stababschnitten zu entnehmen, die auf den für das Vergüten der umgeformten Schrauben maßgebenden Wärmebehandlungsdurchmesser abgedreht und mit diesen gemeinsam wärmebehandelt wurden. In diesem Fall gelten für den Probenentnahmeort die Festlegungen in Abschnitt 8.4.1.1 und

b) bei austenitischen Stählen sind für die Zugversuche entsprechend längere Schrauben je Prüfeinheit herzustellen.

8.7.1.2 Prüfeinheiten

Die Prüfung ist nach der Endwärmebehandlung an Prüfeinheiten durchzuführen, die aus Teilen ähnlicher Abmessung, gleicher Werkstoffe und gleicher Wärmebehandlung bestehen. Die Anzahl der zu prüfenden Stücke ist abhängig von der Stückzahl der Prüfeinheit. Es gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-6**.

8.7.1.3 Prüfumfang

(1) Schrauben aus ferritischen Stählen sind wie folgt nach DIN EN ISO 898-1 zu prüfen:

a) bei kleiner als oder gleich M14: nach Prüfreihe FF1 (Tabelle 8 in DIN EN ISO 898-1) oder

b) bei größer als M14: nach Prüfreihe MP1 (Tabelle 12 in DIN EN ISO 898-1) einschließlich Kerbschlagbiegeversuch.

Für den Mittelwert der Schlagenergie gelten folgende Anforderungen, wobei nur ein Einzelwert den geforderten Mindestwert um höchstens 30 % unterschreiten darf:

Festigkeitsklasse 5.6: größer als oder gleich 40 J

Festigkeitsklasse 8.8: größer als oder gleich 52 J.

(2) Bei Schrauben aus ferritischen Stählen der Festigkeitsklasse 8.8 für zulässige Betriebstemperaturen von mehr als 50 °C ist an Proben nach DIN 50125 die Warmstreckgrenze bei Auslegungstemperatur nachzuweisen.

(3) Muttern aus ferritischen Stählen sind nach DIN EN ISO 898-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 6157-2 zu prüfen.

(4) Schrauben und Muttern aus austenitischen Stählen sind nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2 zu prüfen.

(5) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.9.5.

(6) Die Schrauben und Muttern sind einer Maßprüfung zu unterziehen.

a) Bei austenitischen Stählen der Prüfgruppen A 1 und A 2 sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach **Tabelle 8-2** zu überprüfen. Die in der **Tabelle 8-2** genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden. Für die Anzahl der zu prüfenden Stücke und die Annahmezahlen gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-3**.

b) Bei ferritischen Stählen gelten die Festlegungen gemäß AD 2000-Merkblatt W 7 und bei austenitischen Stählen der Prüfgruppe A 3 die Festlegungen gemäß AD 2000-Merkblatt W 2.

8.8 Kennzeichnung

8.8.1 Kennzeichnung der Stäbe

(1) Die Kennzeichnung ist bei Stäben mit Durchmessern gleich oder kleiner als 25 mm auf Etiketten, bei Stäben mit Durchmessern größer als 25 mm auf den Stäben selbst anzubringen.

(2) Die Kennzeichnung muss folgende Angaben enthalten:

a) Herstellerzeichen,

b) Stahlsorte,

c) Schmelzennummer, gegebenenfalls Kurzzeichen und

d) Zeichen des Sachverständigen.

8.8.2 Kennzeichnung der Schrauben und Muttern

Die Kennzeichnung muss folgende Angaben enthalten:

a) Herstellerzeichen,

b) Stahlsorte oder Festigkeitsklasse,

c) bei Abmessungen größer als M 52 die Schmelzennummer, bei Muttern gegebenenfalls ein Kurzzeichen,

d) bei Schrauben größer als M 52 das Zeichen des Sachverständigen und

e) bei Schrauben größer als M 24, ausgenommen Schrauben aus Stählen nach Abschnitt 8.7, ein Zuordnungszeichen zur Bescheinigung.

8.9 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Für den Nachweis der Güteeigenschaften von Teilen nach den Abschnitten 8.4, 8.5 und 8.6 gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-7**.

(2) Für den Nachweis der Güteeigenschaften von Schrauben und Muttern nach Abschnitt 8.7 gelten die Festlegungen in **Tabelle 8-8**.

Härteprüfung		Zugversuch Kerbschlagbiegeversuch Aufweitversuch	
Stückzahl der Prüfeinheit	Anzahl der zu prüfenden Stücke	Stückzahl der Prüfeinheit	Anzahl der zu prüfenden Stücke
bis 150	8	bis 300	1
151 bis 280	13		
281 bis 500	20	301 bis 800	2
501 bis 1200	32		
1201 bis 3200	50	über 800	4
3201 bis 10000	80		

Tabelle 8-5: Anzahl der zu prüfenden Stücke bei der mechanisch-technologischen Prüfung von Schrauben und Muttern nach Abschnitt 8.6

Stückzahl der Prüfeinheit (Prüflos)	Anzahl der zu prüfenden Stücke (Stichprobenumfang)
bis 200	1
201 bis 400	2
401 bis 800	3
801 bis 1200	4
1201 bis 1600	5
1601 bis 3000	6
3001 bis 3500	7
Entstammen die Schrauben und Muttern einer Lieferung einer Schmelze mit gleicher Wärmebehandlung, so genügt die Prüfung von 4 Probensätzen unabhängig von der Stückzahl.	

Tabelle 8-6: Anzahl der zu prüfenden Stücke bei der mechanisch-technologischen Prüfung von Schrauben und Muttern nach Abschnitt 8.7

Prüfung	Art der erforderlichen Bescheinigung nach DIN EN 10204						
	Stäbe nach Abschnitt 8.4 und 8.5 für		Fertigteile nach Abschnitt 8.4 und 8.5		Stäbe für Teile nach	Fertigteile nach Abschnitt 8.6	
	Schrauben	Muttern	Schrauben [1]	Muttern [1]	Abschnitt 8.6	Schrauben [1]	Muttern [1]
Schmelzenanalyse	3.1	3.1	—	—	3.1	3.1	3.1
Härteprüfung	3.1	3.1	—	—	—	3.1	3.1
Festigkeitsprüfung	3.2	3.1	—	—	—	3.2	3.1
Kerbschlagzähigkeitsprüfung	3.2	3.1	—	—	—	3.2	—
Aufweitversuch	—	—	—	—	—	—	3.1
Zerstörungsfreie Prüfung	3.2	3.2	3.2	3.1	—	3.2	3.1
Beständigkeit gegen Interkristalline Korrosion [2]	3.1	3.1	—	—	3.1	—	—
Besichtigung	3.2	3.1	—	—	—	—	—
Maßprüfung	3.1	3.1	3.2	3.1	—	3.2	3.1
Kontrolle der Kennzeichnung	3.2	3.1	3.2	3.1	3.1	3.2	3.1
Verwechslungsprüfung	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1

[1] Zusätzlich sind die Bescheinigungen über die Prüfungen an den Stäben erforderlich.

[2] Bei Erzeugnissen nach Abschnitt 8.5.

Tabelle 8-7: Übersicht über die erforderlichen Prüfungen und Prüfbescheinigungen für Erzeugnisse nach den Abschnitten 8.4, 8.5 und 8.6

Stahlsorten	Erzeugnis	Festigkeitsklasse	Zeugnisbelegung nach DIN EN 10204
Unlegierte und legierte ferritische Stähle	Schrauben	5.6	3.1 [1]
		8.8	3.2 [2]
	Muttern	5 und 8	3.1 [1]
Austenitische Stähle der Stahlsorten A 2, A 3, A 4 und A 5	Schrauben und Muttern	50 und 70	3.1 [3]

[1] Auf die Aufstellung eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 darf verzichtet werden, wenn der Hersteller die als Grundlage für die Ausstellung eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 notwendigen Prüfungen laufend durchgeführt hat und die Ergebnisse zur jederzeitigen Einsichtnahme durch den Sachverständigen bereit hält. In diesem Fall genügt als Gütenachweis die Kennzeichnung nach Abschnitt 8.8.

[2] Bei Druckbehältern mit einem Produkt aus Inhalt [l] in Litern und Druck [p] in MPa $l \cdot p \leq 500$ genügt ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.

[3] In der Prüfgruppe A 3 darf auf die Aufstellung eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 nach DIN EN 10204 verzichtet werden, wenn der Hersteller die als Grundlage für die Ausstellung eines Abnahmeprüfzeugnisses 3.1 notwendigen Prüfungen laufend durchgeführt hat und die Ergebnisse zur jederzeitigen Einsichtnahme durch den Sachverständigen bereit hält. In diesem Fall genügt als Gütenachweis die Kennzeichnung nach Abschnitt 8.8.

Tabelle 8-8: Übersicht über die erforderlichen Gütenachweise für Schrauben und Muttern nach Abschnitt 8.7

9 Erzeugnisformen aus Stählen für besondere Beanspruchungen

9.1 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe

9.1.1 Werkstoffe

Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) X3CrNiMo13-4 (1.4313) nach VdTÜV-Werkstoffblatt 395/3,

b) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen der Abschnitte 3 und 4.3.4 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

9.1.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Die Oberflächen müssen frei sein von Verunreinigungen, die für die Korrosionsbeständigkeit der Erzeugnisform relevant sind. Zunderschichten, die bei der Warmformgebung oder Wärmebehandlung entstehen, müssen entfernt werden. Anlauffarben infolge von Warmformgebung oder Wärmebehandlung sind durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden. Über die Zulässigkeit von Anlauffarben bis einschließlich „gelb“ ist im Einzelfall zu entscheiden.

9.1.3 Prüfung

9.1.3.1 Probenentnahmeorte und Probenvorbereitung

Für die Probenentnahmeorte und die Probenvorbereitung gelten die Anforderungen gemäß VdTÜV-Werkstoffblatt 395/3. Abweichend hiervon ist die Losgröße bei Stücken mit Teilgewichten gleich oder kleiner als 1000 kg auf höchstens 25 Stücke aus dem gleichen Wärmebehandlungslos begrenzt.

9.1.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:

a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse,

b) je Schmelze an zwei getrennt hergestellten Stücken je eine Stückanalyse an einem Probenentnahmeort, wobei nach Möglichkeit Kopf oder Fuß des Ausgangsblockes zu erfassen sind. Bei Stücken mit einem Stückgewicht größer als 5000 kg hat die Prüfung je Stück an einem Probenentnahmeort zu erfolgen, wobei nach Möglichkeit Kopf oder Fuß des Ausgangsblockes zu erfassen sind.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) je Prüfeinheit ein Zugversuch bei Raumtemperatur an zwei Teilen,

b) je Schmelze, ähnliche Abmessung und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur größer als 100 °C ist; bei Stückgewichten größer als 3000 kg in Prüfgruppe A 1 ist jedes Stück zu prüfen,

c) bei Dicken größer als 10 mm je Prüfeinheit ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur an 2 Teilen und

d) an jedem Stück eine Härteprüfung (mindestens 3 Härteeindrücke) nach DIN EN ISO 6506-1.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.10.1.

(4) Jedes Stück ist auf Verwechslung zu prüfen.

(5) Jedes Stück ist einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) Bei jedem Stück ist eine Maßprüfung durchzuführen.

9.1.4 Kennzeichnung

(1) Jedes Stück ist dauerhaft mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte,

c) Schmelzennummer,

d) Probennummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Bei losweiser Prüfung sind die Stücke, von denen die Proben entnommen worden sind, zusätzlich zu kennzeichnen.

9.1.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung, der Härteprüfung und der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sind mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren und der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

9.2 Gussstücke

9.2.1 Werkstoffe

Nachstehende Stahlgusssorten dürfen verwendet werden:

a) G-X4 CrNi 13 4 (1.4317) nach VdTÜV-Werkstoffblatt 452 und mit den zusätzlichen Anforderungen gemäß Anhang A 7

und

b) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen der Abschnitte 3 und 4.3.4 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

9.2.2 Allgemeine Gussstückbeschaffenheit

(1) Hinsichtlich ihrer allgemeinen inneren und äußeren Beschaffenheit müssen die Gussstücke in Abhängigkeit von der Prüfgruppe den Festlegungen in **Tabelle 11-6** genügen.

(2) Speiser und große gießtechnische Verstärkungen, die die Wärmebehandelbarkeit des Gussstückes beeinträchtigen, sind vor der Wärmebehandlung zur Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften zu beseitigen.

(3) Die Gießtechnik ist nach den Grundsätzen der gelenkten Erstarrung auszulegen. Bei Gussstücken mit Nennweiten gleich oder größer als 200 mm ist die Anschnitt- und Speisertechnik anhand der Sättigungsberechnung und anhand von Zeichnungen zu erläutern, aus denen die Lage der Speiser und der Speisungsbereiche sowie die Probenlage hervorgehen. Die Beschreibung der Gießtechnik ist für jedes Gussmodell der Zwischenablage (interne Herstellerdokumentation) zum Verbleib beim Hersteller beizufügen.

Hinweis:

Als Merkmal zur Kennzeichnung der Abmessungen der Gehäuse gilt die Nennweite und zwar:

a) bei Pumpen die Nennweite des Druckstutzens,

b) bei Armaturen die jeweils größte auftretende Nennweite und

c) bei Sicherheitsventilen die Nennweite des Eintrittstutzens.

(4) Zusammen mit der Zeichnung des Gussstücks im Auslieferungszustand sind folgende Unterlagen im Allgemeinen als Standardprüfpläne zur Vorprüfung vorzulegen:

a) Prüffolge- und Wärmebehandlungsplan, sofern vom Standard-Fertigungsschema nach **Bild 5.7-1** abgewichen wird,

b) bei Gussstücken der Prüfgruppe A 1 mit Nennweiten größer als 200 mm Prüfanweisungen für die zerstörungsfreien Prüfungen sowie ein Koordinatenbezugssystem (Bezugspunktraster),
c) bei Prototypen der Prüfgruppen A 2 und A 3 mit Nennweiten größer als 200 mm ein Filmlageplan und ein Strahlenquellenplan,
d) Schweißverfahrensprüfung und Schweißplan für Fertigungsschweißungen (siehe **Anhang B**) und gegebenenfalls Konstruktionsschweißungen,
e) Prüffolgeplan für Konstruktionsschweißungen, soweit erforderlich,
f) Auflistung der vorgesehenen Arbeitsprüfungen.

(5) Festlegungen für Fertigungsschweißungen einschließlich Verfahrensprüfung und Arbeitsprüfung sind im **Anhang B** zusammengestellt.

(6) Wird von den im Schweißplan festgelegten Bedingungen abgewichen, oder ein anderes Schweißverfahren gewählt, ist der Schweißplan in dieser Hinsicht erneut zur Vorprüfung vorzulegen.

9.2.3 Prüfung

9.2.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Gussstücke mit einem Liefergewicht gleich oder kleiner als 500 kg sind in Losen; Gussstücke mit einem Liefergewicht größer als 500 kg sind einzeln zu prüfen.

(2) Für die Anzahl der Probenentnahmeorte gelten die Festlegungen in **Tabelle 5.7-1**.

(3) Die Proben sind aus angegossenen Prüfblöcken gemäß DIN EN 1559-2 oder Überlängen zu entnehmen. Getrennt gegossene Prüfblöcke sind nur bei Gussstücken mit Stückgewichten von gleich oder kleiner als 150 kg zulässig.

(4) Die Prüfblöcke sind in solcher Anzahl und Größe vorzusehen, dass die vorgeschriebenen Proben entnommen werden können.

(5) Die Dicke der Prüfblöcke muss der maßgebenden Wanddicke entsprechen. Als maßgebende Wanddicke gilt in diesem Zusammenhang die druckbeaufschlagte Wand, nicht jedoch die Dicke angegossener Flansche oder örtlicher Verstärkungen.

(6) Angegossene Prüfblöcke am Eingusssystem sind unzulässig.

(7) Bei Gussstücken mit Stückgewichten größer als 1000 kg ist die Lage der Prüfblöcke am Gussstück durch eine Fotografie oder in einer Skizze festzuhalten.

(8) Für die simulierend wärmebehandelten Proben und Mitlaufproben gelten die Anforderungen gemäß VdTÜV-Werkstoffblatt 452, Abschnitt 10.7.1.

9.2.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sind durchzuführen:
a) je Schmelze eine Schmelzenanalyse und
b) für einen Probenentnahmeort je Prüfeinheit eine Stückanalyse.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:
a) je Probenentnahmeort ein Zugversuch bei Raumtemperatur,
b) je Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlungslos ein Zugversuch bei 350 °C, falls die Auslegungstemperatur größer als 100 °C ist,
c) je Probenentnahmeort ein Kerbschlagbiegeversuch gemäß Abschnitt 4.4.6.5 bei Raumtemperatur und
d) eine Härteprüfung zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Vergütungsbehandlung bei losweiser Prüfung von Gussstücken aus vergütetem Stahl an jedem Stück.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen der Gussstücke gelten die Abschnitte 11.1 und 11.10.2.

(4) Jedes Gussstück ist einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

(5) Jedes Gussstück ist im Auslieferungszustand einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) Jedes Gussstück ist im Auslieferungszustand einer Maßprüfung zu unterziehen.

(7) Jedes Gussstück ist in einem dafür geeigneten Zustand im Allgemeinen beim Weiterverarbeiter einer Prüfung auf Dichtheit durch den Innendruckversuch zu unterziehen. Dieser ist nach DIN 50104 durchzuführen. Druckmedium, Prüfdruck und Standzeit sind in der Bestellung anzugeben. Der Prüfdruck ist so zu begrenzen, dass die 1,1fache Sicherheit gegen die Streckgrenze oder gegen die 0,2 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur nicht unterschritten wird.

9.2.4 Kennzeichnung

Jedes Gussstück ist mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:
a) Zeichen des Herstellers,
b) Stahlgusssorte,
c) Schmelzennummer,
d) Probennummer und
e) Zeichen des Sachverständigen.

9.2.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Stückanalyse, der Verwechslungsprüfung, der vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen sowie gegebenenfalls der Härteprüfung sind mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren und der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung, Dichtheitsprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen. Bei Gussstücken mit Stückgewichten größer als 1000 kg ist dem Abnahmeprüfzeugnis eine Fotografie oder Skizze der Lage der angegossenen Prüfblöcke am Gussstück beizufügen.

10 Wärmetauscherrohre

10.1 Nahtlose gerade Wärmetauscherrohre aus ferritischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 4 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 38 mm

10.1.1 Werkstoffe

Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:
a) P235GH (1.0345) nach DIN EN 10216-2,
b) 16Mo3 (1.5415) nach DIN EN 10216-2,
c) 13CrMo4-5 (1.7335) nach DIN EN 10216-2,
d) 10CrMo9-10 (1.7380) nach DIN EN 10216-2 und
e) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

10.1.2 Prüfung

10.1.2.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

Die Proben sind gemäß DIN EN 10216-2 zu entnehmen.

10.1.2.2 Prüfumfang

Hinweis:
Der Prüfumfang gilt sowohl für Rohre, die als gerade Rohre verwendet werden, als auch für Rohre, die anschließend gebogen werden.

(1) An jeder Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Je Fertigungsserie für die beiden ersten Prüfeinheiten nach DIN EN 10216-2 je zwei Zugversuche bei Raumtemperatur, für die weiteren Prüfeinheiten nach DIN EN 10216-2 je ein Zugversuch bei Raumtemperatur an einem Ende einer Herstelllänge,

b) bei Rohren für Wärmetauscher der Prüfgruppe A 1 an einem Ende jeder Herstelllänge eine technologische Prüfung gemäß DIN EN 10216-2. Bei Rohren für Wärmetauscher der Prüfgruppen A 2 und A 3 sind je 100 Herstelllängen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung 20 % der Herstelllängen an einem Ende einer technologischen Prüfung gemäß DIN EN 10216-2 zu unterziehen.

(3) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.11.1.1.

(4) Jedes Rohr ist auf Verwechslung zu prüfen.

(5) Bei jedem Rohr sind die äußere und innere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(6) Bei jedem Rohr sind an beiden Enden Durchmesser und Wanddicke auf Maßhaltigkeit zu prüfen.

(7) Jedes Rohr ist nach DIN EN 10216-2 durch einen Innendruckversuch mit Wasser auf Dichtheit zu prüfen. Wenn das Rohr gebogen wird, ist die Prüfung auf Dichtheit am gebogenen Rohr durchzuführen. In diesem Fall ist die Prüfung auf Dichtheit am geraden Rohr nicht erforderlich.

10.1.3 Kennzeichnung

(1) Bei zum Biegen bestimmten Rohren sind Rohrlisten zu führen. In diesem Fall sind die Rohre an einem Ende mit Schmelzennummer und Rohrnummer zu kennzeichnen. Andere Rohre dürfen in der gleichen Weise gekennzeichnet werden, wenn Rohrlisten geführt werden. Das Zeichen des Sachverständigen ist in die Rohrliste einzutragen.

(2) Wenn keine Rohrlisten geführt werden, sind die Rohre an einem Ende mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Stahlsorte,

c) Schmelzennummer,

d) Rohrnummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

10.1.4 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Verwechslungsprüfung, der Dichtheitsprüfung und der zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren und der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen sowie gegebenenfalls Temperatur und Haltezeit der simulierenden Spannungsarmglühung der Probenabschnitte anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Bei Rohren für Wärmetauscher der Prüfgruppe A 3 aus unlegierten Stählen reicht ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 aus.

10.2 Nahtlose gebogene Wärmetauscherrohre aus ferritischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 4 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 38 mm

10.2.1 Werkstoffe

Für die Werkstoffe gilt Abschnitt 10.1.1.

10.2.2 Ausgangsrohre

Es dürfen nur Rohre nach Abschnitt 10.1 verwendet werden. Für die Rohre müssen Rohrlisten nach Abschnitt 10.1.3 (1) vorliegen.

10.2.2.1 Fertigungsverfahren

(1) Die Biegungen sind durch Kaltbiegen herzustellen.

(2) Der stetige Übergang vom Rohrschenkel zum Rohrbogen muss vor Beginn der Biegearbeiten an einer Probebiegung nachgewiesen werden.

(3) Für den Fall einer partiellen Wärmebehandlung der Biegezone ist die Güte der Übergangszone durch ein einmaliges Gutachten des Sachverständigen nachzuweisen.

10.2.2.2 Anforderungen an die geometrische Form der gebogenen Rohre

(1) Beulenartige Übergänge sowie jegliche Art von Falten sind unzulässig.

(2) Die Ovalität darf höchstens $0{,}10 \cdot D_i$ betragen. Dabei ist D_i der Rohrinnendurchmesser (Nenndurchmesser).

(3) Eine Kugel vom Durchmesser

$D_K = D_i -$ (größte zulässige Maßunterschreitung $+ 0{,}1\ D_i + 2$ mm)

muss freien Durchgang haben.

10.2.2.3 Wärmebehandlung

(1) Nach dem Kaltbiegen von Rohren mit einem Biegeradius r_m gleich oder größer als $1{,}3 \cdot D_a$ ist eine Wärmebehandlung nicht erforderlich.

(2) Nach dem Kaltbiegen von Rohren mit einem Biegeradius r_m kleiner als $1{,}3 \cdot D_a$ ist eine Wärmebehandlung der Biegezone oder des gesamten Rohres gemäß den Angaben in DIN EN 10216-2 für das Glühen nach Kaltverarbeitung durchzuführen.

10.2.3 Prüfung

10.2.3.1 Wärmebehandlungszustand der Proben

Der Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften ist nur dann erforderlich, wenn nach dem Biegen das gesamte Rohr wärmebehandelt wurde. In diesem Falle sind

die Probenabschnitte dem Erzeugnis nach der letzten Wärmebehandlung zu entnehmen.

10.2.3.2 Probenentnahme und Probenvorbereitung

Die Probenabschnitte sind von den Enden der Rohrschenkel zu entnehmen.

10.2.3.3 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) bei wärmebehandelten Rohren je 100 gebogener Rohre gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung ein Zugversuch bei Raumtemperatur an einem Ende eines Rohres und

b) bei wärmebehandelten Rohren je 100 gebogener Rohre gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung an einem Rohr an beiden Enden eine technologische Prüfung gemäß DIN EN 10216-2.

(2) Jedes gebogene Rohr ist auf Verwechslung zu prüfen.

(3) Bei jedem gebogenen Rohr ist die äußere Oberfläche und soweit zugänglich die innere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(4) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.11.1.2.

(5) Bei jedem gebogenen Rohr sind an beiden Enden Durchmesser und Wanddicke auf Maßhaltigkeit zu prüfen. Zusätzlich sind die Ovalität, der Bogenverlauf und die Schenkellänge auf Maßhaltigkeit, sowie die Wanddicke an zwei aufgeschnittenen Bogen aus der Reihe von Rohren mit dem kleinsten Biegeradius zu prüfen.

(6) Jedes gebogene Rohr ist nach DIN EN 10216-2 durch einen Innendruckversuch mit Wasser auf Dichtheit zu prüfen.

(7) An jedem gebogenen Rohr ist der Kugeldurchlaufversuch durchzuführen.

10.2.4 Kennzeichnung

Bei gebogenen Rohren sind Rohrlisten zu führen. Jedes gebogene Rohr ist an einem Ende mit Schmelzennummer und Rohrnummer zu kennzeichnen. Das Zeichen des Sachverständigen ist in die Rohrliste einzutragen.

10.2.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Verwechslungsprüfung, der Dichtheitsprüfung, des Kugeldurchlaufversuchs sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Bei gebogenen Rohren der Prüfgruppe A 3 aus unlegierten Stählen reicht ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 aus.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis des gebogenen Rohres beizufügen.

10.3 Nahtlose gerade Wärmetauscherrohre aus austenitischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 3,6 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 42,4 mm

10.3.1 Werkstoffe

Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) X6CrNiTi18-10 (1.4541) nach DIN EN 10216-5,

b) X6CrNiNb18-10 (1.4550) nach DIN EN 10216-5,

c) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) nach DIN EN 10216-5,

d) X6CrNiMoNb17-12-2 (1.4580) nach DIN EN 10216-5 und

e) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

10.3.2 Prüfung

10.3.2.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

Die Proben sind gemäß DIN EN 10216-5 zu entnehmen.

10.3.2.2 Prüfumfang

Hinweis:

Der Prüfumfang gilt sowohl für Rohre, die als gerade Rohre verwendet werden, als auch für Rohre, die anschließend gebogen werden.

(1) Für jede Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Je 100 Herstelllängen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung ein Zugversuch bei Raumtemperatur.

b) Bei Rohren der Prüfgruppe A 1 an einem Ende jeder Herstelllänge eine technologische Prüfung gemäß DIN EN 10216-5. Bei der Prüfgruppe A 2 vermindert sich der Prüfumfang auf 25 %, bei der Prüfgruppe A 3 auf 2 % der Rohre.

(3) Je Schmelze und Wärmebehandlung ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(4) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.11.1.1.

(5) Jedes Rohr ist auf Verwechslung zu prüfen.

(6) Bei jedem Rohr sind die äußere und die innere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(7) Bei jedem Rohr sind an beiden Enden Durchmesser und Wanddicke auf Maßhaltigkeit zu prüfen.

(8) Jedes Rohr ist nach DIN EN 10216-5 durch einen Innendruckversuch mit Wasser auf Dichtheit zu prüfen. Wenn das Rohr gebogen wird, ist die Prüfung auf Dichtheit am gebogenen Rohr durchzuführen. In diesem Fall ist die Prüfung auf Dichtheit am geraden Rohr nicht erforderlich.

10.3.3 Kennzeichnung

(1) Bei zum Biegen bestimmten Rohren sind Rohrlisten zu führen. In diesem Fall sind die Rohre an einem Ende mit Schmelzennummer und Rohrnummer zu kennzeichnen. Andere Rohre dürfen in der gleichen Weise gekennzeichnet werden, wenn Rohrlisten geführt werden. Das Zeichen des Sachverständigen ist in die Rohrliste einzutragen.

(2) Wenn keine Rohrlisten geführt werden, sind die Rohre mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,

b) Nummer der Norm und Kurzname oder Werkstoffnummer mit Kennzeichnung des Lieferzustands,

c) Schmelzennummer,

d) Rohrnummer und

e) Zeichen des Sachverständigen.

10.3.4 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Verwechslungsprüfung, der Dichtheitsprüfung, der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion und der zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 sind das Erschmelzungsverfahren und der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Bei Rohren der Prüfgruppen A 1 und A 2 sind die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Bei Rohren der Prüfgruppe A 3 sind die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

10.4 Nahtlose gebogene Wärmetauscherrohre aus austenitischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 3,6 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 42,4 mm

10.4.1 Werkstoffe

Für die Werkstoffe gilt Abschnitt 10.3.1.

10.4.2 Ausgangsrohre

Es dürfen nur Rohre nach Abschnitt 10.3 verwendet werden. Für die Rohre müssen Rohrlisten vorliegen.

10.4.2.1 Fertigungsverfahren

(1) Die Biegungen sind durch Kaltbiegen herzustellen.

(2) Der stetige Übergang vom Rohrschenkel zum Rohrbogen muss vor Beginn der Biegearbeiten an einer Probebiegung nachgewiesen werden.

(3) Für den Fall einer partiellen Wärmebehandlung der Biegezone ist die Güte der Übergangszone durch ein einmaliges Gutachten des Sachverständigen nachzuweisen.

10.4.2.2 Anforderungen an die geometrische Form der gebogenen Rohre

(1) Beulenartige Übergänge sowie jegliche Art von Falten sind unzulässig.

(2) Die Ovalität darf höchstens $0{,}1 \cdot D_i$ betragen. Dabei ist D_i der Rohrinnendurchmesser (Nenndurchmesser).

(3) Eine Kugel vom Durchmesser

$D_K = D_i -$ (größte zulässige Maßunterschreitung + $0{,}1\ D_i$ + 2 mm)

muss freien Durchgang haben.

10.4.2.3 Wärmebehandlung

(1) Nach dem Kaltbiegen von Rohren mit einem Biegeradius r_m größer als oder gleich $1{,}3 \cdot D_a$ ist eine Wärmebehandlung nicht erforderlich.

(2) Nach dem Kaltbiegen von Rohren mit einem Biegeradius r_m kleiner als $1{,}3 \cdot D_a$ ist ein Lösungsglühen oder ein Glühen im Temperaturbereich des Stabilglühens der Biegezone oder des gesamten Rohres durchzuführen.

10.4.3 Prüfung

10.4.3.1 Wärmebehandlungszustand der Proben

Der Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften ist nur dann erforderlich, wenn nach dem Biegen das gesamte Rohr wärmebehandelt wurde. In diesem Fall sind die Probenabschnitte der Erzeugnisform nach der Wärmebehandlung (Lösungsglühen und Abschrecken) zu entnehmen.

10.4.3.2 Probenentnahme und Probenvorbereitung

Die Probenabschnitte sind von den Enden der Rohrschenkel zu entnehmen.

10.4.3.3 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) bei wärmebehandelten Rohren je 100 gebogener Rohre gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung ein Zugversuch bei Raumtemperatur,

b) bei wärmebehandelten Rohren je 100 Rohre gleicher Schmelze, gleicher Abmessung und gleicher Wärmebehandlung an einem Rohr am Ende beider Rohrschenkel eine technologische Prüfung gemäß DIN EN 10216-5.

(2) Je Schmelze und Wärmebehandlung ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(3) Jedes gebogene Rohr ist auf Verwechslung zu prüfen.

(4) Bei jedem gebogenen Rohr ist die äußere Oberfläche und soweit zugänglich die innere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(5) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.11.1.2.

(6) Bei jedem gebogenen Rohr sind an beiden Enden Durchmesser und Wanddicke auf Maßhaltigkeit zu prüfen. Zusätzlich sind die Ovalität, der Bogenverlauf und die Schenkellänge auf Maßhaltigkeit zu prüfen sowie die Wanddicke an zwei aufgeschnittenen Bogen aus der Reihe von Rohren mit dem kleinsten Biegeradius zu messen.

(7) Jedes gebogene Rohr ist nach DIN EN 10216-5 durch einen Innendruckversuch mit Wasser auf Dichtheit zu prüfen.

(8) An jedem gebogenen Rohr ist ein Kugeldurchlaufversuch durchzuführen.

10.4.4 Kennzeichnung

Die gebogenen Rohre sind an einem Ende mit Schmelzennummer und Rohrnummer zu kennzeichnen. Das Zeichen des Sachverständigen ist in die Rohrliste einzutragen.

10.4.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Verwechslungsprüfung, der Dichtheitsprüfung, des Kugeldurchlaufversuchs und der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprü-

fung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Bei gebogenen Rohren der Prüfgruppe A 3 reicht ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 aus.

(4) Das Abnahmeprüfzeugnis des Ausgangserzeugnisses ist dem Abnahmeprüfzeugnis des gebogenen Rohres beizufügen.

10.5 Längsnahtgeschweißte gerade Wärmetauscherrohre aus austenitischen Stählen mit Nennwanddicken kleiner als 2 mm und mit Außendurchmessern kleiner als oder gleich 38 mm

10.5.1 Werkstoffe

Nachstehende Stahlsorten dürfen verwendet werden:

a) X6CrNiTi18-10 (1.4541) nach DIN EN 10217-7,
b) X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571) nach DIN EN 10217-7 und
c) sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen des Abschnitts 3 unter Berücksichtigung der Festlegungen im Gutachten des Sachverständigen genügen.

10.5.2 Zusätzliche Forderungen

(1) Es sind nur nach dem Schweißen gezogene und anschließend wärmebehandelte Rohre zugelassen.

(2) Die Forderungen an die Oberflächenbeschaffenheit und an die Abmessungstoleranzen sind nach Angaben des Bestellers festzulegen, mindestens jedoch wie folgt:

a) Oberflächenbeschaffenheit WCR nach DIN EN 10217-7,
b) Dickentoleranzen: ISO-Toleranz, Klasse T_3 nach DIN EN ISO 1127 und
c) zulässige Abweichung des Außendurchmessers und der Ovalität nach ISO-Toleranz, Klasse D_2.

10.5.3 Prüfung

10.5.3.1 Probenentnahme und Probenvorbereitung

(1) Die Rohre sind in Herstelllängen zu prüfen.

(2) Die Proben sind von den Enden der Herstelllängen zu entnehmen.

10.5.3.2 Prüfumfang

(1) Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung ist am Ausgangswerkstoff für jede Schmelze eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

(2) Zur Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften sind durchzuführen:

a) Je 100 Herstelllängen gleicher Schmelze, Abmessung und Wärmebehandlung ein Zugversuch bei Raumtemperatur.
b) An beiden Enden einer jeden Herstelllänge je ein Ringfaltversuch.

(3) Je Schmelze und Wärmebehandlung ist eine Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 mit vorhergehender Glühung (1/2 h bei 650 °C) durchzuführen.

(4) Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Abschnitte 11.1 und 11.11.1.1.

(5) Jedes Rohr ist auf Verwechslung zu prüfen.

(6) Bei jedem Rohr sind die äußere und die innere Oberfläche einer Besichtigung zu unterziehen.

(7) Bei jedem Rohr sind an beiden Enden Durchmesser und Wanddicke auf Maßhaltigkeit zu prüfen.

(8) Jedes Rohr ist nach DIN EN 10217-7 durch einen Innendruckversuch mit Wasser auf Dichtheit zu prüfen.

10.5.4 Kennzeichnung

Wenn keine Rohrlisten geführt werden, sind die Rohre an einem Ende mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

a) Zeichen des Herstellers,
b) Nummer der Norm und Kurzname oder Werkstoffnummer mit Kennzeichnung des Lieferzustands,
c) Schmelzennummer,
d) Rohrnummer,
e) Prüfkategorie nach DIN EN 10217-7 und
f) Zeichen des Sachverständigen.

10.5.5 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Der Ergebnisse der Schmelzenanalyse, der Verwechslungsprüfung, der Dichtheitsprüfung, der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion und der zerstörungsfreien Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Im Abnahmeprüfzeugnis 3.1 ist der Lieferzustand der Erzeugnisform mit Angabe der Wärmebehandlungstemperaturen, Haltezeiten und Abkühlbedingungen anzugeben.

(2) Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen, Besichtigung, Maßprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Sachverständigen zu bestätigen und mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 zu einem von ihm ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zusammenzufassen. Alternativ sind diese Prüfungen vom Sachverständigen in einem vom Hersteller ausgestellten Abnahmeprüfzeugnis 3.2 zu bestätigen.

(3) Bei Rohren der Prüfgruppe A 3 reicht ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 aus.

11 Zerstörungsfreie Prüfungen

11.1 Allgemeine Anforderungen

11.1.1 Prüfanweisungen

(1) Vom Hersteller sind für die zerstörungsfreien Prüfungen Prüfanweisungen zu erstellen.

(2) Diese Prüfanweisungen dürfen für gleiche Prüfgegenstände in standardisierter Form projektunabhängig 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:

a) Zuordnung zu den einzelnen Prüfgegenständen,
b) Prüfzeitpunkt, sofern dieser Einfluss auf Prüfumfang und Prüfdurchführung gemäß Prüffolgeplan hat,
c) prüftechnische Voraussetzungen, Prüftechniken, Prüfeinrichtungen, Art der Einstellung oder Überprüfung der Prüfempfindlichkeit,
d) erforderlichenfalls zusätzliche Erläuterungen zur Durchführung der Prüfung (z. B. maßstäbliche Skizze),
e) vorgesehene Ersatzmaßnahmen bei eingeschränkter Anwendbarkeit der Festlegungen dieses Abschnitts,
f) Koordinatensystem (Bezugssystem und Zählrichtung) für eine dem Prüfgegenstand zugeordnete Beschreibung von Anzeigen oder Unregelmäßigkeiten und

g) erforderlichenfalls ergänzende Angaben zur Protokollierung und zur Bewertung von Anzeigen oder Unregelmäßigkeiten (z. B. im Falle von prüftechnischen Ersatzmaßnahmen).

11.1.2 Anforderungen an Oberflächen

11.1.2.1 Durchstrahlungsprüfung

Für die Durchstrahlungsprüfung müssen die Oberflächen so beschaffen sein, dass keine Beeinträchtigung der Bewertung gegeben ist.

11.1.2.2 Oberflächenprüfung nach dem Magnetpulver-, Eindring- oder Streuflussverfahren

(1) Für die Oberflächenprüfung nach dem Magnetpulver-, Eindring- oder Streuflussverfahren müssen die Oberflächen frei von Zunder oder sonstigen Verunreinigungen sein. Die Prüfaussage beeinträchtigende Riefen oder Kerben sind zu beseitigen.

(2) Der arithmetische Mittelwert der Profilordinaten (Mittenrauwert) Ra nach DIN EN ISO 4287 darf auf den zu prüfenden Flächen den Wert von 10 µm nicht überschreiten. Für die Oberflächengüte von Gussstücken gelten die Festlegungen im Abschnitt 11.8.4.

11.1.2.3 Ultraschall- und Wirbelstromprüfung

(1) Die Kontaktflächen müssen frei sein von störenden Unebenheiten und Verunreinigungen (z. B. Kerben, Zunder, Drehriefen).

(2) Fertigungstechnisch bedingte Restkerben und Formabweichungen sind nur dann zulässig, wenn die Aussagefähigkeit der Prüfungen einschließlich der wiederkehrenden Prüfungen nicht beeinträchtigt wird.

(3) Der arithmetische Mittelwert der Profilordinaten (Mittenrauwert) Ra nach DIN EN ISO 4287 darf auf der Kontaktfläche bei der Ultraschallprüfung den Wert 20 µm und bei der Wirbelstromprüfung den Wert 10 µm nicht überschreiten. Für die Oberflächengüte von Gussstücken gelten die Festlegungen im Abschnitt 11.8.4.

(4) Für die Ultraschallprüfung gilt zusätzlich:

a) 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.
b) Die Formabweichung von der Sollkontur der Kontaktflächen soll bezogen auf eine Referenzfläche von 40 mm · 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.
c) Wird die Gegenfläche als Reflexionsfläche benutzt, so sind an diese die gleichen Anforderungen zu stellen wie an die Kontaktflächen.

11.1.2.4 Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Oberfläche

(1) Die Einhaltung der Anforderungen an die Oberfläche ist nachzuweisen.

(2) Der Nachweis der Oberflächenbeschaffenheit darf entfallen, wenn durch das eingesetzte Verfahren zur Bearbeitung der Oberfläche sichergestellt ist, dass die geforderte Oberflächenqualität eingehalten wird.

11.1.3 Anforderungen an das Prüfpersonal

(1) Die Prüfaufsicht für zerstörungsfreie Prüfungen muss

a) über das für ihre Aufgaben erforderliche Wissen verfügen sowie die Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen der Prüfverfahren kennen und
b) Grundkenntnisse über die angewandten Fertigungsverfahren und charakteristischen Erscheinungsformen herstellungsbedingter Unregelmäßigkeiten besitzen.

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

(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, UT und ET ist eine Qualifizierung und Zertifizierung in Stufe 3 erforderlich.

(3) Die Prüfer müssen in der Lage sein, die in dieser Regel beschriebenen Prüfungen durchzuführen. Sie müssen für das zur Anwendung kommende Prüfverfahren im zutreffenden Produkt- oder Industriesektor gemäß DIN EN ISO 9712 mindestens in Stufe 2 qualifiziert und zertifiziert sein.

11.1.4 Prüfzeitpunkt und Prüfumfang

(1) Art, Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind erzeugnisformbezogen in den Abschnitten 11.2 bis 11.11 festgelegt.

(2) Die zerstörungsfreien Prüfungen dürfen je nach Bearbeitungsort beim Erzeugnisformhersteller oder Komponentenhersteller durchgeführt werden. Die Prüfungen haben nach der letzten Umformung und Wärmebehandlung zu erfolgen und soll im Allgemeinen beim Erzeugnisformhersteller vorgenommen werden. Werden zerstörungsfreie Prüfungen nicht beim Erzeugnisformhersteller vollständig durchgeführt, so ist dies im Abnahmeprüfzeugnis zu vermerken.

11.1.5 Verfahrenstechnische Festlegungen

11.1.5.1 Manuelle Ultraschallprüfungen

(1) Es gelten die allgemeinen Festlegungen des **Anhangs D** sowie die Forderungen der Abschnitte 11.1.8 und 11.2 bis 11.11.

Hinweis:
Die in dieser Regel angegebenen Einschallwinkel beziehen sich jeweils auf die nominellen Winkel der Prüfköpfe.

(2) Können die Randbedingungen zur Prüfung nach der AVG-Methode nach Abschnitt D 6.2 nicht eingehalten werden oder ist die AVG-Methode aufgrund der Schallschwächung des Werkstoffes nicht anwendbar, so ist die Vergleichskörper- oder die Bezugslinienmethode nach Abschnitt D 6.3 anzuwenden.

(3) Bei Anwendung der AVG-Methode gelten die von der Nennwanddicke oder vom Stabdurchmesser abhängigen Registrierschwellen in den Abschnitten 11.2 bis 11.11.

(4) Bei Anwendung der Vergleichskörper- oder der Bezugslinienmethode sind alle Anzeigen zu registrieren, deren Echohöhen 50 % der Echohöhe des Bezugsreflektors erreichen oder überschreiten.

(5) Kann die Ankopplung bei der manuellen Prüfung nicht anderweitig (z. B. durch Beobachtung eines Rückwandechos) kontrolliert werden, soll die Verstärkung soweit erhöht werden, bis die Rauschanzeigen sichtbar werden.

(6) Die zu registrierenden Echohöhen und Zulässigkeitskriterien sind abhängig von der Erzeugnisform und deren Abmessungen in den Abschnitten 11.2 bis 11.11 festgelegt. Bei Überschreitung der zulässigen Anzeigen ist zwischen Erzeugnisformhersteller und Sachverständigem das weitere Vorgehen zu vereinbaren.

(7) Die Ausdehnung von Anzeigen ist gemäß Abschnitt D 11.2.3 (Halbwertsmethode) zu bestimmen. Die Genauigkeit in der Ausmessung der Reflektorausdehnung ist durch zusätzliche Untersuchungen dann zu verbessern, wenn allein diese Abmessungen für die Beurteilung der Zulässigkeit maßgebend sind. Reflektorausdehnungen unter 10 mm gelten als punktförmige Anzeigen.

11.1.5.2 Oberflächenprüfungen

(1) Es gelten die allgemeinen Festlegungen des **Anhangs E** sowie die Forderungen der Abschnitte 11.2 bis 11.11.

(2) Die Oberflächenprüfungen sind bei ausreichend magnetisierbaren Werkstoffen grundsätzlich nach dem Magnetpulververfahren durchzuführen, sofern in den Abschnitten 11.2 bis 11.11 nicht anders geregelt.

(3) Bei der Magnetpulverprüfung großer Flächen ist der Jochmagnetisierung Priorität einzuräumen. Die Prüfung von Kleinteilen soll nach Möglichkeit mit Hilfs- oder Spulenmagnetisierung erfolgen.

(4) Anstelle der Magnetpulver- oder Eindringprüfung dürfen andere, vorzugsweise mechanisierte Verfahren, z. B. Wirbelstromprüfung oder Prüfung nach dem magnetischen Streuflussverfahren mit Sonden zum Nachweis von Oberflächenunregelmäßigkeiten eingesetzt werden. Die Zulässigkeitskriterien sind in der Prüfanweisung festzulegen.

11.1.5.3 Durchstrahlungsprüfung

Die Prüfdurchführung hat grundsätzlich nach DIN EN ISO 5579 zu erfolgen. Zusätzlich gelten folgende Anforderungen:

a) Die Bedingungen der Klasse B nach DIN EN ISO 5579 sind einzuhalten. Die in DIN EN ISO 5579 Abschnitt 4 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.

Bei Durchstrahlungsprüfungen an Gussstücken gelten für die Prüfdurchführung die Festlegungen in Abschnitt 11.8.6.2.

11.1.5.4 Sichtprüfung

Die Prüfdurchführung hat als örtliche Prüfung gemäß DIN EN 13018 zu erfolgen.

11.1.5.5 Wirbelstromprüfung

Es gelten die Festlegungen gemäß Abschnitt 11.11.2.

11.1.5.6 Mechanisierte oder automatisierte Prüfungen

(1) Der Einsatz mechanisierter oder automatisierter Prüfsysteme hat auf Basis einer Begutachtung durch den Sachverständigen zu erfolgen.

(2) Es gelten die Anforderungen der für die jeweilige Erzeugnisform zutreffenden Prüfnorm sowie die Forderungen der Abschnitte 11.2 bis 11.11, sofern mechanisierte oder automatisierte Prüfungen durchgeführt werden.

11.1.6 Bewertung der Prüfergebnisse

(1) Für die Bewertung der Prüfergebnisse der einzelnen Prüfverfahren gelten die in den Abschnitten 11.1.8 und 11.2 bis 11.11 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.

11.1.7 Organisation der zerstörungsfreien Prüfungen

11.1.7.1 Durchführung

(1) Der Hersteller hat alle zerstörungsfreien Prüfungen in dem nach den Festlegungen dieser Regel vorgesehenen Umfang durchzuführen und nachzuweisen.

(2) Der Sachverständige hat die zerstörungsfreien Prüfungen in dem nach den Festlegungen dieser Regel vorgesehenen Umfang durchzuführen oder daran teilzunehmen. Der Stichprobenumfang für die zerstörungsfreien Prüfungen durch den Sachverständigen beträgt 25 % in der Prüfgruppe A 1 und 10 % in der Prüfgruppe A 2. In der Prüfgruppe A 3 erfolgt die Prüfung ohne Beteiligung des Sachverständigen.

(3) Für die Teilnahme des Sachverständigen an der Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen gilt:

a) Ultraschall-, Wirbelstrom- und Streuflussprüfung
   aa) Bei manuellen Prüfungen hat der Sachverständige die Prüfberichte des Herstellers zu kontrollieren. Die manuellen Prüfungen sind vom Sachverständigen in dem in (2) festgelegten Stichprobenumfang unabhängig von den Prüfungen des Herstellers durchzuführen und zu bewerten.
   ab) Bei mechanisierten oder automatisierten Prüfungen hat der Sachverständige an der Empfindlichkeitsjustierung der Prüfanlage teilzunehmen, die Durchführung stichprobenweise zu kontrollieren und das Ergebnis zu bewerten.
b) Durchstrahlungsprüfung

   Die Ergebnisse der Durchstrahlungsprüfung (Bilder), die vom Hersteller durchzuführen ist, sind vom Sachverständigen zu bewerten. Die Durchführung der Prüfung ist vom Sachverständigen stichprobenweise zu kontrollieren.
c) Oberflächenprüfung (Magnetpulver- und Eindringprüfung) und Sichtprüfung

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

(4) Stimmen die Prüfergebnisse des Sachverständigen unter Berücksichtigung der prüftechnisch bedingten Streuungen nicht mit den Prüfergebnissen der Herstellerprüfungen überein, sind gemeinsam vom Sachverständigen und Hersteller zusätzliche Kontrollprüfungen durchzuführen und zu bewerten.

11.1.7.2 Protokollierung der Prüfergebnisse

11.1.7.2.1 Allgemeines

(1) Über die durchgeführten Prüfungen sind Prüfberichte zu erstellen. Die Durchführung der Prüfung und das Prüfergebnis sind von den an der Prüfung Beteiligten (Prüfer des Herstellers und - soweit beteiligt - Prüfer des Sachverständigen) durch Unterschrift zu bestätigen.

(2) Prüfergebnisse von gleichartigen Prüfobjekten, denen gleiche Prüfanweisungen zugeordnet sind, dürfen zu einem Prüfbericht zusammengefasst werden.

(3) Im Prüfbericht sind zu protokollierende Anzeigen und Unregelmäßigkeiten unter Angabe von Ort, Lage und Größe anhand des in der Prüfanweisung beschriebenen Koordinatensystems nachvollziehbar zu dokumentieren.

(4) Die Prüfaufsicht hat das Prüfergebnis durch Unterschrift zu bestätigen, wobei diese Bestätigung auf jedem Prüfbericht oder für mehrere Prüfungen zusammengefasst (z. B. auf einem Deckblatt) erfolgen darf.

11.1.7.2.2 Manuelle Ultraschall- und Wirbelstromprüfung

Die Protokollierung erfolgt durch eigenständige Prüfberichte der Beteiligten. Das Ergebnis der Prüfungen durch mehrere Beteiligte ist zu bewerten (z. B. auf einem gemeinsamen Deckblatt).

11.1.7.2.3 Mechanisierte oder automatisierte Ultraschall-, Wirbelstrom- und Streuflussprüfung

Die Protokollierung erfolgt in einem Prüfbericht des Herstellers. Die Teilnahme an der Empfindlichkeitsjustierung der Prüfanlage, die stichprobenweise Kontrolle der Durchführung der Prüfung und das Prüfergebnis sind vom Sachverständigen durch Unterschrift auf dem Herstellerbericht zu bestätigen.

11.1.7.2.4 Oberflächenprüfung (Magnetpulver- und Eindringprüfung) und Sichtprüfung

Die Protokollierung erfolgt in einem Prüfbericht des Herstellers. Die Teilnahme an der Prüfung und das Prüfergebnis sind vom Sachverständigen durch Unterschrift auf dem Herstellerbericht zu bestätigen.

11.1.7.2.5 Durchstrahlungsprüfung

Die Protokollierung erfolgt in einem Prüfbericht des Herstellers. Die stichprobenweise Kontrolle der Durchführung der Prüfung und das Prüfergebnis sind vom Sachverständigen durch Unterschrift auf dem Herstellerbericht zu bestätigen.

11.1.8 Prüfung der Schweißkanten- und Stutzenbereiche

Hinweis:
Weitere Prüfungen vor dem Schweißen sind in KTA 3211.3 geregelt.

(1) Werden an ferritischen Erzeugnisformen Schweißkanten und Stutzen angearbeitet, sind diese Bereiche im vorgearbeiteten Zustand vor dem Anarbeiten der Fugenflanken mit Ultraschall zu prüfen.

(2) Werden an austenitischen Erzeugnisformen Schweißkanten und Stutzen angearbeitet, sind diese Bereiche im vorgearbeiteten Zustand vor dem Anarbeiten der Fugenflanken mit Ultraschall zu prüfen, wenn gemäß KTA 3211.3 Abschnitt 11 eine Ultraschallprüfung der inneren Oberfläche der Schweißnähte erforderlich ist.

(3) Für die Ultraschallprüfung der Schweißkanten- und Stutzenbereiche gelten folgende Anforderungen:

a) Bei Flacherzeugnissen aus ferritischen Stählen ist die Prüfung nach DIN EN 10160 und bei Flacherzeugnissen aus austenitischen Stählen nach DIN EN 10307 durchzuführen. Die geprüften Bereiche müssen die Anforderungen der Qualitätsklasse E_4 nach Tabelle 5 dieser Normen erfüllen.
b) Für alle übrigen Erzeugnisformen gelten die Anforderungen für die Prüfung nach dem Schweißen gemäß KTA 3211.3 Abschnitt 11.

(4) Als Schweißkanten- und Stutzenbereiche gelten bei Wanddicken oder Anschlussquerschnitten kleiner als oder gleich 30 mm Streifen mit einer Breite gleich der Wanddicke plus 10 mm, bei größeren Wanddicken oder Anschlussquerschnitten Streifen mit einer Breite gleich der Wanddicke plus 20 mm neben der Fugenflanke oder Stutzenbohrung.

(5) Bei Schmiedestücken, Ringen und Hohlteilen aus austenitischen Stählen ist zusätzlich die Prüfbarkeit der Schweißkanten- und Stutzenbereiche für die Bedingungen der Schweißnahtprüfung zu ermitteln. Dies erfolgt wie die spätere Prüfung mit Schrägeinschallung. Am Prüfgegenstand ist im Bereich der späteren Schweißnaht, jedoch in ausreichendem Abstand zur Kante, als Vergleichsreflektor grundsätzlich eine umlaufende Nut einzubringen. Die Nut soll nicht breiter sein als 1,0 mm, die Reflexionsfläche muss senkrecht zur Oberfläche verlaufen. Die Tiefe des Vergleichsreflektors ist in Abhängigkeit von der Nennwanddicke des fertigen Bauteils gemäß **Tabelle 11-1** festzulegen.

Nennwanddicke s in mm	8 < s ≤ 20	20 < s ≤ 40	40 < s
Nuttiefe in mm	1,5	2	3

Tabelle 11-1: Tiefe des Vergleichsreflektors für die Prüfung von Schweißkanten- und Stutzenbereichen

Ist aus konstruktiven Gründen für die einzubringende Nut kein Übermaß an der Stirnseite möglich, so ist das Übermaß der Wanddicke so vorzusehen, dass die Nut an der inneren Oberfläche nach der Ermittlung der Prüfbarkeit vollständig abgearbeitet werden kann. Die Prüftechnik soll sich an der späteren Längsfehlerprüfung der Schweißnaht orientieren und ist in der Prüfanweisung zu beschreiben. Die Nut ist über den gesamten Umfang anzuschallen. Die daraus resultierende Nut-Echohöhendynamik ist unter Angabe der einzelnen Umfangspositionen und dB-Werte zu protokollieren. Ergeben sich Schwankungen größer als 6 dB, so ist das weitere Vorgehen mit dem Sachverständigen festzulegen.

11.2 Flacherzeugnisse

(1) Jedes Flacherzeugnis mit Nenndicken gleich oder größer als 10 mm ist vom Hersteller einer Ultraschall-Flächenprüfung zu unterziehen.

(2) Für die Flächenprüfung gelten die Forderungen

a) der Qualitätsklasse S_2 nach DIN EN 10160 bei Flacherzeugnissen aus ferritischen Stählen und
b) der Qualitätsklasse S_2 nach DIN EN 10307 bei Flacherzeugnissen aus austenitischen Stählen.

11.3 Aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisformen

Jede aus Flacherzeugnissen gekümpelte oder gepresste Erzeugnisform ist im umgeformten Bereich nach der letzten Wärmebehandlung im fertig bearbeiteten Zustand einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Zulässigkeitskriterien sind in den **Tabellen 11-2 und 11-3** festgelegt.

11.4 Schmiedestücke, Stäbe und Ringe

11.4.1 Allgemeines

(1) Jedes Teil ist einer zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen.

(2) Bei der Durchführung manueller Ultraschallprüfungen sind die Festlegungen in **Anhang D** zu berücksichtigen.

(3) Die Prüfungen sind auf Grundlage der Normenreihe DIN EN 10228 mit den in (4) und den in den Abschnitten 11.4.2 und 11.4.3 beschriebenen Abweichungen und Ergänzungen durchzuführen und zu bewerten.

Hinweis:
Bei der gezielten Ultraschallprüfung entsprechen die in DIN EN 10228-4 genannten „Dicken t des Schmiedestückes" den Nennwanddicken s des Endproduktes.

(4) Die Oberflächen der zu prüfenden Teile müssen derart beschaffen und gereinigt sein, dass eine uneingeschränkte Prüfdurchführung möglich ist. Abweichend von den Festlegungen der Normenreihe DIN EN 10228 gelten für den arithmetischen Mittelwert der Profilordinaten (Mittenrauwert) Ra die Festlegungen gemäß den Abschnitten 11.1.2.2 und 11.1.2.3.

Anzeigen ≤ 3 mm	Anzeigen von > 3 mm bis ≤ 6 mm			Anzeigen > 6 mm
	Runde Anzeigen	Lineare [1] Anzeigen, bei ferritischen Stählen verursacht durch nichtmetallische Einschlüsse [2] oder bei austenitischen Stählen verursacht durch Karbide oder Nitride oder Karbonitride [2]	Sonstige lineare [1] Anzeigen	
Vereinzelt zulässig und nicht in die Häufigkeit einzubeziehen [3]	Zulässig bis zu insgesamt 10 Anzeigen auf einer Bezugsfläche von 100 mm · 150 mm		Nicht zulässig	Nicht zulässig

[1] Bei der Eindringprüfung besitzt eine Anzeige dann eine Längenausdehnung (lineare Anzeige), wenn ihre Abmessung in der maximalen Ausdehnungsrichtung mindestens dreimal so groß ist wie ihre kleinste Abmessung quer zu dieser Richtung.

[2] Nichtmetallische Einschlüsse, Karbide, Nitride und Karbonitride müssen als solche nachgewiesen werden. Der Nachweis darf für mehrere gleichartige Anzeigen durch eine Stichprobe im Anzeigenbereich erfolgen.

[3] Bei systematisch auftretenden Anzeigen ist mit dem Sachverständigen über die Verwendbarkeit zu entscheiden.

Tabelle 11-2: Zulässigkeitskriterien für die Eindringprüfung

Anzeigen ≤ 1,5 mm	Anzeigen von > 1,5 mm bis ≤ 6 mm		Anzeigen > 6 mm
	Anzeigen, verursacht durch nichtmetallische Einschlüsse [1]	Sonstige Anzeigen	
Vereinzelt zulässig und nicht in die Häufigkeit einzubeziehen [2]	Zulässig bis zu insgesamt 10 Anzeigen auf einer Bezugsfläche von 100 mm · 150 mm	Nicht zulässig	Nicht zulässig

[1] Nichtmetallische Einschlüsse müssen als solche nachgewiesen werden. Der Nachweis darf für mehrere gleichartige Anzeigen durch eine Stichprobe im Anzeigenbereich erfolgen.

[2] Bei systematisch auftretenden Anzeigen ist mit dem Sachverständigen über die Verwendbarkeit zu entscheiden.

Tabelle 11-3: Zulässigkeitskriterien für die Magnetpulverprüfung

11.4.2 Prüfung der Oberflächen

(1) Die gesamte Oberfläche ist im endbearbeiteten Zustand einer Oberflächenprüfung zu unterziehen.

(2) Für die Durchführung und Bewertung der Magnetpulverprüfung gelten die Festlegungen gemäß DIN EN 10228-1, Qualitätsklasse 4. Zusätzlich gelten die Festlegungen gemäß **Anhang E**.

(3) Für die Durchführung und Bewertung der Eindringprüfung gelten die Festlegungen gemäß DIN EN 10228-2, Qualitätsklasse 4. Zusätzlich gelten die Festlegungen gemäß **Anhang E**.

(4) Zusätzlich zu den Anforderungen gemäß Qualitätsklassen 4 nach DIN EN 10228-1 und DIN EN 10228-2 gilt: Die Häufigkeit zulässiger Anzeigen bezogen auf die Gesamtfläche darf 10 je Quadratmeter nicht überschreiten.

(5) Für Bereiche, die für eine Magnetpulver- oder Eindringprüfung nicht zugänglich sind, ist das Vorgehen in der Prüfanweisung festzulegen.

11.4.3 Ultraschallprüfung

11.4.3.1 Verfahrenstechnische Anforderungen

(1) Die Ultraschallprüfung hat im möglichst konturenarmen Zustand nach der für die Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften maßgeblichen Wärmebehandlung zu erfolgen.

(2) Die Ultraschallprüfung ist grundsätzlich als gezielte Ultraschallprüfung durchzuführen. Ist die detaillierte Kenntnis der aus dem Prüfgegenstand zu fertigenden Bauteile zum Zeitpunkt der Prüfung nicht bekannt, darf die Prüfung als pauschale Ultraschallprüfung durchgeführt werden.

(3) Die Prüfung an ferritischen Teilen hat grundsätzlich als 100%ige Prüfung nach DIN EN 10228-3 zu erfolgen, die Prüfung an austenitischen Teilen als 100%ige Prüfung nach DIN EN 10228-4. Für Gesenkschmiedestücke und für das Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke gelten die Festlegungen der Abschnitte 11.4.3.3.4 und 11.4.3.3.5. Die Prüfung von Einsatzmaterialien für Gesenkschmiedeteile aus Mehrkantstäben hat als vollständige Prüfung nach DIN EN 10308 zu erfolgen.

(4) Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit hat entweder mit der AVG-Methode, der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode zu erfolgen. Die zu verwendende Methode ist in der Prüfanweisung festzulegen.

(5) Abweichend von den Festlegungen der für die Durchführung der Ultraschallprüfungen in Bezug genommenen Normen sollen Prüffrequenzen gleich oder größer als 2 MHz angewendet werden. Die anzuwendende Prüffrequenz ist in der Prüfanweisung festzulegen.

(6) Bei der Ultraschallprüfung ist das gesamte Volumen zu erfassen. Für die Prüfung der oberflächennahen Bereiche ist entweder von der Gegenfläche zu prüfen oder es sind SE-Prüfköpfe zu verwenden. Die zu verwendende Technik ist in der Prüfanweisung festzulegen.

(7) Werden bei der Ultraschallprüfung Anzeigen bis 6 dB unterhalb der Registrierschwelle festgestellt, so sind diese Bereiche von der jeweiligen Gegenrichtung gezielt nachzuprüfen.

(8) Registrierpflichtige Anzeigen bei der gezielten Ultraschallprüfung aus Bereichen, die bei der Weiterverarbeitung des Prüfobjekts entfallen, brauchen bei der Bewertung nicht berücksichtigt werden, sind aber zu dokumentieren. Alle als gefügebedingt nachgewiesenen Echoanzeigen sind nicht in die Bewertung mit einzubeziehen, aber im Prüfbericht anzugeben.

(9) Liegt aus werkstofftechnischen Gründen (z. B. Verringerung des Wärmebehandlungsquerschnitts) nach der Wärmebehandlung eine Geometrie vor, bei der nicht das gesamte Volumen mit den geforderten Ultraschall-Einschallrichtungen geprüft werden kann, so sind zusätzlich vor der Wärmebehandlung in einem günstigen geometrischen Zustand die später eingeschränkt prüfbaren Bereiche zu prüfen.

(10) Zur Erfassung und Korrektur der Prüfbedingungen sind bei der Ultraschallprüfung die Schallschwächung und die Transferkorrektur in dem Umfang zu ermitteln, der eine voll-

ständige Bewertung des Prüfgegenstands ermöglicht. Lage und Anzahl der Messungen sind in der Prüfanweisung festzulegen. Bei Erzeugnisformen aus austenitischem Stahl ist Abschnitt 11.4.3.2 zu berücksichtigen.

(11) Die Einschallpositionen sind nach Angaben des Bestellers je nach Verwendungszweck festzulegen, mindestens sind jedoch die im Abschnitt 11.4.3.3 festgelegten Einschallpositionen anzuwenden. Wenn bei der Ultraschallprüfung mit senkrechter Einschallung in axialer Bauteilrichtung das Volumen nicht vollständig auswertbar ist (Seitenwandeinfluss, Schallschwächung), so ist zusätzlich von den Mantelflächen mit Schrägeinschallung in beiden axialen Richtungen zu prüfen.

(12) Die Schrägeinschallung in Umfangsrichtung an Hohlteilen ist abweichend von den Festlegungen in DIN EN 10228-3 und in DIN EN 10228-4 (jeweils Abschnitt 12.1) unabhängig vom Verhältnis Außendurchmesser zu Innendurchmesser erforderlich. Der Einschallwinkel für die Schrägeinschallung in Umfangsrichtung soll zwischen 35 und 45 Grad liegen.

11.4.3.2 Prüfbarkeit von Erzeugnisformen aus austenitischem Stahl

11.4.3.2.1 Ermittlung der Prüfbarkeit

(1) Die Prüfbarkeit ist an jedem Prüfgegenstand zu ermitteln. Lage und Anzahl der Messungen sind in der Prüfanweisung festzulegen. Dabei sind die nachfolgenden Vorgaben mindestens einzuhalten.

(2) Die Ermittlung der Prüfbarkeit muss gemeinsam durch die an der Prüfung Beteiligten erfolgen.

(3) Die zur Ermittlung der Prüfbarkeit angewandten Wellenlängen dürfen nicht größer sein als die bei der nachfolgenden Prüfung mit Senkrecht- und Schrägeinschallung.

(4) Bei Platten und Scheiben ist ein Raster von 200 mm anzubringen. In allen Mittenbereichen des Rasters und zusätzlich an den Rändern der Platten und Scheiben ist mittels Senkrechteinschallung und vorgesehener Prüffrequenz die Rückwandechohöhe zu ermitteln.

(5) Bei allen anderen Erzeugnisformen ist zur Ermittlung der Prüfbarkeit an jedem Prüfgegenstand im Bereich paralleler oder konzentrischer Wände ein Raster von 200 mm anzubringen. In allen Mittenbereichen dieses Rasters und zusätzlich an allen Rändern der Schmiedestücke oder der gewalzten Ringe sind mittels Senkrechteinschallung in Wanddickenrichtung die Rückwandechohöhen zu ermitteln. In Bereichen nicht paralleler oder nicht konzentrischer Wände sind für diese Prüfung Referenzechos zu benutzen (z. B. vorhandene Bohrungen, Kanten oder Durchschallung).

(6) Die zur Ermittlung der Prüfbarkeit notwendige Zahl und Dichte der Messpunkte soll in einem angemessenen Verhältnis zur Größe und Geometrie des Prüfobjektes stehen. Hierbei darf die absolute Zahl von Messpunkten auf 50 begrenzt werden.

(7) Sofern eine Prüfung mit Schrägeinschallung durchzuführen ist, ist in Bereichen mit einer Rückwandechoschwächung größer als 6 dB die Schallschwächung auch mittels Schrägeinschallung, z. B. mit einer V-Durchschallung, zu ermitteln.

(8) Bereiche mit hoher Schallschwächung (Rückwandechoschwankung größer als 12 dB) sind zu kennzeichnen und durch ein engeres Messpunktraster einzugrenzen, wobei die absolute Zahl der Messpunkte entsprechend zu erhöhen ist. Die maximale Schallschwächung ist für jede erforderliche Einschallrichtung zu protokollieren.

11.4.3.2.2 Uneingeschränkte Prüfbarkeit

Kann für den Bereich mit der größten ermittelten Schallschwächung der Nachweis erbracht werden, dass für die Senkrecht- und jede Schrägeinschallung die Registrierschwellen gemäß Abschnitt 11.4.3.4.1.2 einen Abstand zum Rauschpegel von mindestens 6 dB einhalten, ist der Prüfgegenstand uneingeschränkt prüfbar.

11.4.3.2.3 Eingeschränkte Prüfbarkeit

(1) Kann für eine oder mehrere Einschallrichtungen der Abstand der Registrierschwelle gemäß Abschnitt 11.4.3.4.1.2 zum Rauschpegel von mindestens 6 dB in einem Bereich nicht eingehalten werden, sind das eingeschränkt prüfbare Volumen und der darin vorliegende Grad der Einschränkung zu ermitteln und zu dokumentieren.

(2) Ergeben sich nach einer mechanischen Weiterbearbeitung für die Ultraschallprüfungen dieser Bereiche günstigere Bedingungen (z. B. durch Verminderung der Wanddicke, kürzere Schalllaufwege, Zerspanung der die Prüfung einschränkenden Volumenbereiche), so darf sie mit den fehlenden Einschallrichtungen für die fraglichen Bereiche im weiterbearbeiteten Zustand erfolgen. Dies darf nach Absprache zwischen Schmiedestückhersteller und Weiterbearbeiter auch beim Weiterbearbeiter geschehen. Wird im weiterbearbeiteten Zustand die geforderte Prüfempfindlichkeit erreicht, so gelten diese Bereiche als uneingeschränkt prüfbar.

(3) Für Bereiche mit eingeschränkter Prüfbarkeit sind zusätzliche Untersuchungen (z. B. bruchmechanische Analysen) durchzuführen, die eine Entscheidung über die Verwendbarkeit ermöglichen.

11.4.3.3 Prüfdurchführung

11.4.3.3.1 Geschmiedete oder gewalzte Stäbe

(1) An Stäben mit Durchmessern oder Kantenlängen größer als 30 mm ist eine Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-3 oder nach DIN EN 10228-4 unter Berücksichtigung der in (2) genannten Festlegungen durchzuführen.

Hinweis:
Für die Senkrechteinschallung werden die Anforderungen nach DIN EN 10228-3 auch durch DIN EN 10308 erfüllt.

(2) Bei Stäben für Bauteile der Prüfgruppe A1 sind zusätzlich durchzuführen:

a) bei Durchmessern oder Kantenlängen größer als 60 mm eine Senkrechteinschallung in axialer Richtung; kann hierbei kein Abstand der Registrierschwelle zum Rauschpegel von mindestens 6 dB über die gesamte Länge des Stabes eingehalten werden, so ist im abgelängten Zustand oder mit 45 Grad-Schrägeinschallung in beiden axialen Richtungen zu prüfen,
b) bei Rundstäben mit Durchmessern größer als 120 mm eine Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen; der Einschallwinkel soll hierbei 35 Grad betragen.

Die Einschallrichtungen gemäß a) und b) sind auch bei Stäben für Bauteile mit Nennweiten größer als DN 300 der Prüfgruppe A2 anzuwenden.

11.4.3.3.2 Geschmiedete ebene Platten, Scheiben und zylindrische Hohlteile sowie geschmiedete oder gewalzte Ringe

(1) Die Ultraschallprüfung ist nach DIN EN 10228-3 oder nach DIN EN 10228-4 mit den Anforderungen für die Typen 2 und 3 unter Berücksichtigung der nachfolgend genannten Festlegungen durchzuführen.

(2) Hohlteile und Ringe der Prüfgruppe A1 sowie Hohlteile und Ringe mit Nennweiten größer als DN 300 der Prüfgruppe A2 sind zusätzlich von beiden Stirnseiten durch Senkrechteinschallung zu prüfen.

11.4.3.3.3 Freiformschmiedestücke

(1) Die Ultraschallprüfung ist nach DIN EN 10228-3 oder nach DIN EN 10228-4 unter Einhaltung der Festlegungen gemäß (2) bei nicht hohlgebohrten Schmiedestücken und der Festlegungen gemäß (3) bei hohlgebohrten Schmiedestücken durchzuführen. Sie hat im möglichst konturenarmen Zustand nach der für die Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften maßgeblichen Wärmebehandlung zu erfolgen. Wenn die Kontur nach der mechanischen Bearbeitung und Wärmebehandlung nur eine eingeschränkte Prüfung erlaubt, ist vor der mechanischen Bearbeitung und Wärmebehandlung eine Prüfung nach (2) oder (3) und nach der mechanischen Bearbeitung und Wärmebehandlung eine Prüfung nach (4) durchzuführen.

(2) Für nicht hohlgebohrte Schmiedestücke gilt:

Die Anforderungen für die Typen 1a oder 1b gemäß DIN EN 10228-3 oder DIN EN 10228-4 sind einzuhalten. An Teilen der Prüfgruppe A1 und Teilen mit Nennweiten größer als DN 300 der Prüfgruppe A2 ist zusätzlich die Ultraschallprüfung von den Stirnseiten mittels Senkrechteinschallung und in zylindrischen Bereichen in beiden Umfangsrichtungen mittels Schrägeinschallung durchzuführen.

(3) Für hohlgebohrte Schmiedestücke gilt:

Die Anforderungen für den Typ 3a gemäß DIN EN 10228-3 oder DIN EN 10228-4 sind einzuhalten. An Teilen der Prüfgruppe A1 und Teilen mit Nennweiten größer als DN 300 der Prüfgruppe A2 ist zusätzlich die Ultraschallprüfung von den Stirnseiten mittels Senkrechteinschallung durchzuführen.

(4) Bei der eingeschränkten Prüfung nach der Wärmebehandlung gilt für die Einschallrichtungen:

Von allen äußeren Oberflächen aus, sofern deren Krümmungsradien 30 mm überschreiten, ist eine Senkrechteinschallung durchzuführen. An Teilen der Prüfgruppe A1 und Teilen mit Nennweiten größer als DN 300 der Prüfgruppe A2 ist in den zylindrischen Bereichen der Freiformschmiedestücke eine Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen durchzuführen.

11.4.3.3.4 Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke

(1) Das Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke ist bei Durchmessern oder Kantenlängen größer als 50 mm einer Ultraschallprüfung nach DIN EN 10308, DIN EN 10228-3 oder DIN EN 10228-4 zu unterziehen.

(2) Einsatzmaterialien aus austenitischem Stahl dürfen auch im nicht lösungsgeglühten Zustand geprüft werden, sofern hinsichtlich der Prüfbarkeit keine Einschränkungen bestehen.

11.4.3.3.5 Gesenkschmiedestücke

(1) An Gesenkschmiedestücken mit Nennweiten größer als 150 mm ist, soweit von der Geometrie her möglich, eine Ultraschallprüfung im möglichst konturenarmen Zustand nach der für die Einstellung der mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften maßgeblichen Wärmebehandlung durchzuführen.

(2) Die Prüfung hat mit Senkrechteinschallung von den äußeren Oberflächen aus zu erfolgen.

(3) In den Bereichen, deren Krümmungsradien 30 mm unterschreiten, darf die Ultraschallprüfung entfallen.

11.4.3.4 Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien

11.4.3.4.1 Gezielte Prüfung

11.4.3.4.1.1 Erzeugnisformen aus ferritischem Stahl

(1) Bei der Prüfung von Schmiedestücken, Stäben und Ringen gelten die in **Tabelle 11-4** angegebenen Qualitätsklassen und die sich daraus nach DIN EN 10228-3 ergebenden Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

Hinweis:

Für die Senkrechteinschallung werden die Anforderungen nach DIN EN 10228-3 auch durch DIN EN 10308 erfüllt.

Nennwanddicke s des Endproduktes in mm	Qualitätsklasse
$s \leq 60$	4
$s > 60$	3 [1)]

[1)] Sofern die Kontrolle des Rückwandechos möglich ist, ist bei der Senkrechteinschallung an Nennwanddicken s > 250 mm Qualitätsklasse 2 zulässig.

Tabelle 11-4: Qualitätsklassen gemäß DIN EN 10228-3 bei der gezielten Ultraschallprüfung

(2) Bei der Prüfung von Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke gelten die Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien gemäß Qualitätsklasse 4 nach DIN EN 10308 oder DIN EN 10228-3.

(3) Darüber hinaus gelten bei der Prüfung von Schmiedestücken, Stäben und Ringen sowie von Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke folgende Anforderungen:

a) Anhäufungen von Anzeigen bis 6 dB unterhalb der Registrierschwelle, die sich bei einer Prüfkopfposition oder bei Prüfkopfverschiebungen nicht in Einzelanzeigen trennen lassen, sind zu registrieren. In diesen Bereichen sind Zusatzuntersuchungen (z. B. Durchschallungsprüfungen in mehreren Richtungen) durchzuführen, die eine Aussage über den Typ des Reflektors (flächig oder voluminös) ermöglichen.

   Die Anzeigen sind nicht zulässig, falls sich bei diesen Untersuchungen, z. B. durch Intensitätsverluste eines Durchschallungssignals im Vergleich zu anzeigenfreien Bereichen der Erzeugnisform, Hinweise auf flächige Trennungen ergeben.

b) Es sind alle Bereiche zu registrieren, bei denen

   ba) der Abstand der Registrierschwelle zum Rauschpegel 6 dB unterschreitet,

   bb) das Rückwandecho ohne erklärbare Ursache bis zur Registrierschwelle abfällt oder bei denen Schwächungen des Rückwandechos ≥ 6 dB im Bereich registrierpflichtiger Anzeigen auftreten.

   Für diese Bereiche sind mit dem Sachverständigen Untersuchungen festzulegen, z. B. Schallschwächungsmessungen, die eine Entscheidung über die Verwendbarkeit ermöglichen.

(4) Bei der Prüfung von Gesenkschmiedestücken mit Nennweiten größer als 150 mm gelten die in **Tabelle 11-4** angegebenen Qualitätsklassen und die sich daraus nach DIN EN 10228-3 ergebenden Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

11.4.3.4.1.2 Erzeugnisformen aus austenitischem Stahl

(1) Für die Senkrechteinschallung gelten die durch die Qualitätsklasse 3 nach DIN EN 10228-4 festgelegten Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

Hinweis:

Für die Senkrechteinschallung werden die Anforderungen nach DIN EN 10228-4 auch durch DIN EN 10308 erfüllt.

(2) Für die Schrägeinschallung gelten

a) bei Anwendung der AVG-Methode die in Tabelle 6 der DIN EN 10228-4 genannten Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien,

b) bei Anwendung der Bezugslinien- oder Vergleichskörpermethode die in Tabelle 7 der DIN EN 10228-4 genannten Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

(3) Darüber hinaus gelten folgende Anforderungen:

a) Anhäufungen von Anzeigen bis 6 dB unterhalb der Registrierschwelle, die sich bei einer Prüfkopfposition oder bei Prüfkopfverschiebungen nicht in Einzelanzeigen trennen lassen, sind zu registrieren. In diesen Bereichen sind Zusatzuntersuchungen, z. B. Durchschallungsprüfungen in mehreren Richtungen, durchzuführen, die eine Aussage über den Typ des Reflektors (flächig oder voluminös) ermöglichen.

   Die Anzeigen sind nicht zulässig, falls sich bei diesen Untersuchungen, z. B. durch Intensitätsverluste eines Durchschallungssignals im Vergleich zu anzeigenfreien Bereichen der Erzeugnisform, Hinweise auf flächige Trennungen ergeben.

b) Es sind alle Bereiche zu registrieren, bei denen

   ba) der Abstand der Registrierschwelle zum Rauschpegel 6 dB erreicht oder unterschreitet,

   bb) das Rückwandecho ohne erklärbare Ursache bis zur Registrierschwelle abfällt oder bei denen Schwächungen des Rückwandechos ≥ 6 dB im Bereich registrierpflichtiger Anzeigen auftreten.

   Für diese Bereiche sind mit dem Sachverständigen Untersuchungen festzulegen, z. B. Schallschwächungsmessungen, die eine Entscheidung über die Verwendbarkeit ermöglichen.

11.4.3.4.2 Pauschale Prüfung von Erzeugnisformen aus ferritischem oder austenitischem Stahl

(1) Bei einer pauschalen Ultraschallprüfung ist vor Beginn der Fertigung vom Besteller die erforderliche Qualitätsklasse nach DIN EN 10228-3 oder 10228-4 festzulegen. Bei der späteren Verwendung eines pauschal geprüften Prüfgegenstandes ist sicherzustellen, dass das Endprodukt die Anforderungen der gezielten Ultraschallprüfung erfüllt. Erforderlichenfalls sind hierfür ergänzende gezielte Prüfungen durchzuführen.

(2) Zusätzlich zu den Festlegungen in DIN EN 10228-3 oder 10228-4 sind Stellen zu dokumentieren,

a) an denen der Abstand der Registrierschwelle zum Rauschpegel 6 dB erreicht oder unterschreitet,

b) an denen das Rückwandecho ohne erklärbare Ursache bis zur Registrierschwelle abfällt oder an denen Schwächungen des Rückwandechos ≥ 6 dB im Bereich registrierpflichtiger Anzeigen auftreten,

c) an denen Anhäufungen von Anzeigen bis 6 dB unterhalb der Registrierschwelle auftreten.

11.5 Nahtlose Rohre größer als DN 50

11.5.1 Nahtlose Rohre größer als DN 50 aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W I

(1) Für Rohre mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm gilt:

a) Alle Rohre sind mittels Ultraschall nach DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse B auf Längsfehler zu prüfen.

b) Rohre der Prüfgruppe A 1 sind zusätzlich einer Ultraschall-Querfehlerprüfung nach DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse C, sowie bei Nennwanddicken gleich oder größer als 8 mm einer Dopplungsprüfung nach DIN EN ISO 10893-8, Zulässigkeitsklasse U0 zu unterziehen. Rohre der Prüfgruppe A 2 sind zusätzlich dann einer Ultraschall-Querfehlerprüfung nach DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse C, zu unterziehen, wenn sie warmgepilgert sind oder während des Herstellungsprozesses einem Warmpilgerverfahren unterzogen wurden.

c) An jedem vierten Rohr der Prüfgruppe A 1 ist im Auslieferungszustand eine Oberflächenprüfung durchzuführen. Dabei ist die Außenoberfläche vollständig, die Innenoberfläche auf einer Länge von einmal dem Außendurchmesser von jedem Rohrende zu prüfen. Es gilt die Zulässigkeitsklasse M1 nach DIN EN ISO 10893-5.

(2) Rohre mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.5.2 Nahtlose Rohre größer als DN 50 aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W II

(1) Für Rohre mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm gilt:

a) Alle Rohre sind mittels Ultraschall nach DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse B, Justierung an einem Referenzrohr mit Innen- und Außennut in „N"-Ausführung, auf Längsfehler zu prüfen.

b) Rohre der Prüfgruppe A 2, die warmgepilgert sind oder während des Herstellungsprozesses einem Warmpilgerverfahren unterzogen wurden, sind zusätzlich

   ba) einer Dopplungsprüfung nach DIN EN ISO 10893-8, Zulässigkeitsklasse U0 und

   bb) einer Ultraschall-Querfehlerprüfung nach DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse C, Justierung an einem Referenzrohr mit Außennut oder an einem Referenzrohr mit Innen- und Außennut

   zu unterziehen.

(2) Rohre mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.5.3 Nahtlose Rohre größer als DN 50 aus austenitischen Stählen

(1) Für Rohre mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm gilt:

a) Alle Rohre sind mittels Ultraschall nach DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse B, Justierung an einem Referenzrohr mit Innen- und Außennut in „N"-Ausführung, auf Längsfehler zu prüfen.

b) Rohre mit Nennwanddicken größer als 5,6 mm und Rohre gleich oder größer als DN 100 sind mittels Ultraschall nach DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse C, Justierung an einem Referenzrohr mit Außennut oder an einem Referenzrohr mit Innen- und Außennut, auf Querfehler zu prüfen.

c) Zur Korrektur der Prüfbedingungen sind die Schallschwächung und die Transferkorrektur an jeweils vier um 90 Grad versetzten Messpunkten an beiden Enden und über die gesamte Länge in einem Abstand von höchstens 200 mm zu ermitteln. Diese Messungen sind mit den gleichen Prüfköpfen und Prüfeinrichtungen wie bei der Prüfung auf Längs- und Querfehler durchzuführen. Differieren die so bestimmten Werte gegenüber den in der Nähe von Vergleichsreflektoren ermittelten Werten, ist die Differenz bei der Prüfung zu berücksichtigen. Bei unterschiedlichen Oberflächenqualitäten ist die Anzahl der Messpunkte zu verdoppeln. Übersteigt die Schwankungsbreite der unter gleichen Einschallbedingungen festgestellten Messwerte 6 dB (bezogen auf den zu bewertenden Schallweg), ist die Anzahl der Messpunkte zu verdoppeln. Sofern im Zuge der Prüfungen festgestellt wird, dass in Abhängigkeit vom Herstellungsverfahren, vom Werkstoff und von der Abmessung hinreichende Gleichmäßigkeit der Prüfbedingungen vorhanden ist, darf mit Zustimmung des Sachverständigen der Umfang der Messpunkte auf die Hälfte reduziert werden.

d) An jedem vierten Rohr der Prüfgruppe A 1 ist im Auslieferungszustand eine Oberflächenprüfung durchzuführen. Dabei ist die Außenoberfläche vollständig, die Innenoberfläche auf einer Länge von einmal dem Außendurchmesser von jedem Rohrende zu prüfen. Es gilt die Zulässigkeitsklasse P1 nach DIN EN ISO 10893-4.

(2) Rohre mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.6 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50

11.6.1 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50 aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W I

(1) Für Rohrbogen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm gilt:

a) Die Außen- und Innenoberflächen sind grundsätzlich einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Zulässigkeitskriterien sind in den **Tabellen 11-2** und **11-3** festgelegt.

b) Ist die Oberflächenprüfung an der inneren Oberfläche nicht durchführbar, ist dafür ersatzweise eine Ultraschall- oder eine Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN ISO 5579 Klasse B durchzuführen. Eine Kombination der Verfahren UT und RT ist zulässig. Die Prüfbedingungen sind in einer Prüfanweisung festzulegen. Bei Einsatz des UT-Verfahrens ist eine Prüfung auf Längs- und Querfehler nach DIN EN ISO 10893-10 durchzuführen. Die Justierung ist an einem Referenzrohr mit Innennut in „N"-Ausführung vorzunehmen. Für die Prüfung auf Längsfehler gilt die Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse B. Für die Prüfung auf Querfehler gilt die Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse C.

(2) Rohrbogen mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.6.2 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50 aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W II

(1) Für Rohrbogen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm gilt:

a) Bei Rohrbogen der Prüfgruppe A 2 sind die Außen- und Innenoberflächen grundsätzlich einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Zulässigkeitskriterien sind in den **Tabellen 11-2** und **11-3** festgelegt.

b) Ist die Oberflächenprüfung an der inneren Oberfläche nicht durchführbar, ist an allen Rohrbogen der Prüfgruppe A 2 ersatzweise eine Ultraschallprüfung oder eine Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN ISO 5579 Klasse B durchzuführen. Eine Kombination der Verfahren UT und RT ist zulässig. Die Prüfbedingungen sind in einer Prüfanweisung festzulegen. Bei Einsatz des UT-Verfahrens ist eine Prüfung auf Längs- und Querfehler nach DIN EN ISO 10893-10 durchzuführen. Die Justierung ist an einem Referenzrohr mit Innennut in „N"-Ausführung vorzunehmen. Für die Prüfung auf Längsfehler gilt die Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse B. Für die Prüfung auf Querfehler gilt die Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse C.

(2) Rohrbogen mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.6.3 Nahtlose Rohrbogen größer als DN 50 aus austenitischen Stählen

(1) Für Rohrbogen mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm gilt:

a) Die Außen- und Innenoberfläche sind grundsätzlich einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Zulässigkeitskriterien sind in **Tabelle 11-2** festgelegt.

b) Ist die Oberflächenprüfung an der inneren Oberfläche nicht durchführbar, ist an allen Rohrbogen ersatzweise eine Ultraschall- oder eine Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN ISO 5579 Klasse B durchzuführen. Eine Kombination der Verfahren UT und RT ist zulässig. Die Prüfbedingungen sind in einer Prüfanweisung festzulegen. Bei Einsatz des UT-Verfahrens ist eine Prüfung auf Längs- und Querfehler nach DIN EN ISO 10893-10 durchzuführen. Die Justierung ist an einem Referenzrohr mit Innennut in „N"-Ausführung vorzunehmen. Für die Prüfung auf Längsfehler gilt die Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse B. Für die Prüfung auf Querfehler gilt die Zulässigkeitsklasse U2 Unterklasse C.

c) Zur Korrektur der Prüfbedingungen sind die Schallschwächung und die Transferkorrektur an jeweils vier um 90 Grad versetzten Messpunkten an beiden Enden und über die gesamte Länge in einem Abstand von höchstens 200 mm zu ermitteln. Diese Messungen sind mit den gleichen Prüfköpfen und Prüfeinrichtungen wie bei der Prüfung auf Längs- und Querfehler durchzuführen. Differieren die so bestimmten Werte gegenüber den in der Nähe von Vergleichsreflektoren ermittelten Werten, ist die Differenz bei der Prüfung zu berücksichtigen. Bei unterschiedlichen Oberflächenqualitäten ist die Anzahl der Messpunkte zu verdoppeln. Übersteigt die Schwankungsbreite der unter gleichen Einschallbedingungen festgestellten Messwerte 6 dB (bezogen auf den zu bewertenden Schallweg), ist die Anzahl der Messpunkte zu verdoppeln. Sofern im Zuge der Prüfungen festgestellt wird, dass in Abhängigkeit vom Herstellungsverfahren, vom Werkstoff und von der Abmessung hinreichende Gleichmäßigkeit der Prüfbedingungen vorhanden ist, darf mit Zustimmung des Sachverständigen der Umfang der Messpunkte auf die Hälfte reduziert werden.

(2) Rohrbogen mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.7 Nahtlose Formstücke größer als DN 50

11.7.1 Nahtlose Formstücke größer als DN 50 aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W I

(1) Die Außen- und Innenoberflächen von Formstücken mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Zulässigkeitskriterien sind in den **Tabellen 11-2** und **11-3** festgelegt.

(2) Formstücke mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.7.2 Nahtlose Formstücke größer als DN 50 aus ferritischen Stählen der Werkstoffgruppe W II

(1) Bei Formstücken der Prüfgruppe A 2 mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm sind die Außen- und Innenoberflächen vollständig einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Zulässigkeitskriterien sind in den **Tabellen 11-2** und **11-3** festgelegt.

(2) Formstücke mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.7.3 Nahtlose Formstücke größer als DN 50 aus austenitischen Stählen

(1) Die Außen- und Innenoberflächen von Formstücken mit Nennwanddicken kleiner als oder gleich 30 mm sind vollständig einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Zulässigkeitskriterien sind in **Tabelle 11-2** festgelegt.

(2) Formstücke mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind wie geschmiedete Hohlteile nach Abschnitt 11.4 zu prüfen.

11.8 Gussstücke

11.8.1 Anzuwendende Prüfverfahren

(1) Die Prüfverfahren für die unterschiedlichen Stahlgusssorten und Gussstückbereiche sind der **Tabelle 11-5** zu entnehmen.

(2) Die Ultraschallprüfung als Volumenprüfung darf angewendet werden an

a) vorgedrehten Flanschen,

b) bearbeiteten Sitzpartien,

c) Rippen und Angüssen,

sofern eine lückenlose Beobachtung des Rückwandechos bei mindestens einer Einschallrichtung möglich ist. Diese Bereiche (siehe **Bilder 11.8-1** bis **11.8-11**) müssen für die Senkrechteinschallung in mindestens zwei aufeinander senkrecht stehenden Einschallrichtungen prüfbar sein.

(3) Soll die Ultraschallprüfung als Volumenprüfung in anderen Bereichen als den in den **Bildern 11.8-1** bis **11.8-11** dargestellten zur Anwendung kommen, muss eine lückenlose Beobachtung des Rückwandechos bei mindestens einer Einschallrichtung und die Schrägeinschallung aus zwei aufeinander senkrecht stehenden Einschallrichtungen in jeweils entgegengesetzter Richtung möglich sein. Mit Ultraschall nicht prüfbare Bereiche sind einer Durchstrahlungsprüfung gemäß Abschnitt B 7.1 zu unterziehen. Die Vorgehensweise ist bauteilbezogen in der Prüfanweisung festzulegen.

(4) Die Volumenprüfung ist in Bereichen, in denen Warmrisse auftreten können, z. B. Bereiche von Steigern und Kühleisen, Querschnittsübergänge, um eine Ultraschallprüfung mittels Schrägeinschallung zu ergänzen. Die Bereiche sind bauteilbezogen in der Prüfanweisung festzulegen.

11.8.2 Zeitpunkt der Prüfungen und Prüfbeteiligung

(1) Die Zeitpunkte der zerstörungsfreien Prüfungen im Fertigungsablauf sowie die Prüfbeteiligungen sind für Stahlgussgehäuse in **Bild 5.7-1** festgelegt.

(2) Erfolgt beim Komponentenhersteller eine weitere Bearbeitung, ist an den dabei entstandenen Oberflächen eine Oberflächenprüfung durchzuführen.

11.8.3 Umfang der Prüfungen

11.8.3.1 Prüfgruppe A 1

(1) Alle Gusskörper, Anschweißenden, Verbindungsschweißungen und Fertigungsschweißungen sind vollständig zu durchstrahlen. Bei ferritischen und martensitischen Stahlgusssorten darf alternativ eine Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 11.8.1 erfolgen.

(2) Alle inneren und äußeren Oberflächen, einschließlich die von Ausmuldungen für Fertigungsschweißungen sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Für nicht zugängliche Bereiche sind die Ersatzmaßnahmen in den Vorprüfunterlagen festzulegen.

11.8.3.2 Prüfgruppen A 2 und A 3

(1) An den ersten drei Gussstücken eines Fertigungsloses (Prototypen) sind die Gusskörper, Anschweißenden, Verbindungsschweißungen und Fertigungsschweißungen vollständig einer Volumenprüfung zu unterziehen.

(2) Alle weiteren Gussstücke des gleichen Fertigungsloses mit derselben Schmelz- und Gießtechnik sind in folgenden Bereichen zu prüfen:

a) gieß- und spannungstechnisch schwierige Bereiche,
b) Anschweißenden,
c) größere Fertigungsschweißungen und
d) Stellen, an denen bei der Prüfung der Prototypen Fehler in der Größe der Grenzzulässigkeit festgestellt werden.

(3) Die gieß- und spannungstechnisch schwierigen Bereiche sind mit dem Sachverständigen festzulegen. Über die Zusammenlegung von Fertigungslosen muss ebenfalls mit dem Sachverständigen entschieden werden. Beispiele für gießtechnisch schwierige Bereiche sind in den Bildern **11.8-12** und **11.8-13** dargestellt.

(4) Bei kleinen Fertigungsschweißungen darf ab dem vierten Gussstück statt der Durchstrahlungsprüfung auch eine Ultraschallprüfung durchgeführt werden.

(5) Alle inneren und äußeren Oberflächen, einschließlich die der Ausmuldungen für Fertigungsschweißungen sowie die Fertigungsschweißungen sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen.

Stahlgussgruppe	Gussstückbereiche					
	Gusskörper	Nebenbereiche [1]	Anschweißenden	Verbindungsschweißungen	Ausmuldung	Fertigungsschweißung
Ferritische und martensitische Stahlgusssorten	Magnetpulverprüfung [2] Durchstrahlungsprüfung [3] [4]	Magnetpulverprüfung [2]	Magnetpulverprüfung [2] Durchstrahlungsprüfung [3]	Magnetpulverprüfung [2] Durchstrahlungsprüfung [3]	Magnetpulverprüfung [2] Durchstrahlungsprüfung [3]	Magnetpulverprüfung [2] Durchstrahlungsprüfung [5]
Austenitische Stahlgusssorten	Eindringprüfung Durchstrahlungsprüfung	Eindringprüfung	Eindringprüfung Durchstrahlungsprüfung	Eindringprüfung Durchstrahlungsprüfung	Eindringprüfung Durchstrahlungsprüfung	Eindringprüfung Durchstrahlungsprüfung

[1] Nebenbereiche sind Bereiche, die außerhalb der drucktragenden Wand liegen, z. B.
- Füße,
- Pratzen,
- Ösen,
- Außenrippen,
- Nocken.

[2] Bei magnetisierbaren Werkstoffen soll die Magnetpulverprüfung bevorzugt werden. Die Eindringprüfung kann jedoch angewendet werden:
a) in Bereichen, die aus Geometrie- oder Zugänglichkeitsgründen schwierig magnetisierbar sind, und
b) bei Stahlgusssorte G X4 CrNi 13 4, Werkstoff-Nr. 1.4317.

[3] Alternativ darf nach Abschnitt 11.8.1 (2) und (3) eine Ultraschallprüfung durchgeführt werden.

[4] Es ist eine ergänzende Ultraschallprüfung mittels Schrägeinschallung gemäß Abschnitt 11.8.1 (4) als Prüfung auf Warmrisse durchzuführen. Die Vorgehensweise ist bauteilbezogen in der Prüfanweisung festzulegen.

[5] In den Prüfgruppen A 2 und A 3 darf die Durchstrahlungsprüfung der kleinen Fertigungsschweißungen ab dem 4. Gussstück eines Fertigungsloses durch eine Ultraschallprüfung ersetzt werden. Zur Unterscheidung zwischen kleinen und größeren Fertigungsschweißungen siehe Anhang B, Abschnitt B 2 (4).

Tabelle 11-5: Prüfverfahren für Stahlgusssorten und deren Gussstückbereiche

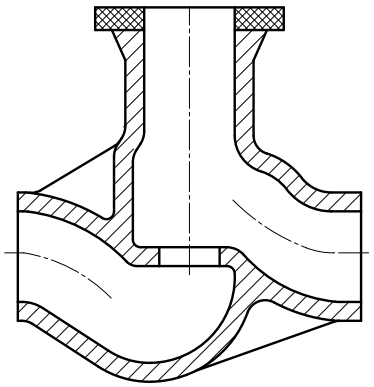


Bild 11.8-1: Durchgangsventilgehäuse

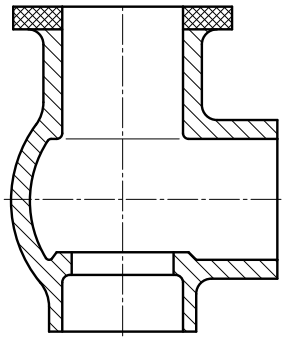


Bild 11.8-2: Eckventilgehäuse

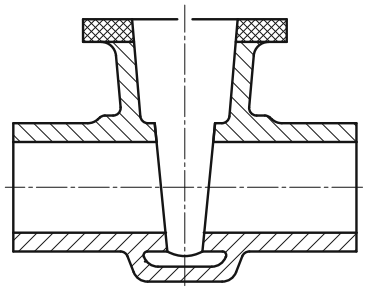


Bild 11.8-3: Keilschiebergehäuse

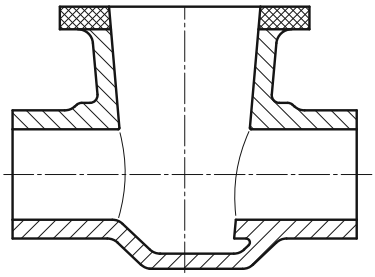


Bild 11.8-4: Rückschlagklappengehäuse

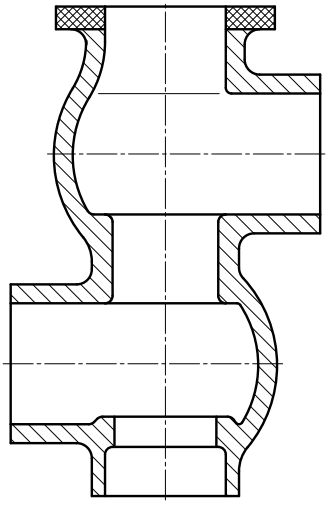


Bild 11.8-5: Mehrwegeventilgehäuse

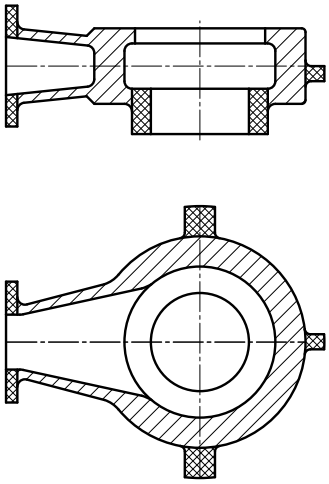


Bild 11.8-6: Druckgehäuse

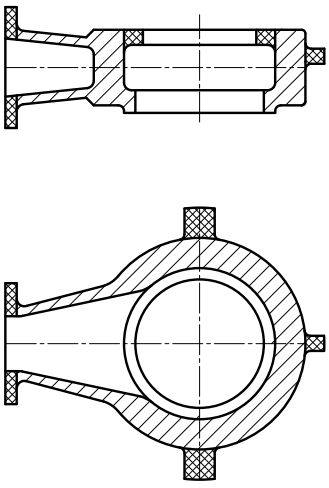


Bild 11.8-7: Sauggehäuse

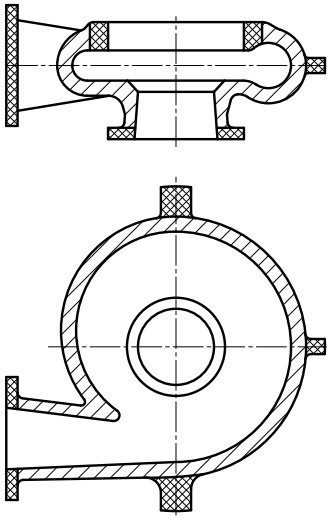


Bild 11.8-8: Spiralgehäuse

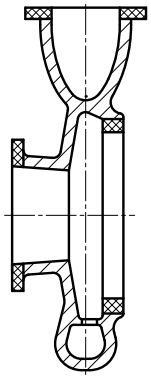


Bild 11.8-9: Doppelspiralgehäuse

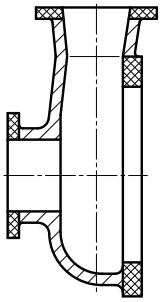


Bild 11.8-10: Ringgehäuse

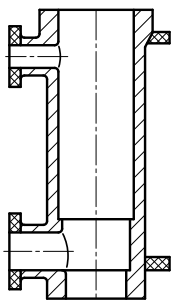
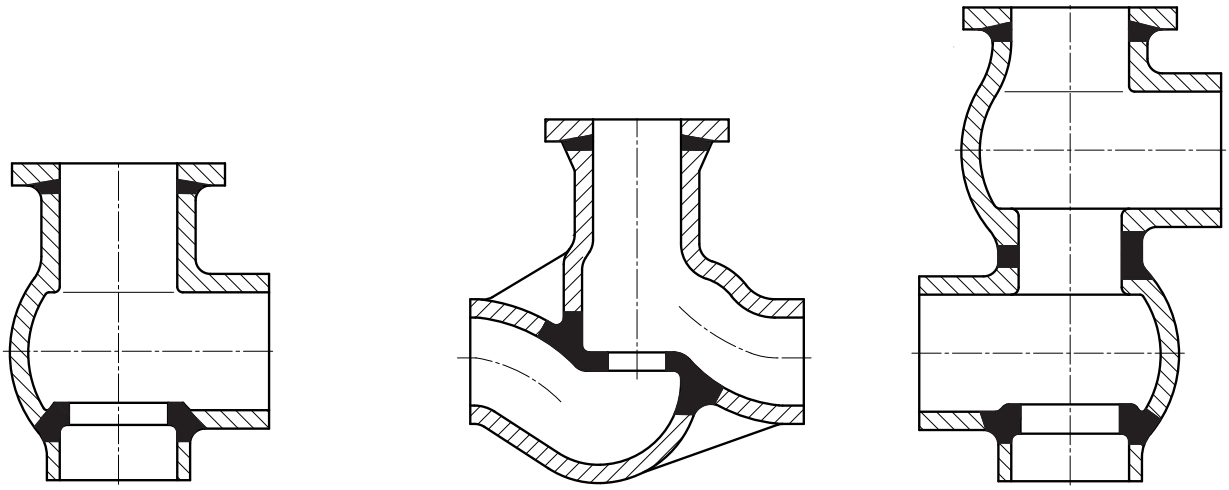


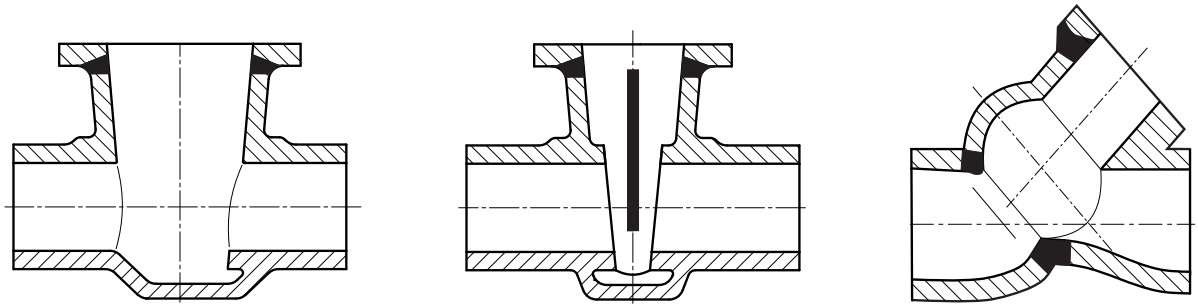
Bild 11.8-11: Topfpumpengehäuse

Bilder 11.8-1 bis 11.8-11:

Beispiele für Bereiche an Armaturen- oder Pumpengehäusen, die mittels Ultraschall geprüft werden können

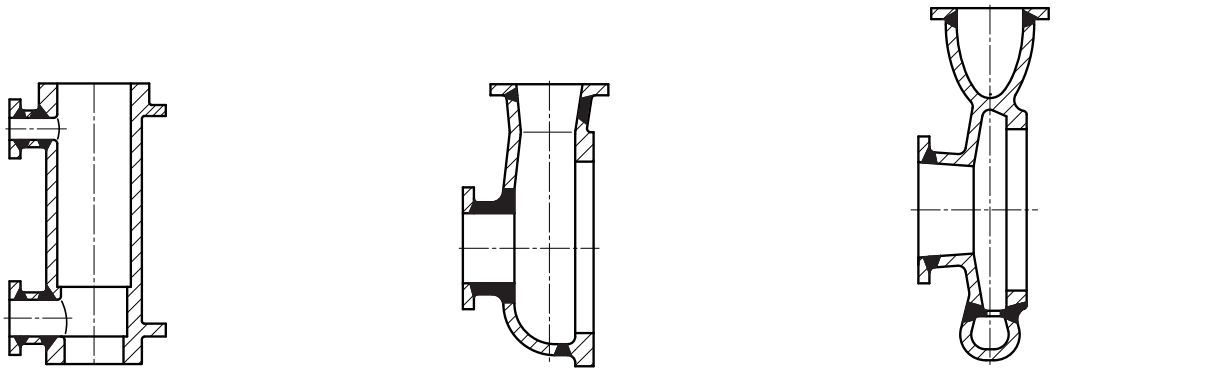


Eckventilgehäuse | Durchgangsventilgehäuse | Mehrwegeventilgehäuse

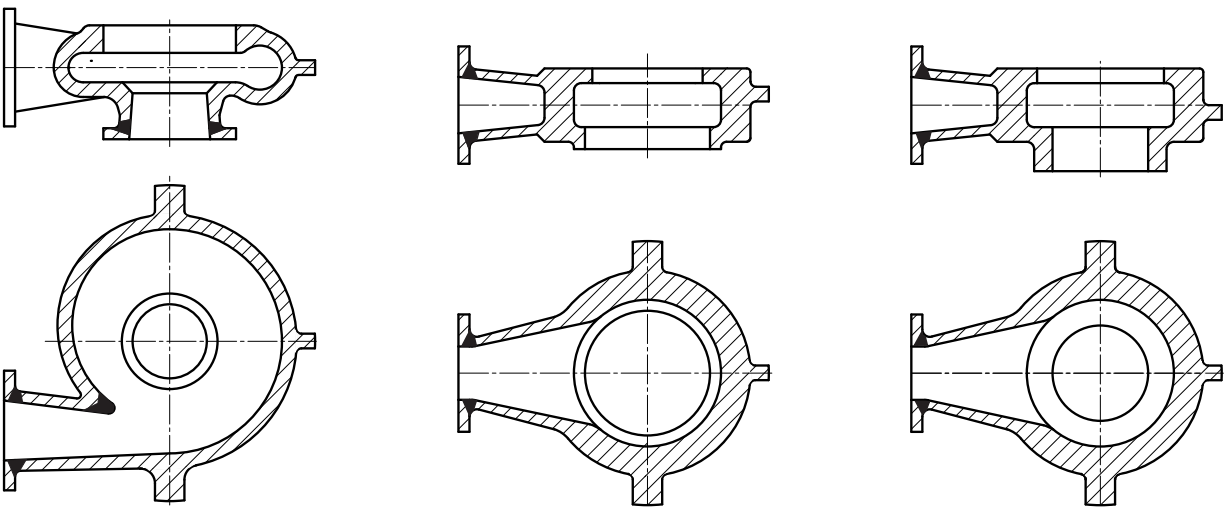


Rückschlagklappengehäuse | Keilschiebergehäuse | Schrägsitzventilgehäuse

Bild 11.8-12: Beispiele für gießtechnisch schwierige Bereiche an Armaturengehäusen (schwarz)



Topfpumpengehäuse | Ringgehäuse | Doppelspiralgehäuse



Spiralgehäuse | Sauggehäuse | Druckgehäuse

Bild 11.8-13: Beispiele für gießtechnisch schwierige Bereiche an Pumpengehäusen (schwarz)

11.8.4 Oberflächengüte

Die für die zerstörungsfreie Prüfung vorbereitete Oberfläche ist nach DIN EN 1370 unter Verwendung der dort genannten Vergleichsmuster zu beurteilen. Dabei sollen die Oberflächen eine Oberflächengüte gleich oder besser als die der BNIF-Vergleichsmuster 3 S1 oder 4 S2 aufweisen. Gussstücke, die nach dem Ultraschallverfahren geprüft werden, sollen eine Oberflächengüte besitzen, die gleich oder besser als die der BNIF-Vergleichsmuster 3 S1 oder 3 S2 ist. Bei einer Prüfung mit dem Eindringverfahren ist eine Oberflächengüte gleich oder besser als die der BNIF-Vergleichsmuster 2 S1 oder 3 S2 erforderlich.

11.8.5 Prüfung der Oberflächen

11.8.5.1 Verfahrenstechnische Anforderungen

(1) Die Prüfung der Oberflächen hat mit dem Magnetpulver- oder mit dem Eindringverfahren gemäß **Tabelle 11-5** zu erfolgen.

(2) Für die Durchführung der Magnetpulverprüfung gelten die Festlegungen gemäß DIN EN 1369. Zusätzlich gelten die Festlegungen gemäß **Anhang E**.

(3) Für die Durchführung der Eindringprüfung gelten die Festlegungen gemäß DIN EN 1371-1. Zusätzlich gelten die Festlegungen gemäß **Anhang E**.

11.8.5.2 Zulässigkeitskriterien

(1) Für die Bewertung der Magnetpulver- und der Eindringprüfung gelten in Abhängigkeit von Gussstückbereich und Prüfgruppe die in **Tabelle 11-6** angegebenen Gütestufen und die sich daraus nach DIN EN 1369 oder DIN EN 1371-1 ergebenden Zulässigkeitskriterien. Zusätzlich gilt:

a) Lineare Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig.

b) Die Bewertung der Prüfergebnisse der Eindringprüfung hat unter Berücksichtigung aller Anzeigen und Inspektionszeitpunkte zu erfolgen.

(2) Für Fertigungsschweißungen und Verbindungsschweißungen gelten die gleichen Gütestufen wie für die jeweiligen Gussstückbereiche.

(3) Bei der Magnetpulver- oder Eindringprüfung von Ausmuldungen sind nur solche Anzeigen zulässig, die die Schweißbarkeit nicht beeinträchtigen und nicht im Zusammenhang mit den zu beseitigenden unzulässigen Oberflächen- oder Volumenfehlern stehen. Im Zweifelsfall ist durch eine Durchstrahlungsprüfung nachzuweisen, dass im angrenzenden Grundwerkstoff keine unzulässigen Anzeigen vorliegen.

Bereich der Gussstücke	Prüfgruppe	Anzuwendende Gütestufen			
		PT [1]	MT [2]	RT [3]	UT [4]
Anschweißenden	alle	SP1, CP1 [5]	SM1 [5]	1	1
Gusskörper	A1	SP1, CP1, LP1, AP1	SM1, LM1, AM1,	2	2
	A2 und A3	SP2, CP2, LP2, AP2	SM2, LM2, AM2,	2 [6]	2 [6]
Nebenbereiche [7]	A1	SP2, CP2, LP2, AP2	SM2, LM2, AM2,	—	—
	A2 und A3	SP3, CP3, LP3, AP3	SM3, LM3, AM3,	—	—

1) Eindringprüfung PT nach DIN EN 1371-1.
2) Magnetpulverprüfung MT nach DIN EN 1369.
3) Durchstrahlungsprüfung RT nach DIN EN 12681; Zulässigkeitskriterien nach Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt W 5.
4) Ultraschallprüfung UT nach DIN EN 12680-2.
5) Bei der Oberflächenprüfung sind lineare Anzeigen oder in Reihe angeordnete Anzeigen unzulässig.
6) Die Gütestufe 3 ist ausreichend, wenn
   a) DN ≤ 150 oder
   b) bei DN > 150 das Produkt aus Nennweite DN und zulässigem Betriebsüberdruck in MPa die Zahl 2000 nicht übersteigt.
7) Nebenbereiche sind Bereiche, die außerhalb der drucktragenden Wand liegen, z. B. Füße, Pratzen, Ösen.

Tabelle 11-6: Anzuwendende Gütestufen in Abhängigkeit von der Prüfgruppe

11.8.6 Volumenprüfung

11.8.6.1 Ultraschallprüfung

11.8.6.1.1 Verfahrenstechnische Anforderungen

(1) Für die Durchführung der Ultraschallprüfung gelten die Festlegungen gemäß DIN EN 12680-2.

(2) Abweichend von den Festlegungen in DIN EN 12680-2 sind Prüffrequenzen gleich oder größer als 2 MHz anzuwenden. Die anzuwendende Prüffrequenz ist in der Prüfanweisung festzulegen.

(3) Für die Prüfung der oberflächennahen Bereiche ist entweder von der Gegenfläche zu prüfen oder es sind SE-Prüfköpfe bis zu einer Prüftiefe von 50 mm zu verwenden. Die zu verwendende Technik ist in der Prüfanweisung festzulegen.

(4) Die Ausdehnung von Anzeigen ist gemäß DIN EN 12680-2, Abschnitt 5.5.7 zu bestimmen.

(5) Für die Beschreibung der Lage von Reflektoren, die registrierpflichtige Echoanzeigen hervorrufen, ist das für die Durchstrahlungsprüfung erstellte Kennzeichnungssystem (Bezugspunktraster) zu verwenden.

11.8.6.1.2 Ermittlung der Prüfbarkeit

(1) Die Prüfbarkeit ist an jedem Prüfgegenstand gemäß DIN EN 12680-2 zu ermitteln. Lage und Anzahl der Messungen sind in der Prüfanweisung festzulegen.

(2) Die Ermittlung der Prüfbarkeit muss gemeinsam durch die an der Prüfung Beteiligten erfolgen.

(3) Die zur Ermittlung der Prüfbarkeit angewandten Wellenlängen dürfen nicht größer sein als die bei der nachfolgenden Prüfung mit Senkrecht- und Schrägeinschallung.

11.8.6.1.3 Prüfdurchführung

(1) Die zu prüfenden Bereiche, die anzuwendende Prüftechnik und die Einschallbedingungen sind der **Tabelle 11-7** zu entnehmen.

(2) Die Prüfung mit SE-Prüfköpfen soll einen oberflächennahen Bereich von 50 mm nicht überschreiten.

(3) Das Gussstück muss so geprüft werden, dass die zu prüfenden Bereiche vollständig erfasst werden.

Lfd. Nr.	Prüfbereich	Prüfkopf	Prüfumfang und Einschallpositionen
1	Anschweißenden		
1.1	Anschweißenden mit s > 50 mm und beidseitiger Zugänglichkeit	Senkrechtprüfkopf	100 % von beiden Oberflächen
		SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegensinnig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
		Winkelprüfkopf 45 Grad	
1.2	Anschweißenden mit s > 50 mm und Anschweißenden mit einseitiger Zugänglichkeit	Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
		SE-Senkrechtprüfkopf	
		SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegensinnig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
		Winkelprüfkopf 45 Grad	
1.3	Anschweißenden mit s ≤ 50 mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
		SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegensinnig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
2	Übrige Gussstückbereiche		
2.1	Beidseitige Zugänglichkeit bei s > 50 mm	Senkrechtprüfkopf	100 % von beiden Oberflächen
2.2	Einseitige Zugänglichkeit bei s > 50 mm	Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
		SE-Senkrechtprüfkopf	
2.3	Bei s ≤ 50 mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
2.4	Bereiche, in denen Warmrisse auftreten können, z. B. Bereiche von Steigern, Kühleisen und Querschnittsübergängen [1)]	SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegensinnig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
		Winkelprüfkopf 45 Grad oder Winkelprüfkopf 60 Grad bei langen Schallwegen	
3	Fertigungsschweißungen		
3.1	Fertigungsschweißungen mit einer Tiefe ≤ 15 mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
3.2	Fertigungsschweißungen mit einer Tiefe > 15 mm und ≤ 30 mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
		SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegensinnig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
3.3	Fertigungsschweißungen mit einer Tiefe > 30 mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
		SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegensinnig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
		Winkelprüfkopf 45 Grad	

[1)] Falls keine detaillierten Angaben zur Gießtechnik vorliegen, die Rückschlüsse zum Auftreten von Warmrissen erlauben, sind die gesamten Gussstücke, soweit möglich, einer 100 %igen Prüfung gegensinnig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen mit einem SE-Winkelprüfkopf 60 Grad zu unterziehen.

Tabelle 11-7: Prüfbedingungen für die Ultraschallprüfung

(4) Die Gussstückbereiche sind mittels Senkrechteinschallung von allen zugänglichen Oberflächen aus zu prüfen.

(5) In den Bereichen, in denen mittels Senkrechteinschallung die Verfolgung des Rückwandechos nicht möglich ist, mit einer Schrägeinschallung jedoch ein Formecho verfolgt werden kann, ist eine Schrägeinschallung vorzunehmen. Die Einzelheiten sind in der Prüfanweisung festzulegen.

(6) Bei Anschweißenden ist eine Schrägeinschallung an nur von der Außenoberfläche zugänglichen zylindrischen Gussstückbereichen durchzuführen.

(7) Prüfung auf Warmrisse:

a) Die Prüfung ist nach dem Vergüten durchzuführen.

b) Es ist eine Schrägeinschallung in Bereichen, in denen Warmrisse auftreten können, z. B. Bereiche von Steigern und Kühleisen, Querschnittsübergänge, durchzuführen.

c) Die Bereiche sind bis zu einer Tiefe von 50 mm zu prüfen.

d) Die Vorgehensweise ist bauteilbezogen mit dem Sachverständigen festzulegen.

(8) Prüfung von Fertigungsschweißungen:

a) Sofern Wärmebehandlungen erfolgen, ist die Prüfung nach der letzten Wärmebehandlung durchzuführen.

b) Bei Fertigungsschweißungen mit einer Dicke kleiner als oder gleich 15 mm (ausgenommen Durchbrüche) hat die Prüfung mit einem SE-Senkrechtprüfkopf von der Schweißgutoberfläche aus zu erfolgen. In allen anderen Fällen sind Fertigungsschweißungen, soweit durchführbar, in zwei senkrecht zueinander stehenden Einschallrichtungen zu prüfen. Dies erfolgt mittels Senkrechteinschallung und gegensinniger Schrägeinschallung. Der Übergang Grundwerkstoff/Schweißgut ist dabei möglichst senkrecht anzuschallen.

11.8.6.1.4 Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien

11.8.6.1.4.1 Registrierschwelle

(1) Es sind alle Stellen zu registrieren, bei denen die Rückwandechoabnahme den Wert 12 dB (siehe DIN EN 12680-2 Tabelle 3) erreicht oder überschreitet.

(2) Alle Reflektoren mit messbaren Ausdehnungen sind zu registrieren, deren Echohöhe die in DIN EN 12680-2 Tabelle 3 angegebene Werte erreichen oder überschreiten, sofern auch die in DIN EN 12680-2 Bilder 3 und 4 angegebene Kriterien erreicht oder überschritten werden.

(3) In Gütestufe 1-Bereichen sind alle Reflektoren ohne messbare Ausdehnung (punktförmig) zu registrieren, deren

Echohöhe die in DIN EN 12680-2 Tabelle 1 angegebenen Werte erreichen oder überschreiten.

(4) Bei Verwendung von Winkelprüfköpfen müssen alle Anzeigen, die eine Echodynamik oder offensichtliche Ausdehnung in Wanddickenrichtung zeigen, unabhängig von der Echohöhe registriert werden.

11.8.6.1.4.2 Untersuchung von registrierpflichtigen Anzeigen

(1) Die Stellen, an denen registrierpflichtige Anzeigen nachgewiesen wurden, sind im Hinblick auf Art, Form, Größe und Lage näher zu untersuchen. Dies darf mittels Ultraschallprüfung unter Bezug auf DIN EN 12680-2 Tabelle 4 und DIN EN 12680-2 Anhang C oder durch eine zusätzliche Durchstrahlungsprüfung gemäß Abschnitt 11.8.7 erfolgen.

(2) Bei der Ultraschallprüfung nach dem Vergüten festgestellte registrierpflichtige Anzeigen sind nach der letzten Wärmebehandlung mit derselben Prüftechnik nachzuprüfen und zu bewerten.

11.8.6.1.4.3 Zulässigkeitskriterien

(1) Die den Prüfgruppen und Gussstückbereichen zugeordneten Gütestufen sind der **Tabelle 11-6** zu entnehmen.

(2) Die Prüfergebnisse sind in Abhängigkeit von der einzuhaltenden Gütestufe gemäß DIN EN 12680-2 zu bewerten.

(3) Anzeigen, die auf Risse oder Bindefehler hinweisen, sind unzulässig.

(4) Die endgültige Bewertung erfolgt unter Berücksichtigung der Ergebnisse aller Prüfungen.

11.8.6.2 Durchstrahlungsprüfung

11.8.6.2.1 Verfahrenstechnische Anforderungen

(1) Die Gussstücke sind gemäß DIN EN 12681 in Verbindung mit DIN EN ISO 5579 zu prüfen.

(2) Ergänzend gilt:

a) Es sind Bildgüteprüfkörper gemäß DIN EN ISO 19232-1 zu benutzen.
b) Die Bildgüte ist auf jedem Röntgenbild zu überprüfen.
c) Anschweißenden, für Verbindungsschweißungen vorgesehene Bereiche und gießtechnisch schwierige Bereiche sind gemäß DIN EN ISO 5579, Prüfklasse B zu durchstrahlen; dabei ist die Bildgüteklasse B gemäß DIN EN ISO 19232-3 einzuhalten. Die übrigen Durchstrahlungsbilder müssen mindestens der Prüfklasse A gemäß DIN EN ISO 5579 und der Bildgüteklasse A gemäß DIN EN ISO 19232-3 entsprechen.

   Hinweis:
   Beispiele für gießtechnisch schwierige Bereiche siehe **Bilder 11.8-12** und **11.8-13**.

d) Linearbeschleuniger mit einer Strahlenenergie von $E \geq 4$ MeV dürfen bei einer durchstrahlten Wanddicke $s \geq 40$ mm angewendet werden, wobei eine partielle Unterschreitung dieses Wertes zulässig ist. Bei einer durchstrahlten Wanddicke $s < 60$ mm ist bei Filmen der Filmsystemklassen C3 bis C5 gemäß DIN EN ISO 11699-1 eine Mindestschwärzung von 3,0 einzuhalten.
e) Wird ein Bereich mit Mehrfilmtechnik abgebildet, ist bei der Beurteilung der Einzelbilder zu kontrollieren, ob im auszuwertenden Bereich die erforderliche Schwärzung (Prüfklasse A: Mindestschwärzung 1,5; Prüfklasse B: Mindestschwärzung 2,0) eingehalten ist.

11.8.6.2.2 Prüfdurchführung

(1) Die Prüfdurchführung hat gemäß DIN EN 12681 zu erfolgen.

(2) Stahlgussteile, die einen äußeren Durchmesser von gleich kleiner als 200 mm aufweisen, sollen gemäß DIN EN 12681, Bild 7 durchstrahlt werden.

(3) Bei Stahlgussteilen mit einem äußeren Durchmesser größer als 200 mm soll die Übersichtsaufnahme gemäß DIN EN 12681, Bild 7 nur dann gewählt werden, wenn die Aufnahmeanordnungen gemäß DIN EN 12681, Bilder 3 oder 4 nicht anwendbar sind oder die Bewertungsmöglichkeiten verbessert werden müssen.

(4) Fertigungsschweißungen sind unter Berücksichtigung ihrer Geometrie und Lage zu prüfen.

11.8.6.2.3 Zulässigkeitskriterien

(1) Die den Prüfgruppen und Gussstückbereichen zugeordneten Gütestufen sind der **Tabelle 11-6**, die anzuwendenden Zulässigkeitskriterien dem Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt W 5 zu entnehmen.

(2) Ergänzend gelten nachstehende Festlegungen:

a) Bei der Doppelwanddurchstrahlung gelten die Zulässigkeitskriterien für die kleinere der Einzelwanddicken, sofern nicht durch zusätzliche Aufnahmen eine Zuordnung von Anzeigen zu einer bestimmten Wand möglich ist.
b) Werden bei Übersichtsaufnahmen nicht eindeutig auswertbare Anzeigen festgestellt, so sind diese durch zusätzliche gezielte Durchstrahlungsaufnahmen zu überprüfen.
c) Für die Fertigungs- und Verbindungsschweißungen gelten die gleichen Anforderungen wie für die jeweiligen Gussstückbereiche. Risse und Bindefehler sowie systematisch auftretende Poren und Einschlüsse sind unzulässig.

11.9 Schrauben und Muttern

11.9.1 Verfahrenstechnische Anforderungen

11.9.1.1 Allgemeines

Es gelten die in Abschnitt 11.1.5 festgelegten verfahrenstechnischen Anforderungen. Zusätzlich gelten die verfahrenstechnischen Anforderungen gemäß den nachfolgenden Abschnitten 11.9.1.2 und 11.9.1.3.

11.9.1.2 Oberflächenprüfungen

Oberflächenprüfungen sind als Eindringprüfung gemäß **Anhang E** durchzuführen.

11.9.1.3 Ultraschallprüfungen

(1) Die Ultraschallprüfung der Stäbe hat als Rasterprüfung nach DIN EN 10308 zu erfolgen.

(2) Für die Prüfung der oberflächennahen Bereiche ist entweder von der Gegenfläche zu prüfen oder es sind SE-Prüfköpfe zu verwenden. Die zu verwendende Technik ist in der Prüfanweisung festzulegen.

(3) Zusätzlich sind die Festlegungen gemäß 11.4.3.1 (1), (4), (5), (7), (8), (10) und (11) einzuhalten.

11.9.2 Schrauben und Muttern, spanend aus vergüteten Stäben hergestellt

11.9.2.1 Prüfungen an den Stäben

(1) Alle Stäbe für Schrauben und Muttern mit Durchmessern, Schlüsselweiten oder Seitenmaßen gleich oder größer als 30 mm und zusätzlich alle Stäbe aus dem Werkstoff X22CrMoV12-1 mit einem Durchmesser, einer Schlüsselweite oder einem Seitenmaß kleiner als 30 mm sind im vergüteten Zustand vom Hersteller mittels Ultraschall auf Innenfehler zu

prüfen. Im Rahmen der Abnahme sind vom Sachverständigen 10 % der Stäbe für Schrauben, aber mindestens 10 Stäbe je Lieferung, und 5 % der Stäbe für Muttern, aber mindestens 2 Stäbe je Lieferung, zu prüfen.

(2) Bei Stäben für Schrauben und Muttern mit Durchmessern, Schlüsselweiten oder Seitenmaßen gleich oder größer als 30 mm gilt:

Es ist grundsätzlich eine Ultraschallprüfung nach DIN EN 10308 oder nach DIN EN 10228-3 durchzuführen. Zusätzlich hat bei Stäben für Schrauben eine Senkrechteinschallung in axialer Richtung zu erfolgen; kann hierbei kein Abstand der Registrierschwelle zum Rauschpegel von mindestens 6 dB über die gesamte Länge des Stabes eingehalten werden, so ist im abgelängten Zustand zu prüfen.

(3) Bei Stäben aus dem Werkstoff X22CrMoV12-1 mit Durchmessern, Schlüsselweiten oder Seitenmaßen kleiner als 30 mm gilt:

Es ist

a) eine vollständige Ultraschallprüfung nach DIN EN 10308, Qualitätsklasse 4

oder

b) eine 100%ige Ultraschallprüfung nach DIN EN 10228-3, Qualitätsklasse 4

durchzuführen.

Das gesamte Volumen ist zu erfassen. Für die Prüfung der oberflächennahen Bereiche ist von der Gegenfläche zu prüfen oder es sind SE-Prüfköpfe zu verwenden. Die Prüfung ist manuell oder mechanisiert mit Prüfköpfen mit Nennfrequenzen größer als oder gleich 4 MHz durchzuführen. Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit darf mit der AVG-Technik oder der Bezugslinien-Technik erfolgen. Die zu verwendende Technik ist in der Prüfanweisung festzulegen. Die Ermittlung der Ausdehnung von Reflektoren hat nach der Halbwertsmethode gemäß Abschnitt D 11.2.3 zu erfolgen.

(4) Bei Stäben für Muttern darf die Senkrechteinschallung gemäß DIN EN 10308 entfallen, stattdessen hat eine vollständige Abtastung der Mantelfläche mittels Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen mit einem Winkelprüfkopf 35 Grad zu erfolgen.

(5) Bei der Senkrechteinschallung von der Mantelfläche sind alle Echohöhen zu registrieren, die einem Kreisscheibendurchmesser gleich oder größer als 1,5 mm entsprechen. Es sind Anzeigen bis zu 12 dB über der Registrierschwelle und bis zu einer maximalen Länge gleich dem Stabdurchmesser zulässig.

(6) Bei der Einschallung von den Stirnflächen und in Umfangsrichtung sind alle Echohöhen zu registrieren, die einem Kreisscheibendurchmesser gleich oder größer als 2,0 mm entsprechen. Anzeigen, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, sind unzulässig.

(7) Für den Werkstoff X22CrMoV12-1 ist zusätzlich eine Magnetpulverprüfung am Stab nach der letzten Wärmebehandlung durchzuführen. Die Zulässigkeitskriterien sind in **Tabelle 11-3** festgelegt.

11.9.2.2 Prüfungen an den Fertigteilen

(1) An den Schrauben und Muttern ist stichprobenweise eine Oberflächenprüfung durchzuführen. Die maximale Losgröße beträgt 150 Stück und der Stichprobenumfang 20 Stück. Die Annahmezahl ist gleich Null.

(2) Schrauben sind nach DIN EN 26157-3 und Muttern nach DIN EN ISO 6157-2 zu bewerten, wobei abweichend von deren Festlegungen Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, nicht zulässig sind.

11.9.3 Schrauben und Muttern, spanend aus warm-kaltverfestigten oder aus lösungsgeglühten und abgeschreckten austenitischen Stäben hergestellt

11.9.3.1 Prüfungen an den Stäben

(1) Alle Stäbe für Schrauben und Muttern mit Durchmessern Schlüsselweiten oder Seitenmaßen gleich oder größer als 30 mm sind im lösungsgeglühten und abgeschreckten Zustand vom Hersteller mittels Ultraschall auf Innenfehler zu prüfen. Im Rahmen der Abnahme sind vom Sachverständigen 10 % der Stäbe für Schrauben, aber mindestens 10 Stäbe je Lieferung, sowie 5 % der Stäbe für Muttern, aber mindestens 2 Stäbe je Lieferung zu prüfen.

(2) Bei Stäben für Schrauben und Muttern ist eine Ultraschallprüfung nach DIN EN 10308 mit den Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien gemäß (4) und (5) durchzuführen.

(3) Bei Stäben für Muttern darf die Senkrechteinschallung gemäß DIN EN 10308 entfallen, stattdessen hat eine vollständige Abtastung der Mantelfläche mittels Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen mit einem Winkelprüfkopf 35 Grad zu erfolgen.

(4) Bei der Senkrechteinschallung von der Mantelfläche sind alle Echohöhen zu registrieren, die einem Kreisscheibendurchmesser gleich oder größer als 2,0 mm entsprechen. Es sind Anzeigen bis zu 6 dB über der Registrierschwelle und bis zu einer maximalen Länge gleich dem Stabdurchmesser zulässig.

(5) Bei der Einschallung in Umfangsrichtung sind alle Echohöhen zu registrieren, die einem Kreisscheibendurchmesser gleich oder größer als 3,0 mm entsprechen. Anzeigen, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, sind unzulässig.

11.9.3.2 Prüfungen an den Fertigteilen

Es gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 11.9.2.2.

11.9.4 Schrauben und Muttern warm- oder kaltformgebend gefertigt und anschließend vergütet

Es gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 11.9.2.2.

11.9.5 Schrauben und Muttern nach Festigkeitsklassen oder Stahlsorten

Die Schrauben sind gemäß DIN EN 26157-3, die Muttern gemäß DIN EN ISO 6157-2 zu prüfen und zu bewerten. Für die Losgröße, den Stichprobenumfang und die Annahmezahl gelten

a) bei ferritischen Stählen die Festlegungen gemäß AD 2000-Merkblatt W 7,

b) bei austenitischen Stählen der Prüfgruppen A 1 und A 2 die Festlegungen in 11.9.2.2 (1),

c) bei austenitischen Stählen der Prüfgruppe A 3 die Festlegungen gemäß AD 2000-Merkblatt W 2.

11.10 Erzeugnisformen aus Stählen für besondere Beanspruchungen

11.10.1 Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe

Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Festlegungen in den Abschnitten 11.1.8 und 11.4.

11.10.2 Gussstücke

Für die zerstörungsfreien Prüfungen der Gussstücke gelten die Festlegungen im Abschnitt 11.8.

11.11 Wärmetauscherrohre

11.11.1 Art, Umfang und Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfungen

11.11.1.1 Gerade Wärmetauscherrohre

(1) Jedes Rohr gemäß den Abschnitten 10.1, 10.3, 10.5 oder 10.6 ist in seiner gesamten Länge und über den ganzen Querschnitt zu prüfen. Art, Umfang und Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfungen sind der **Tabelle 11-8** zu entnehmen.

(2) Die Prüfungen sind auf automatisierten Prüfanlagen durchzuführen. Die Prüfanlagen müssen mit Hilfe einer automatischen Signalgeber-Ansprechschwelle in Verbindung mit einem Markierungssystem zwischen Rohren, die die Prüfung bestanden haben oder die fehlerverdächtig sind, unterscheiden können. Eine Registriereinrichtung muss die ortsgetreue Zuordnung der Messwerte ermöglichen. Die Prüfanlagen müssen vom Sachverständigen begutachtet sein. Ungeprüfte Enden sind entweder abzutrennen oder manuell unter Zugrundelegung derselben Anforderungen nachzuprüfen.

(3) Wirbelstromprüfungen sind gemäß Abschnitt 11.11.2, Ultraschallprüfungen gemäß Abschnitt 11.11.3 und Streuflussprüfungen gemäß Abschnitt 11.11.4 durchzuführen.

11.11.1.2 Gebogene Wärmetauscherrohre

(1) An nahtlosen gebogenen Wärmetauscherrohren aus ferritischen Stählen gemäß Abschnitt 10.2 ist an zwei aufgeschnittenen Bogen aus der Reihe von Rohren mit dem kleinsten Biegeradius eine Sichtprüfung und eine Magnetpulverprüfung der Innenoberfläche durchzuführen.

(2) An nahtlosen gebogenen Wärmetauscherrohren aus austenitischen Stählen gemäß Abschnitt 10.4 ist an zwei aufgeschnittenen Bogen aus der Reihe von Rohren mit dem kleinsten Biegeradius eine Sichtprüfung und eine Farbeindringprüfung der Innenoberfläche durchzuführen.

(3) Für die Durchführung gelten die Festlegungen in Abschnitt 11.1.5.

(4) Für die Bewertung gilt: Es sind keine Auffälligkeiten oder Anzeigen zulässig.

Art der Rohre Herstellung/Werkstoff	Prüfzeitpunkt	Nennwanddicke in mm	Durchmesser in mm	Prüfumfang in %		Prüfverfahren		
				H	S	ET	UT	MT [1]
Längsnahtgeschweißte austenitische Rohre, nachgezogen [2] und wärmebehandelt, gerade oder gebogen	am geraden Rohr	≤ 2,0	≤ 38,0	100	St. [3]	X alternativ	X	—
Nahtlose austenitische Rohre, gerade oder kaltgebogen	am geraden Rohr	≤ 3,6	≤ 42,4			X alternativ	X	—
Nahtlose ferritische Rohre, gerade oder kaltgebogen	am geraden Rohr	≤ 4,0	≤ 38,0			X [4]	X alternativ	X

[1] Streuflusstechnik

[2] Gesamtverformung > 20 %

[3] St. : In den Prüfgruppen A1 und A2 hat der Sachverständige eine Kontrolle des Prüfsystems während der stichprobenweisen Teilnahme an der Prüfung durchzuführen.

[4] Bei s ≤ 2 mm darf bei der Prüfung auf Querfehler ET alternativ zu UT oder MT durchgeführt werden.

H : Hersteller

S : Sachverständiger

UT : Ultraschallprüfung

ET : Wirbelstromprüfung

Tabelle 11-8: Prüfumfang und Prüfverfahren

11.11.2 Wirbelstromprüfung

11.11.2.1 Verfahrenstechnische Voraussetzungen

11.11.2.1.1 Allgemeines

Die Wirbelstromprüfung ist nach DIN EN ISO 10893-2 mittels Durchlaufspulentechnik unter Berücksichtigung der Angaben der nachfolgenden Abschnitte durchzuführen.

11.11.2.1.2 Prüfsystem

Zur Prüfung sind Außendurchlaufspulen

a) bei nahtlosen Rohren in Differenzschaltung

b) bei längsnahtgeschweißten Rohren in Differenz- und Absolutschaltung

einzusetzen. Die Rohre müssen die Prüfspulen konzentrisch durchlaufen. Die Spulen müssen so ausgeführt sein, dass bei der gewählten Erregerfrequenz die in Abschnitt 11.11.2.1.4 geforderte Prüfempfindlichkeit erreicht wird. Auszuwerten ist der Betrag der Amplitude der Anzeigensignale.

11.11.2.1.3 Erregerfrequenz

(1) Zur Festlegung der geeigneten Erregerfrequenz in Abhängigkeit von Werkstoff, Rohrabmessung und Fertigungszustand ist ein Referenzrohr mit gleichen prüftechnischen Eigenschaften und gleichen Abmessungen wie die zu prüfenden Rohre zu verwenden. In dieses Referenzrohr sind außen und innen scharfkantige Nuten in Rohrlängsachse mit einer Länge von 20 mm, einer Breite von kleiner als oder gleich 0,5 mm und einer Tiefe von kleiner als oder gleich 20 % der Nennwanddicke, mindestens jedoch 0,15 mm, einzubringen.

(2) Die Nuten sind so herzustellen, dass keine die Wirbelstromverteilung beeinflussende Änderungen der Gefügeeigenschaften des Werkstoffs auftreten.

(3) Geometrie, Verlauf und Abmessung der Nuten sind nachzuweisen.

(4) Die Erregerfrequenz ist so zu wählen, dass die Nut an der sensorfernen Oberfläche mit einem Abstand von mindestens 6 dB zum Rauschpegel nachgewiesen wird. Bei der Auswahl der Erregerfrequenz sind besonders die physikali-

schen Parameter des Rohres (z. B. Leitfähigkeit, Permeabilität, Wanddicke) zu berücksichtigen.

Hinweise:

(1) Für Rohre aus austenitischen Stählen werden bei Wanddicken gleich oder kleiner als 1 mm Erregerfrequenzen von 30 kHz bis 400 kHz, bei Wanddicken größer als 1 mm bis einschließlich 2 mm Erregerfrequenzen von 20 kHz bis 80 kHz, bei Wanddicken größer als 2 mm bis einschließlich 4 mm Erregerfrequenzen von 5 kHz bis 40 kHz verwendet.

(2) Für Rohre aus ferritischen Stählen werden bei Wanddicken gleich oder kleiner als 1 mm Erregerfrequenzen von 15 kHz bis 100 kHz, bei Wanddicken größer als 1 mm bis einschließlich 2 mm Erregerfrequenzen von 4 kHz bis 25 kHz, bei Wanddicken größer als 2 mm bis einschließlich 4 mm Erregerfrequenzen von 1 kHz bis 15 kHz verwendet.

(5) Die anzuwendenden Prüfparameter sind in der Prüfanweisung anzugeben.

11.11.2.1.4 Prüfempfindlichkeit

(1) Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit sind Testrohre mit gleichen prüftechnischen Eigenschaften und gleichen Abmessungen wie die zu prüfenden Rohre zu verwenden. In diese Rohre sind drei um 120 Grad versetzte Bohrungen mit 0,8 mm Durchmesser einzubringen. Der Abstand der Bohrungen in Rohrlängsrichtung sollte so groß sein, dass die Bohrungen getrennte und unterscheidbare Signale liefern. Das kleinste Signal muss die Ansprechschwelle der Anzeige- und Registriergeräte erreichen. Bei der für die Prüfung vorgesehenen Prüfgeschwindigkeit ist die Empfindlichkeitsgrundeinstellung mit Hilfe der Bohrung von 0,8 mm Durchmesser vorzunehmen. Diese Empfindlichkeitsgrundeinstellung ist um einen vom Rohrdurchmesser abhängigen dB-Wert nach **Bild 11.11-1** zu korrigieren.

(2) Ist die rechnerische Ausnutzung der Rohrwand gleich oder kleiner als 30 %, ist die Prüfempfindlichkeit II, anderenfalls die Prüfempfindlichkeit I nach **Bild 11.11-1** anzuwenden.

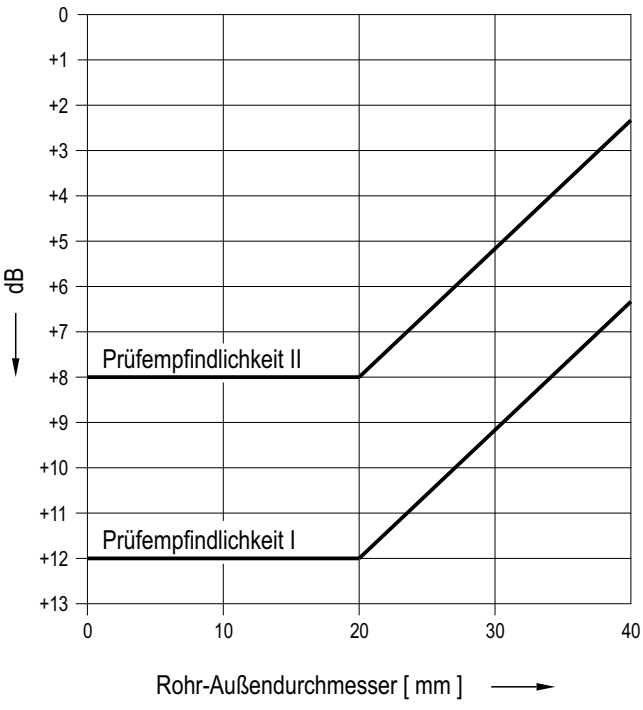


Bild 11.11-1: Prüfempfindlichkeit der Wirbelstromprüfung bezogen auf einen Bohrungsdurchmesser von 0,8 mm

(3) Die erforderliche Prüfempfindlichkeit ist bei der Bestellung anzugeben.

(4) Vor der Grundeinstellung der Prüfempfindlichkeit ist, sofern in der entsprechenden Betriebsanleitung nicht anders angegeben, eine Einlaufzeit des Wirbelstrom-Prüfgerätes von mindestens einer halben Stunde einzuhalten.

11.11.2.2 Prüfdurchführung und Bewertung der Ergebnisse

11.11.2.2.1 Überprüfung der Prüfempfindlichkeit

(1) Vor Beginn der Prüfung ist durch mindestens dreimaligen Durchlauf des Referenzrohrs die Einstellung der Prüfempfindlichkeit und die Stabilität der Geräteeinstellung nachzuweisen.

(2) Nach jeweils 100 geprüften Rohren oder höchstens vier Stunden sowie nach Beendigung der Prüfung ist die Prüfempfindlichkeit durch einen erneuten Durchlauf des Referenzrohrs zu überprüfen. Wird hierbei ein Abfall der Prüfempfindlichkeit von mehr als 2 dB festgestellt, so ist die Prüfung an allen Rohren zu wiederholen, die zwischen der zu korrigierenden und vorhergehenden Einstellung der Prüfempfindlichkeit geprüft wurden. Die Wiederholung der Prüfung muss mit der korrigierten Einstellung der Prüfempfindlichkeit erfolgen.

11.11.2.2.2 Registrierschwellen

Zu registrieren sind alle Anzeigen, die die Signalamplitude der Referenzbohrung gemäß Abschnitt 11.11.2.1.4 (1), korrigiert um den vom Rohrdurchmesser abhängigen dB-Wert nach **Bild 11.11-1**, erreichen oder überschreiten.

11.11.2.2.3 Kennzeichnung von Anzeigenstellen

Sämtliche Stellen an Rohren mit Anzeigen, deren Amplituden die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, müssen mit einer dauerhaften Markierung gekennzeichnet werden.

11.11.2.2.4 Zulässigkeit von Anzeigen

(1) Alle Rohre oder Rohrabschnitte mit Anzeigen, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, sind als fehlerverdächtig auszusortieren.

(2) Anzeigenstellen an fehlerverdächtigen Rohren dürfen mit anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren (z. B. Sichtprüfung, Durchstrahlungsprüfung) zur Feststellung der Fehlerart und -größe nachgeprüft werden. Die Unbedenklichkeit der Anzeigen ist nachzuweisen.

(3) Fehlerverdächtige Rohre dürfen innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen mechanisch nachgearbeitet werden und sind einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

11.11.2.3 Prüfbericht

Zusätzlich zu den Angaben der DIN EN ISO 10893-2 muss der Prüfbericht folgende Angaben enthalten:

a) Relativbewegung von Rohr und Sensoreinheit (Rotationsfrequenz, Translationsgeschwindigkeit),
b) Sortier- und Markiereinrichtung,
c) Einstellung und Prüfempfindlichkeit,
d) ungeprüfte Rohrbereiche sowie
e) Prüfort, Prüfaufsicht und Prüfer.

11.11.3 Ultraschallprüfung

11.11.3.1 Verfahrenstechnische Voraussetzungen

(1) Es sind Ultraschallprüfungen auf Längs- und Querfehler durchzuführen. Diese Prüfungen erfolgen nach (2) und (3) unter Beachtung von (4) und unter Berücksichtigung der nachfolgenden Abschnitte.

(2) Längsfehlerprüfung

Die Prüfung auf Längsfehler hat gemäß DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U3 Unterklasse A zu erfolgen. Die Ein-

stellung der Prüfempfindlichkeit erfolgt an einem Referenzrohr mit Außen- und Innennut in „N“-Ausführung.

(3) Querfehlerprüfung

Die Prüfung auf Querfehler hat gemäß DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U3 Unterklasse A zu erfolgen. Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit erfolgt an einem Referenzrohr mit Außen- und Innennut, die als Teilringnuten oder Vollringnuten auszuführen sind.

(4) Grenzabmaß für die Nuttiefe

Abweichend von den Festlegungen in DIN EN ISO 10893-10 beträgt das Grenzabmaß für die Nuttiefe ± 0,02 mm.

11.11.3.2 Prüfdurchführung und Bewertung der Ergebnisse

11.11.3.2.1 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit ist die Signalgeber-Ansprechschwelle nach DIN EN ISO 10893-10, Abschnitt 7 einzustellen. Dabei darf der vom jeweiligen Bezugsreflektor abgeleitete Abstand zum Rauschpegel 6 dB nicht unterschreiten.

11.11.3.2.2 Relativbewegung von Rohr und Prüfkopfeinheit

(1) Für die Prüfung müssen die Schallbündelbreite, Ganghöhe, Impulsfolgefrequenz und Prüfgeschwindigkeit so aufeinander abgestimmt sein, dass eine lückenlose Abtastung der gesamten Rohroberfläche gewährleistet ist. Dies ist üblicherweise dann gegeben, wenn bei Abtastung der Rohroberfläche eine Überdeckung der abgetasteten Teilflächen von 10 % bezogen auf den Schwingerdurchmesser gewährleistet ist.

(2) Mehrfachschwingerprüfköpfe, bei denen der Abstand der einzelnen Schwinger voneinander kleiner als 1 mm ist, gelten als ein Schwinger.

11.11.3.2.3 Überprüfung der Prüfempfindlichkeit

(1) Vor Beginn der Prüfung ist durch einen mehrmaligen Durchlauf des Referenzrohrs die Prüfempfindlichkeit und die Stabilität der Geräteeinstellung nachzuweisen.

(2) Nach jeweils 2 Stunden ist die Prüfempfindlichkeit durch einen erneuten Durchlauf des Referenzrohrs zu überprüfen. Wird hierbei ein Abfall der Prüfempfindlichkeit von mehr als 2 dB festgestellt, so ist die Prüfung an allen Rohren zu wiederholen, die zwischen der zu korrigierenden und der vorhergehenden Empfindlichkeitseinstellung geprüft wurden. Die Wiederholung der Prüfung muss mit der korrigierten Einstellung der Prüfempfindlichkeit erfolgen.

11.11.3.2.4 Registrierschwellen

(1) Zu registrieren sind alle Anzeigen, die die Bezugsechohöhe erreichen oder überschreiten.

(2) Die Bezugsechohöhe ist die Echohöhe der Bezugsreflektoren nach Abschnitt 11.11.3.1.

11.11.3.2.5 Kennzeichnung von Anzeigenstellen

Sämtliche Stellen an Rohren mit Anzeigen, deren Amplituden die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, müssen mit einer dauerhaften Markierung gekennzeichnet werden.

11.11.3.2.6 Zulässigkeit von Anzeigen

(1) Alle Rohre oder Rohrabschnitte mit Anzeigen, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, sind als fehlerverdächtig auszusortieren.

(2) Anzeigestellen an fehlerverdächtigen Rohren dürfen mit anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren (z. B. Sichtprüfung, Durchstrahlungsprüfung) zur Feststellung der Fehlerart und -größe nachgeprüft werden. Die Unbedenklichkeit der Anzeigen ist nachzuweisen.

(3) Fehlerverdächtige Rohre dürfen innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen mechanisch nachgearbeitet werden und sind einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

11.11.3.3 Prüfbericht

Zusätzlich zu den Angaben in DIN EN ISO 10893-10 muss der Prüfbericht folgende Angaben enthalten:

a) Relativbewegung von Rohr und Prüfkopfeinheit (Rotationsfrequenz, Translationsgeschwindigkeit),
b) Sortier- und Markiereinrichtung,
c) Einstellung und Prüfempfindlichkeit,
d) ungeprüfte Rohrbereiche sowie
e) Prüfort, Prüfaufsicht und Prüfer.

11.11.4 Streuflussprüfung

11.11.4.1 Allgemeines

Die Streuflussprüfung ist nach DIN EN ISO 10893-3, Zulässigkeitsklasse F2, und unter Berücksichtigung der Angaben der nachfolgenden Abschnitte auf Längs- und Querfehler durchzuführen.

11.11.4.2 Prüfsystem

Für die Prüfung auf Längsfehler ist eine Technik mit festen oder rotierenden Magnetfeldsonden zu verwenden, für die Prüfung auf Querfehler eine Technik mit Mehrfachsonden.

11.11.4.3 Prüfdurchführung und Bewertung der Ergebnisse

Für die Durchführung der Streuflussprüfung und die Zulässigkeitskriterien gelten die Festlegungen gemäß DIN EN ISO 10893-3, Zulässigkeitsklasse F2. Zusätzlich gilt:

a) Jede einzelne Sonde der Streuflussprüfanlage ist sowohl bei der Prüfung auf Längsfehler als auch bei der Prüfung auf Querfehler mit Hilfe folgender Bezugsnuten einzustellen:
   aa) Bezugsnut an der Außenoberfläche mit einer Tiefe von 0,3 mm,
   ab) Bezugsnut an der Innenoberfläche mit einer Tiefe von 0,4 mm.
b) Kreisförmige Bezugsbohrungen dürfen für die Einstellung der Prüfanlage nicht verwendet werden.
c) Sämtliche Stellen an Rohren, bei denen die Signalgeber-Ansprechschwelle erreicht oder überschritten wird, müssen mit einer dauerhaften Markierung gekennzeichnet werden.
d) Zusätzlich zu den Angaben in DIN EN ISO 10893-3 muss der Prüfbericht folgende Angaben enthalten:
   da) Relativbewegung von Rohr und Sensoreinheit (Rotationsfrequenz, Translationsgeschwindigkeit),
   db) Sortier- und Markiereinrichtung,
   dc) Einstellung und Prüfempfindlichkeit,
   dd) ungeprüfte Rohrbereiche sowie
   de) Prüfort, Prüfaufsicht und Prüfer.

Anhang A

Werkstoffkenndaten

A 1 Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I für Flacherzeugnisse und aus Flacherzeugnissen gefertigte Teile 67
A 2 Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I für Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe 75
A 3 Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I für nahtlose Rohre, nahtlose Rohrbogen und nahtlose Formstücke 82
A 4 Gussstücke für Gehäuse aus ferritischem Stahlguss der Werkstoffgruppe W I 87
A 5 Hochfeste Vergütungsstähle für Schrauben und Muttern 89
A 6 Stäbe für Schrauben und Muttern; ergänzende Festlegungen 91
A 7 Gussstücke aus dem martensitischen Stahl G-X4 CrNi 13 4 (1.4317); ergänzende Festlegungen 92

A 1 Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I für Flacherzeugnisse und aus Flacherzeugnissen gefertigte Teile

A 1.1 Allgemeines

Der Abschnitt A 1 legt die Einzelheiten zur Herstellung, chemischen Zusammensetzung, zu den kennzeichnenden mechanisch-technologischen Eigenschaften und zur Wärmebehandlung sowie zur Weiterverarbeitung der Stahlsorten

a) 15 MnNi 6 3,
b) 20 MnMoNi 5 5,
c) 15 NiCuMoNb 5 S,
d) WStE 255 S,
e) WStE 285 S,
f) WStE 315 S und
g) WStE 355 S

für Flacherzeugnisse und aus Flacherzeugnissen gefertigte Teile fest.

A 1.2 Herstellung der Werkstoffe und Lieferzustand

A 1.2.1 Herstellung

(1) Die Stähle sind nach dem Sauerstoffaufblas-Verfahren oder im Elektroofen zu erschmelzen. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(2) Die Stähle sind besonders beruhigt herzustellen.

A 1.2.2 Lieferzustand

(1) Der übliche Lieferzustand ist für die Stahlsorten:

a) 15 MnNi 6 3 normalgeglüht,
b) 20 MnMoNi 5 5 flüssigkeitsvergütet,
c) 15 NiCuMoNb 5 S normalgeglüht und angelassen,
d) WStE 255 S normalgeglüht,
e) WStE 285 S normalgeglüht,
f) WStE 315 S normalgeglüht,
g) WStE 355 S normalgeglüht.

(2) Wenn die maßgebliche Wärmebehandlung im Zuge der Weiterverarbeitung durchgeführt wird, dürfen die normalgeglüht zu liefernden Flacherzeugnisse auch im Walzzustand, die vergütet zu liefernden Flacherzeugnisse auch normalgeglüht oder angelassen, in Sonderfällen auch im Walzzustand ausgeliefert werden.

(3) In Sonderfällen kann bei den Stahlsorten 15 MnNi 6 3 und WStE 355 S eine Anlassbehandlung erforderlich sein. Diese Anlassbehandlung ist in der Bescheinigung anzugeben.

A 1.3 Werkstoffkennwerte

A 1.3.1 Chemische Zusammensetzung

Für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse gelten die in **Tabelle A 1-1** festgelegten Werte.

A 1.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

(1) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 1-2** festgelegt.

(2) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 1-3** festgelegt. Als Prüftemperatur für die Durchführung des Zugversuchs bei erhöhter Temperatur gelten für:

a) 15 MnNi 6 3 300 °C,
b) 20 MnMoNi 5 5 350 °C,
c) 15 NiCuMoNb 5 S 350 °C,
d) WStE 255 S 300 °C,
e) WStE 285 S 300 °C,
f) WStE 315 S 300 °C,
g) WStE 355 S 300 °C.

(3) Die Kennwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung sind in **Tabelle A 1-4** festgelegt.

(4) Die Angaben für die Schlagenergie in J und die seitliche Breitung in mm gelten für Normproben mit einer Probenbreite von 10 mm.

(5) Der Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften hat an simulierend spannungsarmgeglühten Proben zu erfolgen. Wenn bei der Bestellung nichts anderes vereinbart wird, gilt für die simulierende Spannungsarmglühung:

a) Haltedauer: 900 min
b) Glühtemperatur: 560 °C bis 580 °C,
600 °C bis 620 °C bei den Stahlsorten 20 MnMoNi 5 5 und 15 NiCuMoNb 5 S.

(6) Die Kennwerte gelten für Proben, die gemäß den Festlegungen in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten entnommen und geprüft werden. Bei Flacherzeugnissen sind die Festlegungen der **Tabelle A 1-5** zu berücksichtigen.

A 1.3.3 Korngröße

(1) Die Ferritkorngröße muss mindestens folgende Korngrößen-Kennzahl nach DIN EN ISO 643 haben:

a) 15 MnNi 6 3 Korngrößen-Kennzahl 6,
b) 20 MnMoNi 5 5 Korngrößen-Kennzahl 5,
c) 15 NiCuMoNb 5 S Korngrößen-Kennzahl 6,
d) WStE 255 S Korngrößen-Kennzahl 6,
e) WStE 285 S Korngrößen-Kennzahl 6,
f) WStE 315 S Korngrößen-Kennzahl 6,
g) WStE 355 S Korngrößen-Kennzahl 6.

(2) Bei Stählen mit Anteilen an bainitischem Gefüge gelten die Forderungen nur für die Gefügeanteile an polygonalem Ferrit.

A 1.3.4 Physikalische Eigenschaften

Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind dem **Anhang AP** zu entnehmen.

A 1.4 Angaben zur Wärmebehandlung

Anhaltswerte zum Wärmebehandeln sind in **Tabelle A 1-6** angegeben.

A 1.5 Umformen

A 1.5.1 Warmumformen

Hinweis:
Unter Warmumformen wird das Umformen bei Temperaturen oberhalb der höchsten für das Spannungsarmglühen zulässigen Temperatur verstanden, auch wenn die Erzeugnisformen nur örtlich im Bereich der Umformung auf die entsprechenden Temperaturen gebracht werden. Der Begriff Warmumformen schließt auch Anpass- und Richtarbeiten bei den entsprechenden Temperaturen ein.

(1) Zum Warmumformen sind die Flacherzeugnisse über die untere Grenztemperatur für das Normalglühen, jedoch nicht über 1050 °C zu erwärmen. Eine Kornvergröberung durch Überzeiten oder durch Überhitzen ist zu vermeiden.

(2) Nach dem Warmumformen sind die Erzeugnisformen im Ganzen erneut nach den Angaben in **Tabelle A 1-6** wärmezubehandeln.

(3) Wenn bei einmaligem Warmumformen oder bei Warmumformen in mehreren Schritten vor dem letzten Schritt des Warmumformens die Erzeugnisform im Ganzen über die untere Grenztemperatur für das Normalglühen, jedoch nicht über 1000 °C erwärmt wurde und der Umformvorgang oberhalb 750 °C oder, falls der Umformgrad bei dem letzten Schritt 5 % nicht überschreitet, oberhalb 700 °C abgeschlossen wurde, erübrigt sich bei den Stahlsorten 15 MnNi 6 3, WStE 255 S, WStE 285 S, WStE 315 S und WStE 355 S ein nachträgliches Normalglühen; die Stahlsorte 15 NiCuMoNb 5 S braucht dann nur angelassen zu werden. Bei Warmumformen in mehreren Schritten ist dabei Bedingung, dass vor dem Erwärmen für den letzten Schritt die Erzeugnisform bei den Stahlsorten 15 MnNi 6 3, WStE 255 S, WStE 285 S, WStE 315 S und WStE 355 S auf eine Temperatur unter 550 °C, bei der Stahlsorte 15 NiCuMoNb 5 S auf eine Temperatur unter 350 °C abgekühlt wurde.

(4) Die Temperaturführung ist zu überwachen.

(5) Wird von den Festlegungen (1) bis (3) abgewichen, z. B. bei Umformen mit örtlichem Anwärmen ohne nachfolgende Wärmebehandlung der ganzen Erzeugnisform, ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

A 1.5.2 Kaltumformen

Hinweis:
Unter Kaltumformen wird das Umformen bei Raumtemperatur oder mit Erwärmen bis zur höchsten für das Spannungsarmglühen zulässigen Temperatur verstanden.

(1) Nach Kaltumformen mit Umformgraden kleiner als oder gleich 2 % ist keine Wärmebehandlung erforderlich.

(2) Nach Umformen mit Kaltumformgraden zwischen 2 % und kleiner als oder gleich 5 % ist ein Spannungsarmglühen notwendig.

(3) Nach Kaltumformen mit Umformgraden größer als 5 % muss die maßgebliche Wärmebehandlung durchgeführt werden.

(4) Bei Flacherzeugnissen mit einem Kaltumformgrad von nicht mehr als 10 % kann anstelle der maßgeblichen Wärmebehandlung ein Spannungsarmglühen durchgeführt werden, wenn im Einzelfall nachgewiesen wird, dass die Festlegungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften erfüllt sind.

(5) Bei abweichendem Vorgehen ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

A 1.6 Thermisches Trennen und Schweißen

A 1.6.1 Thermisches Trennen

Für das thermische Trennen ist SEW 088 zu berücksichtigen. Empfohlene Vorwärmtemperaturen sind in **Tabelle A 1-7** angegeben.

A 1.6.2 Schweißen

(1) Für die Stahlsorten nach diesem Anhang gilt die Anwendung folgender Schweißverfahren als begutachtet:

a) Lichtbogenhandschweißen mit basisch umhüllten Stabelektroden,
b) Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern,
c) Schutzgasschweißen mit Drahtelektroden oder mit basischen Fülldrahtelektroden.

(2) Die überprüften Arbeitsbereiche für das Schweißen sind in **Tabelle A 1-7** angegeben. Andere Arbeitsbereiche für das Schweißen sind zulässig, wenn dafür Verfahrensprüfungen nach KTA 3211.3 durchgeführt wurden.

(3) Die Festlegungen für das Schweißen in SEW 088 sind zu beachten. Es sind basisch umhüllte Stabelektroden oder Schweißpulver mit basischer Charakteristik zu bevorzugen. Darüber hinaus sind für Stähle mit $R_{p0,2RT}$ gleich oder größer als 370 N/mm² Schweißzusätze 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).

(4) In Abhängigkeit von der Wanddicke und der Geometrie der Bauteile ist nach dem Schweißen ein Spannungsarmglühen erforderlich. Die Grenzwanddicken, bis zu denen auf ein Spannungsarmglühen verzichtet werden kann, sind in **Tabelle A 1-7** angegeben.

(5) Die zerstörungsfreien Prüfungen nach dem Schweißen sind frühestens 48 Stunden nach Beendigung der Schweißarbeiten durchzuführen. Die Wartezeit darf entfallen, wenn es sich um Schweißnähte handelt, die spannungsarm- oder wasserstoffarmgeglüht oder einer verzögerten Abkühlung unterzogen oder unter Schutzgas geschweißt wurden.

Stahlsorte	Nachweis an	Grenzwert	Massenanteile in % [1) 2)]															
			C	Si	Mn	P	S	Al_{ges}	N	As	Cu	Cr	Mo	Nb	Ni	Sn	Ti	V
15 MnNi 6 3	Schmelze	min.	0,12	0,15	1,20			0,020							0,50			
		max.	0,18	0,35	1,65	0,015	0,005	0,055	0,015	0,015	0,06	0,15	0,05	0,004	0,85	0,010	0,020	0,020
	Stück	min.	0,10	0,15	1,15			0,015							0,50			
		max.	0,20	0,37	1,70	0,017	0,007	0,065	0,016	0,016	0,07	0,20	0,05	0,004	0,90	0,013	0,020	0,020
20 MnMoNi 5 5	Schmelze	min.	0,17	0,15	1,20			0,010					0,40		0,50			
		max.	0,23	0,30	1,50	0,012	0,008	0,040	0,013	0,025	0,12	0,20	0,55		0,80	0,011		0,020
	Stück	min.	0,15	0,10	1,15			0,010					0,40[3)]		0,45			
		max.	0,25	0,35	1,55	0,012[3)]	0,012[3)]	0,050	0,013[3)]	0,025	0,12[3)]	0,20	0,55		0,85	0,011[3)]		0,020
15 NiCuMoNb 5 S	Schmelze	min.		0,25	0,80			0,015			0,50		0,25	0,015	1,00			
		max.	0,17	0,50	1,20	0,016	0,005		0,020		0,80	0,30	0,40	0,025	1,30		0,020	0,020
	Stück	min.		0,21	0,75			0,010			0,45		0,20	0,010	0,95			
		max.	0,19	0,54	1,25	0,020	0,006		0,022		0,85	0,35	0,45	0,030	1,35		0,020	0,020
WStE 255 S	Schmelze	min.			0,40			0,020										
		max.	0,18	0,40	1,30	0,020	0,015		0,020		0,18[4)]	0,30[4)]	0,08[4)]	0,005	0,30		0,020	0,020
	Stück	min.			0,30			0,015										
		max.	0,20	0,45	1,40	0,025	0,020		0,022		0,25[4)]	0,34[4)]	0,11[4)]	0,005	0,35		0,020	0,020
WStE 285 S	Schmelze	min.			0,50			0,020										
		max.	0,18	0,40	1,40	0,020	0,015		0,020		0,18[4)]	0,30[4)]	0,08[4)]	0,005	0,30		0,020	0,020
	Stück	min.			0,40			0,015										
		max.	0,20	0,45	1,50	0,025	0,020		0,022		0,25[4)]	0,34[4)]	0,11[4)]	0,005	0,35		0,020	0,020
WStE 315 S	Schmelze	min.			0,60			0,020										
		max.	0,18	0,45	1,50	0,020	0,015		0,020		0,18[4)]	0,30[4)]	0,08[4)]	0,005	0,30		0,020	0,020
	Stück	min.			0,50			0,015										
		max.	0,20	0,50	1,60	0,025	0,020		0,022		0,25[4)]	0,34[4)]	0,11[4)]	0,005	0,35		0,020	0,020
WStE 355 S	Schmelze	min.		0,10	0,90			0,020										
		max.	0,20	0,50	1,65	0,020	0,015		0,020		0,18[4)]	0,30[4)]	0,08[4)]	0,005	0,30[5)]		0,020	0,020
	Stück	min.		0,05	0,80			0,015										
		max.	0,22	0,55	1,75	0,025	0,020		0,022		0,25[4)]	0,34[4)]	0,11[4)]	0,005	0,35[5)]		0,020	0,020

1) Die aus den Tabellenwerten abzuleitenden Unterschiede zwischen der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzen- und der Stückanalyse sind zum Teil kleiner als sie aufgrund der metallurgischen Zusammenhänge erwartet werden. Der Grund liegt darin, dass hier die Grenzwerte für die chemische Zusammensetzung nach der Stückanalyse nur auf den bei der Begutachtung erfassten Schmelzen beruhen. Daher werden die Werte nach Vorliegen weiterer Unterlagen überprüft.

2) Falls die angegebenen Grenzgehalte nach der Schmelzenanalyse überschritten werden, sind die Grenzgehalte nach der Stückanalyse maßgebend.

3) Werden diese Werte überschritten und Gehalte in den Stückanalysen bis zu P ≤ 0,015 %, S ≤ 0,015 %, Mo ≤ 0,63 %, Cu ≤ 0,18 %, Sn ≤ 0,016 % und N_{ges} ≤ 0,015 % in Anspruch genommen, so hat der Sachverständige bis auf weiteres zu prüfen, ob Schweißsimulationsversuche und gegebenenfalls Tangentialschliffuntersuchungen notwendig sind. Ist im Rahmen der Weiterverarbeitung eine Zwischenglühung bei 550 °C vorgesehen, so ist die Zulässigkeit dieser Glühtemperatur im Rahmen der vorgenannten Versuche oder Untersuchungen nachzuweisen. Prüfumfang und -durchführung sind mit dem Sachverständigen zu vereinbaren. Die Prüfungen können entfallen, wenn dies im Werkstoffgutachten festgelegt ist.

4) Summe der Gehalte an Chrom, Kupfer und Molybdän darf in der Schmelzenanalyse höchstens 0,45 %, in der Stückanalyse höchstens 0,50 % betragen.

5) Entsprechend dem Gutachten des Sachverständigen kann herstellerbezogen der Nickelgehalt in der Schmelzenanalyse max. 0,85 %, in der Stückanalyse max. 0,90 % betragen.

Tabelle A 1-1: Chemische Zusammensetzung der Stahlsorten nach der Schmelzen- und Stückanalyse

Stahlsorte	Nenndicke s in mm	Zugfestigkeit R_m in N/mm^2	Streckgrenze [1] R_{eH} in N/mm^2 mindestens	Bruchdehnung A in % mindestens	Probenrichtung	Brucheinschnürung Z in % (Einzelwert) mindestens
15 MnNi 6 3	5 < s ≤ 38	510 bis 630	370	22	längs oder quer	45
	38 < s ≤ 50	510 bis 630	350			
	50 < s ≤ 80	490 bis 610	330			
	80 < s ≤ 100	470 bis 600	320			
	100 < s ≤ 150	470 bis 650	310			
15 MnNi 6 3 normalgeglüht und spannungs-armgeglüht	5 < s ≤ 38	490 bis 610	330	22	längs oder quer	45
	38 < s ≤ 50	490 bis 610	330			
	50 < s ≤ 80	490 bis 610	330			
	80 < s ≤ 100	470 bis 600	320			
	100 < s ≤ 150	470 bis 600	310			
20 MnMoNi 5 5	30 < s ≤ 70	590 bis 730	450	18	längs oder quer	45 [2]
	70 < s ≤ 150	570 bis 710	430			
	150 < s ≤ 600	560 bis 700	390			
15 NiCuMoNb 5 S	s ≤ 35	610 bis 780	440	16		
	35 < s ≤ 50	610 bis 780	440			
	50 < s ≤ 70	600 bis 760	430			
	70 < s ≤ 85	600 bis 760	430			
	85 < s ≤ 100	600 bis 760	430			
	100 < s ≤ 125	600 bis 750	420			
	125 < s ≤ 150	590 bis 740	410			
WStE 255 S	s ≤ 35	360 bis 480	255	25		
	35 < s ≤ 50	360 bis 480	245			
	50 < s ≤ 70	360 bis 480	235			
	70 < s ≤ 85	350 bis 470	225			
	85 < s ≤ 100	340 bis 460	215			
	100 < s ≤ 125	330 bis 450	205			
	125 < s ≤ 150	320 bis 440	195			
	150 < s ≤ 250	310 bis 430	185	23		
WStE 285 S	s ≤ 35	390 bis 510	285	24		
	35 < s ≤ 50	390 bis 510	275			
	50 < s ≤ 70	390 bis 510	265			
	70 < s ≤ 85	380 bis 500	255			
	85 < s ≤ 100	370 bis 490	245			
	100 < s ≤125	360 bis 480	235			
	125 < s ≤ 150	350 bis 470	225			
	150 < s ≤ 250	340 bis 470	215	22		
WStE 315 S	s ≤ 35	440 bis 560	315	23		
	35 < s ≤ 50	440 bis 560	305			
	50 < s ≤ 70	440 bis 560	295			
	70 < s ≤ 85	430 bis 550	285			
	85 < s ≤ 100	420 bis 540	275			
	100 < s ≤ 125	410 bis 530	265			
	125 < s ≤ 150	400 bis 520	255			
	150 < s ≤ 250	390 bis 520	245	21		
WStE 355 S	s ≤ 35	490 bis 630	355	22		
	35 < s ≤ 50	490 bis 630	345			
	50 < s ≤ 70	490 bis 630	335			
	70 < s ≤ 85	480 bis 620	325			
	85 < s ≤ 100	470 bis 610	315			
	100 < s ≤ 125	460 bis 600	305			
	125 < s ≤ 150	450 bis 590	295			
	150 < s ≤ 250	440 bis 590	285	20		

[1] Wenn die Streckgrenze nicht ausgeprägt ist, gelten die Werte für die 0,2 %-Dehngrenze.

[2] Bei der Stahlsorte 20 MnMoNi 5 5 gilt für die Brucheinschnürung zusätzlich an Senkrechtproben als kleinster Einzelwert 35 % und als Mittelwert 45 %.

Tabelle A 1-2: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch an Längs- und Querproben bei Raumtemperatur

Stahlsorte	Prüftemperatur in °C	Zugfestigkeit R_m in N/mm² mindestens			0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm² mindestens				Bruchdehnung A in % mindestens
		für Nenndicken in mm			für Nenndicken in mm				
		≥ 5 ≤ 50	> 50 ≤ 80	> 80 ≤ 150	≥ 5 ≤ 50	> 50 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	
15 MnNi 6 3 normalgeglüht	100	470	460	440	340	315	305	295	
	145	450	440	420	320	290	280	270	
	200	440	430	410	290	260	250	240	
	250	440	430	410	270	250	240	230	
	300	440	430	410	250	230	220	210	
	350	440	430	410	230	210	200	190	
15 MnNi 6 3 normalgeglüht und spannungsarm-geglüht	100	420	420	420	300	300	290	280	
	145	410	410	410	290	290	280	270	
	200	410	410	410	260	260	250	240	
	250	400	400	400	250	250	240	230	
	300	400	400	400	230	230	220	210	
	350	400	400	400	210	210	200	190	
20 MnMoNi 5 5		für Nenndicken in mm			für Nenndicken in mm				
		≥ 30 ≤ 70	> 70 ≤ 150	> 150 ≤ 600	> 30 ≤ 70	> 70 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 320	> 320 ≤ 600	
	100	550	530	520	431	412	382	370	370	17
	200	530	510	505	412	392	371	360	350	16
	300	530	510	505	392	371	353	350	330	16
	350	530	510	505	382	363	343	343	315	16
	375	530	505	505	377	358	338	330	300	16
	400	530	500	490	371	353	333	320	290	16

Tabelle A 1-3: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch an Längs- und Querproben bei erhöhter Temperatur

Stahlsorte	Prüftemperatur in °C	Zugfestigkeit R_m in N/mm² mindestens						0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm² mindestens							Bruchdehnung A in % mindestens
		für Nenndicken in mm						für Nenndicken in mm							
		≤ 70	> 70 ≤ 85	> 85 ≤ 100	> 100 ≤ 125	> 125 ≤ 150	> 150 ≤ 250	≤ 35	> 35 ≤ 70	> 70 ≤ 85	> 85 ≤ 100	> 100 ≤ 125	> 125 ≤ 150	> 150 ≤ 250	
15 NiCuMoNb 5 S	100	540	540	540	530	520		402	402	402	402	392	382		
	150	530	530	530	520	510		392	392	392	392	382	373		
	200	520	520	520	510	500		383	383	383	383	373	363		
	250	520	520	520	510	500		373	373	373	373	363	353		
	300	520	520	520	510	500		363	363	363	363	353	343		
	350	510	510	510	500	490		353	353	353	353	343	333		
	400	500	500	500	490	480		333	333	333	333	323	313		
WStE 255 S	100	335	325	315	305	300	290	226	216	206	196	186	177	167	
	150	315	305	295	285	280	270	206	196	186	177	167	157	147	
	200	300	290	280	270	265	255	186	186	177	167	157	147	137	
	250	290	280	270	260	255	245	167	167	157	147	137	127	117	
	300	290	280	270	260	255	245	137	137	127	118	108	98	88	
	350	280	270	260	250	245	235	118	118	108	98	88	78	68	
	400	270	260	250	240	235	225	108	108	98	88	78	69	59	
WStE 285 S	100	360	350	340	330	320	310	255	245	235	226	216	206	196	
	150	345	335	325	315	305	295	235	226	216	206	196	186	176	
	200	330	320	310	300	290	280	206	206	196	186	177	167	157	
	250	320	310	300	290	280	270	186	186	177	167	157	147	137	
	300	320	310	300	290	280	270	157	157	147	137	127	118	108	
	350	305	295	285	275	270	265	137	137	127	118	108	98	88	
	400	295	285	275	265	260	255	118	118	108	98	88	78	68	
WStE 315 S	100	400	390	380	370	360	350	275	265	255	245	235	226	216	
	150	385	375	365	355	345	335	255	245	235	226	216	206	196	
	200	370	360	350	340	330	320	226	226	216	206	196	186	176	
	250	360	350	340	330	320	310	206	206	196	186	177	167	157	
	300	360	350	340	330	320	310	177	177	167	157	147	137	127	
	350	350	340	330	320	310	300	157	157	147	137	127	118	108	
	400	340	330	320	310	300	290	137	127	118	118	108	98	88	
WStE 355 S	100	430	420	410	400	390	380	304	294	284	275	265	255	245	
	150	420	410	400	390	380	370	284	275	265	255	245	235	225	
	200	410	400	390	380	370	360	255	255	245	235	226	216	206	
	250	400	390	380	370	360	350	235	235	226	216	206	196	186	
	300	400	390	380	370	360	350	216	216	206	196	186	177	167	
	350	390	380	370	360	350	340	196	196	186	177	167	157	147	
	400	380	370	360	350	340	330	167	167	157	147	137	127	117	

Tabelle A 1-3: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch an Längs- und Querproben bei erhöhter Temperatur (Fortsetzung)

Stahlsorte	Nenndicke s in mm	Wertart [1]	Schlagenergie in J bei der Temperatur in °C mindestens						Seitliche Breitung in mm bei der Temperatur in °C mindestens			
			-20	0	5	20	33	Hochlage [2]	-20	5	33	Hochlage [2]
15 MnNi 6 3	$5 \leq s \leq 150$	MW	80	110	130	130	130	130				
		EW	68	90	100	100	100	100	0,9	1,3	1,3	1,3
20 MnMoNi 5 5	$30 \leq s \leq 600$ [4]	MW		41								
		EW		34			68 [3]	100			0,9 [3]	1,3
15 NiCuMoNb 5 S	$10 \leq s \leq 150$	MW		41								
		EW		34			68 [3]	100			0,9 [3]	1,3
WStE 255 S WStE 285 S WStE 315 S WStE 355 S	$10 \leq s \leq 150$	MW	21	41								
		EW	15	34			68 [3]	100			0,9 [3]	1,3
	$150 < s \leq 250$ [4]	MW	16	41								
		EW	11	34			68 [3]	100			0,9 [3]	1,3

[1] MW : Mittelwert aus 3 Proben, EW : Einzelwert.

[2] Die Prüfung erfolgt im Allgemeinen bei 80 °C. Die Prüfung darf entfallen, wenn die Erfüllung der Forderungen bereits bei einer tieferen Temperatur nachgewiesen wurde.

[3] Auf Vereinbarung bei der Bestellung gilt diese Forderung auch bei tieferer Temperatur, jedoch nicht tiefer als 0 °C.

[4] Bei Nenndicken größer als 150 mm darf der kleinste Einzelwert der Schlagenergie 68 J (Querprobe) in Wanddickenmitte bei 80 °C nicht unterschreiten.

Tabelle A 1-4: Kennwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung im Kerbschlagbiegeversuch an Querproben

Stahlsorte	Nenndicke in mm	Gelieferte Erzeugnislänge l in m je Walztafel	Probenentnahme und Lage der Probenabschnitte in Bezug auf die Erzeugnisbreite b
15 MnNi 6 3	alle Nenndicken	l < 7	an einem Ende in b/4
		l > 7	an beiden Enden in b/4
20 MnMoNi 5 5	≥ 30 bis ≤ 600	alle Längen	an beiden Enden in b/2 [1]
WStE 255 S WStE 285 S WStE 315 S WStE 355 S 15 NiCuMoNb 5 S	alle Nenndicken	l < 7	an einem Ende in b/4
		l > 7	an beiden Enden in b/4

[1] Die Prüfquerschnitte müssen um mindestens die Hälfte der Erzeugnisdicke unter den Stirn- und Seitenflächen von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen. Bei Flacherzeugnissen mit Nenndicken > 320 mm für Rohrbogen müssen abweichend hiervon die Prüfquerschnitte mindestens 80 mm unter den Stirn- und Seitenflächen von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen.

Tabelle A 1-5: Probenentnahme und Lage der Probenabschnitte (Probenentnahmeorte)

Stahlsorte	Normalglühen °C	Temperaturbereich in °C für		
		Vergüten		Spannungsarmglühen
		Austenitisieren	Anlassen	
15 MnNi 6 3	880 bis 960 [1]			530 bis 580 [2]
20 MnMoNi 5 5		870 bis 930 [2] [3]	630 bis 690 [2]	580 bis 620 [2] [4]
15 NiCuMoNb 5 S		900 bis 980 [1]	640 bis 680 [2]	580 bis 620 [2]
WStE 255 S	900 bis 950 [1]			530 bis 580 [2]
WStE 285 S	900 bis 950 [1]			530 bis 580 [2]
WStE 315 S	890 bis 940 [1]			530 bis 580 [2]
WStE 355 S	880 bis 940 [1]			530 bis 580 [2]

[1] Nach Erreichen der Temperatur über den gesamten Querschnitt Abkühlen an ruhender Luft.

[2] Die Aufwärm- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperatur sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen, der chemischen Zusammensetzung und den vorangegangenen Wärmebehandlungen von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die Forderungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteils eingehalten werden. Dabei sind auch Plattierungen mit in Betracht zu ziehen (Korrosionsbeständigkeit, Duktilität).

[3] Wasserabkühlung

[4] Bei mehrfachen Spannungsarmglühungen gilt die angegebene Temperaturspanne für die letzte Spannungsarmglühung. Vorausgehende Spannungsarmglühungen können bei 530 °C bis 570 °C durchgeführt werden.

Tabelle A 1-6: Angaben zur Wärmebehandlung

Stahlsorte	Nenndicke s in mm	Thermisches Trennen Vorwärmtemperatur T_V	Schweißen [2]		Abkühlzeit $t_{8/5}$ in s	Grenzwanddicke für den Verzicht auf das Spannungsarmglühen nach dem Schweißen in mm
			Vorwärmtemperatur T_V und Zwischenlagentemperatur T_Z	Haltetemperatur [1] T_H		
15 MnNi 6 3	$s \leq 15$	Raumtemp. $\leq T_V$	Raumtemp. $\leq T \leq 150$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$	8 bis 25	38 [3]
	$15 < s \leq 30$	Raumtemp. $\leq T_V$	80 °C $\leq T \leq 180$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$		
	$30 < s \leq 50$	100 °C $\leq T_V$	100 °C $\leq T \leq 220$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$		
	$50 < s \leq 150$	120 °C $\leq T_V$	120 °C $\leq T \leq 220$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$		
20 MnMoNi 5 5	$s > 15$	150 °C $\leq T_V \leq 250$ °C	150 °C $\leq T \leq 250$ °C	150 °C $\leq T_H \leq 250$ °C [5]	7 bis 25	Spannungsarmglühen ist immer erforderlich
			120 °C $\leq T \leq 180$ °C [4]	120 °C $\leq T_H \leq 180$ °C [4] [5]		
15 NiCuMoNb 5 S	$s \leq 15$	Raumtemp. $\leq T_V$	Raumtemp. $\leq T \leq 150$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$	8 bis 35	
	$15 < s \leq 30$	Raumtemp. $\leq T_V$	80 °C $\leq T \leq 180$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$		
	$30 < s \leq 50$	70 °C $\leq T_V$	100 °C $\leq T \leq 220$ °C	200 °C $\leq T_H$		
	$s > 50$	120 °C $\leq T_V$	120 °C $\leq T \leq 220$ °C	120 °C $\leq T_H$		
WStE 255 S	$s \leq 15$	Raumtemp. $\leq T_V$	Raumtemp. $\leq T \leq 150$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$	8 bis 28	38 [3]
WStE 285 S	$15 < s \leq 50$	Raumtemp. $\leq T_V$	Raumtemp. $\leq T \leq 180$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$		
WStE 315 S	$30 < s \leq 50$	Raumtemp. $\leq T_V$	80 °C $\leq T \leq 200$ °C	80 °C $\leq T_H$		
	$s > 50$	120 °C $\leq T_V$	120 °C $\leq T \leq 220$ °C	120 °C $\leq T_H$		
WStE 355 S	$s \leq 15$	Raumtemp. $\leq T_V$	Raumtemp. $\leq T \leq 150$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$	8 bis 25	38 [3]
	$15 < s \leq 30$	Raumtemp. $\leq T_V$	80 °C $\leq T \leq 180$ °C	Raumtemp. $\leq T_H$		
	$30 < s \leq 50$	100 °C $\leq T_V$	100 °C $\leq T \leq 220$ °C	200 °C $\leq T_H$		
	$s > 50$	120 °C $\leq T_V$	120 °C $\leq T \leq 220$ °C	120 °C $\leq T_H$		

[1] Definition siehe DIN EN ISO 13916.

[2] Wird durch Schweißversuche entsprechend KTA 3211.3 nachgewiesen, dass die für den Anwendungsfall geforderten Eigenschaften auch durch andere als die hier aufgeführten Bedingungen mit ausreichender Sicherheit erreicht werden, so können diese Bedingungen angewendet werden.

[3] Bei einfacher geometrischer Form und 100 % zerstörungsfreier Prüfung der Schweißnähte darf die Grenzwanddicke, bis zu der auf das Spannungsarmglühen nach dem Schweißen verzichtet werden darf, bis auf ≤ 50 mm angehoben werden.

[4] Beim Schweißplattieren.

[5] Das Bauteil ist aus der Schweißwärme einer Nachwärmung von mehr als 2 Stunden bei rd. 280 °C zu unterziehen oder verzögert abzukühlen, sofern nicht unter Schutzgas geschweißt wurde oder aus der Schweißwärme unmittelbar die Spannungsarmglühbehandlung durchgeführt wird.

Tabelle A 1-7: Angaben zum thermischen Trennen und zum Schweißen sowie Grenzwanddicken für das Spannungsarmglühen

A 2 Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I für Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe

A 2.1 Allgemeines

Der Abschnitt A 2 legt die Einzelheiten zur Herstellung, chemischen Zusammensetzung, zu den kennzeichnenden mechanisch-technologischen Eigenschaften und zur Wärmebehandlung sowie zur Weiterverarbeitung der Stahlsorten

a) 15 MnNi 6 3,
b) 20 MnMoNi 5 5,
c) 15 NiCuMoNb 5 S,
d) C 22.8 S und
e) WStE 355 S

für Schmiedestücke, Stäbe und gewalzte Ringe fest.

A 2.2 Herstellung der Werkstoffe und Lieferzustand

A 2.2.1 Herstellung

(1) Die Stähle sind nach dem Sauerstoffaufblas-Verfahren oder im Elektroofen zu erschmelzen. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(2) Die Stähle sind besonders beruhigt herzustellen.

A 2.2.2 Lieferzustand

Der übliche Lieferzustand ist für die Stahlsorten:

a) 15 MnNi 6 3	normalgeglüht,
b) 20 MnMoNi 5 5	flüssigkeitsvergütet,
c) 15 NiCuMoNb 5 S	normalgeglüht und angelassen (luftvergütet) oder flüssigkeitsvergütet,
d) C 22.8 S	normalgeglüht, bei Nenndicken $\geq$ 150 mm auch flüssigkeitsvergütet,
e) WStE 355 S	normalgeglüht oder vergütet.

A 2.3 Werkstoffkennwerte

A 2.3.1 Chemische Zusammensetzung

Für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse gelten die in **Tabelle A 2-1** festgelegten Werte.

A 2.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

(1) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 2-2** festgelegt.

(2) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 2-3** festgelegt. Die Prüftemperatur für die Durchführung des Zugversuchs bei erhöhter Temperatur ist für die Stahlsorten wie folgt festgelegt:

a) 15 MnNi 6 3	300 °C,
b) 20 MnMoNi 5 5	350 °C,
c) 15 NiCuMoNb 5 S	350 °C,
d) C 22.8 S	300 °C,
e) WStE 355 S	300 °C.

(3) Die Kennwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung sind in **Tabelle A 2-4** festgelegt.

(4) Die Angaben für die Schlagenergie in J und die seitliche Breitung in mm gelten für Normproben mit einer Probenbreite von 10 mm.

(5) Der Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften hat an simulierend spannungsarmgeglühten Proben zu erfolgen. Bei Erzeugnisformen aus dem Stahl 20 MnMoNi 5 5 mit zu verschweißenden Nenndicken bis einschließlich 50 mm darf der Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Lieferzustand erfolgen.

(6) Für die Durchführung des simulierenden Spannungsarmglühens gelten die Angaben in **Tabelle A 2-7**.

(7) Die Kennwerte gelten für Proben, die gemäß den Festlegungen in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten entnommen und geprüft werden.

A 2.3.3 Korngröße

(1) Die Ferritkorngröße muss mindestens folgende Korngrößen-Kennzahl nach DIN EN ISO 643 haben:

a) 15 MnNi 6 3	Korngrößen-Kennzahl 6,
b) 20 MnMoNi 5 5	Korngrößen-Kennzahl 5,
c) 15 NiCuMoNb 5 S	Korngrößen-Kennzahl 6,
d) C 22.8 S	Korngrößen-Kennzahl 4,
e) WStE 355 S	Korngrößen-Kennzahl 6.

(2) Bei Stählen mit Anteilen an bainitischem Gefüge gelten die Forderungen nur für die Gefügeanteile an polygonalem Ferrit.

A 2.3.4 Physikalische Eigenschaften

Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind dem **Anhang AP** zu entnehmen.

A 2.4 Angaben zur Wärmebehandlung

Anhaltswerte zum Wärmebehandeln sind in **Tabelle A 2-5** angegeben.

A 2.5 Umformen

A 2.5.1 Warmumformen

Hinweis:
Unter Warmumformen wird das Umformen bei Temperaturen oberhalb der höchsten für das Spannungsarmglühen zulässigen Temperatur verstanden, auch wenn die Erzeugnisformen nur örtlich im Bereich der Umformung auf die entsprechenden Temperaturen gebracht werden. Der Begriff Warmumformen schließt auch Anpass- und Richtarbeiten bei den entsprechenden Temperaturen ein.

(1) Zum Warmumformen sind die Schmiedestücke auf mindestens 750 °C, jedoch nicht über 1050 °C zu erwärmen. Zum Warmumformen sind die Schmiedestücke aus 15 MnNi 6 3 auf mindestens 750 °C, jedoch nicht über 1100 °C zu erwärmen. Eine Kornvergröberung durch Überzeiten oder durch Überhitzen ist zu vermeiden. Für das Warmumformen rohrförmiger Schmiedestücke, z. B. bei der Herstellung von Rohrbogen, gelten die Festlegungen in Abschnitt A 3.

(2) Nach dem Warmumformen sind die Erzeugnisformen im Ganzen erneut nach den Angaben in **Tabelle A 2-5** wärmezubehandeln.

(3) Wird von den Festlegungen nach (1) und (2) abgewichen, z. B. bei Umformen mit örtlichem Anwärmen ohne nachfolgende Wärmebehandlung der ganzen Erzeugnisform, ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(4) Die Temperaturführung ist zu überwachen.

A 2.6 Thermisches Trennen und Schweißen

A 2.6.1 Thermisches Trennen

Für das thermische Trennen ist SEW 088 zu berücksichtigen. Empfohlene Vorwärmtemperaturen sind in **Tabelle A 2-6** angegeben.

A 2.6.2 Schweißen

(1) Für die Stähle nach diesem Anhang gilt die Anwendung folgender Schweißverfahren als begutachtet:

a) Lichtbogenhandschweißen mit basisch umhüllten Stabelektroden,

b) Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern,

c) Schutzgasschweißen mit Drahtelektroden oder mit basischen Fülldrahtelektroden.

(2) Die überprüften Arbeitsbereiche für das Schweißen sind in **Tabelle A 2-6** angegeben. Andere Arbeitsbereiche für das Schweißen sind zulässig, wenn dafür Verfahrensprüfungen nach KTA 3211.3 durchgeführt wurden.

(3) Die Festlegungen für das Schweißen in SEW 088 sind zu beachten. Es sind basisch umhüllte Stabelektroden oder Schweißpulver mit basischer Charakteristik zu bevorzugen. Darüber hinaus sind für Stähle mit $R_{p0,2RT}$ gleich oder größer als 370 N/mm^2 Schweißzusätze 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).

(4) In Abhängigkeit von der Wanddicke und der Geometrie der Bauteile ist nach dem Schweißen ein Spannungsarmglühen erforderlich. Die Nenndicken, bei denen auf ein Spannungsarmglühen verzichtet werden kann, sind in **Tabelle A 2-6** angegeben.

(5) Die zerstörungsfreien Prüfungen nach dem Schweißen sind frühestens 48 Stunden nach Beendigung der Schweißarbeiten durchzuführen. Die Wartezeit darf entfallen, wenn es sich um Schweißnähte handelt, die spannungsarm- oder wasserstoffarmgeglüht, einer verzögerten Abkühlung unterzogen oder unter Schutzgas geschweißt wurden.

Stahlsorte	Nachweis an	Grenzwert	Massenanteile in % [1) 2)]															
			C	Si	Mn	P	S	Al_{ges}	N	As	Cu	Cr	Mo	Nb	Ni	Sn	Ti	V
15 MnNi 6 3	Schmelze	min.	0,12	0,15	1,20			0,020							0,50			
		max.	0,18	0,35	1,65	0,015	0,005	0,055	0,015	0,015	0,06	0,15	0,05	0,004	0,85	0,010	0,020	0,020
	Stück	min.	0,10	0,15	1,15			0,015							0,50			
		max.	0,20	0,37	1,70	0,017	0,007	0,065	0,016	0,016	0,07	0,20	0,05	0,004	0,90	0,013	0,020	0,020
20 MnMoNi 5 5	Schmelze	min.	0,17	0,15	1,20			0,010					0,40		0,50			
		max.	0,23	0,30	1,50	0,012	0,008	0,040	0,013	0,025	0,12	0,20	0,55		0,80	0,011		0,020
	Stück	min.	0,15	0,10	1,15			0,010					0,40		0,45			
		max.	0,25	0,35	1,55	0,012 [3)]	0,012 [3)]	0,050	0,013 [3)]	0,025	0,12 [3)]	0,20	0,55 [3)]		0,85	0,011 [3)]		0,020
15 NiCuMoNb 5 S	Schmelze	min.	0,10	0,25	0,80			0,015			0,50		0,25	0,015	1,00			
		max.	0,17	0,50	1,20	0,016	0,005	0,035	0,020		0,80	0,30	0,40	0,025	1,30			0,020
	Stück	min.	0,08	0,21	0,75			0,010			0,45		0,20	0,010	0,95			
		max.	0,19	0,54	1,25	0,020	0,006	0,040	0,022		0,85	0,35	0,45	0,030	1,35			0,020
C 22.8 S	Schmelze	min.	0,18	0,15	0,40			0,015										
		max.	0,23	0,35	0,90	0,016	0,010	0,050			0,15	0,30						0,020
	Stück	min.	0,16	0,10	0,36			0,010										
		max.	0,25	0,40	0,95	0,020	0,015	0,055			0,18	0,35						0,020
WStE 355 S	Schmelze	min.		0,10	0,90			0,020										
		max.	0,20	0,50	1,65	0,020	0,015	0,070	0,020		0,18 [4)]	0,30 [4)]	0,08 [4)]	0,005	0,30 [5)]		0,020	0,020
	Stück	min.		0,05	0,84			0,015										
		max.	0,22	0,55	1,75	0,025	0,020	0,075	0,022		0,25 [4)]	0,34 [4)]	0,11 [4)]	0,006	0,35 [5)]		0,020	0,020

1) Die aus den Tabellenwerten abzuleitenden Unterschiede zwischen der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzen- und der Stückanalyse sind zum Teil kleiner als sie aufgrund der metallurgischen Zusammenhänge erwartet werden. Der Grund liegt darin, dass hier die Grenzwerte für die chemische Zusammensetzung nach der Stückanalyse nur auf den bei der Begutachtung erfassten Schmelzen beruhen. Daher werden die Werte nach Vorliegen weiterer Unterlagen überprüft.

2) Falls die angegebenen Grenzgehalte nach der Schmelzenanalyse überschritten werden, sind die Grenzgehalte nach der Stückanalyse maßgebend.

3) Werden diese Werte überschritten und Gehalte in den Stückanalysen bis zu P ≤ 0,015 %, S ≤ 0,015 %, Mo ≤ 0,63 %, Cu ≤ 0,18 %, Sn ≤ 0,016 % und N_{ges} ≤ 0,015 % in Anspruch genommen, so hat der Sachverständige bis auf weiteres zu prüfen, ob Schweißsimulationsversuche und gegebenenfalls Tangentialschliffuntersuchungen notwendig sind. Ist im Rahmen der Weiterverarbeitung eine Zwischenglühung bei 550 °C vorgesehen, so ist die Zulässigkeit dieser Glühtemperatur im Rahmen der vorgenannten Versuche oder Untersuchungen nachzuweisen. Prüfumfang und -durchführung sind mit dem Sachverständigen zu vereinbaren. Die Prüfungen können entfallen, wenn dies im Werkstoffgutachten festgelegt ist.

4) Summe der Gehalte an Chrom, Kupfer und Molybdän darf in der Schmelzenanalyse höchstens 0,45 %, in der Stückanalyse höchstens 0,50 % betragen.

5) Entsprechend dem Gutachten des Sachverständigen kann herstellerbezogen der Nickelgehalt in der Schmelzenanalyse max. 0,85 %, in der Stückanalyse max. 0,90 % betragen.

Tabelle A 2-1: Chemische Zusammensetzung der Stahlsorten nach der Schmelzen- und der Stückanalyse

Stahlsorte	Wärmebehandlungswanddicke s in mm	Zugfestigkeit R_m in N/mm^2	Streckgrenze[1] R_{eH} in N/mm^2 mindestens	Probenrichtung	Bruchdehnung A in % mindestens	Brucheinschnürung Z in %	
						Einzelwert	Mittelwert
15 MnNi 6 3	$s \leq 70$	470 bis 590	320	längs/quer	22	45	—
	$70 < s \leq 100$	470 bis 590	310	längs/quer	22	45	—
	$100 < s \leq 150$	470 bis 590	300	längs/quer	22	45	—
	$150 < s \leq 250$	440 bis 580	285	längs/quer	22	45	—
	$250 < s \leq 350$	440 bis 580	275	längs/quer	22	45	—
				senkrecht	—	35	45
20 MnMoNi 5 5	$s \leq 1000$	560 bis 700	390	längs/quer	19	45	—
				senkrecht	—	35	45
15 NiCuMoNb 5 S	$s \leq 400$	580 bis 740	430	längs	20	—	—
				quer	18	—	—
C 22.8 S	$s \leq 150$	410 bis 540	230	längs	25	45	—
				quer	20	45	—
	$150 < s \leq 320$	400 bis 520	210	längs	25	45	—
				quer	19	45	—
	$320 < s \leq 500$	400 bis 520	200	längs	25	45	—
				quer	19	45	—
WStE 355 S	$s \leq 100$	490 bis 630	335	längs	23	—	—
				quer	21	—	—
	$100 < s \leq 250$	470 bis 630	295	längs	21	—	—
				quer	19	—	—
	$250 < s \leq 400$	470 bis 630	275	längs	21	—	—
				quer	19	—	—

[1] Wenn die Streckgrenze nicht ausgeprägt ist, gelten die Werte für die 0,2 %-Dehngrenze.

Tabelle A 2-2: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur

Stahlsorte	Prüf-temperatur in °C	Zugfestigkeit R_m in N/mm² mindestens	0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm² mindestens					Bruchdehnung A in % mindestens (längs oder quer)	
		für Wärmebehandlungswanddicken in mm							
		≤ 350	≤ 70	> 70 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 350		
15 MnNi 6 3	100	420	290	280	270	245	235		
	145	410	280	270	260	225	215		
	200	400	250	240	230	205	195		
	250	400	240	230	220	185	175		
	300	400	220	210	200	165	155		
	350	400	200	190	180	145	135		
20 MnMoNi 5 5		für Wärmebehandlungswanddicken in mm							
		≤ 1000	≤ 320			> 320 ≤ 1000		≤ 320	> 320 ≤ 1000
	100	520	370			370		17	16
	200	505	360			350		16	16
	300	505	350			330		16	15
	350	505	343			315		16	14
	375	505	330			300		16	14
	400	490	320			290		16	14
15 NiCuMoNb 5 S		für Wärmebehandlungswanddicken in mm							
		≤ 400	≤ 400						
	100	540	402						
	150	530	389						
	200	520	376						
	250	510	363						
	300	500	350						
	350	490	337						
	400	480	324						
C 22.8 S		für Wärmebehandlungswanddicken in mm							
		≤ 500	≤ 150		> 150 ≤ 320	> 320 ≤ 500			
	100	360	220		200	190			
	150	350	200		180	170			
	200	340	175		160	155			
	250	335	155		140	135			
	300	335	135		125	115			
	350	335	115		105	100			
	400	300	90		85	80			
WStE 355 S		für Wärmebehandlungswanddicken in mm							
		≤ 400	≤ 100		> 100 ≤ 250	> 250 ≤ 400			
	100	410	294		255	235			
	150	400	275		235	215			
	200	390	255		216	197			
	250	380	235		196	179			
	300	380	216		177	160			
	350	370	196		157	142			
	400	360	167		127	117			

Tabelle A 2-3: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Stahlsorte	Nenndicke s in mm	Wertart [1]	Schlagenergie bei der Temperatur in °C mindestens						Seitliche Breitung in mm bei der Temperatur in °C mindestens			
			- 20	0	+ 5	+20	+33	Hochlage [2]	- 20	+ 5	+ 33	Hochlage [2]
15 MnNi 6 3	s ≤ 150	MW	80	110	130	130	130	130				
		EW	68	90	100	100	100	100	0,9	1,3	1,3	1,3
	150 < s ≤ 350	MW	70	90	110	130	130	130				
		EW	56	72	88	100	100	100	0,9	1,3	1,3	1,3
20 MnMoNi 5 5	s ≤ 1000	MW		41								
		EW		34			68 [3]	100			0,9 [3]	1,3
15 NiCuMoNb 5 S	s ≤ 400	MW	60	80		95						
		EW	42	56		66	68 [3]	100			0,9 [3]	1,3
C 22.8 S	s ≤ 500	MW		41		49						
		EW		34		42	68 [3]	100			0,9 [3]	1,3
WStE 355 S	s ≤ 400	MW		41								
		EW		34			68 [3]	100			0,9 [3]	1,3

[1] MW : Mittelwert aus 3 Proben, EW : Einzelwert.

[2] Die Prüfung erfolgt im Allgemeinen bei 80 °C. Die Prüfung darf entfallen, wenn die Erfüllung der Forderungen bereits bei einer tieferen Temperatur nachgewiesen wurde.

[3] Auf Vereinbarung in der Bestellung gilt diese Forderung auch bei tieferer Temperaturen, jedoch nicht tiefer als 0 °C.

Tabelle A 2-4: Kennwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung im Kerbschlagbiegeversuch an Querproben

Stahlsorte	Normalglühen	Temperaturbereich für		
		Vergüten		Spannungsarmglühen [3]
		Austenitisieren	Anlassen	
	°C	°C	°C	°C
15 MnNi 6 3	880 bis 960 [1]			530 bis 580
20 MnMoNi 5 5 [5]		870 bis 940 [2]	630 bis 680	580 bis 620
15 NiCuMoNb 5 S		900 bis 980 [1]	640 bis 670	580 bis 620
		880 bis 930 [4]	640 bis 690 [4]	580 bis 620
C 22.8 S	880 bis 920 [1]	870 bis 910 [2]	640 bis 660	530 bis 600
WStE 355 S	880 bis 920 [1]	880 bis 940 [4]	610 bis 680	530 bis 580

[1] Nach Erreichen der Temperatur über den gesamten Querschnitt Abkühlen an ruhender Luft.

[2] Abkühlung in Wasser.

[3] Bei mehrfachen Spannungsarmglühungen gilt die angegebene Temperaturspanne für die letzte Spannungsarmglühung. Vorausgehende Spannungsarmglühungen können bei 530 °C bis 570 °C durchgeführt werden.

[4] Abkühlen in Öl oder Wasser. Diese Behandlung wird bei größeren Wärmebehandlungswanddicken angewendet, um die Mindesttemperatur von 640 °C für das Anlassen einhalten zu können.

[5] Zweistufiges Vergüten ist nach Begutachtung durch den Sachverständigen zulässig.

Tabelle A 2-5: Angaben zur Wärmebehandlung

Stahlsorte	Nenndicke s in mm	Thermisches Trennen Vorwärmtemperatur T_V	Schweißen [1] Vorwärmtemperatur T_V und Zwischenlagentemperatur T_Z	Schweißen [1] Haltetemperatur T_H [2]	Schweißen [1] Abkühlzeit $t_{8/5}$ in s	Grenzwanddicke für den Verzicht auf das Spannungsarmglühen nach dem Schweißen in mm
15 MnNi 6 3	$s \le 15$	Raumtemp. $\le T_V$	Raumtemp. $\le T \le 150$ °C	Raumtemp. $\le T_H$	8 bis 25	38 [5]
	$15 < s \le 30$	Raumtemp. $\le T_V$	80 °C $\le T \le$ 180 °C	Raumtemp. $\le T_H$		
	$30 < s \le 50$	100 °C $\le T_V$	100 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	100 °C $\le T_H$		
	$50 < s \le 150$	120 °C $\le T_V$	120 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	120 °C $\le T_H$		
20 MnMoNi 5 5	$s > 15$	150 °C $\le T_V \le$ 250 °C	150 °C $\le T \le$ 250 °C [3]	150 °C $\le T_H \le$ 250 °C	7 bis 25	Spannungsarmglühen ist immer erforderlich
				120 °C $\le T_H \le$ 180 °C [4]		
15 NiCuMoNb 5 S	$s \le 15$	Raumtemp. $\le T_V$	80 °C $\le T \le$ 180 °C	Raumtemp. $\le T_H$	10 bis 25	Spannungsarmglühen ist immer erforderlich
	$15 < s \le 30$	Raumtemp. $\le T_V$	100 °C $\le T \le$ 180 °C	100 °C $\le T_H$		
	$30 < s \le 50$	100 °C $\le T_V$	120 °C $\le T \le$ 220 °C	120 °C $\le T_H$		
	$s > 50$	120 °C $\le T_V$	120 °C $\le T \le$ 220 °C			
C 22.8 S	$s \le 30$	Raumtemp. $\le T_V$	80 °C $\le T \le$ 150 °C	Raumtemp. $\le T_H$	8 bis 25	30
	$30 < s \le 50$	Raumtemp. $\le T_V$	80 °C $\le T \le$ 200 °C [3]	Raumtemp. $\le T_H$		
	$s > 50$	120 °C $\le T_V$	120 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	120 °C $\le T_H$		
WStE 355 S	$s \le 15$	Raumtemp. $\le T_V$	Raumtemp. $\le T \le$ 150 °C	Raumtemp. $\le T_H$	8 bis 25	38 [5]
	$15 < s \le 30$	Raumtemp. $\le T_V$	80 °C $\le T \le$ 180 °C	Raumtemp. $\le T_H$		
	$30 < s \le 50$	100 °C $\le T_V$	100 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	100 °C $\le T_H$		
	$s > 50$	120 °C $\le T_V$	120 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	120 °C $\le T_H$		

[1] Wird durch Schweißversuche entsprechend KTA 3211.3 nachgewiesen, dass die für den Anwendungsfall geforderten Eigenschaften auch durch andere als die hier aufgeführten Bedingungen mit ausreichender Sicherheit erreicht werden, so können diese Bedingungen angewendet werden.

[2] Definition siehe DIN EN ISO 13916.

[3] Beim Schweißplattieren, höchstens 180 °C.

[4] Das Bauteil ist aus der Schweißwärme einer Nachwärmung von mehr als 2 Stunden bei etwa 280 °C oder einer verzögerten Abkühlung zu unterziehen, sofern nicht aus der Schweißwärme unmittelbar die Spannungsarmglühbehandlung durchgeführt oder das Schutzgasschweißverfahren angewendet werden.

[5] Bei einfacher geometrischer Form und 100 % zerstörungsfreier Prüfung der Schweißnähte darf die Grenzwanddicke bis auf ≤ 50 mm angehoben werden, sofern nicht besondere Forderungen hinsichtlich des Wärmebehandlungszustandes gestellt werden.

Tabelle A 2-6: Angaben zum thermischen Trennen und zum Schweißen sowie Grenzwanddicken für das Spannungsarmglühen

Stahlsorte	Nachweis erforderlich	Simulierendes Spannungsarmglühen	
		Temperatur in °C	Haltedauer [1] in min
15 MnNi 6 3	ja [2]	560 bis 580	900
20 MnMoNi 5 5		600 bis 620	
15 NiCuMoNb 5 S		600 bis 620	
C 22.8 S		580 bis 600	
WStE 355 S		560 bis 580	

[1] Diese Angaben gelten nur dann, wenn bei der Bestellung keine anderen Angaben gemacht worden sind.

[2] Zum Nachweis bei Erzeugnisformen aus dem Stahl 20 MnMoNi 5 5 siehe Abschnitt A 2.3.2 (5).

Tabelle A 2-7: Notwendigkeit des Nachweises der mechanischen Eigenschaften im simulierend spannungsarmgeglühten Zustand und Durchführung des simulierenden Spannungsarmglühens

A 3 Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I für nahtlose Rohre, nahtlose Rohrbogen und nahtlose Formstücke

A 3.1 Allgemeines

Der Abschnitt A 3 legt die Einzelheiten zur Herstellung, chemischen Zusammensetzung, zu den kennzeichnenden mechanisch-technologischen Eigenschaften und zur Wärmebehandlung sowie zur Weiterverarbeitung der Stahlsorten:

a) 15 MnNi 6 3,

b) 20 MnMoNi 5 5 und

c) 15 NiCuMoNb 5 S

für nahtlose Rohre, nahtlose Rohrbogen und nahtlose Formstücke fest.

A 3.2 Herstellung der Werkstoffe und Lieferzustand

A 3.2.1 Herstellung

(1) Die Stähle sind nach dem Sauerstoffaufblas-Verfahren oder im Elektroofen zu erschmelzen. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(2) Die Stähle sind besonders beruhigt herzustellen.

A 3.2.2 Lieferzustand

(1) Der übliche Lieferzustand ist für die Stahlsorten:

a) 15 MnNi 6 3	normalgeglüht,
b) 20 MnMoNi 5 5	flüssigkeitsvergütet,
c) 15 NiCuMoNb 5 S	normalgeglüht und angelassen (luftvergütet) oder flüssigkeitsvergütet.

(2) Wenn die maßgebliche Wärmebehandlung im Zuge der Weiterverarbeitung durchgeführt wird, dürfen die normalgeglüht zu liefernden Rohre auch im Walzzustand, die vergütet zu liefernden auch normalgeglüht oder angelassen, in Sonderfällen auch im Walzzustand ausgeliefert werden.

A 3.3 Werkstoffkennwerte

A 3.3.1 Chemische Zusammensetzung

Für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse gelten die in **Tabelle A 3-1** festgelegten Werte.

A 3.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

(1) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 3-2** festgelegt.

(2) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 3-3** festgelegt. Die Prüftemperatur für die Durchführung des Zugversuchs bei erhöhter Temperatur ist für die Stahlsorten wie folgt festgelegt:

a) 15 MnNi 6 3	300 °C,
b) 20 MnMoNi 5 5	350 °C,
c) 15 NiCuMoNb 5 S	350 °C.

(3) Die Kennwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung sind in **Tabelle A 3-4** festgelegt.

(4) Die Angaben für die Schlagenergie in J und die seitliche Breitung in mm gelten für Normproben mit einer Probenbreite von 10 mm.

(5) Der Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften hat an simulierend spannungsarmgeglühten Proben zu erfolgen (siehe **Tabelle A 3-5**). Bei Erzeugnisformen aus dem Stahl 20 MnMoNi 5 5 mit zu verschweißenden Nenndicken bis einschließlich 50 mm darf der Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Lieferzustand erfolgen.

A 3.3.3 Korngröße

(1) Die Ferritkorngröße muss mindestens folgende Korngrößen-Kennzahl nach DIN EN ISO 643 haben:

a) 15 MnNi 6 3	Korngrößen-Kennzahl 6
b) 20 MnMoNi 5 5	Korngrößen-Kennzahl 5
c) 15 NiCuMoNb 5 S	Korngrößen-Kennzahl 6

(2) Bei Stählen mit Anteilen an bainitischem Gefüge gelten die Forderungen nur für die Gefügeanteile an polygonalem Ferrit.

A 3.3.4 Physikalische Eigenschaften

Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind dem **Anhang AP** zu entnehmen.

A 3.4 Angaben zur Wärmebehandlung

Anhaltswerte zum Wärmebehandeln sind in **Tabelle A 3-6** angegeben.

A 3.5 Umformen

A 3.5.1 Warmumformen

Hinweis:
Unter Warmumformen wird das Umformen bei Temperaturen oberhalb der höchsten für das Spannungsarmglühen zulässigen Temperatur verstanden, auch wenn die Erzeugnisformen nur örtlich im Bereich der Umformung auf die entsprechenden Temperaturen gebracht werden. Der Begriff Warmumformen schließt auch Anpass- und Richtarbeiten bei den entsprechenden Temperaturen ein.

(1) Zum Warmumformen sind die Rohre auf mindestens 750 °C, jedoch nicht über 1050 °C zu erwärmen. Zum Warmumformen sind die Rohre aus dem Stahl 15 MnNi 6 3 auf mindestens 750 °C, jedoch nicht über 1100 °C zu erwärmen. Schmieden und Stauchen wird dabei im oberen Gebiet des Temperaturbereichs bei 1100 °C bis 900 °C durchgeführt. Warmbiegen von Rohren und ähnliche Umformarbeiten sollen im unteren Gebiet des Temperaturbereichs vorgenommen werden. Eine Kornvergröberung durch Überzeiten oder durch Überhitzen ist zu vermeiden.

(2) Nach dem Warmumformen sind die Erzeugnisformen im Ganzen erneut nach den Angaben in **Tabelle A 3-5** wärmezubehandeln.

(3) Wird von den Festlegungen (1) und (2) abgewichen, z. B. bei Umformen mit örtlichem Anwärmen ohne nachfolgende Wärmebehandlung der ganzen Erzeugnisform, ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(4) Die Temperaturführung ist zu überwachen.

A 3.5.2 Kaltumformen und Kaltbiegen

Hinweis:
Unter Kaltumformen und Kaltbiegen wird das Umformen bei Raumtemperatur oder mit Erwärmen bis zur höchsten für das Spannungsarmglühen zulässigen Temperatur verstanden.

(1) Nach Kaltumformen mit Umformgraden kleiner als oder gleich 2 % ist keine Wärmebehandlung erforderlich.

(2) Nach Umformen mit Kaltumformgraden zwischen 2 % und kleiner als oder gleich 5 % ist ein Spannungsarmglühen notwendig.

(3) Nach Kaltumformen mit Umformgraden größer als 5 % muss die maßgebliche Wärmebehandlung durchgeführt werden.

(4) Bei abweichendem Vorgehen ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(5) Bei Kaltbiegungen darf auf eine Wärmebehandlung nach dem Kaltbiegen verzichtet werden, wenn der entsprechende Nachweis erbracht wurde. Im Bereich der Kaltbiegungen sind Anschweißungen und Richtarbeiten nicht zugelassen.

Hinweis:

Unter Kaltbiegungen werden Maschinenkaltbiegungen von Rohren mit ≤ DN 150 und mit Biegeradien $R_m > 2{,}5 \cdot D_a$ verstanden.

A 3.6 Thermisches Trennen und Schweißen

A 3.6.1 Thermisches Trennen

Für das thermische Trennen ist SEW 088 zu berücksichtigen. Empfohlene Vorwärmtemperaturen sind in **Tabelle A 3-7** angegeben.

A 3.6.2 Schweißen

(1) Die Anwendung folgender Schweißverfahren gilt als begutachtet:

a) Lichtbogenhandschweißen mit basisch umhüllten Stabelektroden,

b) Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern,

c) Schutzgasschweißen mit Drahtelektroden oder mit basischen Fülldrahtelektroden.

(2) Die überprüften Arbeitsbereiche für das Schweißen sind in **Tabelle A 3-7** angegeben. Andere Arbeitsbereiche für das Schweißen sind zulässig, wenn dafür Verfahrensprüfungen nach KTA 3211.3 durchgeführt wurden.

(3) Die Festlegungen für das Schweißen in SEW 088 sind zu beachten. Es sind basisch umhüllte Stabelektroden oder Schweißpulver mit basischer Charakteristik zu bevorzugen. Darüber hinaus sind für Stähle mit $R_{p0,2RT}$ gleich oder größer als 370 N/mm^2 Schweißzusätze 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).

(4) In Abhängigkeit von der Nenndicke und der Geometrie der Bauteile ist nach dem Schweißen ein Spannungsarmglühen erforderlich. Die Nenndicken, bei denen auf ein Spannungsarmglühen verzichtet werden kann, sind in **Tabelle A 3-7** angegeben.

(5) Die zerstörungsfreien Prüfungen nach dem Schweißen sind frühestens 48 Stunden nach Beendigung der Schweißarbeiten durchzuführen. Die Wartezeit darf entfallen, wenn es sich um Schweißnähte handelt, die spannungsarm- oder wasserstoffarmgeglüht, oder einer verzögerten Abkühlung unterzogen, oder unter Schutzgas geschweißt wurden.

Stahlsorte	Nachweis an	Grenzwert	Massenanteile in % [1) 2)]															
			C	Si	Mn	P	S	Al_{ges}	N	As	Cu	Cr	Mo	Nb	Ni	Sn	Ti	V
15 MnNi 6 3	Schmelze	min.	0,12	0,15	1,20			0,020							0,50			
		max.	0,18	0,35	1,65	0,015	0,005	0,055	0,015	0,015	0,06	0,15	0,05	0,004	0,85	0,010	0,020	0,020
	Stück	min.	0,10	0,15	1,15			0,015							0,50			
		max.	0,20	0,37	1,70	0,017	0,007	0,065	0,016	0,016	0,07	0,20	0,05	0,004	0,90	0,013	0,020	0,020
20 MnMoNi 5 5	Schmelze	min.	0,17 [4)]	0,15	1,20			0,010					0,40		0,50			
		max.	0,23	0,30	1,50	0,012	0,008	0,040	0,013	0,025	0,12	0,20	0,55		0,80	0,011		0,020
	Stück	min.	0,15 [4)]	0,10	1,15			0,010					0,40		0,45			
		max.	0,25	0,35	1,55	0,012[3)]	0,012[3)]	0,050	0,013[3)]	0,025	0,12 [3)]	0,20	0,55 [3)]		0,85	0,011[3)]		0,020
15 NiCuMoNb 5 S	Schmelze	min.	0,10	0,25	0,80			0,015			0,50		0,25	0,015	1,00			
		max.	0,17	0,50	1,20	0,016	0,005	0,035	0,020		0,80	0,30	0,40	0,025	1,30			0,020
	Stück	min.	0,08	0,21	0,75			0,010			0,45		0,20	0,010	0,95			
		max.	0,19	0,54	1,25	0,020	0,006	0,040	0,022		0,85	0,35	0,45	0,030	1,35			0,020

1) Die aus den Tabellenwerten abzuleitenden Unterschiede zwischen der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzen- und der Stückanalyse sind zum Teil kleiner als sie aufgrund der metallurgischen Zusammenhänge erwartet werden. Der Grund liegt darin, dass hier die Grenzwerte für die chemische Zusammensetzung nach der Stückanalyse nur auf den bei der Begutachtung erfassten Schmelzen beruhen. Daher werden die Werte nach Vorliegen weiterer Unterlagen überprüft.

2) Falls die angegebenen Grenzgehalte nach der Schmelzenanalyse überschritten werden, sind die Grenzgehalte nach der Stückanalyse maßgebend.

3) Werden diese Werte überschritten und Gehalte in den Stückanalysen bis zu $P \leq 0{,}015$ %, $S \leq 0{,}015$ %, $Mo \leq 0{,}63$ %, $Cu \leq 0{,}18$ %, $Sn \leq 0{,}016$ % und $N_{ges} \leq 0{,}015$ % in Anspruch genommen, so hat der Sachverständige bis auf weiteres zu prüfen, ob Schweißsimulationsversuche und gegebenenfalls Tangentialschliffuntersuchungen notwendig sind. Ist im Rahmen der Weiterverarbeitung eine Zwischenglühung bei 550 °C vorgesehen, so ist die Zulässigkeit dieser Glühtemperatur im Rahmen der vorgenannten Versuche oder Untersuchungen nachzuweisen. Prüfumfang und -durchführung sind mit dem Sachverständigen zu vereinbaren. Die Prüfungen können entfallen, wenn dies im Werkstoffgutachten festgelegt ist.

4) Bei Vergütungswanddicken kleiner gleich 30 mm sind C-Gehalte der Schmelzenanalyse von größer gleich 0,14 % bis kleiner gleich 0,18 % und der Stückanalyse von größer oder gleich 0,12 % bis kleiner oder gleich 0,20 % zulässig.

Tabelle A 3-1: Chemische Zusammensetzung der Stahlsorten nach der Schmelzen- und Stückanalyse

Stahlsorte	Wärmebehandlungswanddicke in mm	Zugfestigkeit R_m in N/mm²	Streckgrenze R_{eH} in N/mm² [1] mindestens	Probenrichtung	Bruchdehnung A in % mindestens	Brucheinschnürung Z in % mindestens	
						Einzelwert	Mittelwert
15 MnNi 6 3	≤ 70	490 bis 610	330	längs	24	45	—
				quer	22	45	—
	> 70 ≤ 130	470 bis 590	310	quer	22	45	—
				längs	24	45	—
				senkrecht	—	35	45
20 MnMoNi 5 5	≥ 15 ≤ 100	570 bis 710	430	längs/quer	19	45	—
	< 100 ≤ 200	560 bis 700	390	längs/quer	19	45	—
				senkrecht	—	35	45
15 NiCuMoNb 5 S	≤ 60	610 bis 760	440	längs	19	—	—
				quer	17	—	—
				senkrecht	—	25	35

[1] Wenn die Streckgrenze nicht ausgeprägt ist, gelten die Werte für die 0,2 %-Dehngrenze.

Tabelle A 3-2: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur

Stahlsorte	Prüftemperatur in °C	Zugfestigkeit R_m in N/mm² mindestens		0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm² mindestens		Bruchdehnung A in % mindestens (längs oder quer)
		für Wärmebehandlungswanddicken in mm				
		≤ 70	> 70 ≤ 130	≤ 70	> 70 ≤ 130	
15 MnNi 6 3	100	420	400	285	260	
	145	415	375	275	240	
	200	400	375	245	220	
	250	400	375	220	200	
	300	400	375	210	190	
	350	390	375	190	170	
		für Wärmebehandlungswanddicken in mm				
		≥ 15 ≤ 100	> 100 ≤ 200	≥ 15 ≤ 100	> 100 ≤ 200	
20 MnMoNi 5 5	100	530	530	412	370	16
	200	513	510	392	360	
	300	513	510	371	350	
	350	513	510	363	343	
	375	505	505	358	330	
	400	500	500	353	320	
		für Wärmebehandlungswanddicken in mm				
		≤ 60		≤ 60		
15 NiCuMoNb 5 S	100	540		422		
	150	530		412		
	200	520		402		
	250	520		392		
	300	520		382		
	350	510		373		
	400	500		343		

Tabelle A 3-3: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Stahlsorte	Nennwand-dicke s in mm	Wertart[1]	Schlagenergie in J bei der Temperatur in °C mindestens						Seitliche Breitung in mm bei der Temperatur in °C mindestens			
			-20	0	+5	+20	+33	Hoch-lage [2]	-20	+5	+33	Hoch-lage [2]
15 MnNi 6 3	≤ 130	MW	80	110	130	130	130	130				
		EW	68	90	100	100	100	100	0,9	1,3	1,3	1,3
20 MnMoNi 5 5	≤ 200	MW		41 [4]								
		EW		34 [4]			68 [3]	100			0,9	1,3
15 NiCuMoNb 5 S	≤ 60	MW	60	80		95						
		EW	42	56		66	68 [3]	100			0,9	1,3

1) MW : Mittelwert aus drei Proben; EW : Einzelwert.

2) Die Prüfung erfolgt im Allgemeinen bei 80 °C. Die Prüfung kann entfallen, wenn die Erfüllung der Forderungen bereits bei einer tieferen Temperatur nachgewiesen wurde.

3) Auf Vereinbarung in der Bestellung gilt diese Anforderung auch bei tieferen Temperaturen, jedoch nicht tiefer als 0 °C.

4) Bei Längsproben betragen die Mindestwerte 60 J für den Mittelwert und 51 J für den Einzelwert.

Tabelle A 3-4: Kennwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung im Kerbschlagbiegeversuch Querproben

Stahlsorte	Nachweis erforderlich	Simulierendes Spannungsarmglühen	
		Temperatur in °C	Haltedauer [1] in min
15 MnNi 6 3	ja	560 bis 580	900
20 MnMoNi 5 5	ja	600 bis 620	900
15 NiCuMoNb 5 S	ja	600 bis 620	900

1) Diese Angaben gelten nur dann, wenn bei der Bestellung keine anderen Angaben gemacht worden sind.

Tabelle A 3-5: Notwendigkeit des Nachweises der mechanischen Eigenschaften im simulierend spannungsarmgeglühten Zustand und Durchführung des simulierenden Spannungsarmglühens

Stahlsorte	Normalglühen °C	Temperaturbereich für Vergüten		Spannungsarmglühen [3] °C
		Austenitisieren °C	Anlassen °C	
15 MnNi 6 3	880 bis 960 [1]			530 bis 580
20 MnMoNi 5 5		870 bis 930 [2]	630 bis 690	580 bis 620
15 NiCuMoNb 5 S		900 bis 980 [1]	640 bis 680	580 bis 620
		880 bis 930 [4]	640 bis 690 [4]	580 bis 620

1) Nach Erreichen der Temperatur über den gesamten Querschnitt Abkühlen an ruhender Luft.

2) Abkühlung in Wasser.

3) Bei mehrfachen Spannungsarmglühungen gilt die angegebene Temperaturspanne für die letzte Spannungsarmglühung. Vorausgehende Spannungsarmglühungen können bei 530 °C bis 570 °C durchgeführt werden.

4) Abkühlen in Öl oder Wasser. Diese Behandlung wird bei größeren Wärmebehandlungswanddicken angewendet, um die Mindesttemperatur von 640 °C für das Anlassen einhalten zu können.

Tabelle A 3-6: Angaben zur Wärmebehandlung

Stahlsorte	Nenn-wanddicke s in mm	Thermisches Trennen Vorwärmtemperatur T_V	Schweißen [1] Vorwärmtemperatur T_V und Zwischenlagentemperatur T_Z	Schweißen [1] Haltetemperatur [2] T_H	Schweißen [1] Abkühlzeit $t_{8/5}$ in s	Grenzwanddicke für den Verzicht auf das Spannungsarmglühen nach dem Schweißen in mm
15 MnNi 6 3	$s \le 15$	Raumtemp. $\le T_V$	Raumtemp. $\le T \le 150$ °C	Raumtemp. $\le T_H$	8 bis 25	38 [5]
	$15 < s \le 30$	Raumtemp. $\le T_V$	80 °C $\le T \le$ 180 °C	Raumtemp. $\le T_H$		
	$30 < s \le 50$	100 °C $\le T_V$	100 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	100 °C $\le T_H$		
	$s > 50$	120 °C $\le T_V$	120 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	120 °C $\le T_H$		
20 MnMoNi 5 5	$s \ge 15$	150 °C $\le T_V \le$ 250 °C	150 °C $\le T \le$ 250 °C [3]	150 °C $\le T_H \le$ 250 °C [4]	7 bis 25	Spannungsarmglühen ist immer erforderlich
				120 °C $\le T_H \le$ 180 °C [6]		
15 NiCuMoNb 5 S	$s \le 15$	Raumtemp. $\le T_V$	80 °C $\le T \le$ 150 °C	Raumtemp. $\le T_H$	10 bis 30	
	$15 < s \le 30$	Raumtemp. $\le T_V$	100 °C $\le T \le$ 180 °C	100 °C $\le T_H$		
	$30 < s \le 50$	100 °C $\le T_V$	120 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	120 °C $\le T_H$		
	$s > 50$	120 °C $\le T_V$	120 °C $\le T \le$ 220 °C [3]	120 °C $\le T_H$		

1) Wird durch Schweißversuche entsprechend KTA 3211.3 nachgewiesen, dass die für den Anwendungsfall geforderten Eigenschaften auch durch andere als die hier aufgeführten Bedingungen mit ausreichender Sicherheit erreicht werden, so können diese Bedingungen angewendet werden.

2) Definition siehe DIN EN ISO 13916.

3) Beim Schweißplattieren, höchstens 180 °C.

4) Das Bauteil ist aus der Schweißwärme einer Nachwärmung von mehr als 2 Stunden bei etwa 280 °C oder einer verzögerten Abkühlung zu unterziehen, sofern nicht aus der Schweißwärme unmittelbar die Spannungsarmglühung durchgeführt, oder das Schutzgasschweißverfahren angewendet wird.

5) Bei einfacher geometrischer Form und 100 % zerstörungsfreier Prüfung der Schweißnähte darf die Grenzwanddicke bis auf ≤ 50 mm angehoben werden, sofern nicht besondere Forderungen hinsichtlich des Wärmebehandlungszustandes gestellt werden.

6) Beim Schweißplattieren.

Tabelle A 3-7: Angaben zum thermischen Trennen und zum Schweißen sowie Grenzwanddicken für das Spannungsarmglühen

A 4 Gussstücke für Gehäuse aus ferritischem Stahlguss der Werkstoffgruppe W I

A 4.1 Allgemeines

Der Abschnitt A 4 legt die Einzelheiten zur Herstellung, chemischen Zusammensetzung, zu den kennzeichnenden mechanisch-technologischen Eigenschaften und zur Wärmebehandlung sowie zur Weiterverarbeitung der Stahlgusssorte

GS-C 25 S

für Gehäuse fest.

Hinweis:
Bei den folgenden Festlegungen handelt es sich um vorläufige Angaben, da die ergänzende Begutachtung der Stahlgusssorte GS-C 25 S hinsichtlich der Einhaltung der Forderungen, die über die an die Stahlgusssorte GP240GH (Werkstoffnummer 1.0619) nach DIN EN 10213 gestellten Anforderungen hinausgehen, nicht abgeschlossen wurde und eine Einzelbegutachtung vorzunehmen ist.

A 4.2 Herstellung der Stähle

Die Stähle sind nach dem Sauerstoffaufblas-Verfahren oder im Elektroofen zu erschmelzen. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

A 4.3 Werkstoffkennwerte

A 4.3.1 Chemische Zusammensetzung

Für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse gelten die in **Tabelle A 4-1** festgelegten Werte.

A 4.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

(1) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur einschließlich der Mindestwerte der Bruchdehnung sind in **Tabelle A 4-2** festgelegt.

(2) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 4-3** festgelegt. Der Nachweis ist nur dann erforderlich, wenn die Auslegungstemperatur bei der Stahlgusssorte GS-C 25 S größer als 100 °C ist, soweit im Gutachten des Sachverständigen nichts anderes festgelegt ist.

(3) Die Kennwerte der Schlagenergie sind in **Tabelle A 4-4** festgelegt.

(4) Die Angaben für die Schlagenergie in J gelten für Normproben mit einer Probenbreite von 10 mm.

(5) Der Nachweis der mechanisch-technischen Eigenschaften ist gemäß **Tabelle A 4-6** zu führen.

A 4.3.3 Physikalische Eigenschaften

Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind dem **Anhang AP** zu entnehmen.

A 4.4 Angaben zur Wärmebehandlung

Anhaltswerte zum Wärmebehandeln sind in **Tabelle A 4-5** angegeben.

Stahlsorte	Nachweis an	Grenzwert	Massenanteile in %													
			C	Si	Mn	P	S	Al_{ges}	N	As	Cr	Cu	Mo	Ni	Sn	V
GS-C 25 S	Schmelze	min.	0,18	0,30	0,50	—	—	0,020	—	—	—	—	—	—	—	—
		max.	0,22	0,60	1,10	0,015	0,010	0,070	0,015	—	0,30	0,18	—	—	—	0,02
	Stück	min.	0,18	0,30	0,50	—	—	0,020	—	—	—	—	—	—	—	—
		max.	0,22	0,60	1,10	0,015	0,012	0,070	0,015	—	0,30	0,18	—	—	—	0,02

Tabelle A 4-1: Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und der Stückanalyse

Stahlsorte	Nenndicke in mm höchstens	0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm^2 mindestens	Zugfestigkeit R_m in N/mm^2	Bruchdehnung A in % mindestens
GS-C 25 S	100	245	440 bis 590	22

Tabelle A 4-2: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur

Stahlsorte	0,2 %-Dehngrenze [1] $R_{p0,2}$ in N/mm^2 mindestens bei der Temperatur in °C						Zugfestigkeit [1] R_m in N/mm^2 mindestens bei der Temperatur in °C						Bruchdehnung [1] A in % mindestens bei der Temperatur in °C					
	100	200	250	300	350	400	100	200	250	300	350	400	100	200	250	300	350	400
GS-C 25	(205)	175	(160)	145	135	130	(410)	(400)	(400)	(390)	(375)	(355)	(21)	(20)	(19)	(18)	(20)	(25)

[1] Die in Klammern angegebenen Werte bedürfen noch der statistischen Absicherung.

Tabelle A 4-3: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Stahlsorte	Schlagenergie in J mindestens bei 0 °C		Schlagenergie in J mindestens bei 33 °C [1]	Hochlage [2] der Schlagenergie in J mindestens
	Mittelwert aus drei Proben	Einzelwert	Einzelwert	Einzelwert
GS-C 25 S	41	34	68	100

[1] Auf Vereinbarung in der Bestellung gilt diese Anforderung auch bei tieferer Temperatur, jedoch nicht unterhalb + 5 °C.

[2] Geprüft wird im Allgemeinen bei 80 °C.

Tabelle A 4-4: Kennwerte der Schlagenergie

Stahlsorte	Vergüten		Vorwärmen	Spannungsarmglühen [3]
	Härten °C	Anlassen °C	°C	°C
GS-C 25 S	900 bis 940 [1]	650 bis 700	100 bis 250 [2]	580 bis 620

[1] Abschrecken in Öl oder Wasser.
[2] Bei Vorliegen ausreichender Erfahrungen kann auf das Vorwärmen verzichtet werden.
[3] Gegebenenfalls sind für das Spannungsarmglühen höhere Temperaturen bis 30 K unterhalb der tatsächlich angewendeten Anlasstemperatur zulässig.

Tabelle A 4-5: Angaben zur Wärmebehandlung und zum Vorwärmen vor dem Schweißen und thermischen Trennen sowie zum Spannungsarmglühen

Stahlsorte	Nachweis erforderlich	Simulierendes Spannungsarmglühen	
		Temperatur in °C	Haltedauer in min
GS-C 25 S	ja	600 bis 620	900

Tabelle A 4-6: Notwendigkeit des Nachweises der mechanisch-technologischen Eigenschaften im simulierend spannungsarmgeglühten Zustand und Durchführung des simulierenden Spannungsarmglühens

A 5 Hochfeste Vergütungsstähle für Schrauben und Muttern

A 5.1 Allgemeines

Der Abschnitt A 5 legt die Einzelheiten zur Herstellung, chemischen Zusammensetzung, zu den kennzeichnenden mechanisch-technologischen Eigenschaften und zur Wärmebehandlung sowie zur Weiterverarbeitung der hochfesten Vergütungsstähle für Schrauben und Muttern fest. Diese Festlegungen gelten sowohl für gewalzte oder geschmiedete Stäbe wie für die aus den Stäben hergestellten Schrauben und Muttern.

A 5.2 Herstellung der Stähle und Lieferzustand

A 5.2.1 Herstellung

Hinweis:
Die Stähle sind hochfeste Vergütungsstähle mit festgelegten Mindestwerten der Warmfestigkeitseigenschaften.

(1) Die Stähle sind nach dem Sauerstoffaufblas-Verfahren oder im Elektroofen zu erschmelzen. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen. Die Stahlsorten 26 NiCrMo 14 6 und 34 CrNiMo 6 S sind pfannenmetallurgisch nachzubehandeln oder im Vakuum oder nach dem Elektroschlacke-Umschmelzverfahren umzuschmelzen.

(2) Die Stähle sind besonders beruhigt herzustellen.

A 5.2.2 Lieferzustand

Die Stähle sind im vergüteten Zustand oder im vergüteten und spannungsarmgeglühten Zustand auszuliefern.

A 5.3 Werkstoffkennwerte

A 5.3.1 Chemische Zusammensetzung

Für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse gelten die in **Tabelle A 5-1** festgelegten Werte.

Tabelle A 5-2 gibt die zulässigen Abweichungen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse von den Grenzwerten der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse an.

A 5.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

(1) Die mechanisch-technologischen Eigenschaften gelten für den Lieferzustand. Die Werte sind an Längsproben von den Probenentnahmeorten nach Abschnitt 8 nachzuweisen.

(2) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur einschließlich der Mindestwerte der Brucheinschnürung sind in **Tabelle A 5-3** festgelegt.

(3) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 5-4** festgelegt.

(4) Die Kennwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung sind in **Tabelle A 5-5** festgelegt.

A 5.3.3 Physikalische Eigenschaften

Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind dem **Anhang AP** zu entnehmen.

A 5.4 Angaben zur Wärmebehandlung

Angaben für die Wärmebehandlung sind in **Tabelle A 5-6** enthalten.

A 5.5 Weiterverarbeitung

Es darf nur eine spanende Bearbeitung erfolgen.

Hinweis:
Ein Warm- oder Kaltumformen (Gewinderollen gilt nicht als Kaltumformen) ist nicht vorgesehen.

Stahlsorte	Grenzwert	Massenanteile in %									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Al_{ges}
20 NiCrMo 14 5	min.	0,18	0,15	0,30	—	—	1,20	0,25	3,40	—	0,020
	max.	0,25	0,40	0,50	0,020	0,010	1,50	0,50	4,00	—	0,050
26 NiCrMo 14 6	min.	0,25	—	0,20	—	—	1,20	0,35	3,30	—	0,020
	max.	0,30	0,30	0,50	0,020	0,010	1,70	0,55	3,80	0,08 [1)]	0,050
34 CrNiMo 6 S	min.	0,30	0,15	0,40	—	—	1,40	0,15	1,40	—	—
	max.	0,38	0,40	0,70	0,020	0,010	1,70	0,35	1,70	—	—

[1)] Werte größer 0,08 bis kleiner als oder gleich 0,12 % dürfen im Rahmen einer Einzelbegutachtung zugelassen werden.

Tabelle A 5-1: Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse von hochfesten Vergütungsstählen für Schrauben und Muttern

Element	Zulässige Grenzabweichung [1)] der Werte nach der Stückanalyse Massenanteile in %
C	± 0,02
Si	± 0,03
Mn	± 0,04
P	+ 0,005
S	+ 0,005
Al	± 0,005
Cr	± 0,05
Mo	± 0,04
Ni	± 0,05 [2)]
V	+ 0,02

[1)] Werden bei einer Schmelze mehrere Stückanalysen durchgeführt und ergeben sich dabei Abweichungen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse von den zulässigen Werten für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse, so dürfen für ein bestimmtes Element entweder nur Überschreitungen oder nur Unterschreitungen der Grenzwerte nach **Tabelle A 5-1** auftreten.

[2)] Bei zulässigen Nickelgehalten von 2,00 bis 4,00 % nach der Schmelzenanalyse sind Abweichungen der Werte nach der Stückanalyse von 0,07 % Ni zulässig.

Tabelle A 5-2: Zulässige Abweichungen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse von den Grenzwerten der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse

Stahlsorte	Durchmesser (Stäbe) in mm	0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm² mindestens	Zugfestigkeit R_m in N/mm²	Bruchdehnung A in % mindestens	Brucheinschnürung Z in % mindestens
20 NiCrMo 14 5 (I)	≤ 130	940	1040 bis 1240	14	55
20 NiCrMo 14 5 (II)		980	1080 bis 1280	14	55
26 NiCrMo 14 6		940	1040 bis 1240	14	50
34 CrNiMo 6 S		830	930 bis 1130	16	45

Tabelle A 5-3: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur

Stahlsorte	Durchmesser (Stäbe) in mm	0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm² bei		Zugfestigkeit R_m in N/mm² bei		Bruchdehnung A in % bei		Brucheinschnürung Z in % bei	
		300 °C	350 °C	300 °C	350 °C	300 °C	350 °C	300 °C	350 °C
20 NiCrMo 14 5 (I)	≤ 130	785	735	860	840	14	14	55	55
20 NiCrMo 14 5 (II)		830	785	900	880	14	14	55	55
26 NiCrMo 14 6		790	785	860	820	14	14	45	45
34 CrNiMo 6 S		630	560	760	735	16	16	45	45

Tabelle A 5-4: Mindestwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Stahlsorte	Durchmesser (Stäbe) in mm	Schlagenergie in J		Seitliche Breitung in mm
		Mittelwert	Einzelwert	Einzelwert
20 NiCrMo 14 5 (I)	≤ 130	76	61	0,65
20 NiCrMo 14 5 (II)		76		
26 NiCrMo 14 6		72		
34 CrNiMo 6 S		76		

Tabelle A 5-5: Kennwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung an Längsproben bei 20 °C

Stahlsorte	Temperaturbereich in °C für Austenitisieren	Abkühlmittel	Temperaturbereich in °C für	
			Anlassen	Spannungsarmglühen
20 NiCrMo 14 5 (I)	840 bis 900	Wasser oder Öl	520 bis 600	430 bis 470
20 NiCrMo 14 5 (II)	800 bis 900		500 bis 580	430 bis 470
26 NiCrMo 14 6	840 bis 870		530 bis 580	450 bis 500
34 CrNiMo 6 S	820 bis 870		550 bis 640	450 bis 500

Tabelle A 5-6: Angaben für die Wärmebehandlung der hochfesten Vergütungsstähle für Schrauben und Muttern

A 6 Stäbe für Schrauben und Muttern; ergänzende Festlegungen

A 6.1 Allgemeines

(1) Der Abschnitt A 6 gilt ergänzend für die in **Tabelle A 6-1** genannten Stahlsorten bei Verwendung für Schrauben und Muttern im Geltungsbereich dieser Regel.

(2) Die Festlegungen gelten für gewalzte oder geschmiedete Stäbe und für die daraus hergestellten Schrauben und Muttern.

A 6.2 Abmessungsgrenzen

Die in **Tabelle A 6-1** aufgeführten Stahlsorten dürfen bis zu den dort genannten Abmessungsgrenzen verwendet werden.

A 6.3 Kerbschlagbiegeversuch

Die im Kerbschlagbiegeversuch unter Berücksichtigung der Festlegungen nach Abschnitt 8.3 bei 20 °C mit Längsproben nachzuweisenden Werte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung sind in **Tabelle A 6-1** angegeben.

A 6.4 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Die Werte der Zugfestigkeit für erhöhte Temperaturen sind in **Tabelle A 6-1** angegeben.

Stahlsorte			Durch messer in mm	Schlagenergie in J (Längsproben) bei Raumtemperatur		Seitliche Breitung in mm bei Raumtemperatur	Zugfestigkeit R_m in N/mm² mindestens bei der Temperatur	
Kurzname	Wärmebehandlungszustand	Anforderungen ergänzend zu		Mittelwert mindestens	Einzelwert mindestens	Einzelwert mindestens	300 °C	350 °C
C35E	+QT	DIN EN 10269	≤ 60	55	39	0,60	400	390
25CrMo4	+QT		≤ 100	60	42	0,60	460	440
21CrMoV5-7	+QT		≤ 100	63	52	0,60	590	560
X22CrMoV12-1	+QT1		≤ 60	52	36	—	620	600
X 8 CrNiMoBNb 16 -16 + wk	+ wk	VdTÜV-Werkstoffblatt 113/2	≤ 80	52	36	—	530	505

Tabelle A 6-1: Grenzen der zulässigen Abmessungen und ergänzende Festlegungen für Stähle für Schrauben und Muttern

A 7 Gussstücke aus dem martensitischen Stahl G-X4 CrNi 13 4 (1.4317); ergänzende Festlegungen

A 7.1 Allgemeines

Der Abschnitt A 7 gilt ergänzend zu den Festlegungen im VdTÜV-Werkstoffblatt 452 bei Verwendung von Gussstücken aus dem martensitischen Stahl G-X4 CrNi 13 4 (1.4317) im Geltungsbereich dieser Regel.

A 7.2 Chemische Zusammensetzung

(1) Abweichend von den Angaben im VdTÜV-Werkstoffblatt 452 gelten die in **Tabelle A 7-1** festgelegten Einschränkungen für die Schmelzen- und Stückanalyse.

(2) Bei Betriebstemperaturen im Dauerbetrieb über 300 °C ist das Verhältnis des Cr-Äquivalents zum Ni-Äquivalent kleiner als 2,0 einzustellen.

Cr-Äquivalent = % Cr + % Mo + 1,5 · % Si

Ni-Äquivalent = % Cr + % Mo + 1,5 · % Si

Element	Schmelze max. Gew.-%	Stück max. Gew.-%
P	0,020	0,025
S	0,015	0,020

Tabelle A 7-1: Einschränkungen der chemischen Zusammensetzung gegenüber VdTÜV-Werkstoffblatt 452

A 7.3 Mechanisch-technologische Eigenschaften

In Prüfgruppe A 1 gelten abweichend von den Angaben im VdTÜV-Werkstoffblatt 452 die in **Tabelle A 7-2** festgelegten Mindestanforderungen für die Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch, wobei nur ein Einzelwert des Probensatzes den spezifizierten Mittelwert unterschreiten darf.

Prüfbereich	Mittelwert aus 3 Proben in J	Kleinster Einzelwert in J
Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone [1)]	70	50
Schweißgut [1)] (vergütet)	70	50
Schweißgut [1)] (angelassen/spannungsarmgeglüht)	50	35

[1)] Der Nachweis hat im Rahmen der Verfahrens- oder Arbeitsprüfung zu erfolgen.

Tabelle A 7-2: Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch (Mindestanforderungen) bei Raumtemperatur für Gussstücke in Prüfgruppe A1

Anhang AP

Anhaltsangaben über physikalische Eigenschaften

AP 1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Anhaltsangaben über

a) die spezifische Dichte,
b) den dynamischen Elastizitätsmodul,
c) den mittleren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten,
d) die mittlere spezifische Wärmekapazität und
e) die Wärmeleitfähigkeit

für die in den Abschnitten A 1 bis A 5 genannten Stahlsorten.

AP 2 Kennwerte

AP 2.1 Allgemeines

Die in der **Tabelle AP-1** aufgeführten Kennwerte der physikalischen Eigenschaften sind Anhaltsangaben, die auf der Grundlage von Messungen an einzelnen Schmelzen und von Schrifttumsangaben [3] zusammengestellt sind.

AP 2.2 Ermittlung der Kennwerte

Für die Ermittlung der hier genannten Kennwerte physikalischer Eigenschaften gibt es zurzeit keine genormten Verfahren.

AP 2.3 Streubreite der Kennwerte

(1) Änderungen in der chemischen Zusammensetzung und der Wärmebehandlung bewirken eine gewisse Streuung der physikalischen Eigenschaften. Besonders stark beeinflusst eine etwaige Kornorientierung die Werte des Elastizitätsmoduls.

(2) Unterschiede zwischen den angewendeten Messverfahren können zu einer zusätzlichen Streuung führen.

(3) Für eine statistische Beurteilung der Zuverlässigkeit reichen die derzeit verfügbaren Unterlagen nicht aus.

(4) Die Angaben zur Streubreite der Kennwerte in den Fußnoten 1 bis 5 zur **Tabelle AP-1** sind dem Schrifttum entnommen. Sie machen eine Aussage über die durchschnittliche Streubandbreite der dort erfassten Messwerte.

Stahlsorte	Spezifische Dichte [1] in 10^6 g/m^3	Dynamischer Elastizitätsmodul [2] in 10^3 N/mm^2 bei der Temperatur in °C						Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient [3] in 10^{-6} K^{-1} zwischen 20 °C und der Temperatur in °C					Mittlere spezifische Wärmekapazität [4] in J g^{-1} K^{-1} zwischen 20 °C und der Temperatur in °C					Wärmeleitfähigkeit [5] in W m^{-1} K^{-1} bei der Temperatur in °C					
	bei 20 °C	20	100	200	300	350	400	100	200	300	350	400	100	200	300	350	400	20	100	200	300	350	400
15 MnNi 6 3	7,85	211	206	198	191	187		12,4	12,9	13,3	13,6							42	43	42	41	40	
15 NiCuMoNb 5 S	7,84	210	206	199	191		183	12,4	13,0	13,6		14,1						44	44	43	42		40
20 MnMoNi 5 5	7,86	211	206	199	192		184	12,7	13,2	13,6		14,0						44	44	43	41		39
20 NiMoCr 14 5	7,84	205	200	191	182			11,2	11,6	12,1	12,2							29	30	31	31		31
26 NiMoCr 14 6	7,84	205	200	191	182			11,2	11,6	12,1	12,2							29	30	31	31		31
34 CrNiMo 6 S	7,84	205	200	191	182			12,5	13,2	13,7		14,2						34	36	37	37		36
C 22.8 S	7,80	212	205	200	192		183	12,5	13,1	13,6		14,0	0,46	0,49	0,51	0,52	0,53	43	43	42	41		39
GS-C 25 S	7,83	211	204	196	186		177	12,2	12,9	13,4		13,9						43	43	42	41		39
WStE 255 S	7,85	212	207	200	192		184	12,3	12,8	13,3		13,8						42	43	43	42		40
WStE 285 S	7,85	212	207	200	192		184	12,3	12,8	13,3		13,8						42	43	43	42		40
WStE 315 S	7,84	212	207	200	192		184	12,3	12,8	13,3		13,8						42	43	43	42		40
WStE 355 S	7,83	212	207	200	192		184	12,3	12,8	13,3		13,8						42	43	43	42		40

[1] Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10^6 g/m^3.
[2] Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10^3 N/mm^2.
[3] Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10^{-6} K^{-1}.
[4] Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 J g^{-1} K^{-1}.
[5] Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 3,5 W m^{-1} K^{-1} bei ferritischen Stählen, ± 1,5 W m^{-1} K^{-1} bei austenitischen Stählen.

Tabelle AP-1: Anhaltsangaben über die spezifische Dichte, den dynamischen Elastizitätsmodul und den mittleren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Stahlsorten nach Anhang A 1 bis A 5

Anhang B

Fertigungsschweißungen an Gussstücken aus Stahl

B 1 Allgemeines

Dieser Anhang gilt für Fertigungsschweißungen an Gussstücken aus Stahl zusätzlich zu den Festlegungen in DIN EN 1559-2 und DIN EN ISO 11970.

Hinweis:

Fertigungsschweißungen sind nur dann anzuwenden, wenn eine Beseitigung der Fehler auf anderem Wege ohne Unterschreitung der Nenndicke nicht möglich ist.

B 2 Voraussetzungen

(1) Die allgemeinen Forderungen nach Abschnitt 3 müssen erfüllt sein.

(2) Fertigungsschweißungen sowie deren Prüfung und Dokumentation sollen sich entsprechend dem Fertigungsschema nach **Bild 5.7-1** in den Herstellungsgang der Gussstücke einordnen. Die einzelnen Fertigungsschritte sollen in der beschriebenen Reihenfolge eingehalten werden. Bei Abweichungen von der Standardfertigungsfolge ist eine Vorprüfung der Fertigungsschrittfolge erforderlich. Unterschieden wird zwischen dem Vorgehen 1 - Fertigungsschweißen mit anschließendem Vergüten oder Lösungsglühen und Abschrecken - einerseits sowie dem Vorgehen 2 - Fertigungsschweißen ohne anschließendes Vergüten oder Lösungsglühen und Abschrecken - andererseits.

(3) Falls die Gussstücke nach dem Fertigungsschweißen nicht vergütet oder lösungsgeglüht und abgeschreckt werden, z. B. aufgrund des Bearbeitungszustandes, muss, soweit dies in Abschnitt 11.8 gefordert wird, die Zustimmung des Sachverständigen zum Fertigungsschweißen vorliegen. In diesem Fall sind die Fertigungsschweißungen entsprechend **Bild 5.7-1** zu dokumentieren.

(4) Als größere Fertigungsschweißung gilt jede zum Fertigungsschweißen vorbereitete Stelle, deren Tiefe 40 % der Wanddicke oder folgende Werte überschreitet:

a) für Anschweißenden und Gusskörper: 25 mm,

b) für Nebenbereiche: 40 mm.

(5) Bei größeren Fertigungsschweißungen, die anschließend vergütet oder lösungsgeglüht und abgeschreckt werden, ist der Sachverständige rechtzeitig vor der Durchführung der Schweißungen zu unterrichten. Ein Anhalten des Fertigungsablaufes ist nicht erforderlich.

(6) Bei kleinen Fertigungsschweißungen, die anschließend vergütet oder lösungsgeglüht und abgeschreckt werden, braucht der Sachverständige nicht unterrichtet zu werden.

B 3 Schweißzusätze und -hilfsstoffe

Die Schweißzusätze und -hilfsstoffe müssen den Anforderungen nach KTA 1408.1, KTA 1408.2 und KTA 1408.3 Abschnitt 3 genügen.

B 4 Wärmeführung beim Schweißen und Wärmebehandlung nach dem Schweißen

(1) Beim Schweißen sowie bei allen Schneid- und Fugarbeiten ist die entsprechend festgelegte Vorwärmtemperatur einzuhalten.

(2) Die Schweißbedingungen und Schweißparameter für ferritische und martensitische Stahlgusssorten sind so zu wählen, dass werkstoffbezogen möglichst niedrige Härtewerte erreicht werden. Durch Arbeitsproben ist nachzuweisen, dass Härtewerte von 350 HV 10 nicht überschritten werden.

(3) Fertigungsschweißungen sind entsprechend **Bild 5.7-1** wärmezubehandeln.

(4) Die Zuordnung der Gussstücke zum Wärmebehandlungslos muss sichergestellt sein.

B 5 Verfahrensprüfungen

(1) Für sämtliche zu verschweißenden Werkstoffe und Schweißverfahren ist je vorgesehener Wärmebehandlung, Schweißposition und Wanddicke vor Beginn der Fertigungsschweißung eine Verfahrensprüfung nach DIN EN ISO 11970 und nach den nachfolgenden Festlegungen durchzuführen.

(2) Die für einen bestimmten Stahl abgelegte Verfahrensprüfung gilt innerhalb der in KTA 3211.3 festgelegten Grenzen auch für andere Stähle.

(3) Die Gültigkeitsdauer einer Verfahrensprüfung beträgt 24 Monate nach erfolgreichem Abschluss der Verfahrensprüfung. Stichtag hierfür ist die schriftliche Stellungnahme des Sachverständigen. Sie verlängert sich, wenn innerhalb dieser 24 Monate die Fertigung aufgenommen wird und Arbeitsprüfungen nach Abschnitt C 6 abgelegt werden, um weitere 24 Monate, gerechnet vom Gültigkeitsbeginn der Arbeitsprüfung.

(4) Wird die Fertigung nicht innerhalb von 24 Monaten nach erfolgreichem Abschluss der Verfahrensprüfung aufgenommen oder länger als 24 Monate unterbrochen, gilt die erste Arbeitsprüfung vor Aufnahme oder Wiederaufnahme der Fertigung als Wiederholung der Verfahrensprüfung. Für den Prüfumfang dieser Arbeitsprüfung sowie für den Gültigkeitsbeginn und die Gültigkeitsdauer gelten die Festlegungen der erstmaligen Verfahrensprüfung.

(5) Vor Durchführung der Verfahrensprüfung ist dem Sachverständigen ein Schweißplan und, wenn erforderlich, ein Wärmebehandlungsplan vorzulegen.

(6) Es ist für die Verfahrensprüfung nicht erforderlich, die gleichen Schmelzen des Grundwerkstoffs sowie die gleichen Chargen von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen zu verwenden wie bei der Bauteilschweißung.

(7) Die Schweißung ist unter Dehnungsbehinderung auszuführen.

(8) Bei Verfahrensprüfungen sind Schweißprotokolle zu führen. Hierfür sind die Vordrucke nach KTA 3211.3 oder inhaltsgleiche Formblätter zu verwenden.

(9) Der Prüfumfang für die Verfahrensprüfungen nach DIN EN ISO 11970 ist in **Tabelle B-1** festgelegt. **Tabelle B-2** enthält zusätzlich Festlegungen zum technologischen Biegeversuch.

(10) Vorliegende Verfahrensprüfungen, die noch gültig sind, deren Erprobungsumfang jedoch nicht vollständig den Festlegungen der **Tabelle B-1** entspricht, können durch ergänzende Erprobung in einer vorlaufenden Arbeitsprüfung erweitert werden.

B 6 Arbeitsprüfungen

(1) Je Geltungsbereich der Verfahrensprüfung hat der Hersteller während der Fertigung im Beisein des Sachverständigen jährlich eine Arbeitsprüfung durchzuführen. Neben den

Festlegungen dieses Abschnitts ist KTA 3211.3 Abschnitt 5 zu berücksichtigen.

(2) Arbeitsprüfungen an einem Stahl der Werkstoffgruppe W I decken Arbeitsprüfungen an dem gleichen Stahl bei Verwendung in der Werkstoffgruppe W II ab.

(3) Die Prüfstücke für Arbeitsprüfungen müssen aus einer der abzudeckenden Schmelzen stammen.

(4) Die Schweißzusätze und -hilfsstoffe müssen aus einem der abzudeckenden Herstelllose stammen.

(5) Die Prüfstücke sind von Schweißern zu schweißen, die an der Fertigung beteiligt sind.

(6) Arbeitsprüfungen sind als Durchbruchschweißungen auszuführen. Sie decken sämtliche Ausmuldungsschweißungen ab.

(7) Die Prüfstücke sind simulierend im Einvernehmen mit dem Sachverständigen oder mitlaufend der gleichen Wärmebehandlung zu unterziehen wie das Gussstück.

(8) Prüfumfang und Anforderungen sind in **Tabelle B-3** festgelegt.

B 7 Dokumentation

Die Dokumentation von Verfahrens- und Arbeitsprüfungen einschließlich der zugehörigen Vorprüfunterlagen hat nach den in DIN EN ISO 11970 für Verfahrensprüfungen getroffenen Festlegungen zu erfolgen und ist dem Abnahmezeugnis beizufügen.

Art der Prüfung	Probenzahl, Probenlage, Anforderungen
Zerstörungsfreie Prüfungen	Oberflächenprüfung 100 %, Volumenprüfung 100 %, Prüfdurchführung und Anforderungen gemäß den Festlegungen im Abschnitt 11.8.
Zugversuch (DIN EN ISO 4136 und DIN EN ISO 6892-1)	a) Grundwerkstoff (DIN EN ISO 6892-1) 1 Probe (DIN 50125) bei Raumtemperatur. Anforderungen gemäß den Abschnitten 5.7, 6.7, 7.7 oder 9.2. b) Schweißverbindung (DIN EN ISO 4136) 2 Proben (DIN EN ISO 4136, Bild 2 a) oder b)), parallele Länge L_c = Schweißnahtbreite + mind. 60 mm) bei Raumtemperatur. Zu prüfen sind R_m und Bruchlage (Anforderung an die Zugfestigkeit wie für den Grundwerkstoff). c) Reines Schweißgut (DIN EN ISO 6892-1) Eine Probe (DIN 50125, $L_0 = 5 \cdot d_0$) bei Raumtemperatur. Anforderungen an $R_{p0,2}$, R_m, A, Z, bei Austenit zusätzlich $R_{p1,0}$, wie bei Eignungsprüfung festgelegt.
Kerbschlagbiegeversuch (DIN EN ISO 148-1)	**Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I** Ein Probensatz aus dem Grundwerkstoff bei 0 °C. Je ein Probensatz aus Schweißgut und Wärmeeinflusszone bei 0 °C, 33 °C und 80 °C. Probenlage gemäß **Bild B-1**. Anforderungen siehe Abschnitt 4.3.1. Liegt die Temperatur, bei der 68 J (kleinster Einzelwert) und 0,9 mm seitliche Breitung (kleinster Einzelwert) erreicht werden, zwischen 0 °C und 33 °C, darf der genaue Wert dieser Temperatur als niedrigste zulässige Beanspruchungstemperatur durch Interpolation ermittelt werden. Der Zähbruchanteil ist zu bestimmen. **Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W II** Ein Probensatz aus dem Grundwerkstoff bei 0 °C (20 °C zulässig, wenn die niedrigste Beanspruchungstemperatur > 20 °C und auch das Schweißgut und die Wärmeeinflusszone bei 20 °C geprüft werden). Je ein Probensatz aus Schweißgut und Wärmeeinflusszone bei 0 °C (20 °C zulässig, wenn niedrigste Beanspruchungstemperatur > 20 °C). Probenlage gemäß **Bild B-1**. Anforderungen siehe Abschnitt 4.3.2. Der Zähbruchanteil ist zu ermitteln. **Austenitische Stähle** Je ein Probensatz aus dem Schweißgut bei Raumtemperatur. Probenlage gemäß **Bild B-1**. Anforderungen siehe Abschnitt 4.3.3. **Martensitische Stähle** Ein Probensatz aus dem Grundwerkstoff bei Raumtemperatur. Anforderungen gemäß den Abschnitten 5.7 oder 9.2. Je ein Probensatz aus Schweißgut und Wärmeeinflusszone bei Raumtemperatur. Probenlage gemäß **Bild B-1**. Anforderungen wie an den Grundwerkstoff.
Technologischer Biegeversuch (DIN EN ISO 5173)	Je eine Probe mit Wurzel und Decklage auf der Zugseite; Biegedorndurchmesser und Anforderungen siehe **Tabelle B-2**.

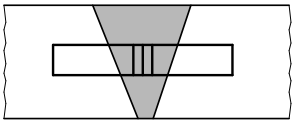
Tabelle B-1: Prüfumfang und Festlegungen für Verfahrensprüfungen für Fertigungsschweißungen an Gussstücken aus Stahl
(Fortsetzung siehe Folgeseite)

Art der Prüfung	Probenzahl, Probenlage, Anforderungen
Chemische Zusammensetzung	Schweißgut Entfällt bei unlegierten Stählen. Nachzuweisende Elemente gemäß Eignungsprüfung der Schweißzusätze.
Metallographische Untersuchungen mit fotografischer Belegung	a) Makroschliff Zu beurteilen: Lagenaufbau, Durchschweißung, Schlacken, Poren. Anforderungen: Einwandfreier Lagenaufbau, einwandfreie Durchschweißung; vereinzelte Schlacken und Poren sind zulässig. b) Mikroschliff, Vergrößerung mindestens 100 : 1 (entfällt bei unlegierten Stählen) Zu beurteilen: Gefüge. Bei Austenit zusätzlich Ermittlung des Deltaferritgehaltes im Schweißgut. Anforderung: Ferritgehalt 4 bis 10 % ist anzustreben; ein geschlossenes Netzwerk ist nicht zulässig.
Härteprüfung HV 10 (DIN EN ISO 6507-1 und DIN EN ISO 6507-4)	nach DIN EN ISO 11970
Nachweis der IK-Beständigkeit (DIN EN ISO 3651-2)	Austenitische Stähle Probenlage: Wurzelseite ohne zusätzliche Sensibilisierungsglühung. Anforderung: Rissfreiheit.

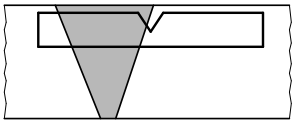
Tabelle B-1: Prüfumfang und Festlegungen für Verfahrensprüfungen für Fertigungsschweißungen an Gussstücken aus Stahl (Fortsetzung)

Stahlgruppe	Zugfestigkeit R_m in N/mm²	Biegedorn-durchmesser	Biegewinkel in Grad	Zulässige Abweichung
Ferritische und martensitische Stähle	$R_m < 430$	2 · Probendicke a	180	Risse dürfen eine Länge von 1,6 mm nicht überschreiten. Aufbrüche, die auf Poren oder Bindefehler zurückzuführen sind, sind zulässig.
	$430 \leq R_m < 460$	2,5 · Probendicke a	180	
	$R_m \geq 460$	3 · Probendicke a	180	Wie für ferritische und martensitische Stähle mit $R_m < 460$ N/mm², jedoch zusätzlich: - Bricht die Probe bei einem Biegewinkel ≥ 90°, muss die Dehnung der Messlänge (L_0 = Schweißnahtbreite + Wanddicke) den Mindestwert der Bruchdehnung A des Grundwerkstoffes erreichen. - Bricht die Probe bei einem Biegewinkel < 90°, muss die Dehnung über die Schweißnahtbreite mindestens 30 % erreichen. Die Bruchfläche muss fehlerfrei aussehen.
Austenitische Stähle		3 · Probendicke a	180	

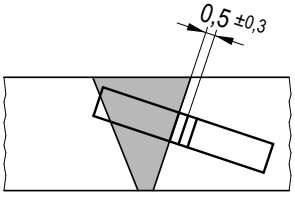
Tabelle B-2: Biegedorndurchmesser für den technologischen Biegeversuch nach DIN EN ISO 5173 im Rahmen von Verfahrensprüfungen für Fertigungsschweißungen an Stahlguss



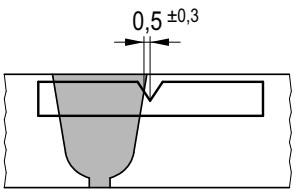
a) Probenlage im Schweißgut



c) Probenlage in WEZ bzw. Übergang



b) Probenlage in WEZ bzw. Übergang



d) nur, wenn b) nicht durchführbar ist

Bild B-1: Lage des Kerbs bei Kerbschlagbiegeproben

Art der Prüfung	Probenzahl, Probenlage, Anforderungen
Zerstörungsfreie Prüfungen	Oberflächenprüfung 100 %, Volumenprüfung 100 %, Prüfdurchführung und Anforderungen entsprechend den Festlegungen für den Grundwerkstoff (siehe Abschnitt 11.8).
Zugversuch (DIN EN ISO 4136, DIN EN ISO 6892-1 und DIN EN ISO 6892-2)	a) Schweißverbindung (DIN EN ISO 4136) 2 Proben (DIN EN ISO 4136, Bild 2 a) oder b)), parallele Länge L_c = Schweißnahtbreite + mind. 60 mm) bei Raumtemperatur. Zu ermitteln sind R_m und Bruchlage (Anforderung an die Zugfestigkeit wie für den Grundwerkstoff). b) Reines Schweißgut (DIN EN ISO 6892-1 und DIN EN ISO 6892-2) Eine Probe (DIN 50125, $L_0 = 5 \cdot d_0$) bei Raumtemperatur und Auslegungstemperatur [1]. Anforderungen an $R_{p0,2}$, R_m, A, Z, bei Austenit zusätzlich $R_{p1,0}$, wie bei Eignungsprüfung festgelegt.
Kerbschlagbiegeversuch (DIN EN ISO 148-1)	**Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W I** Je ein Probensatz aus Schweißgut und Wärmeeinflusszone bei 0 °C und bei der niedrigsten Beanspruchungstemperatur oder bei 33 °C, wenn die Zuordnung zu einer bestimmten Komponente nicht möglich ist. Probenlage gemäß **Bild B-1**. Anforderungen siehe Abschnitt 4.3.1. Liegt die Temperatur, bei der 68 J (kleinster Einzelwert) und 0,9 mm seitliche Breitung (kleinster Einzelwert) erreicht werden, zwischen 0 °C und 33 °C, darf der genaue Wert dieser Temperatur als niedrigste zulässige Beanspruchungstemperatur durch Interpolation ermittelt werden. Ist die Anforderung an die Mindestwerte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung bei der niedrigsten Betriebstemperatur bereits bei 0 °C erfüllt, entfällt die Prüfung bei höherer Temperatur. Der Zähbruchanteil ist zu bestimmen. **Ferritische Stähle der Werkstoffgruppe W II** Je ein Probensatz aus Schweißgut und Wärmeeinflusszone bei 0 °C oder 20 °C, wenn die niedrigste Beanspruchungstemperatur > 20 °C ist. Probenlage gemäß **Bild B-1**. Anforderungen siehe Abschnitt 4.3.2. Der Zähbruchanteil ist zu ermitteln. **Austenitische Stähle** Je ein Probensatz aus dem Schweißgut und Wärmeeinflusszone bei Raumtemperatur. Probenlage gemäß **Bild B-1**. Anforderungen siehe Abschnitt 4.3.3. **Martensitische Stähle** Je ein Probensatz aus Schweißgut und Wärmeeinflusszone bei Raumtemperatur. Probenlage gemäß **Bild B-1**. Anforderungen wie an den Grundwerkstoff.
Metallographische Untersuchungen mit fotografischer Belegung	a) Makroschliff Zu beurteilen: Lagenaufbau, Durchschweißung, Schlacken, Poren. Anforderungen: Einwandfreier Lagenaufbau, einwandfreie Durchschweißung; vereinzelte Schlacken und Poren sind zulässig. b) Mikroschliff, Vergrößerung mindestens 100 : 1 (entfällt bei unlegierten Stählen) Zu beurteilen: Gefüge. Bei Austenit zusätzlich Ermittlung des Deltaferritgehaltes im Schweißgut. Anforderung: Deltaferritgehalte 4 bis 10 % sind anzustreben; ein geschlossenes Netzwerk ist nicht zulässig.
Härteprüfung HV 10 (DIN EN ISO 6507-1)	Ferritische Stähle Ein Härteprofil Grundwerkstoff-Wärmeeinflusszone-Schweißgut möglichst dicht unter der Oberfläche. Anforderung: 350 HV 10 darf nicht überschritten werden.
Nachweis der IK-Beständigkeit (DIN EN ISO 3651-2)	Austenitische Stähle Probenlage: Wurzelseite, ohne zusätzliche Sensibilisierungsglühung. Anforderung: Rissfreiheit.

[1] Der Warmzugversuch ist erforderlich, wenn die Betriebstemperatur oberhalb 200 °C (Prüfgruppen A 1 und A 2) oder oberhalb 300 °C (Prüfgruppe A 3) liegt. In diesen Fällen ist der Warmzugversuch bei ferritischen Stählen bei 350 °C, bei austenitischen Stählen bei 400 °C und bei martensitischen Stählen bei 320 °C durchzuführen.

Tabelle B-3: Prüfumfang und Festlegungen für Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen an Gussstücken aus Stahl

Anhang C

Verfahren zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes

C 1 Allgemeines

Der Anhang legt Einzelheiten zu dem in Abschnitt 4.4.6.9 (1) genannten Verfahren zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes der Erzeugnisse fest.

C 2 Metallographische Ermittlung bei Gussstücken im Lieferzustand

(1) Aus dem Erzeugnis ist vom festgelegten Probenentnahmeort eine Probe zu entnehmen und für die metallographische Untersuchung in der üblichen Weise zu schleifen und zu polieren sowie nach Murakami [4] zu ätzen. Die Schliffläche soll mindestens 10 mm · 10 mm betragen.

(2) Die Auswertung ist bei 100facher Vergrößerung durchzuführen.

(3) Eine repräsentative Stelle der Schliffläche ist als Fotografie mit 100facher Vergrößerung zu dokumentieren.

(4) Für die quantitative Auswertung empfiehlt es sich, die Gefügeaufnahme mit einer entsprechenden Deltaferrit-Richtreihe zu vergleichen und einzustufen. Alternativ darf ein Verfahren der quantitativen Gefügebildanalyse angewendet werden.

(5) Im Prüfbericht sind anzugeben:

a) Probenform, -abmessung und -richtung sowie der Probenentnahmeort,

b) Wärmebehandlungszustand und

c) Deltaferritgehalt in %.

Dem Prüfbericht ist die Gefügeaufnahme beizufügen.

C 3 Metallographische Ermittlung an der Aufschmelzprobe

(1) Aus dem Erzeugnis ist vom festgelegten Probenentnahmeort eine Probe mit folgenden Abmessungen zu entnehmen:

Länge: 200 mm, Dicke: 25 mm bis 30 mm, Breite: 40 mm

(2) Auf der Probe ist mittels WIG-Brenner ohne Schweißzusatz eine Blindraupe von mindestens 180 mm Länge mit folgenden Parametern (Richtwerte) zu ziehen:

Spannung rd. 20 V, Stromstärke rd. 160 A, Vorschubgeschwindigkeit rd. 20 cm/min.

(3) Bei Erzeugnissen, aus denen Proben mit den Abmessungen nach (1) nicht entnommen und bei denen die Schweißparameter nach (2) nicht eingehalten werden können, sind die Probenform und das Wärmeeinbringen so gut wie möglich den vorgesehenen Bedingungen der späteren Schweißungen am Erzeugnis anzupassen.

(4) Aus der Probe ist durch die Mitte der gezogenen Blindraupe senkrecht zur Oberfläche und zur Raupenlängsachse eine Probenscheibe zu entnehmen und auf einer Querschnittsfläche in der für metallographische Untersuchungen üblichen Weise zu schleifen und zu polieren sowie nach Murakami [4] zu ätzen.

(5) Die Auswertung ist bei 1000facher Vergrößerung durchzuführen.

(6) Eine repräsentative Stelle der Aufschmelzzone der Schliffläche ist als Fotografie mit 1000facher Vergrößerung zu dokumentieren.

(7) Für die quantitative Auswertung empfiehlt es sich, die Gefügeaufnahme mit einer entsprechenden Deltaferrit-Richtreihe [5] zu vergleichen und einzustufen. Alternativ darf ein Verfahren der quantitativen Gefügebildanalyse angewendet werden.

(8) Im Prüfbericht sind anzugeben:

a) Probenform, -abmessung und -richtung sowie der Probenentnahmeort,

b) Istwerte der Schweißparameter und

c) Deltaferritgehalt in %.

Dem Prüfbericht ist die Gefügeaufnahme mit Angabe des Bestimmungsortes beizufügen.

C 4 Metallographische Ermittlung bei Schweißgut (im Rahmen der Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen an Gussstücken)

(1) Aus der Schweißnaht ist eine Scheibe zu entnehmen, die deren gesamten Querschnitt erfasst. Für die metallographische Untersuchung ist die Scheibe auf einer Seite in der üblichen Weise zu schleifen und zu polieren sowie nach Murakami [4] zu ätzen.

(2) Über den gesamten Querschnitt der Schweißung ist eine Übersichtsaufnahme anzufertigen.

(3) Die Auswertung ist bei 1000facher Vergrößerung durchzuführen.

(4) Für die quantitative Auswertung empfiehlt es sich, die Gefügeaufnahmen mit einer entsprechenden Deltaferrit-Richtreihe [5] zu vergleichen und einzustufen. Alternativ darf ein Verfahren der quantitativen Gefügebildanalyse angewendet werden.

(5) Von mindestens drei für den Deltaferritgehalt repräsentativen Bereichen sind Gefügeaufnahmen mit 1000facher Vergrößerung anzufertigen.

(6) Im Prüfbericht sind anzugeben:

a) Probenentnahmeort,

b) Wärmebehandlungszustand und

c) Deltaferritgehalt in %.

(7) Dem Prüfbericht sind die Übersichtsaufnahmen nach (2) und die Gefügeaufnahmen nach (5) beizufügen. In der Übersichtsaufnahme ist die Lage der Bereiche nach (5) zu kennzeichnen.

C 5 Rechnerische Abschätzung nach De Long

Hinweis:

Zur rechnerischen Abschätzung des Deltaferritgehaltes wird **Bild C-1** nach De Long [2] benutzt. In diesem Bild wird der Deltaferritgehalt in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung nicht in Volumenanteilen angegeben, sondern aufgrund einer besonderen Kalibrierung (vgl. DIN EN ISO 8249) durch den Kennwert „Ferritnummer (FN)“ ausgedrückt. Im Bereich kleiner Ferritnummern bis FN 7 entspricht die Ferritnummer dem Deltaferritgehalt in %.

(1) Aus der chemischen Zusammensetzung des Grundwerkstoffes in Massenanteilen sind der Wert des Nickel-Äquivalentes Ni_E nach der Beziehung

$$Ni_E = \%\ Ni + 30 \cdot (\%\ C + \%\ N) + 0{,}5 \cdot \%\ Mn \qquad \text{(C 5-1)}$$

und der Wert des Chrom-Äquivalentes Cr_E nach der Beziehung

$$Cr_E = \% Cr + \% Mo + 1{,}5 \cdot \% Si + 0{,}5 \cdot \% Nb \qquad (C\ 5\text{-}2)$$

zu errechnen.

(2) Die errechneten Werte des Nickel-Äquivalentes und des Chrom-Äquivalentes sind die Koordinatenwerte eines Punktes im **Bild C-1**. Die dazugehörige Ferritnummer ist aus dem Bild abzulesen. Gegebenenfalls ist zwischen zwei Linien konstanter Ferritnummern zu interpolieren.

(3) Zur Dokumentation der rechnerischen Abschätzung sind anzugeben:

a) die chemische Zusammensetzung des Grundwerkstoffs,

b) der Wert des Nickel-Äquivalentes,

c) der Wert des Chrom-Äquivalentes und

d) der Deltaferritgehalt als Ferritnummer.

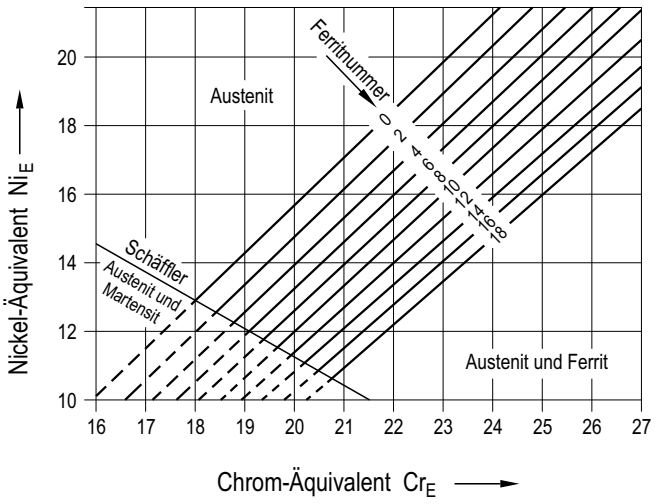


Bild C-1: Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und den Ferritnummern von aufgeschmolzenem Grundwerkstoff oder Schweißgut

Anhang D

Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen

D 1 Allgemeines ... 101

D 2 Begriffe, Kurzzeichen, Formeln ... 101
D 2.1 Begriffe ... 101
D 2.2 Kurzzeichen ... 101
D 2.3 Formeln ... 102

D 3 Anforderungen an den Prüfgegenstand ... 102

D 4 Anforderungen an das Prüfsystem ... 102
D 4.1 Prüfausrüstung ... 102
D 4.2 Kalibrierkörper, Vergleichskörper und Bezugsreflektoren ... 103

D 5 Optimierung der Prüftechnik bei der Ultraschallprüfung austenitischer Stähle oder Nickellegierungen ... 104

D 6 Einstellung des Prüfsystems ... 104
D 6.1 Entfernungsjustierung ... 104
D 6.2 Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der AVG-Methode ... 104
D 6.3 Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Vergleichskörper- und Bezugslinienmethode ... 105
D 6.4 Korrekturen bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit ... 106
D 6.5 Einstellung des Ultraschallgerätes ... 106
D 7 Kriechwellentechnik ... 108
D 7.1 Beschreibung des Verfahrens ... 108
D 7.2 Vergleichskörper ... 108
D 7.3 Einstellung der Prüfempfindlichkeit ... 108
D 7.4 Anpassen der Prüfköpfe ... 109

D 8 Wellenumwandlungstechnik I (sekundäre Kriechwelle) ... 109
D 8.1 Beschreibung des Verfahrens ... 109
D 8.2 Prüfkopf ... 110
D 8.3 Entfernungsjustierung ... 110
D 8.4 Einstellung der Prüfempfindlichkeit ... 110
D 8.5 Korrekturen bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit ... 110
D 8.6 Prüfdurchführung ... 111

D 9 Wellenumwandlungstechnik II (LLT-Technik) ... 112
D 9.1 Allgemeines ... 112
D 9.2 Prüfköpfe, Prüfzonen, Vergleichskörper, LLT-Empfindlichkeitsdiagramme ... 112
D 9.3 Entfernungsjustierung ... 113
D 9.4 Einstellung der Prüfempfindlichkeit ... 113
D 9.5 Transferkorrektur ... 114
D 9.6 Prüfdurchführung ... 114

D 10 Prüfdurchführung ... 114
D 10.1 Überlappung ... 114
D 10.2 Abtastgeschwindigkeit ... 114
D 10.3 Einstellung und Kontrolle des Prüfsystems ... 114

D 11 Beschreibung der Anzeigen ... 114
D 11.1 Echohöhe ... 114
D 11.2 Anzeigenausdehnung ... 114
D 11.3 Formbedingte Anzeigen ... 115

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
$D_{S\text{-}6dB}$	Schallbündelbreite für 6 dB-Abfall des Schalldruckes bezogen auf den Zentralstrahl	mm
$D_{S\text{-}20dB}$	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	—
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
$\overline{G_T}$	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
Ra	arithmetischer Mittelwert der Profilordinaten (Mittenrauwert) Ra 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

Kurz-zeichen	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 Prüfzonenmitte von der Kontaktfläche	mm
Z_H	Tiefenbereich der Prüfzone	mm
ΔV	Empfindlichkeitskorrektur	dB
ΔV_κ	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
$\Delta V^{\sim}$	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

$$C \geq D_{S\text{-}20dB} \qquad \text{(D-1)}$$

b) Die auf den 20 dB-Echohöhenabfall bezogene Schallbündelbreite $D_{S\text{-}20dB}$:

$$D_{S-20dB} = 2 \cdot \lambda \cdot \frac{S}{D_Q} \qquad \text{(D-2)}$$

c) Umrechnung der Echohöhe von Querbohrungen in die Echohöhe von Kreisscheibenreflektoren:

$$D_{KSR} = \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot \lambda \cdot \sqrt{D_Z \cdot S}}\ , \qquad \text{(D-3)}$$

wobei $S > 1{,}5 \cdot N$ und $D_Z > 1{,}5 \cdot \lambda$.

d) Der auf den 6 dB-Echohöhenabfall bezogene Schallbündeldurchmesser $D_{S\text{-}6dB}$:

$$D_{S\text{-}6dB} = 2 \cdot S \cdot \tan \gamma_6, \qquad \text{(D-4)}$$

e) Mittelwert der Geräteverstärkung $\overline{G_T}$:

$$\overline{G_T} = \frac{\sum G_T}{n} = \frac{\text{Summe der Einzelwerte}}{\text{Anzahl der Einzelwerte}}\ , \qquad \text{(D-5)}$$

f) Korrigierte Registrierlänge R_{LK}:

$$R_{LK} = R_L - D_{S-6dB} \cdot \left(1 - \frac{D_{S-6dB}}{R_L}\right) \qquad \text{(D-6)}$$

g) Schallweg ohne Seitenwandeinfluss

$$S = \frac{s \cdot D_{eff}}{2 \cdot \lambda} \qquad \text{(D-7)}$$

h) Verstärkungskorrektur $\Delta V^{\sim}$:

$$\Delta V^{\sim} = 1{,}7 \cdot \sqrt{\frac{\sum G_T^2 - \frac{1}{n} \cdot \left(\sum G_T\right)^2}{n-1}} \qquad \text{(D-8)}$$

oder

$$\Delta V^{\sim} = 1{,}7 \cdot \sqrt{\frac{\sum \left(G_T - \overline{G_T}\right)^2}{n-1}} \qquad \text{(D-9)}$$

i) Empfindlichkeitskorrektur ΔV_Z:

$$\Delta V_Z = 30 \cdot \lg \frac{S_2}{S_1} \qquad \text{(D-10)}$$

k) Resultierende Geräteempfindlichkeit zur Einstellung der Registrierschwelle

$$G_R = G_K + \Delta V_T + \Delta V^{\sim} \qquad \text{(D-11)}$$

mit

$$\Delta V_T = \Delta V_{koppl} + \Delta V_\kappa \qquad \text{(D-12)}$$

l) Nullpunktverschiebung bei SEL-Prüfköpfen

$$S = 1{,}5 \cdot s + a \qquad \text{(D-13)}$$

m) Schalllaufweg bis zur Prüfzonenmitte bei LLT-Prüfköpfen

$$S_{Just} = S_{LW} + 2 \cdot S_{TW} \qquad \text{(D-14)}$$

$$\text{mit } S_{LW} = \frac{2 \cdot s - Y_s}{\cos \alpha_{LW}} \qquad \text{(D-15)}$$

$$\text{und } S_{TW} = \frac{Y_s}{\cos \alpha_{TW}} \qquad \text{(D-16)}$$

oder in der Näherung für Stahl

$$S_{Just} = 2 \cdot \frac{s + Y_s}{\cos \alpha_{LW}} \qquad \text{(D-17)}$$

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 Profilordinaten (Mittenrauwert) Ra 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 · 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 Schwingergröße D_Q von etwa 10 mm und bei Nennwanddicken größer als 40 mm eine Nennfrequenz von 2 MHz und eine Schwingergröße 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 Entfernungsjustierung 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 Plattierung, 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 Vergleichskörpers 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 Schwingergröße quer zur Einschallrichtung (D_Q). Bei Schallwegen von S größer als die doppelte Nahfeldlänge ist die Schallbündelbreite $D_{S\text{-}20dB}$ 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 Seitenwandeinflusses. 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 $D_{S\text{-}20dB}$, 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 $D_{S\text{-}20dB}$, 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 erzeugnisformspezifisch 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 D-3 zu beachten.

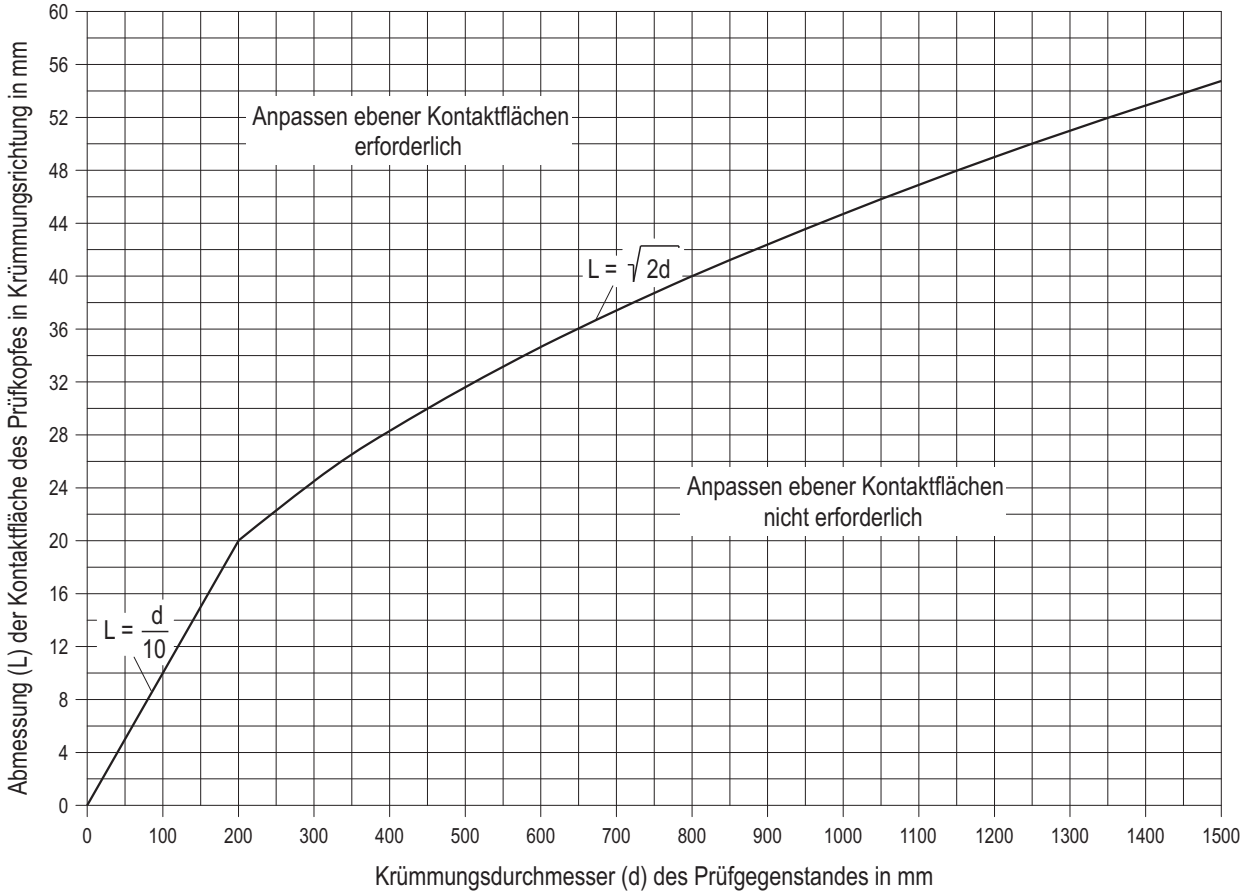


Bild D-1: Anpassbedingungen für ebene Kontaktflächen von Winkelprüfköpfen bei Einschallung in konvexe Kontaktflächen des Prüfgegenstandes

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:

a) Einsatz von Prüfköpfen mit niedrigerer Nennfrequenz,

b) Einsatz von frequenzselektiven Prüfgeräten,

c) Einsatz von Prüfköpfen mit Kompositschwingern und dafür geeigneten Prüfgeräten,

d) Anwendung von Longitudinalwellen für die Schrägeinschallung,

e) 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.

a) Sektor- und Verbundabtastung mit gesteuerten Gruppenstrahlern (Phased Arrays),

b) 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 Prüfgegenstand 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 Nullpunktkorrektur 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 Nullpunktkorrektur mit dem Winkelprüfkopf durchzuführen.

D 6.2 Einstellung der Prüfempfindlichkeit 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 Einschallung 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:

a) Der auswertbare Schallweg beginnt bei Einzelschwingerprüfköpfen näherungsweise bei $S = 0{,}7 \cdot N$ und bei SE- sowie fokussierenden Prüfköpfen mit Beginn des Fokusbereichs.

b) Bei Vorliegen eines Seitenwandeinflusses darf die AVG-Methode nur bis zum im Abschnitt D 2.3 Gleichung D-7 angegebenen Schallweg angewendet werden.

c) Die AVG-Methode ist bei der Schrägeinschallung nur bei Wanddicken größer als $5 \cdot \lambda$ anwendbar.

d) Bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit sind prüfkopfspezifische AVG-Diagramme für Kreisscheibenreflektoren zu verwenden.

e) 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:

a) Für Senkrechtprüfköpfe ist der Bezugsreflektor

aa) die Rückwand des Prüfgegenstandes, sofern die Rückwand die Anforderungen gemäß Abschnitt D 4.2 (2) ba) erfüllt,

ab) die Rückwand eines Vergleichskörpers, sofern die Rückwand die Anforderungen gemäß Abschnitt D 4.2 (2) ba) erfüllt,

ac) die Rückwand der 25 mm-Dicke des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder die Rückwand der 12,5 mm-Dicke des Kalibrierkörpers Nr. 2,

ad) eine Quer- oder Flachbodenbohrung.

b) Für Winkelprüfköpfe ist der Bezugsreflektor

ba) der Kreisbogen R100 des Kalibrierkörpers Nr. 1,

bb) der Kreisbogen R25 des Kalibrierkörpers Nr. 2

unter Berücksichtigung der bekannten oder ermittelten prüfkopfspezifischen Korrekturwerte,

bc) 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.

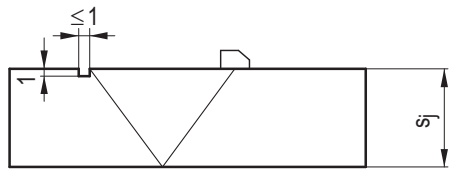
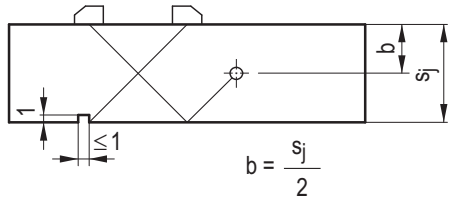
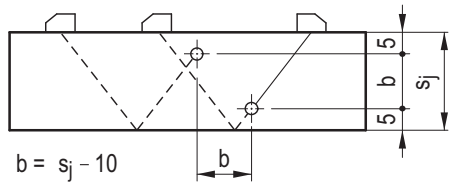
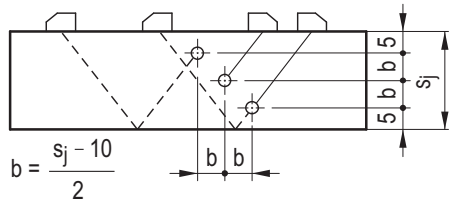
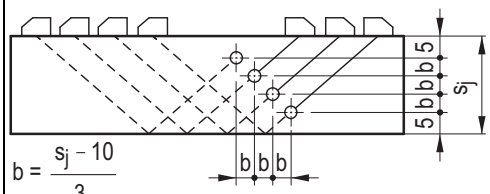
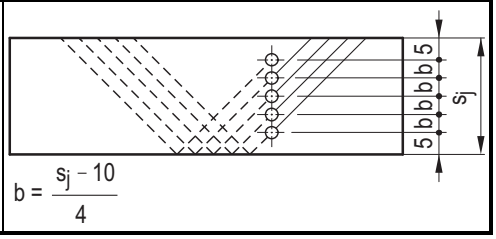
Wanddicke oder Nennwanddicke des Prüfgegenstands in mm	Seitenansicht des Vergleichskörpers
$s \le 10$	
$10 < s \le 15$	
$15 < s \le 20$	
$20 < s \le 40$	
$40 < s \le 80$	
$s > 80$	

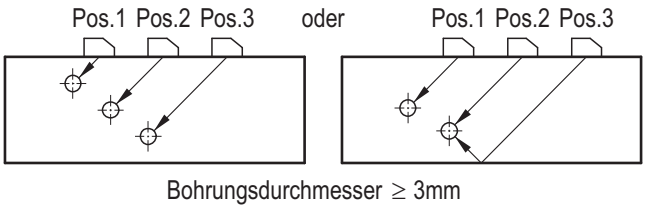
Bild D-2: Vergleichskörper zur Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Schrägeinschallung

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.



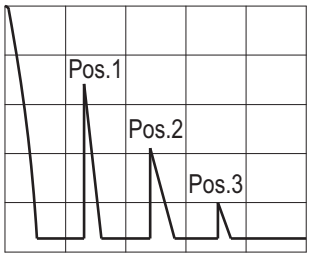


Bild D-3: Erzeugen von Bezugshöhen von Querbohrungen aus unterschiedlichen Entfernungen des Prüfkopfes für die Schrägeinschallung

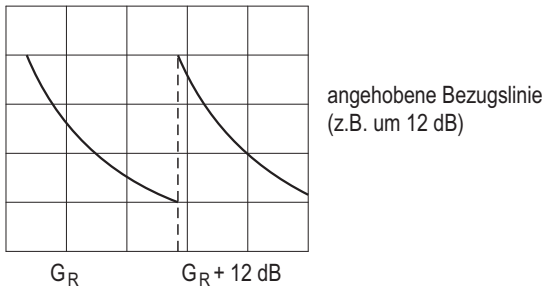


Bild D-4: Gestufte Bezugslinie

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 $\Delta V^{\sim} = 1{,}7 \cdot$ Standardabweichung zu verwenden.

(2) Ist der so ermittelte Wert für $\Delta V^{\sim}$ 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 $\Delta V^{\sim}$ 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_κ 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_κ.

(4) Ist eine zusätzliche Korrektur zur Berücksichtigung größerer Schwankungen gemäß Abschnitt D 6.4.3 erforderlich, so hat dies über $\Delta V^{\sim}$ zu erfolgen. Andernfalls entfällt der Korrekturwert $\Delta V^{\sim}$ in Gleichung D-11.

D 6.5 Einstellung des Ultraschallgerätes

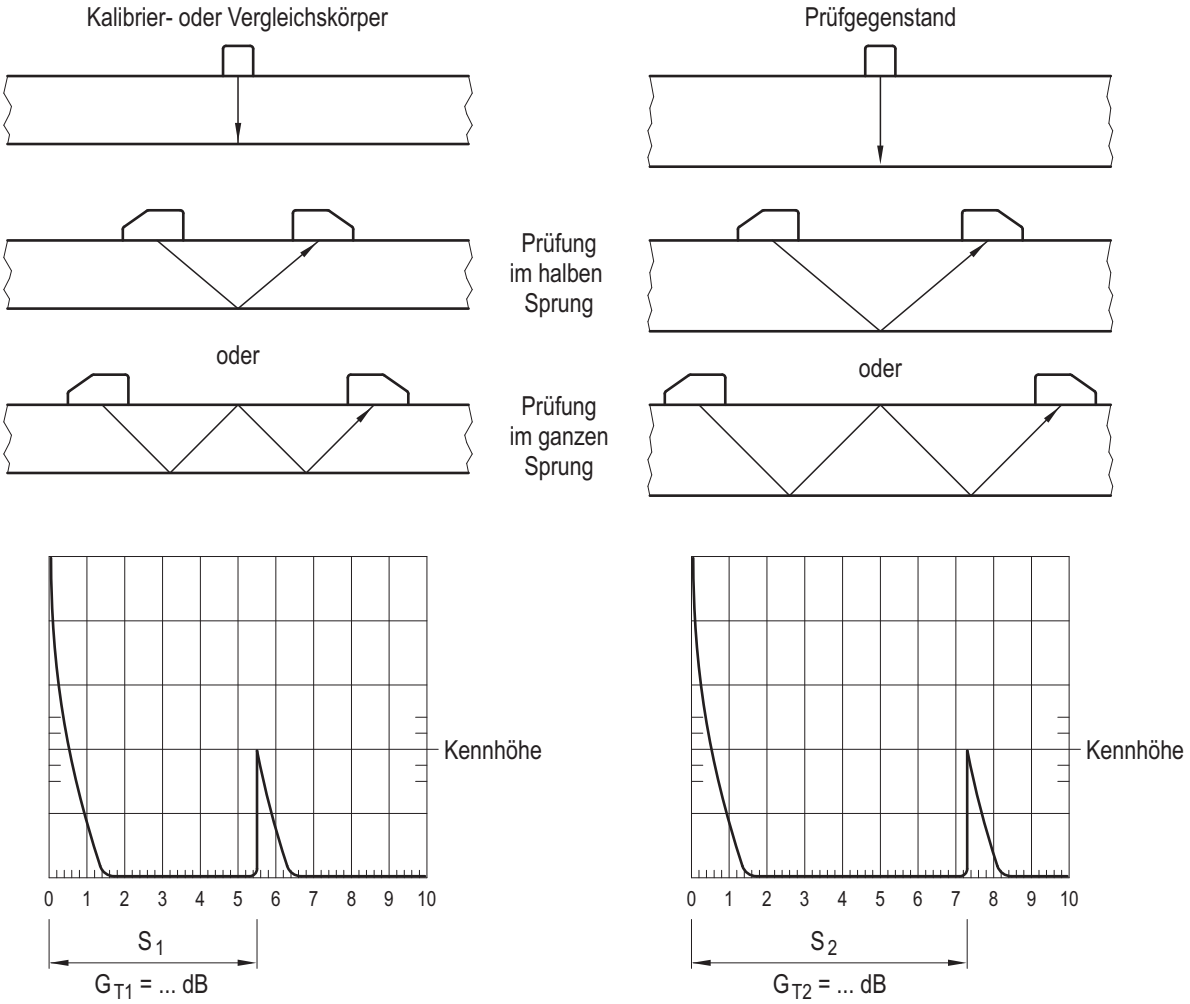
(1) Vor Einstellung der Prüfempfindlichkeit muss sichergestellt sein, dass

a) die Verstärkerschwelle („Unterdrückung“) nicht benutzt wird,
b) der Verstärker im richtigen Frequenzbereich betrieben wird,
c) die Filterung so eingestellt ist, dass eine optimale Auflösung erreicht wird,
d) die Impedanz des Prüfsystems, wenn nötig, so angepasst ist, dass bei gleichbleibendem Auflösungsvermögen die maximale Echohöhe erhalten wird,
e) die Energie für den Sendeimpuls unter Berücksichtigung der Verstärkungsreserve so niedrig wie möglich eingestellt ist.

(2) Die Impulsfolgefrequenz muss so eingestellt sein, dass

a) der Nachweis aller zu registrierenden Signale sichergestellt ist
b) 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 Senkrecht- und bei der Schrägeinschallung [dB]

$\Delta V_S = V_{S_2} - V_{S_1}$
Divergenzkorrektur der Rückwandechokurve eines AVG-Diagramms

V_{S_1} = Verstärkungswert für das Durchschallungsecho am Kalibrier- oder Vergleichskörper auf Bezugshöhe [dB]

V_{S_2} = Verstärkungswert für das Durchschallungsecho am Prüfgegenstand auf Bezugshöhe [dB]

G_{T1} = Geräteverstärkung für das Durchschallungsecho am Kalibrier- oder Vergleichskörper [dB]

G_{T2} = Geräteverstärkung für das Durchschallungsecho am Prüfgegenstand [dB]

Rückwandechokurve eines AVG-Diagramms

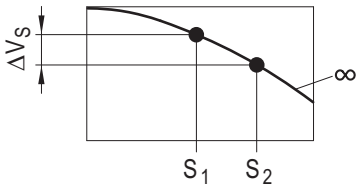
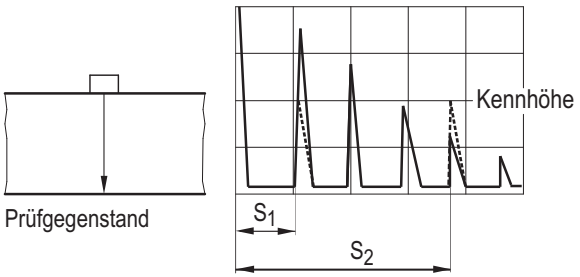
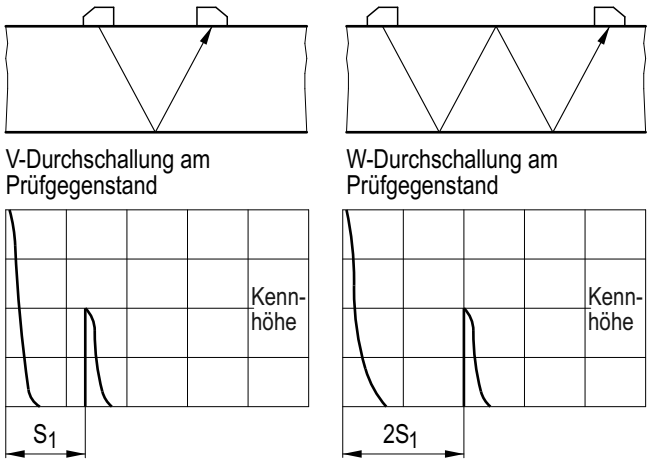


Bild D-5: Bestimmung der Transferkorrektur bei der Senkrechteinschallung und bei der Schrägeinschallung in V- oder W-Durchschallung



$$\kappa = \frac{G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_S}{2 \cdot (S_2 - S_1)} \left[dB/mm\right] \qquad G_{T1} = \ldots dB \quad G_{T2} = \ldots dB$$

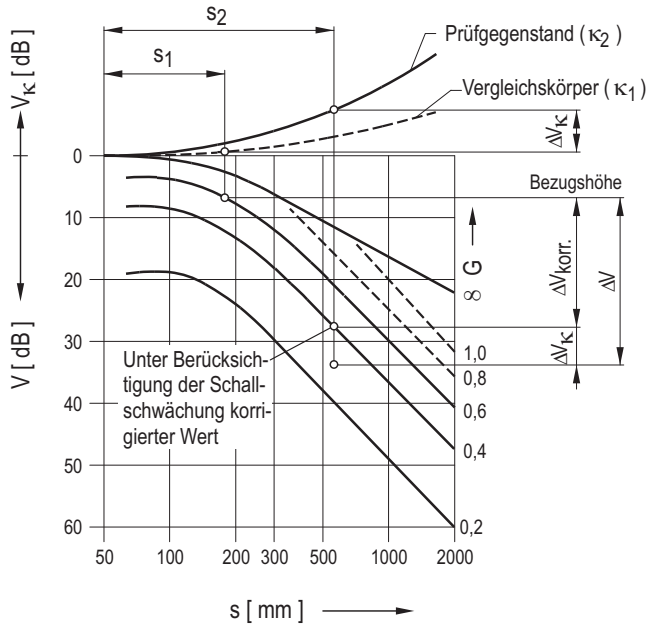
Bild D-6: Bestimmung der Schallschwächung bei der Senkrechteinschallung (Beispiel)



$G_{T1} = \ldots dB$ $\qquad$ $G_{T2} = \ldots dB$

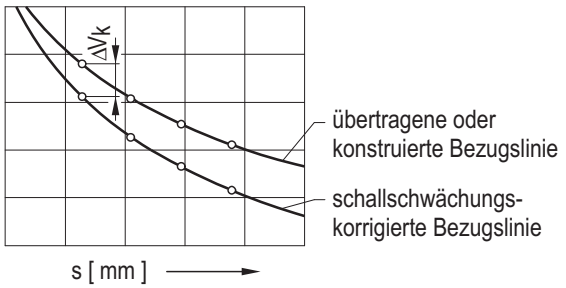
$$\kappa = \frac{G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_S}{2 \cdot S_1} \quad \left[dB/mm\right]$$

Bild D-7: Bestimmung der Schallschwächung bei der Schrägeinschallung



$$\Delta V_\kappa = 2 \cdot (S_2 \cdot \kappa_2 - S_1 \cdot \kappa_1) \left[dB\right]$$

Bild D-8: Berücksichtigung der Schallschwächung im AVG-Diagramm für den Fall $\kappa_2 > \kappa_1$ (Beispiel)



$$\Delta V_\kappa = 2 \cdot S \cdot (\kappa_2 - \kappa_1) \quad \left[dB\right]$$

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 $D_0 \approx 6\ mm \cdot 13\ mm$ 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

a) 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,

b) 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 6.3 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 Bezugsechohöhe gleich der Amplitude des Bezugsreflektors nach Abschnitt D 7.2 (1) b).

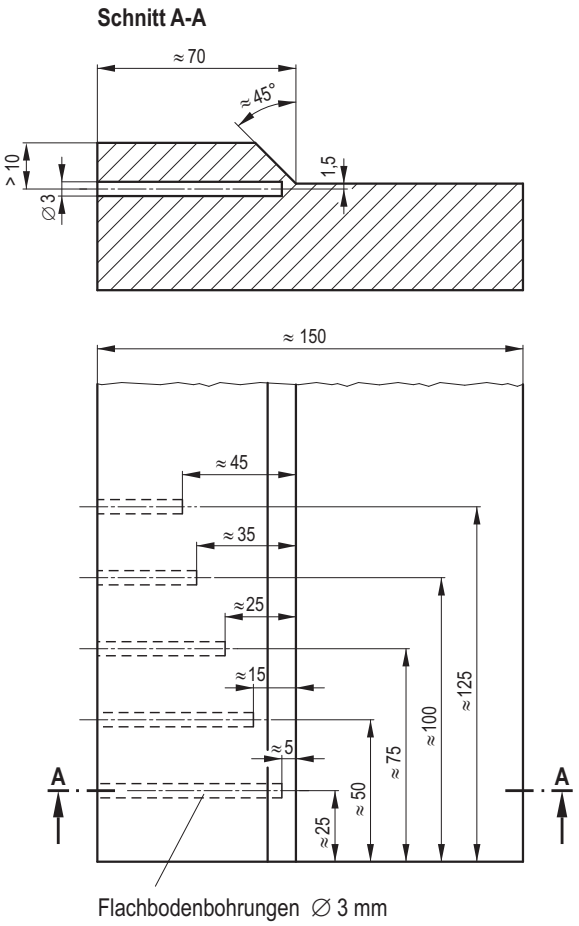


Bild D-10: Vergleichskörper für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der Kriechwellentechnik (primäre Kriechwelle)

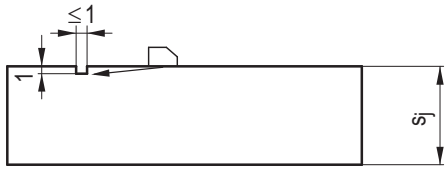


Bild D-11: Vergleichskörper für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der Kriechwellentechnik (primäre Kriechwelle) zur Prüfung von oberflächennahen Bereichen

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**).

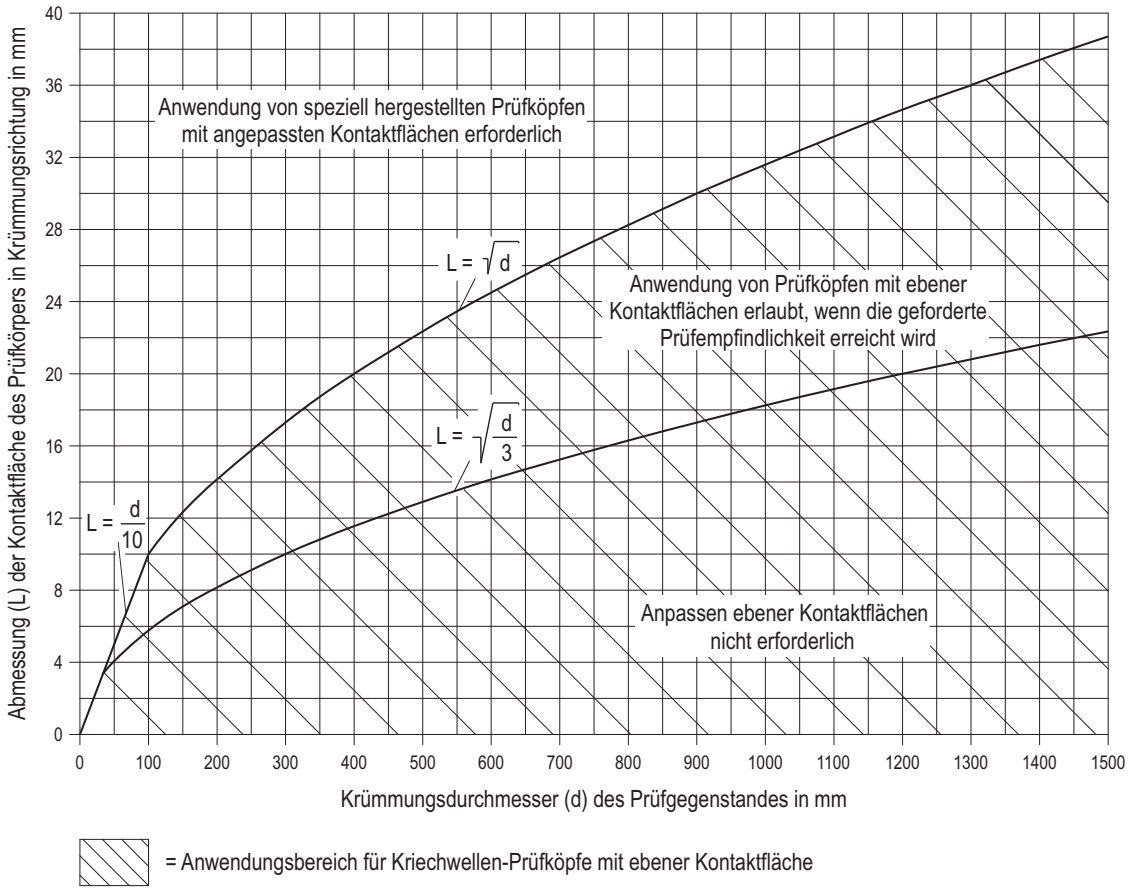


Bild D-12: Anwendungsbereiche für Kriechwellen-Prüfköpfe mit und ohne Anpassung der Kontaktfläche bei der Prüfung auf konvex gekrümmten Kontaktflächen des Prüfgegenstandes

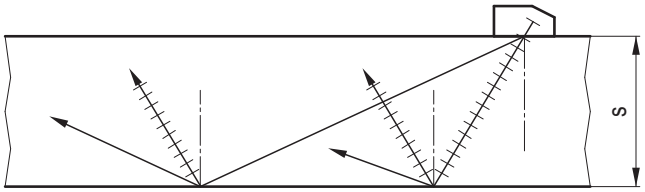


Bild D-13: Reflexion mit Wellenumwandlung beim Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf

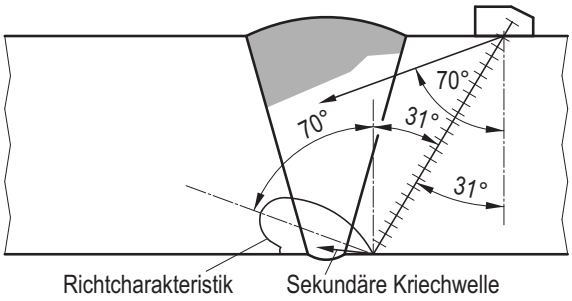


Bild D-14: Prüfung des innenoberflächennahen Bereiches von Schweißnähten mit sekundären Kriechwellen

(2) Die sekundäre Kriechwelle wird infolge ihrer oberflächennahen geradlinigen Ausbreitung z. B. dazu benutzt, den Wurzelbereich einer Schweißnaht zu erfassen, ohne vom Wurzeldurchhang wesentlich beeinflusst zu werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass

a) die Intensität der sekundären Kriechwelle - bedingt durch die permanente Abstrahlung von Transversalwellen - mit dem Schallweg rasch abfällt,

b) 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, die 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:

a) die Beachtung der Prüfkopfposition in Bezug auf die Schweißnahtmitte,

b) die Kenntnis der Schallgeschwindigkeiten und des damit verbundenen Einschallwinkels der Transversalwelle,

c) 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 Einschwinger-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 Nullpunktkorrektur 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 Prüfempfindlichkeit

(1) Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit 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 Prüfempfindlichkeit 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 Prüfempfindlichkeit

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 Senkrechtprüfkopf

b) Nullpunktkorrektur mit Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf am R100 des Kalibrierkörpers Nr. 1

c) Bestimmung des Schallaustrittspunktes, sofern am Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf erforderlich

(2) Einstellung der Prüfempfindlichkeit 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.

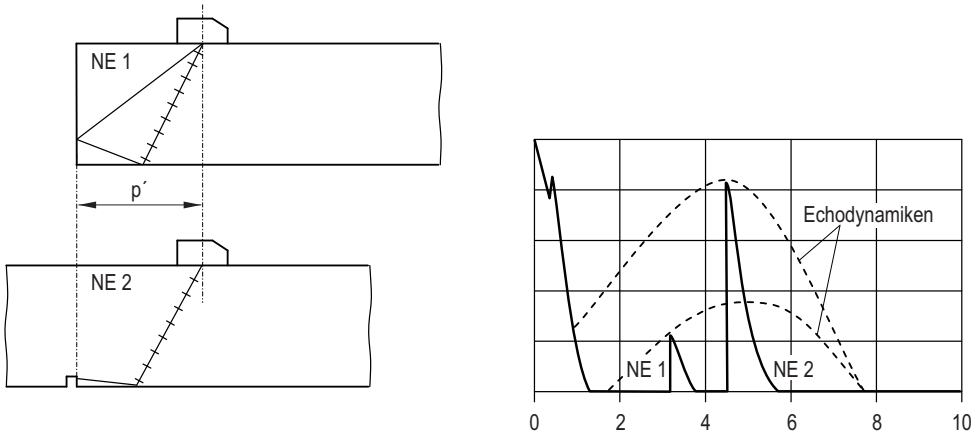


Bild D-15: Schallfeldgeometrien bei der Umwandlung von Transversalwellen

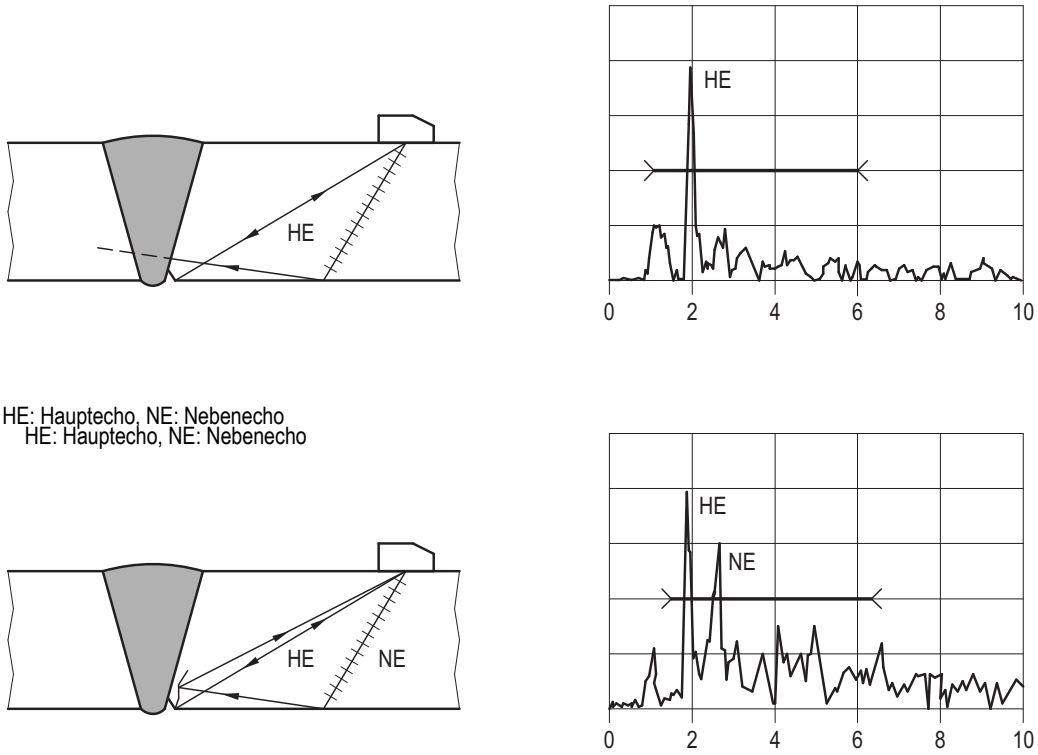


Bild D-16: Prüfung von Komponenten mit Nennwanddicken größer als 8 mm und gleich oder kleiner als 20 mm mittels Longitudinalwellen (Prüfkopf 70 Grad SEL)

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_{H_a}, Z_{H_b}, **Bild D-17**) bestimmt, in dem die Empfindlichkeit auf den halben Wert (-6 dB) gegenüber dem Maximum in der Prüfzonenmitte (Y_{S_a}, Y_{S_b}, **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 prüfkopffernen und von der prüfkopfnahen Oberfläche.

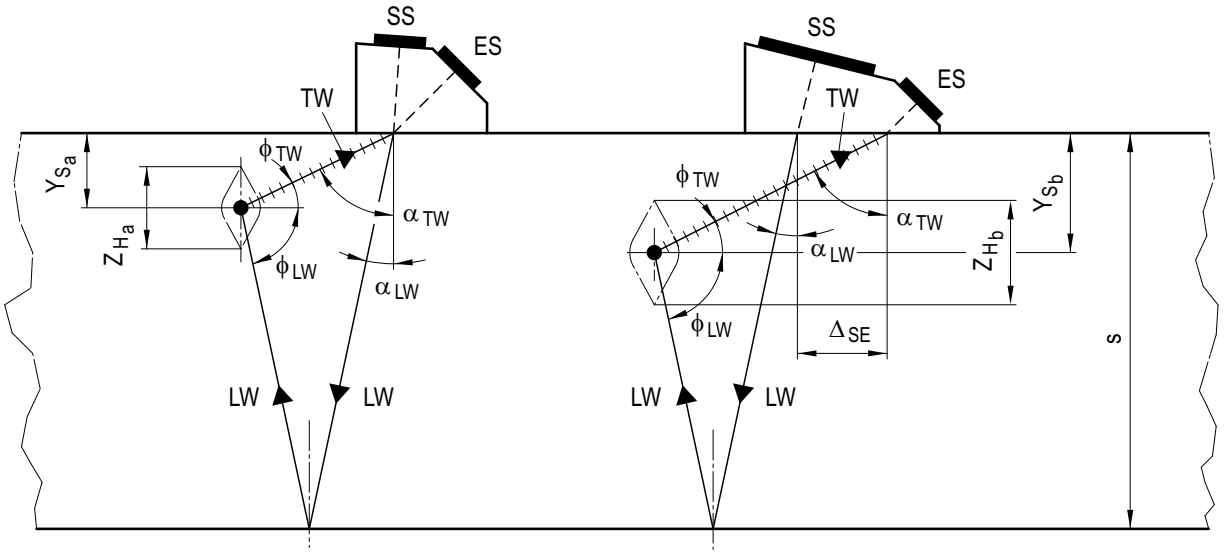
(2) Die Prüfzonenaufteilung darf auf Basis prüfkopfspezifischer Datenblätter abgeschätzt werden. Liegen keine prüfkopfspezifischen Datenblätter vor, sind Lage und Abmessung der Prüfzonen durch Messung mit den ausgewählten Prüfköpfen an Vergleichskörpern mit Flachbodenbohrungen zu bestimmen.

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_{S_a}, Y_{S_b}, **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.

a) ein Schalleintrittspunkt b) mit Abstand der Schalleintrittspunkte



$$\alpha_{TW} = \arccos\left(\frac{c_{TW}}{c_{LW}} \cdot \cos \alpha_{LW}\right)$$

$$Y_{S_a}, Y_{S_b} = \frac{2\,s \cdot \tan \alpha_{LW} + \Delta_{SE}}{\tan \alpha_{TW} + \tan \alpha_{LW}}$$

Z_{H_a}, Z_{H_b} : Tiefenzone

Bild D-17: Prinzip der LLT-Technik

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 Kalibierkörpers 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.

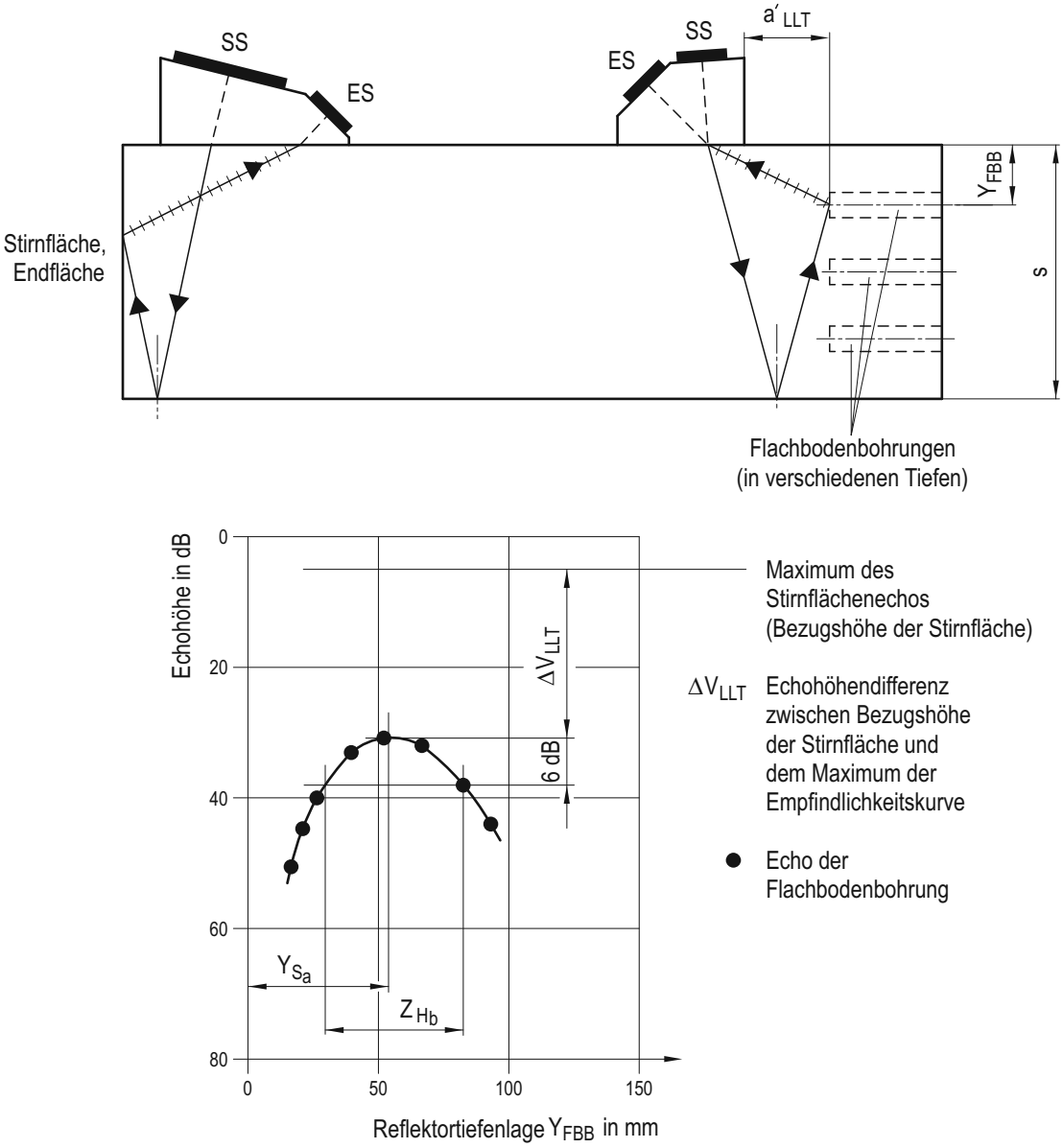


Bild D-18: Beispiel für ein LLT-Empfindlichkeitsdiagramm

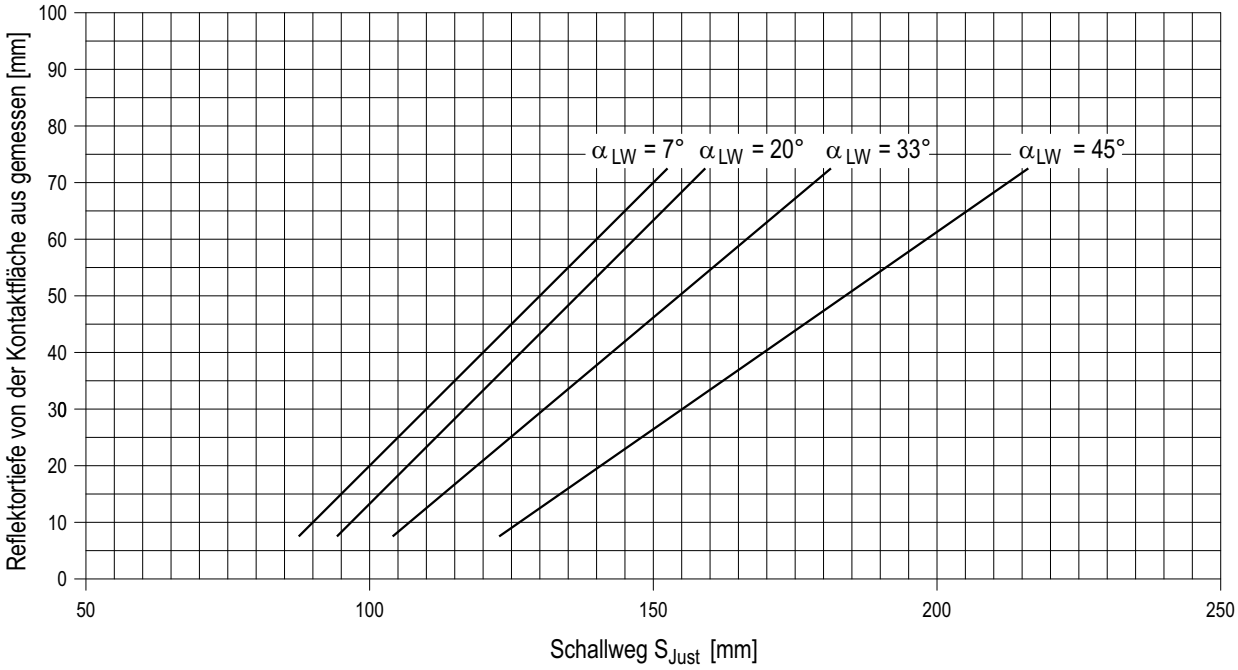


Bild D-19: Beispiel für LLT-Reflektortiefenmaßstäbe

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 $D_{B\text{-}6dB}$ 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.

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.

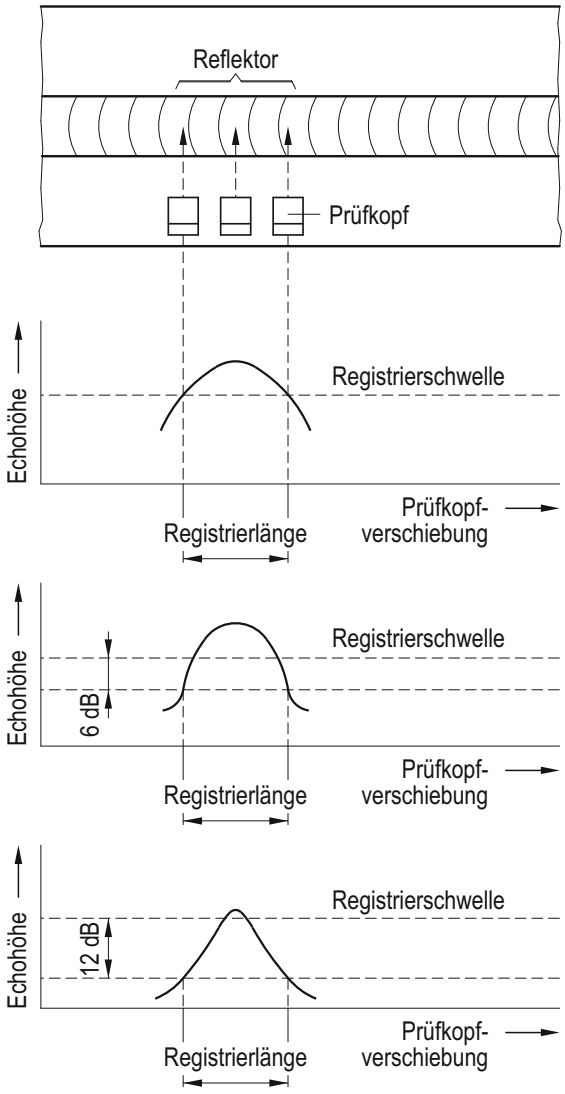


Bild D-20: Bestimmung der Registrierlänge

D 11.2.3 Bestimmung der Halbwertslänge

Bei der Ausmessung der Halbwertslänge von Anzeigen sind die zugehörigen Prüfkopfverschiebungen bei Echohöhenabfällen von 6 dB zur Maximalechohöhe 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 $D_{S\text{-}6dB}$ 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:

a) Synthetische Apertur Fokussierungstechnik (SAFT),

b) Beugungslaufzeitverfahren (TOFD),

c) Rissspitzensignalverfahren,

d) 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 Wurzeldurchhangs 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.

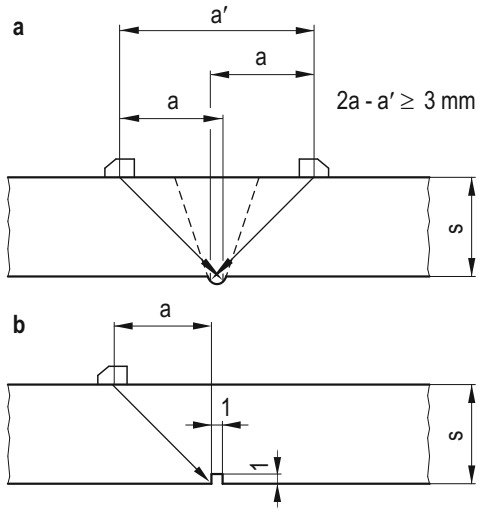


Bild D-21: Nachweis von formbedingten Anzeigen aus dem Wurzelbereich einseitig geschweißter Nähte

Anhang E

Durchführung von Oberflächenprüfungen nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren

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 gemäß 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.

Hinweise:

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 Bespülen 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 Prüfempfindlichkeit 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 und Literatur, 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 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 3211.2	(2013-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3211.3	(2017-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 3: Herstellung
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 ISO 643	(2013-05)	Stahl - Mikrophotographische Bestimmung der erkennbaren Korngröße (ISO 643:2012); Deutsche Fassung EN ISO 643:2012
DIN EN ISO 898-1	(2013-05)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl - Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen - Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 898-1:2013
DIN EN ISO 898-2	(2012-08)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl - Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen - Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 898-2:2012
DIN EN ISO 1127	(1997-03)	Nichtrostende Stahlrohre - Maße, Grenzabmaße und längenbezogene Masse (ISO 1127:1992); Deutsche Fassung EN ISO 1127:1996
DIN EN 1369	(2013-01)	Gießereiwesen - Magnetpulverprüfung; Deutsche Fassung EN 1369:2012
DIN EN 1370	(2012-03)	Gießereiwesen - Bewertung des Oberflächenzustandes; Deutsche Fassung EN 1370:2011
DIN EN 1371-1	(2012-02)	Gießereiwesen - Eindringprüfung - Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengussstücke; Deutsche Fassung EN 1371-1:2011
DIN EN 1559-2	(2014-12)	Gießereiwesen - Technische Lieferbedingungen - Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Stahlgussstücke; Deutsche Fassung EN 1559- 2:2014
DIN EN ISO 2400	(2013-01)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung - Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 1 (ISO 2400:2012); Deutsche Fassung EN ISO 2400:2012
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 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 3506-1	(2010-04)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen - Teil 1: Schrauben (ISO 3506-1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 3506-1:2009
DIN EN ISO 3506-2	(2010-04)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen - Teil 2: Muttern (ISO 3506-2:2009); Deutsche Fassung EN ISO 3506-2:2009
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 Produktspezifikation (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 5577	(2017-05)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung - Terminologie (ISO 5577:2017); Deutsche Fassung EN ISO 5577:2017
DIN EN ISO 5579	(2014-04)	Zerstörungsfreie Prüfung - Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Film und Röntgen- oder Gammastrahlen - Grundlagen (ISO 5579:2013); Deutsche Fassung EN ISO 5579:2013
DIN EN ISO 6157-2	(2004-10)	Verbindungselemente - Oberflächenfehler - Teil 2: Muttern (ISO 6157-2:1995); Deutsche Fassung EN ISO 6157-2:2004
DIN EN ISO 6506-1	(2015-02)	Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Brinell - Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6506-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 6506-1:2014
DIN EN ISO 6506-4	(2015-02)	Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Brinell - Teil 4: Tabelle zur Bestimmung der Härte (ISO 6506-4:2014); Deutsche Fassung EN ISO 6506-4:2014
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 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 EN ISO 8249	(2000-10)	Schweißen - Bestimmung der Ferrit-Nummer (FN) in austenitischem und ferritisch-austenitischem (Duplex-)Schweißgut von Cr-Ni-Stählen (ISO 8249:2000); Deutsche Fassung EN ISO 8249:2000
DIN EN ISO 8492	(2014-03)	Metallische Werkstoffe - Rohr - Ringfaltversuch (ISO 8492:2013); Deutsche Fassung EN ISO 8492:2013
DIN EN ISO 8493	(2004-10)	Metallische Werkstoffe - Rohr - Aufweitversuch (ISO 8493:1998); Deutsche Fassung EN ISO 8493:2004
DIN EN ISO 8495	(2014-03)	Metallische Werkstoffe - Rohr - Ringaufdornversuch (ISO 8495:2013); Deutsche Fassung EN ISO 8495:2013
DIN EN ISO 8496	(2014-03)	Metallische Werkstoffe - Rohr - Ringzugversuch (ISO 8496:2013); Deutsche Fassung EN ISO 8496:2013
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 9712	(2012-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9712:2012
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 10028-2	(2009-09)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10028-2:2009
DIN EN 10028-3	(2009-09)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht; Deutsche Fassung EN 10028-3:2009
DIN EN 10028-7	(2016-10)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 7: Nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10028-7:2016
DIN EN 10160	(1999-09)	Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren); Deutsche Fassung EN 10160:1999
DIN EN 10163-2	(2005-03)	Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen (Blech, Breitflachstahl und Profile) - Teil 2: Blech und Breitflachstahl; Deutsche Fassung EN 10163-2:2004
DIN EN 10164	(2005-03)	Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche - Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10164:2004
DIN EN 10204	(2005-01)	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004
DIN EN 10213	(2016-10)	Stahlguss für Druckbehälter; Deutsche Fassung EN 10213:2007+A1:2016
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 10216-3	(2014-03)	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen; Deutsche Fassung EN 10216-3:2013
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 10217-7	(2015-01)	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen - Technische Lieferbedingungen - Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 10217-7:2014
DIN EN 10222-2	(2017-06)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen Deutsche Fassung EN 10222-2:2017
DIN EN 10222-4	(2017-06)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 4: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit hoher Dehngrenze; Deutsche Fassung EN 10222-4:2017
DIN EN 10222-5	(2017-06)	Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter - Teil 5: Martensitische, austenitische und austenitisch- ferritische nichtrostende Stähle; Deutsche Fassung EN 10222-5:2017
DIN EN 10228-1	(2016-10)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl - Teil 1: Magnetpulverprüfung; Deutsche Fassung EN 10228-1:2016
DIN EN 10228-2	(2016-10)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl - Teil 2: Eindringprüfung; Deutsche Fassung EN 10228-2:2016
DIN EN 10228-3	(2016-10)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl - Teil 3: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus ferritischem oder martensitischem Stahl; Deutsche Fassung EN 10228-3:2016
DIN EN 10228-4	(2016-10)	Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl - Teil 4: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus austenitischem und austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl; Deutsche Fassung EN 10228-4:2016
DIN EN 10269	(2014-02)	Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10269:2013
DIN EN 10272	(2016-10)	Stäbe aus nichtrostendem Stahl für Druckbehälter; Deutsche Fassung EN 10272:2016
DIN EN 10273	(2016-10)	Warmgewalzte schweißgeeignete Stäbe aus Stahl für Druckbehälter mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen; Deutsche Fassung EN 10273:2016
DIN EN 10307	(2002-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus austenitischem und austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl ab 6 mm Dicke (Reflexionsverfahren); Deutsche Fassung EN 10307:2001
DIN EN 10308	(2002-03)	Zerstörungsfreie Prüfung - Ultraschallprüfung von Stäben aus Stahl; Deutsche Fassung EN 10308:2001

DIN EN ISO 10484	(2004-10)	Aufweitversuch an Muttern (ISO 10484:1997); Deutsche Fassung EN ISO 10484:2004
DIN EN ISO 10893-2	(2011-07)	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren - Teil 2: Automatisierte Wirbelstromprüfung nahtloser und geschweißter (ausgenommen unterpulvergeschweißter) Stahlrohre zum Nachweis von Unvollkommenheiten (ISO 10893-2:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10893-2:2011
DIN EN ISO 10893-3	(2011-07)	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren - Teil 3: Automatisierte Streuflussprüfung nahtloser und geschweißter (ausgenommen unterpulvergeschweißter) ferromagnetischer Stahlrohre über den gesamten Rohrumfang zum Nachweis von Unvollkommenheiten in Längs- und/oder Querrichtung (ISO 10893-3:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10893-3:2011
DIN EN ISO 10893-4	(2011-07)	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren - Teil 4: Eindringprüfung nahtloser und geschweißter Stahlrohre zum Nachweis von Oberflächenunvollkommenheiten (ISO 10893-4:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10893-4:2011
DIN EN ISO 10893-5	(2011-07)	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren - Teil 5: Magnetpulverprüfung nahtloser und geschweißter ferromagnetischer Stahlrohre zum Nachweis von Oberflächenunvollkommenheiten (ISO 10893-5:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10893-5:2011
DIN EN ISO 10893-8	(2011-07)	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren - Teil 8: Automatisierte Ultraschallprüfung nahtloser und geschweißter Stahlrohre zum Nachweis von Dopplungen (ISO 10893-8:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10893-8:2011
DIN EN ISO 10893-10	(2011-07)	Zerstörungsfreie Prüfung von Stahlrohren - Teil 10: Automatisierte Ultraschallprüfung nahtloser und geschweißter (ausgenommen unterpulvergeschweißter) Stahlrohre über den gesamten Rohrumfang zum Nachweis von Unvollkommenheiten in Längs- und/oder Querrichtung (ISO 10893-10:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10893-10:2011
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 ISO 11970	(2007-09)	Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für das Produktionsschweißen von Stahlguss (ISO 11970:2001); Deutsche Fassung EN ISO 11970:2007
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 12680-2	(2003-06)	Gießereiwesen - Ultraschallprüfung - Teil 2: Stahlgussstücke für hoch beanspruchte Bauteile; Deutsche Fassung EN 12680-2:2003
DIN EN 12681	(2003-06)	Gießereiwesen - Durchstrahlungsprüfung; Deutsche Fassung EN 12681:2003
DIN EN 13018	(2016-06)	Zerstörungsfreie Prüfung - Sichtprüfung - Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 13018:2016
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 14284	(2003-02)	Stahl und Eisen - Entnahme und Vorbereitung von Proben für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung (ISO 14284:1996); Deutsche Fassung EN ISO 14284:2002
DIN EN ISO 19232-1	(2013-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen - Teil 1: Ermittlung der Bildgütezahl 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 26157-3	(1991-12)	Verbindungselemente; Oberflächenfehler; Schrauben für spezielle Anforderungen (ISO 6157-3:1988); Deutsche Fassung EN 26157-3:1991
DIN 50104	(1983-11)	Innendruckversuch an Hohlkörpern; Dichtheitsprüfung bis zu einem bestimmten Innendruck; Allgemeine Festlegungen
DIN 50125	(2016-12)	Prüfung metallischer Werkstoffe - Zugproben
DIN 51220	(2003-08)	Werkstoffprüfmaschinen - Allgemeines zu Anforderungen an Werkstoffprüfmaschinen und zu deren Prüfung und Kalibrierung
SEW 088	(1993-10)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Richtlinien für die Verarbeitung, besonders für das Schmelzschweißen (enthält Beiblatt 1 und Beiblatt 2)

AD 2000-Merkblatt HP 3	(2014-11)	Schweißaufsicht, Schweißer
AD 2000-Merkblatt W 2	(2008-02)	Austenitische und austenitisch-ferritische Stähle
AD 2000-Merkblatt W 5	(2009-03)	Stahlguss
VdTÜV-Werkstoffblatt 113/2	(2001-06)	Hochwarmfester austenitischer Walz- und Schmiedestahl, X 8 CrNiMoBNb 16 16 + wk, Werkstoff-Nr. 1.4986 + wk
VdTÜV-Werkstoffblatt 352/1	(2017-04)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze von 275 MPa; Band, Blech, Breitflachstahl, Form- und Stabstahl
VdTÜV-Werkstoffblatt 352/2	(2017-04)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze von 275 MPa; Nahtlose Hohlkörper, nahtloses Rohr, nahtlose Sammler
VdTÜV-Werkstoffblatt 354/1	(2017-04)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze von 355 MPa; Blech, Breitflachstahl, Band, Form- und Stabstahl
VdTÜV-Werkstoffblatt 354/2	(2016-03)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze von 355 MPa; Nahtloser Hohlkörper, nahtloses Rohr, nahtloser Sammler
VdTÜV-Werkstoffblatt 354/3	(2013-12)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit einer Mindeststreckgrenze von 355 MPa; Flansch, Ring, Hohlkörper, Schmiedestück, Stabstahl
VdTÜV-Werkstoffblatt 395/3	(2010-09)	Schweißgeeigneter martensitischer Walz- und Schmiedestahl, X3CrNiMo13-4; Werkstoff-Nr. 1.4313; Form- und Stabstahl, Schmiedeerzeugnis
VdTÜV-Werkstoffblatt 452	(2011-06)	Martensitischer Stahlguss G-X4 CrNi 13 4 / G-X 3 CrNi 13 4, Werkstoff-Nr. 1.4317 / Werkstoff 1.6982; Hohlgussstücke, Vollgussstücke, gegossene Armaturengehäuse, Pumpengehäuse, Lauf- und Leiträder, Maschinenteile für hydraulische Anlagen

Literatur

[1]	Handbuch für das Eisenhüttenlaboratorium	Loseblattsammlung; Verlag Stahleisen, Düsseldorf
[2]	De Long, W. T.	Welding Research Supplement 53 (1974), S. 273/286
[3]	Richter, F.	Physikalische Eigenschaften von Stählen und ihre Temperaturabhängigkeit, Stahleisen-Sonderberichte Heft 10, 1983, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
[4]	Petzow, G.	Metallographisches, keramographisches, plastographisches Ätzen, Verlag Borntraeger; Nachdruck der 6. vollständig überarbeiteten Auflage (19. Oktober 2006)
[5]		Reference-Atlas for a comparative evaluation of ferrite percentage in the fused zone of austenitic stainless steel welded joints; Internationales Institut für Schweißtechnik: Istituto Italiano della Saldatura, Genova, 1972