

## KTA 3201.1

### Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen

#### Fassung 2017-11

(Berichtigt durch BAnz AT 24.04.2019 B3)

Frühere Fassungen dieser Regel: 1979-02 (BAnz. Nr. 133a vom 20. Juli 1979)  
1982-11 (BAnz. Nr. 68a vom 12. April 1983,  
durch Anhang A erweiterte Fassung 1979-02)  
1990-06 (BAnz. Nr. 53a vom 16. März 1991,  
Berichtigungen BAnz. Nr. 129 vom 15. Juli 1992  
und BAnz. Nr. 111 vom 17. Juni 1994)  
1998-06 (BAnz. Nr. 170a vom 11. September 1998,  
Berichtigung BAnz. Nr. 224 vom 29. November 2003)

#### Inhalt

	Seite
Grundlagen .....	3
1 Anwendungsbereich .....	3
2 Allgemeine Grundsätze und Begriffe .....	3
2.1 Begriffe .....	3
2.2 Auswahl und Begutachtung der Werkstoffe .....	4
2.3 Schweißzusätze und -hilfsstoffe .....	4
2.4 Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung .....	4
2.5 Forderungen an den Hersteller .....	5
2.6 Vorprüfung und Qualitätsdokumentation .....	5
2.7 Fertigungsüberwachung .....	7
2.8 Prüfung und Nachweis der Güteeigenschaften der Werkstoffe .....	7
2.9 Reparaturen .....	8
2.10 Werkstoffkenndaten für die Berechnung .....	8
3 Allgemeingültige Festlegungen für Werkstoffe und ihre Prüfungen .....	10
3.1 Zulässige Werkstoffe .....	10
3.2 Anforderungen .....	10
3.3 Prüfung der Werkstoffe und Erzeugnisformen .....	12
3.4 Wiederholung von Prüfungen .....	18
3.5 Kennzeichnung der Erzeugnisse .....	18
3.6 Dokumentation .....	18
4 Nahtlose Hohlteile, geschmiedet oder gewalzt .....	18
5 Nahtlose Hohlteile für Stutzen, geschmiedet, gewalzt, gepresst .....	21
6 Geschmiedete Platten für Rohrböden .....	24
7 Bleche .....	27
8 Aus Blechen gekümpelte, gepresste, gebogene oder gerollte Erzeugnisse .....	29
9 Gerade Rohrformstücke .....	32
10 Nahtlose geschmiedete Hohlteile für Hauptkühlmittelpumpengehäuse .....	34
11 Geschmiedete Armaturengehäuse .....	36
12 Geschmiedete Platten .....	38

13	Aus geschmiedeten Platten warm gekümpelte oder gepresste Erzeugnisse .....	40
14	Geschmiedete oder gewalzte Stäbe .....	41
15	Hohlgebohrte oder hohlgeschmiedete Teile aus geschmiedeten oder gewalzten Stäben .....	43
16	Nahtlose Rohre .....	43
17	Nahtlose Rohrbogen .....	45
18	Dampferzeugerheizrohre .....	48
19	Nahtlose pressplattierte Verbundrohre .....	51
20	Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Schrauben, Muttern und Scheiben (Abmessungen größer als M 130) .....	53
21	Stäbe für Schrauben, Muttern, Scheiben und Dehnhülsen sowie die daraus hergestellten fertigen Erzeugnisformen (Abmessungen gleich oder kleiner als M 130) .....	56
22	Bleche, Platten, Stäbe und Schmiedestücke aus nichtrostenden austenitischen Stählen sowie Stäbe aus Nickellegierungen .....	57
23	Nahtlose Rohre aus nichtrostenden austenitischen Stählen .....	61
24	Nahtlose Rohrbogen aus nichtrostenden austenitischen Stählen .....	62
25	Hauptkühlmittelpumpengehäuse aus ferritischem Stahlguss .....	64
26	Armaturengehäuse aus ferritischem Stahlguss .....	75
27	Armaturengehäuse aus austenitischem Stahlguss .....	78
28	Stäbe und Schmiedestücke aus nichtrostendem martensitischem Stahl .....	83
29	Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen für integrale Anschlüsse der druckführenden Umschließung .....	85
30	Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen für integrale Anschlüsse der druckführenden Umschließung .....	85
Anhang A: Werkstoffkenndaten .....		86
A 1	Stahl 20 MnMoNi 5 5 .....	86
A 2	Austenitischer Stahl X 2 NiCrAlTi 32 20 .....	91
A 3	Nichtrostende austenitische Walz- und Schmiedestähle X 6 CrNiTi 18 10 S, X 6 CrNiNb 18 10 S und X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S .....	92
A 4	Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 .....	96
A 5	Warmfester Stahlguss GS-C 25 S .....	99
A 6	Austenitischer Stahlguss G-X 5 CrNiNb 18 9 S .....	101
A 7	Vergüteter Feinkornbaustahl als Grundwerkstoff und nichtrostender austenitischer Stahl als Plattierungswerkstoff für nahtlose, pressplattierte Verbundrohre .....	103
A 8	Martensitischer Stahl X 5 CrNi 13 4 .....	105
A 9	Nickellegierung NiCr 29 Fe .....	107
A 10	Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen .....	109
A 11	Vergütungsstähle nach DIN EN 10269 für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen; ergänzende Festlegungen zu DIN EN 10269 .....	112
Anhang AP: Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften .....		112
Anhang B: Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen .....		116
Anhang C: Durchführung von Oberflächenprüfungen mittels Magnetpulver- und Eindringprüfung .....		133
Anhang D: Verfahren zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes .....		134
Anhang E: Formblätter .....		136
Anhang F: Bestimmungen und Literatur, auf die in dieser Regel verwiesen wird .....		143
Anhang G: Änderungen gegenüber der Fassung 1998-06 und Erläuterungen (informativ) .....		147

## 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) sowie den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) In den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ werden in Nr. 2.1 unter anderem hohe Anforderungen an die Qualität und Zuverlässigkeit der Fertigung, in Nr. 3.1 des Weiteren die Verwendung qualifizierter Werkstoffe sowie die Sicherstellung und Erhalt der Qualitätsmerkmale bei der Fertigung gefordert. In Nr. 3.4 wird unter anderem die Grundsatzforderung gestellt, dass die Druckführende Umschließung so beschaffen sein muss, dass das Auftreten von rasch fortschreitenden Rissen und von spröden Brüchen nicht zu unterstellen ist. Die Regel KTA 3201.1 dient zur Konkretisierung von Maßnahmen zur Erfüllung dieser Forderungen im Rahmen ihres Anwendungsbereichs. Hierzu wird auch eine Vielzahl im Einzelnen aufgeführter Regeln aus dem konventionellen Bereich, insbesondere DIN-Normen mit herangezogen. Für die Komponenten des Primärkreises werden die Festlegungen der genannten Sicherheitsanforderungen zusammen mit den weiteren Regeln

KTA 3201.2 Auslegung, Konstruktion und Berechnung,

KTA 3201.3 Herstellung,

KTA 3201.4 Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung sowie

KTA 3203 Überwachung des Bestrahlungsverhaltens von Werkstoffen der Reaktordruckbehälter von Leichtwasserreaktoren

KTA 3206 Nachweise zum Bruchausschluss für druckführende Komponenten in Kernkraftwerken

somit umfassend konkretisiert.

(3) Im Einzelnen werden in KTA 3201.1 die Forderungen festgelegt, die zu stellen sind an

- die bei der Herstellung beteiligten Organisationen,
- die Herstellung der Werkstoffe sowie deren chemische Zusammensetzung, mechanisch-technologische Eigenschaften, physikalische Eigenschaften, Wärmebehandlung und Weiterverarbeitung,
- die Verfahren zur Kontrolle und zum Nachweis der geforderten Qualität der Werkstoffe, wie zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen sowie Fertigungs- und Bauüberwachung,
- die Bereitstellung von Unterlagen für die Dokumentation von Prüfergebnissen.

(4) Forderungen, die nicht dem Zweck des sicheren Einschusses des Primärkühlmittels dienen, werden in dieser Regel nicht behandelt.

## 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist anzuwenden auf die Herstellung der Werkstoffe und Erzeugnisformen von Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren.

(2) Diese Regel gilt nicht für Rohrleitungen und Armaturen gleich oder kleiner als DN 50.

(3) Zum Primärkreis als Umschließung des Reaktorkühlmittels gehören beim Druckwasserreaktor die folgenden Teile ohne Einbauten:

- Reaktordruckbehälter,
- Primärseite der Dampferzeuger; der Sekundärmantel der Dampferzeuger einschließlich der Speisewassereintritts- und Frischdampfaustrittsstutzen bis zu den Rohrleitungsanschlusssnähten, jedoch ohne die kleineren Stutzen und Nippel, ist ebenfalls nach dieser Regel zu behandeln,
- Druckhalter,
- Hauptkühlmittelpumpengehäuse,
- verbindende Rohrleitungen zwischen den vorgenannten Komponenten und die darin enthaltenen Armaturengehäuse aller Art,
- von den vorgenannten Komponenten und den sie verbindenden Rohrleitungen abgehende Rohrleitungen einschließlich der darin enthaltenen Armaturengehäuse bis einschließlich der ersten Absperrarmatur,
- druckführende Wand der Steuerelementantriebe und der Kerninstrumentierung,
- integrale Bereiche von Komponentenstützkonstruktionen gemäß Bild 8.5-1 KTA 3201.2 und Anschweißteile.

(4) Zur druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels gehören beim Siedewasserreaktor die folgenden Teile ohne Einbauten:

- Reaktordruckbehälter,
- die zum gleichen Druckraum wie der Reaktordruckbehälter gehörenden Rohrleitungen einschließlich der in ihnen enthaltenen Armaturengehäuse bis einschließlich der ersten Absperrarmatur; die zum gleichen Druckraum wie der Reaktordruckbehälter gehörenden Rohrleitungen, die den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringen, bis einschließlich der ersten außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters angeordneten Absperrarmatur,
- druckführende Wandungen der Steuerelementantriebe und der Kerninstrumentierung,
- integrale Bereiche von Komponentenstützkonstruktionen gemäß Bild 8.5-1 KTA 3201.2 und Anschweißteile.

## 2 Allgemeine Grundsätze und Begriffe

### 2.1 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) Raumtemperatur

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

(5) Rauschanzeigen

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

(6) Rauschpegel

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

**(7) Sachverständiger**

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

**(8) 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.

**(9) Ultraschallprüfung, pauschale**

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

**(10) Vergleichskörper**

Ein Vergleichskörper ist ein in der 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.

**(11) Zulässigkeitskriterien bei der zerstörungsfreien Prüfung**  
Zulässigkeitskriterien bei der zerstörungsfreien Prüfung sind die Summe aller Festlegungen, anhand derer entschieden wird, ob eine Anzeige aus einer zerstörungsfreien Prüfung ohne weitere Maßnahmen als zulässig zu bewerten ist (Anforderungen 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).

**2.2 Auswahl und Begutachtung der Werkstoffe****2.2.1 Auswahl der Werkstoffe**

(1) Die Werkstoffe müssen entsprechend ihrem Verwendungszweck ausgewählt werden, wobei die mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen und die durch Neutronenbestrahlung möglichen Schädigungen zu berücksichtigen sind.

(2) Die Werkstoffe müssen den Beanspruchungen bei der Druckprüfung, beim Betrieb und bei allen spezifizierten Anlagenzuständen sicher genügen.

**Hinweis:**

Die Wahl der Werkstoffe, soweit diese für den vorgesehenen Verwendungszweck begutachtet sind, erfolgt im Allgemeinen durch den Hersteller, gegebenenfalls nach Rücksprache mit dem Werkstoffhersteller.

**2.2.2 Begutachtung der Werkstoffe**

(1) Die Begutachtung der Werkstoffe hinsichtlich ihrer den oben genannten Beanspruchungen entsprechenden Eigenschaften und der Verarbeitbarkeit erfolgt durch den Sachverständigen. Eine einmal vorgenommene Begutachtung gilt für den jeweiligen Hersteller unter Beachtung des Geltungsbereichs für alle Folgeprodukte.

(2) Werden an Werkstoffen Schweißungen vorgenommen, so müssen die Werkstoffe schweißgeeignet sein. Die Schweißseignung ist im Gutachten des Sachverständigen zu bestätigen. Die beim Schweißen gegebenenfalls zu beachtenden besonderen Bedingungen müssen im Gutachten angegeben werden.

(3) Werkstoffe mit den im **Anhang A** festgelegten Werkstoffkenndaten sind zulässig. Hersteller, die in den Beiblättern der betreffenden VdTÜV-Werkstoffblätter aufgeführt sind, gelten als begutachtet.

(4) Ein erstmaliges Gutachten des Sachverständigen ist erforderlich für

- sonstige Werkstoffe, die im **Anhang A** nicht aufgeführt sind,
- nicht begutachtete Hersteller.

In diesem Gutachten sind die Kenndaten der Werkstoffe unter Berücksichtigung dieser Regel festzulegen. Der Sachverständige hat im Zuge der Abnahmeprüfung nachzuprüfen, ob eine gleichbleibende Werkstoffqualität beim jeweiligen Hersteller gesichert ist.

(5) Die für die Werkstoffbegutachtung erforderlichen Prüfungen durch den Sachverständigen sind nach Art und Umfang so festzulegen, dass sie zusammen mit den vorgelegten Werksunterlagen eine ausreichende Grundlage für die Begutachtung des Werkstoffs darstellen. Der Nachweis einer gleichbleibenden Einhaltung der geforderten Güteeigenschaften soll möglichst durch eine mathematisch-statistische Auswertung vorliegender Untersuchungsergebnisse gestützt werden. Beteiligen sich an der Herstellung des Werkstoffes mehrere Werke, so ist dies in der Werkstoffbegutachtung zu berücksichtigen. Im Rahmen dieser Begutachtung sind

- Erschmelzungsart,
  - chemische Zusammensetzung (auch im Hinblick auf die Aktivierbarkeit),
  - Seigerungsverhalten,
  - Erzeugnisform,
  - Abmessungsgrenzen,
  - Lieferzustand,
  - mechanisch-technologische Eigenschaften,
  - Korrosionsbeständigkeit,
  - Verarbeitbarkeit,
  - Schweißseignung,
  - Geltungsbereich,
  - Art und Umfang der Prüfung,
  - Prüfbescheinigung,
  - Kennzeichnung
- zu beurteilen und festzulegen.

(6) Soll ein Werkstoff über den Rahmen des Geltungsbereichs seiner Zulassung hinaus verwendet werden, so ist ein ergänzendes Gutachten des Sachverständigen erforderlich. Das gleiche gilt für einen sonstigen Werkstoff, der in einem Einzelfall verwendet werden soll. Im Einzelfall ist ein Einzelgutachten für den erweiterten Geltungsbereich zu erstellen. Ein Einzelgutachten für einen Werkstoff ist auf den begutachteten Hersteller und gleichartige Geltungsbereiche zu beziehen. Das Einzelgutachten muss im Abnahmeprüfzeugnis erwähnt sein.

(7) Kommen neuartige, bei der erstmaligen Begutachtung nicht erfasste Herstellungsverfahren (z. B. Erschmelzungs-, Gieß- und Umformverfahren) zur Anwendung, so ist ihre Gleichwertigkeit mit den bei der Erstbegutachtung erfassten Verfahren nachzuweisen. Der Nachweis ist im ergänzenden Gutachten des Sachverständigen aufzunehmen.

**2.3 Schweißzusätze und -hilfsstoffe**

Für Schweißzusätze und -hilfsstoffe gelten die Regeln KTA 1408.1 bis KTA 1408.3.

**2.4 Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung**

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

## 2.5 Forderungen an den Hersteller

(1) Die Hersteller müssen über Fertigungseinrichtungen verfügen, die eine sachgemäße und dem Stand der Technik entsprechende Fertigung von Werkstoffen und Erzeugnisformen gestatten.

Hinweis:

Unter dem Begriff Werkstoff sind im Weiteren die Werkstoffe und ihre Erzeugnisformen gemeint.

(2) Die Hersteller müssen über Prüfeinrichtungen verfügen, die die Prüfung der Werkstoffe 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 Kraftmess-einrichtung nicht größer sein als  $\pm 1\%$ . Die Untersuchungsberichte nach DIN 51220 sind dem Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen.

(3) Werden Prüfeinrichtungen anderer Stellen in Anspruch genommen, so gelten für diese die gleichen Festlegungen.

(4) 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. 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 gemäß (1) bis (4) müssen Auflistungen über erforderliche Arbeitsanweisungen vorliegen.

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

(7) Der Hersteller muss über fachkundiges Personal verfügen, das die Prüfungen sachgemäß durchführen kann.

(8) Personal, das Besichtigungen durchführt, muss über das eingesetzte Herstellungsverfahren informiert sein und entsprechend den Anforderungen nach DIN EN ISO 9712 ein gutes Sehvermögen haben, das alle 12 Monate zu überprüfen ist

(9) Die Prüfaufsicht für die zerstörungsfreien Prüfungen muss

- a) über das für ihre Aufgaben erforderliche Wissen verfügen sowie die Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen der Prüfverfahren kennen,

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

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.

(10) Die Prüfaufsicht muss für die zur Anwendung kommenden Prüfverfahren in den zutreffenden Produkt- oder Industriesektoren entsprechend 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.

(11) Die Prüfer für die zerstörungsfreien Prüfungen 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 entsprechend DIN EN ISO 9712 mindestens in Stufe 2 qualifiziert und zertifiziert sein.

(12) Der Abnahmebeauftragte muss dem Herstellerwerk angehören. Name und Prüfstempel des Abnahmebeauftragten müssen dem zuständigen Sachverständigen bekannt sein.

(13) Soweit im Rahmen der Herstellung an den Erzeugnisformen geschweißt wird, sind folgende Forderungen zu erfüllen:

- a) Die Hersteller müssen eigenes Aufsichtspersonal und nach DIN EN ISO 9606-1 in Verbindung mit AD 2000-Merkblatt HP 3 qualifizierte 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.

- b) Die Schweißaufsicht muss dem Herstellerwerk angehören und dem Sachverständigen benannt werden. Für die Forderungen an die fachliche Qualifikation der Schweißaufsicht gelten die Festlegungen in KTA 3201.3.

(14) Alle festgestellten Abweichungen von den Qualitätsanforderungen sind der dafür vorgesehenen Stelle zu melden. Das Vorgehen ist schriftlich festzulegen.

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

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

(17) Vor Aufnahme der Fertigung hat der Sachverständige zu prüfen, ob die Forderungen gemäß (1) bis (16) erfüllt sind. Die Erfüllung der Forderungen ist vom Sachverständigen schriftlich zu bestätigen. 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 Anforderungen auch weiterhin erfüllt sind.

## 2.6 Vorprüfung und Qualitätsdokumentation

### 2.6.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Grundsätzlich sind in den Vorprüfunterlagen die Sollvorgaben für die Herstellung der Erzeugnisformen und die erforderlichen Nachweise über die im Zuge der Herstellung durchzuführenden Prüfungen festzulegen. Im Einvernehmen mit dem Sachverständigen darf auf die Erstellung von Vorprüfunterlagen ganz oder teilweise für bestimmte Erzeugnisformen verzichtet werden, wenn die Vorgaben dieser Regel eingehalten werden und ausreichende Festlegungen zur Abnahme der Erzeugnisform in dieser Regel vorliegen. Für die Erzeugnisformen der Abschnitte 22 bis 24 und 27 ist eine Vorprüfung nur für die in den betreffenden Abschnitten genannten Vorprüfunterlagen durchzuführen.

(2) Die Vorprüfunterlagen und die Nachweise über die im Zuge der Herstellung durchgeführten Prüfungen sind zu dokumentieren und zur Qualitätsdokumentation zusammenzustellen. Die Qualitätsdokumentation ist herstellungsbegleitend zu erstellen.

### 2.6.2 Ablageform und Aufbewahrungszeit

(1) Die Ablageform der Qualitätsdokumentation, nämlich Endablage (E) oder Zwischenablage (Z) ist gemäß KTA 1404 in **Tabelle 2-1** festgelegt.

(2) Hinsichtlich der allgemeinen Forderungen an die Art und den Umfang der Dokumentation sowie hinsichtlich der Anforderungen an Aufbewahrungszeit und Aufbewahrungsort gilt KTA 1404.

### 2.6.3 Kurzzeichen

(1) In den Herstellungsunterlagen sind einheitliche Kurzzeichen zu verwenden.

(2) Nach Möglichkeit sind die in **Tabelle 2-2** vorgeschlagenen Kurzzeichen zu verwenden.

(3) Werden andere oder weitere Kurzzeichen verwendet, sind diese in der jeweiligen Unterlage zu erklären.

## 2.6.4 Vorprüfung

### 2.6.4.1 Vorprüfunterlagen

Die Vorprüfunterlagen sind rechtzeitig vor dem geplanten Beginn der Herstellung einer Erzeugnisform zu erstellen und dem Sachverständigen zur Vorprüfung einzureichen. Es dürfen auch ganz oder teilweise standardisierte Vorprüfunterlagen eingereicht werden.

### 2.6.4.2 Art und Inhalt

#### 2.6.4.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für die Vorprüfung sind im Allgemeinen die nachfolgend genannten Unterlagen der Abschnitte 2.6.4.2.2 bis 2.6.4.2.6 zu erstellen. Weitere Unterlagen, z. B. für Fertigungsschweißungen an Stahlguss, sind entsprechend den Festlegungen der erzeugnisformbezogenen Abschnitte beizubringen.

(2) Die Unterlagen müssen die in den **Formblättern E-1 bis E-4** verlangten Angaben enthalten. Es wird empfohlen, die Formblätter auch als Muster für die Gestaltung der Unterlagen zu verwenden.

#### 2.6.4.2.2 Deckblatt

In einem Deckblatt zu den Vorprüfunterlagen sind neben der genauen Bezeichnung der vorzuprüfenden Erzeugnisform die weiteren Vorprüfunterlagen mit Abkürzungen und Seitenzahlen einzeln aufzuführen. Zusätzlich sind eine Revisionsstandtabelle und eine Auflistung aller für die Herstellung gültigen KTA-Regeln sowie gegebenenfalls Spezifikationen, Prüf- und Arbeitsanweisungen aufzunehmen.

#### 2.6.4.2.3 Zeichnungen

(1) Die Erzeugnisformen sind in Zeichnungen darzustellen, wenn die Geometrie dies erfordert.

(2) Die Zeichnungen müssen die Hauptmaße einschließlich der Toleranzen enthalten.

#### 2.6.4.2.4 Werkstoffprüf- und Probenentnahmepläne

(1) Die Werkstoffprüf- und Probenentnahmepläne (WPP) sind gemäß **Bild 2-1** in einen Vorprüfungs- und einen Dokumentationsführungsabschnitt zu unterteilen und müssen folgende Angaben enthalten:

- Solche Angaben zur Fertigung (z. B. Wärmebehandlung) die für die Festlegung und Zuordnung der Prüfungen und Überwachungsmaßnahmen erforderlich sind.
- Die mechanisch-technologischen Prüfungen einschließlich Anzahl, Richtung und Lage der Proben in den Probenabschnitten und der Lage der Probenabschnitte in der Erzeugnisform. Wenn die Geometrie der Erzeugnisform es erfordert, ist die Lage der Proben und der Probenabschnitte in einem Lageplan als Anhang zum Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan darzustellen. Alle Proben sind im Probenentnahmeplan eindeutig zu kennzeichnen.
- Die zerstörungsfreien Prüfungen,
- Die für die Prüfschritte erforderlichen Maßgaben, Arbeits- und Prüfanweisungen,
- Die an den Prüfungen beteiligten Stellen mit Kennzeichnung der Tätigkeiten, z. B. Durchführung oder Teilnahme.
- Festlegungen zur Dokumentation (Art des Nachweises und Ablageform, siehe **Tabelle 2-1**).

(2) In den Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplänen sind alle Prüfungen anzugeben, die nach dieser Regel durchzuführen sind. Dabei ist unter Berücksichtigung der **Tabelle 2-1** auch anzugeben,

- ob die Prüfergebnisse durch Einzelnachweise oder durch Stempelung und Unterschrift zu bestätigen sind,
- welche Ablageform (E oder Z) für die Dokumentation vorgesehen ist und
- für welche Prüfungen eine Sammelbescheinigung (E/S) als Nachweis vorgesehen ist.

#### 2.6.4.2.5 Wärmebehandlungspläne

Für alle Wärmebehandlungen an den Erzeugnisformen und mitlaufenden Probenabschnitten sowie für die simulierend wärmezubehandelnden Probenabschnitte sind Wärmebehandlungspläne zu erstellen. Diese sollen mindestens folgenden Angaben enthalten:

- Art der Wärmebehandlung (z. B. Vergüten, simulierendes Spannungsarmglühen),
- Wanddicke und Konturen der Stücke in dem für die Wärmebehandlung vorgesehenen Zustand (gegebenenfalls in den Zeichnungen nach Abschnitt 2.6.4.2.3),
- Art der Wärmebehandlungseinrichtung (z. B. Durchlauf-ofen, Herdwagen),
- Art und Umfang der Temperaturmessung, Lage der Thermoelemente am Stück unter Berücksichtigung der vorgesehenen Lage des Stücks im Ofen,
- Zeit-Temperatur-Verlauf (z. B. Aufheizgeschwindigkeit, Haltezeit, Abkühlgeschwindigkeit, falls aus der Warmumformung wärmebehandelt werden soll, ist dies anzugeben),
- Abkühlungsart, Kühlmittel.

#### 2.6.4.2.6 Prüfanweisungen für die zerstörungsfreien Prüfungen

(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:

- Zuordnung zu den einzelnen Prüfgegenständen,
- Prüfzeitpunkt, sofern dieser Einfluss auf Prüfumfang und Prüfdurchführung gemäß Prüfungsplan hat,
- prüftechnische Voraussetzungen, Prüftechniken, Prüfeinrichtungen, Art der Einstellung und Überprüfung der Prüfempfindlichkeit,
- erforderlichenfalls zusätzliche Erläuterungen zur Durchführung der Prüfung (z. B. maßstäbliche Skizze),
- vorgesehene Ersatzmaßnahmen bei eingeschränkter Anwendbarkeit der Festlegungen zur zerstörungsfreien Prüfung,
- Koordinatensystem (Bezugssystem und Zählrichtung) für eine dem Prüfgegenstand zugeordnete Beschreibung von Anzeigen oder Unregelmäßigkeiten,
- erforderlichenfalls ergänzende Angaben zur Protokollierung und zur Bewertung von Anzeigen oder Unregelmäßigkeiten (z. B. im Falle von prüftechnischen Ersatzmaßnahmen).

#### 2.6.4.3 Durchführung der Vorprüfung

(1) Der Sachverständige hat zu überprüfen, ob die eingereichten Vorprüfunterlagen vollständig sind und hinsichtlich

ihres sachlichen Inhalts sowie der vorgegebenen Maßnahmen den Festlegungen dieser Regel entsprechen.

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

(3) Im Zuge der Vorprüfung erforderliche Änderungen und Ergänzungen der Vorprüfunterlagen sind in diese einzuarbeiten und durch einen Vermerk des Sachverständigen zu kennzeichnen.

#### 2.6.4.4 Gültigkeitsdauer

Die vorgeprüften Unterlagen bleiben grundsätzlich bis zur Fertigstellung der Erzeugnisform gültig. Eine Überprüfung der Unterlagen wird jedoch erforderlich,

- a) wenn nicht innerhalb von 24 Monaten nach Datum des Prüfvermerks mit der Herstellung begonnen wird,
- b) wenn die Herstellung mehr als 24 Monate unterbrochen wird,
- c) wenn sich die der Vorprüfung zugrunde gelegten Vorschriften und Regeln in wesentlichen Punkten geändert haben.

#### 2.6.4.5 Änderung von Vorprüfunterlagen

(1) Werden nach abgeschlossener Vorprüfung Änderungen in den vorgeprüften Unterlagen erforderlich, so ist eine erneute Vorprüfung der betroffenen Unterlagen vorzunehmen.

(2) Die geänderten Unterlagen sind gemäß ihrem Revisionsstand fortlaufend durchnummerieren.

#### 2.6.5 Qualitätsdokumentation beim Hersteller

(1) Der Hersteller hat für die Zusammenstellung der erforderlichen Unterlagen eine zentrale Stelle zu beauftragen. Diese Stelle ist dem Sachverständigen zu benennen.

(2) Der Hersteller hat dafür zu sorgen, dass

- a) bei ihm das in dieser Regel festgelegte Dokumentationssystem eingehalten wird,
- b) die erstellten Unterlagen gemäß den Anforderungen dieser Regel vollständig ausgefüllt und mit den erforderlichen Prüfvermerken versehen sind,
- c) die Qualitätsdokumentation herstellungsbegleitend auf Richtigkeit und Vollständigkeit geprüft wird und somit zu jeder Zeit während der Herstellung den Prüfzustand des Erzeugnisses wiedergibt.

(3) Werden im Zuge der Herstellung Abweichungen von den Sollvorgaben festgestellt, sind vom Hersteller Abweichungsberichte zu erstellen und dem Sachverständigen zur Prüfung vorzulegen. In dem Abweichungsbericht ist neben der Beschreibung der Abweichung die weitere Vorgehensweise (Behebung oder Tolerierung der Abweichung) mit entsprechender Begründung anzugeben. Der Abweichungsbericht ist in die Endablage aufzunehmen.

(4) Geänderte und geprüfte Unterlagen sind so zu dokumentieren, dass die Rückverfolgbarkeit zur ursprünglichen Planung sichergestellt ist.

(5) Mit Fertigstellung der Erzeugnisform hat der Hersteller die von ihm geprüfte Dokumentation im Original dem Sachverständigen zur abschließenden Prüfung vorzulegen.

### 2.7 Fertigungsüberwachung

#### 2.7.1 Fertigungsüberwachung durch den Hersteller

(1) Während der Herstellung der Erzeugnisse von der Er-schmelzung bis zur Auslieferung ist anhand der Herstellungs- und Vorprüfunterlagen eine Fertigungsüberwachung durch die

von der Fertigung unabhängige Qualitätsstelle des Herstellers durchzuführen.

(2) Diese begleitende Fertigungsüberwachung hat mindestens zu erfassen:

- a) Überprüfung der Erfüllung der Voraussetzungen für eine sach- und vorschriftsgemäße Fertigung entsprechend den Festlegungen dieser Regel.
- b) Überwachung der Fertigungs- und Prüfschritte mit Gegenzeichnung in Protokollen und Bescheinigungen bei der Er-schmelzung einschließlich Abguss, bei der Wärmebehandlung und bei Reparaturen.
- c) Überwachung und Durchführung der Prüfungen entsprechend der Herstellungs- und Vorprüfunterlagen für:
  - ca) zerstörungsfreie Prüfungen,
  - cb) zerstörende Prüfungen,
  - cc) Maßkontrollen,
  - cd) Stempelungen,
  - ce) Besichtigung,
  - cf) Verwechslungsprüfung,
  - cg) Dichtheitsprüfung (bei Gussstücken).

(3) Über die begleitende Fertigungsüberwachung hat der Hersteller eine Dokumentation entsprechend den Herstellungs- und Vorprüfunterlagen zu erstellen, die bei der Abnahme vorzuliegen hat.

#### 2.7.2 Fertigungsüberwachung durch den Sachverständigen

(1) Der Sachverständige soll sich stichprobenweise von der Fertigungsüberwachung durch den Hersteller überzeugen. Der Sachverständige ist berechtigt, den Herstellungsvorgängen beizuwohnen. Der Herstellungsablauf darf dabei jedoch nicht beeinträchtigt werden. Dem Sachverständigen sind die qualitätssichernden Fertigungs- und Prüfunterlagen zugänglich zu machen.

(2) Die für den Sachverständigen vorgesehenen Prüfungen und Kontrollen sind von ihm entsprechend den vorgeprüften Unterlagen durchzuführen. In Einzelfällen darf der Sachverständige Proben für Stückanalysen durch eine unabhängige Prüfstelle fordern.

(3) Über seine Fertigungsüberwachung hat der Sachverständige einen Bericht zu erstellen, der auch die Abweichungen von den Sollvorgaben, Bewertung dieser Abweichungen, Nachbesserungen und Reparaturen enthalten soll und Bestandteil des Abnahmeprüfzeugnisses des Sachverständigen ist.

### 2.8 Prüfung und Nachweis der Güteeigenschaften der Werkstoffe

(1) Maßgebend für die Prüfung und den Nachweis der Güteeigenschaften der Werkstoffe sind die Festlegungen in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten sowie im **Anhang A**.

(2) Die Güteeigenschaften der Werkstoffe sind durch Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 nachzuweisen. Sie müssen die Ergebnisse der Prüfungen, die Prüfgrundlagen, die Prüfbedingungen und die Namen der Prüfer enthalten. Ferner müssen sie bestätigen, dass die Anforderungen dieser Regel erfüllt sind.

(3) Die Werkstoffe sollen im Herstellerwerk geprüft werden. Die Werkstoffe sind entsprechend den Festlegungen in Abschnitt 3.5 zu kennzeichnen. Der vollständige Inhalt der Kennzeichnung ist im Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 anzugeben.

(4) Über das Erzeugnis ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu erstellen, das alle Ergebnisse der Prüfungen entsprechend den vorgeprüften Herstellungsunterlagen sowie die Bestätigung dass auf das abgenommene Erzeugnis das Qualitätssicherungssystem angewendet wurde, enthalten muss.

(5) Abnahmeprüfzeugnisse 3.2 nach DIN EN 10204 müssen vom Sachverständigen bestätigt oder ausgestellt werden.

**2.9 Reparaturen**

(1) Vor jedem Ausbessern eines Fehlers ist abzuwägen, inwieweit eine Reparatur gegenüber einem Belassen des Fehlers für die Sicherheit des Bauteils Vor- oder Nachteile bringt. Dies gilt auch bei Reparatur- und Hilfsschweißungen an fertig bearbeiteten Stücken.

(2) Die Ursachen für Reparaturen sind zu ermitteln, zu dokumentieren und dem Sachverständigen mitzuteilen.

(3) Für Schweißungen sind die entsprechenden Festlegungen in KTA 3201.3 zu beachten. Dies gilt auch bei Hilfsschweißungen an fertig bearbeiteten Stücken.

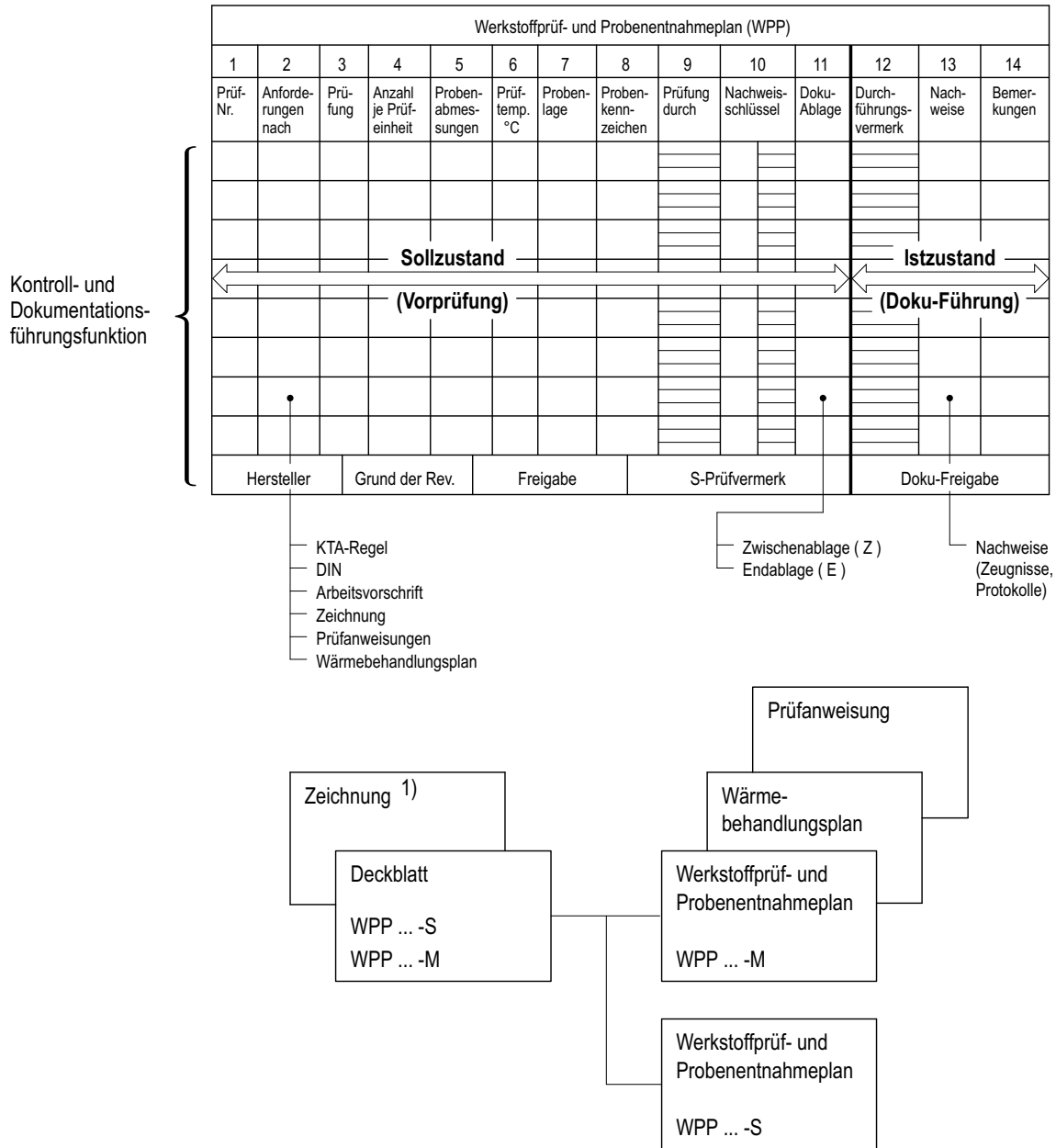
(4) Fertigungsschweißungen an Gussstücken sind keine Reparaturen im Sinne dieser Regel.

(5) Vor Durchführung der Reparaturen sind entsprechende Vorprüfunterlagen zu erstellen und vom Sachverständigen zu prüfen. Die Festlegungen der Abschnitte 2.6.1 und 2.6.2 gelten auch für Reparaturen.

**2.10 Werkstoffdaten für die Berechnung**

(1) Die für die Festigkeitsberechnung maßgebenden Werkstoffdaten sind, soweit der Werkstoff begutachtet ist, dem **Anhang A** zu entnehmen.

(2) Bei den sonstigen Werkstoffen sind sie dem Gutachten des Sachverständigen zu entnehmen.



1) Nur wenn die Geometrie der Erzeugnisform dies erfordert.

**Bild 2-1:** Vorprüfunterlagen für Erzeugnisformen



Prüfungen und Nachweise		Durchführung/Teilnahme	Dokumentationsart		
1 Prüfungen beim Erzeugnisformhersteller					
1.1	Kontrolle der Zulassung oder der Anerkennung des Herstellers	S			ST
1.2	Überprüfung der Werkstoffbegutachtung (Grundwerkstoff, Schweißzusätze und -hilfsstoffe)	S			ST
1.3	Chemische Analyse (Schmelzenanalyse, Stückanalyse)	H	E		
1.4	Kontrolle der Gültigkeit von Verfahren für				
	a) Fertigungsschweißung bei Guss	H, S			ST
	b) Druckprüfung für Dampferzeugerheizrohre	H, S			ST
	c) spezielle Verfahren (z. B. Strahlen, Biegen)	H, S			ST
1.5	Mechanisch-technologische Prüfungen vor der Endwärmebehandlung	H, S <sup>3)</sup>		Z	
1.6	Zerstörungsfreie Prüfungen vor der Endwärmebehandlung	H, S <sup>1)</sup>	E <sup>1)</sup>	Z	
1.7	Maßprüfung vor der Endwärmebehandlung	H		Z	
1.8	Nachweis der Wärmebehandlung (Ofenschriebe, Ofenbelegungsplan, Temperaturmessstellen)	H, S		Z	
1.9	Bescheinigung der Wärmebehandlung	H, S	E		
1.10	Schwefelabdrücke	H		Z	
1.11	Prüfung der mechanisch-technologischen Eigenschaften in dem für die Einstellung der Werkstoffeigenschaften maßgebenden Wärmebehandlungs- oder Fertigungszustand einschließlich eventueller Simulierungsglühungen, z. B.				
	a) Festigkeitsprüfung	H, S	E		
	b) Zähigkeitsprüfung	H, S	E		
	c) Härteprüfung	H, S	E		
	d) Metallographie (z. B. Korngröße, Gefüge, Deltaferrit, Beizschleibenprüfung)	H	E		
	e) Korrosionsprüfung (Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion)	H			ST
1.12	Zerstörungsfreie Prüfungen im Auslieferungszustand oder nach der letzten Wärmebehandlung vor der Weiterverarbeitung	H, S	E		
1.13	Maßprüfung im Auslieferungszustand				
	a) mit Ja/Nein-Aussage	H, S			ST
	b) mit Ist-Maß-Protokollierung	H, S	E		
1.14	Besichtigung	H, S			ST
1.15	Druckprüfung	H, S	E		
1.16	Überprüfung der Kennzeichnung	H, S	E <sup>2)</sup>		ST
1.17	Verwechslungsprüfung	H			ST
1.18	Reinheitsprüfung	H			ST
1.19	Verpackungskontrolle	H			ST
1.20	Dokumentationsprüfung	H, S			ST
1.21	Dokumentationsfreigabe	S	E		
1) Sofern aus geometrischen Gründen nach der Endwärmebehandlung nur eingeschränkt geprüft werden kann.		E : Endablage	S : Sachverständiger		
2) Stempelabdruck, wenn möglich.		Z : Zwischenablage	H : Hersteller		
3) Falls erzeugnisformspezifisch verlangt.		ST: Stempelung			

Tabelle 2-1: Prüfungen/Nachweise-Durchführung/Teilnahme-Dokumentation

<b>(1) Prüfungen</b>	PFP : Prüffolgeplan
AP : Arbeitsprüfung	RPL : Reinigungsplan
CHP : Chargenprüfung	RTP : Durchstrahlungsprüfplan
DIP : Dichtheitsprüfung	SP : Schweißplan (Schweißanweisung)
DOP : Dokumentationsprüfung	SPK : Schweißprotokoll
DRP : Druckprüfung	WBP : Wärmebehandlungsplan
EK : Eingangskontrolle	WBPK : Wärmebehandlungsprotokoll
ET : Wirbelstromprüfung	WPP : Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan
MK : Maßkontrolle	ZG : Zeichnung
MT : Magnetpulverprüfung	<b>(3) Sonstiges</b>
MTP : mechanisch-technologische Prüfung	AN : Nachweisaussteller
PT : Eindringprüfung	E : Endablage
RP : Reinigungsprüfung	E/S : Endablage Sammelbescheinigung
RT : Durchstrahlungsprüfung	QS : Qualitätssicherung
SUE : Schweißüberwachung	QST : Qualitätsstelle
UT : Ultraschallprüfung	SF : Schweißfolge
VP : Verfahrensprüfung	ST : Stempelung mit Unterschrift
VWP : Verwechslungsprüfung	Z : Zwischenablage
WBK : Wärmebehandlungskontrolle	..-S : Kennzeichnung des simulierend wärmebehandelten Zustandes
WP : Werkstoffprüfung	..-M : Kennzeichnung des mitlaufend wärmebehandelten Zustandes
ZfP : zerstörungsfreie Prüfung	..-R : Kennzeichnung der Unterlagen bei Reparaturen
<b>(2) Unterlagen</b>	..-RM : Kennzeichnung des Reservematerials
AB : Abweichungsbericht	..-L : Kennzeichnung der Lebensdauer
AW : Arbeitsanweisung	<b>(4) Prüfungsteilnehmer</b>
CHPP : Plan für Chargenprüfungen	H : Hersteller
DBL : Deckblatt	S : Sachverständiger
DRPP : Druckprüfplan	
PA : Prüfanweisung	

Tabelle 2-2: Zu verwendende Kurzzeichen

### 3 Allgemeingültige Festlegungen für Werkstoffe und ihre Prüfungen

#### 3.1 Zulässige Werkstoffe

Zulässig sind Werkstoffe, die den Voraussetzungen des Abschnitts 2 genügen und deren Eignung entsprechend dieser Regel durch ein Gutachten des Sachverständigen bestätigt wurde. Dieses Gutachten ist auf den jeweiligen Hersteller und bestimmte Erzeugnisformen zu beziehen.

#### 3.2 Anforderungen

##### 3.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Die für den jeweiligen Anwendungsfall auszuwählenden Werkstoffe müssen den der Auslegung zugrunde gelegten Beanspruchungen zum Beispiel mechanischer, thermischer und chemischer Art, und den Beanspruchungen bei der Herstellung genügen. Zusätzlich zu den im Druckbehälterbau allgemein üblichen Anforderungen gilt, dass bei kernnahen Bauteilen der Neutronenbestrahlung Rechnung zu tragen ist.

##### Hinweis:

Der kernnahe Bereich ist der der Bestrahlung ausgesetzte Wandungsbereich des Reaktordruckbehälters, der direkt den aktiven Teil des Reaktorkerns (Länge des mit Brennstoff beladenen Teils der Brennstäbe) umgibt, sowie angrenzende Bereiche, die aufgrund der vorausgerechneten Erhöhung der Referenztemperatur bei der Auswahl der zu überwachenden Werkstoffe in Betracht zu ziehen sind.

(2) Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endzustand der Komponenten nach der Bau- und Druckprüfung. Bei den Prüfungen an den Werkstoffen und Erzeugnisformen sind diese Werkstoffeigenschaften an ausreichend großen Probenabschnitten in den in Abschnitt 3.3.5 festgelegten Wärmebehandlungszuständen nachzuweisen.

##### 3.2.2 Herstellung

(1) Die Werkstoffe sind mit den im **Anhang A** oder im Werkstoffgutachten des Sachverständigen festgelegten Er-schmelzungsverfahren so herzustellen, dass der zulässige Bereich der chemischen Zusammensetzung eingehalten wird. Bei Abweichungen ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu führen.

(2) Bei der Herstellung der Werkstoffe soll das Ausmaß der Seigerung möglichst gering gehalten werden.

##### 3.2.3 Wärmebehandlung

(1) Die Wärmebehandlung der Werkstoffe ist entsprechend den Festlegungen in den ergebnisformbezogenen Abschnitten und **Anhang A** oder nach den Werkstoffgutachten des Sachverständigen durchzuführen. Bei Abweichungen von der festgelegten Wärmebehandlung ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(2) Sämtliche Wärmebehandlungen sind mit Temperatur-Zeit-Aufschreibungen zu belegen. Die Gleichmäßigkeit der

Wärmebehandlungstemperatur über das Erzeugnis ist mittels geeigneter Geräte nachzuweisen und mit Schreibgeräten festzuhalten. Alle Aufzeichnungen sind für den Sachverständigen zur Einsichtnahme bereitzuhalten.

(3) Falls Erzeugnisse aus vergüteten Stählen im Laufe der Fertigung nach dem letzten Vergüten weitere Wärmebehandlungen erfahren, sollen sich die in den Vorprüfunterlagen vorgegebenen Temperaturspannen für das Anlassen und Spannungsarmglühen nicht überschneiden. Lässt sich dies nicht vermeiden, dürfen die bei diesen weiteren Wärmebehandlungen im Laufe der Fertigung gemessenen höchsten Stücktemperaturen nicht höher sein als die niedrigsten gemessenen Stücktemperaturen beim Anlassen während des letzten Vergütens.

### 3.2.4 Werkstoffeigenschaften

#### 3.2.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Die Anforderungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften und an die Gleichmäßigkeit der Eigenschaften innerhalb eines Erzeugnisses sind werkstoff- und ergebnisformabhängig. Die Anforderungen sind den ergebnisformbezogenen Abschnitten und dem **Anhang A** oder den Werkstoffgutachten des Sachverständigen zu entnehmen. Für innendruckbeanspruchte Erzeugnisse sind die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften, insbesondere an das Zähigkeitsverhalten, vorzugsweise unter Bezugnahme auf den Faserverlauf festgelegt.

(2) Im Rahmen der Werkstoffbegutachtung ist festzulegen, ob und in welchem Umfang über die in den ergebnisformbezogenen Abschnitten und dem **Anhang A** festgelegten Prüfungen hinaus weitere Untersuchungen notwendig sind.

#### 3.2.4.2 Anforderungen an ferritische Werkstoffe

(1) In diesem Abschnitt sind Anforderungen an ferritische Werkstoffe für die im Geltungsbereich der Abschnitte 4 bis 17 und 29 genannten Erzeugnisformen festgelegt.

(2) Bei ferritischen Stählen ist der Sicherheit gegen Sprödbruch unter Berücksichtigung der Betriebs- und Beanspruchungsverhältnisse besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

##### Hinweis:

In den nachfolgenden Abschnitten wird der Einfachheit wegen nur noch von ferritischen Stählen gesprochen. Diese schließen jedoch immer auch die Vergütungsstähle ein.

(3) Die zur Verwendung kommenden ferritischen Werkstoffe müssen ein feinkörniges Gefüge aufweisen.

(4) Bei Erzeugnissen für kernnahe Bauteile kann es nach den Auslegungs- und Beanspruchungsbedingungen im Hinblick auf die Neutronenbestrahlung notwendig sein, dass die Gehalte an bestimmten Elementen, insbesondere an Kupfer und Phosphor, nach der Stückanalyse gegenüber den üblichen Gehalten eingeschränkt werden. In diesem Falle sind entsprechende Forderungen in der Bestellung zu verankern.

(5) Für gewalzte und geschmiedete Erzeugnisformen, ausgenommen solche nach den Abschnitten 14 und 15, muss die Bruchseinschnürung an Senkrechtproben als Mittelwert aus drei Einzelproben mindestens 45 % betragen, wobei kein Einzelwert unter 35 % liegen darf.

(6) Die ferritischen Stähle für innendruckbeanspruchte Bauteile müssen so beschaffen sein, dass für Grundwerkstoff, Schweißgut und Wärmeeinflusszone (WEZ) die Referenztemperatur  $RT_{NDT}$ , um mindestens 33 K sowohl unter der niedrigsten betrieblichen Beanspruchungstemperatur als auch unter der Druckprüftemperatur liegt. Hierbei ist die Referenztemperatur  $RT_{NDT}$  durch die folgenden Maßnahmen definiert:

a) Festlegung einer Temperatur, welche gleich oder höher liegt als die Sprödbruch-Übergangstemperatur (NDT-Temperatur  $T_{NDT}$ ), festgestellt mit Hilfe von Fallgewichtsversuchen.

b) Bei einer Temperatur nicht größer als  $T_{NDT} + 33$  K soll jede Probe aus dem Kerbschlagbiegeversuch (Querproben) mindestens 68 J Schlagenergie und mindestens 0,9 mm seitliche Breitung aufweisen. Sind diese Anforderungen erfüllt, ist die  $T_{NDT}$  die  $RT_{NDT}$ .

c) Für den Fall, dass die oben genannten Forderungen nicht erfüllt sind, sind zusätzliche Kerbschlagbiegeversuche (Querproben) in Sätzen von jeweils 3 Proben durchzuführen, um die Temperatur  $T_{AV}$  zu bestimmen, bei welcher oben genannte Anforderungen erfüllt sind. In diesem Fall ist die Referenz-Temperatur

$$RT_{NDT} = T_{AV} - 33 \text{ K.}$$

Somit ist die Referenz-Temperatur  $RT_{NDT}$  die höhere der beiden Temperaturen  $T_{NDT}$  und  $T_{AV} - 33$  K.

Ergänzend darf die Referenztemperatur  $T_0$  nach ASTM E1921 zur Positionierung der Bruchzähigkeitskurve  $K_{Ic}(T)$  nach KTA 3201.2 Abschnitt 7.9 bestimmt werden.

(7) Die Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch an Querproben in der Hochlage muss mindestens 100 J betragen.

(8) Die NDT-Temperatur soll gleich oder kleiner als  $0^\circ\text{C}$  sein. Bei Erzeugnissen für kernnahe Bauteile darf je nach den Beanspruchungsbedingungen gefordert werden, dass die NDT-Temperatur nicht oberhalb  $-12^\circ\text{C}$  liegen darf. Bei Überschreitung der geforderten NDT-Temperatur entscheidet der Besteller im Einvernehmen mit dem Sachverständigen unter Berücksichtigung der Sicherheitsanalyse über das weitere Vorgehen.

(9) Die Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch an Querproben ist bei einer Temperatur, die 33 K höher liegt als die geforderte NDT-Temperatur, zu prüfen. Die Schlagenergie darf dabei einen Wert von 68 J und die seitliche Breitung einen Wert von 0,9 mm nicht unterschreiten. Falls diese Werte nicht erreicht werden, ist diejenige höhere Temperatur zu ermitteln, bei der die genannten Forderungen im Kerbschlagbiegeversuch erfüllt werden. Für die Verwendung eines solchen Erzeugnisses ist dann zu beachten dass diese höhere Temperatur unterhalb der in kritischen Zuständen (z. B. Druckprüfung oder Störfall) möglichen Temperatur liegen muss. Für die Kerbschlagbiegeversuche ist bei der ursprünglichen Temperatur eine Wiederholungsprüfung unter folgenden Bedingungen gestattet:

a) Der Mittelwert der Schlagenergie und der seitlichen Breitung darf den spezifizierten Einzelwert nicht unterschreiten.

b) Nur bei einer Probe dürfen die spezifizierten Einzelwerte unterschritten werden.

c) Bei der ausgefallenen Probe, die die spezifizierten Einzelwerte nicht erreichte, darf der spezifizierte Einzelwert der Schlagenergie um nicht mehr als 14 J, der spezifizierte Einzelwert der seitlichen Breitung um nicht mehr als 0,13 mm unterschritten werden.

(10) Bei der Wiederholungsprüfung werden für die ausgefallene Probe zwei zusätzliche Proben geprüft. Diese beiden Proben sind so nahe wie möglich an dem Entnahmeort zu entnehmen, von dem die ausgefallene Probe entnommen worden war. Beide Proben müssen die spezifizierten Einzelwerte erreichen. Falls die spezifizierten Einzelwerte auch bei der Wiederholungsprüfung nicht erreicht werden, ist diejenige höhere Temperatur zu ermitteln bei der jeder Einzelwert die genannten Forderungen erfüllt. Dazu sollen die vorhandenen Schlagenergie-Temperatur-Kurven genommen werden, die erforderlichenfalls durch weitere Versuche zu ergänzen sind.

(11) Die Einzelheiten zu den Prüfungen werden in den nachfolgenden Abschnitten für die jeweiligen Erzeugnisformen festgelegt.

### 3.2.4.3 Anforderungen an austenitische Werkstoffe

(1) In diesem Abschnitt sind Anforderungen an austenitische Werkstoffe für die im Geltungsbereich der Abschnitte 22 bis 24 und 30 genannten Erzeugnisformen festgelegt.

(2) Die mittlere Korngröße soll eine Kennzahl von gleich oder größer als 4 nach DIN EN ISO 643 aufweisen. Abweichungen davon sind zulässig, wenn die Weiterverarbeitbarkeit und die Eigenschaften eingehalten und insbesondere die Prüfbarkeit mittels Ultraschall nicht beeinträchtigt ist.

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

(4) Bei Teilen, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten ohne Zusatzwerkstoff ausgeführt werden, soll der Grundwerkstoff im aufgeschmolzenen Zustand einen Deltaferritgehalt von 2 % bis 10 % aufweisen. Bei Teilen, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten mit Zusatzwerkstoff ausgeführt werden soll der Grundwerkstoff im aufgeschmolzenen Zustand einen Deltaferritgehalt von 1 % bis 10 % aufweisen. Dabei ist in beiden Fällen ein geschlossenes Ferritnetzwerk nicht zulässig.

(5) Der Werkstoff muss unter den vorgesehenen Verarbeitungsbedingungen, insbesondere nach dem Schweißen oder nach einer Wärmebehandlung, beständig gegen interkristalline Korrosion sein.

### 3.2.4.4 Anforderungen an Vergütungsstähle für Schrauben, Muttern und Scheiben

(1) In diesem Abschnitt sind Anforderungen an die ferritischen Werkstoffe für die im Geltungsbereich der Abschnitte 20 und 21 genannten Erzeugnisformen festgelegt.

(2) Im Kerbschlagbiegeversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei der Temperatur 20 °C sind folgende Festlegungen zu erfüllen:

Maßgebliche Dicke in mm	Schlagenergie in J		Breitung in mm Kleinstwert
	Mittelwert aus 3 Proben	Kleinstwert Einzelwert	
$D \leq 25$	52	42	—
$25 < D \leq 100$	52	42	0,65
$D > 100$	—	61	0,65

### 3.2.4.5 Werkstoffe für besondere Beanspruchungen

Liegen besondere Beanspruchungen vor (z. B. Erosion, Korrosion, thermische Beanspruchung, Verschleiß), dürfen auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmte Werkstoffe eingesetzt werden. Die Bedingungen hierfür sind im Einzelfall im Einvernehmen mit dem Sachverständigen festzulegen.

### 3.2.5 Volumen- und Oberflächenfehler

Die Erzeugnisse müssen in dem Maß frei von Volumenfehlern und Oberflächenfehlern sein, wie es in den folgenden Abschnitten festgelegt ist.

#### Hinweis:

Dort sind auch die Zulässigkeitskriterien für die Anzeigen bei der zerstörungsfreien Prüfung angegeben, die die Art und Weiterverarbeitung der Erzeugnisse, ihren Verwendungszweck und ihre Beanspruchung berücksichtigen.

### 3.2.6 Oberflächenzustand

(1) Ausführungsart und Oberflächenbeschaffenheit der Erzeugnisse sind im Rahmen der Bestellung vorzugeben.

(2) Der Oberflächenzustand muss den Prüfanforderungen der zerstörungsfreien Prüfungen einschließlich der wiederkehrenden Prüfungen genügen. Die Einzelheiten sind im Abschnitt 3.3.8 angegeben.

### 3.2.7 Weiterverarbeitung

Bei Weiterverarbeitung der Werkstoffe und Erzeugnisformen einschließlich der Prüfungen gelten die Festlegungen von KTA 3201.3.

## 3.3 Prüfung der Werkstoffe und Erzeugnisformen

### 3.3.1 Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan

Die in den ergebnisformbezogenen Abschnitten vorgeschriebenen Prüfungen sind in einem Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan nach Abschnitt 2.6.4.2.4 zusammenzustellen. In diesem Plan ist im Rahmen der Vorprüfung festzulegen, zu welchem Zeitpunkt der Fertigung die vorgeschriebenen Prüfungen durchgeführt werden sollen.

#### Hinweis:

Bei Erzeugnisformen für Komponenten, für die ein Nachweis zum Bruchausschluss zu erbringen ist, sind in Abhängigkeit vom Nachweisverfahren gegebenenfalls Materialrückstellungen für die Bestimmung zusätzlicher Werkstoffdaten für die bruchmechanische Analyse nach KTA 3206 erforderlich.

### 3.3.2 Bezeichnung der Probenrichtung sowie der Lage der Proben in den Erzeugnissen

(1) Für die Richtung der Proben in den Erzeugnissen sollen folgende Bezeichnungen verwendet werden:

a) Bezeichnung nach der Richtung zum Faserverlauf:

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

Quersproben (Q): Probenlängsachse quer zur Hauptumformrichtung (quer zum Faserverlauf); 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 Umfangersrichtung; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse senkrecht zur zylindrischen Oberfläche.

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

(2) Die Probenlage wird hinsichtlich der Tiefe unter der Oberfläche durch die Lage der Probenachse, hinsichtlich des Abstands vom Rand durch die Lage des Prüfquerschnitts gekennzeichnet. Weitere Einzelheiten sind in den ergebnisbezogenen Abschnitten festgelegt.

### 3.3.3 Größe der Probenabschnitte

(1) Für die Probenentnahme ist eine ausreichende Werkstoffmenge vorzusehen, so dass außer zum Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften eine genügende Menge Werkstoff für Proben, für Arbeitsprüfungen, Ersatzproben und gegebenenfalls Bestrahlungsproben zur Verfügung steht. Werden für zusätzliche Untersuchungen weitere Probenmengen benötigt, so sind bei der Bestellung Zahl und Abmessung der zusätzlichen Probenabschnitte anzugeben.

(2) Bei Gussstücken sind gegebenenfalls zusätzliche Probenabschnitte aus den für die Erzeugnisform verwendeten Schmelzen bereitzuhalten.

(3) Zusätzlich ist Reservematerial von Erzeugnisformen für die drucktragende Wand des Reaktordruckbehälters (Schmiedestücke aus ferritischen Stählen mit Innendurchmesser gleich oder größer als 100 mm, Schmiedestücke aus austenitischen Stählen mit Innendurchmessern gleich oder größer als 250 mm und Bleche) beim Betreiber aufzubewahren. Wärmebehandlungszustand: ferritische Stähle vergütet, austenitische Stähle lösungsgeglüht, jeweils entsprechend Bauteilzustand.

(4) Dieses Reservematerial muss so bemessen sein, dass bei Schmiedestücken und Blechen Probematerial für je eine Zugprobe bei Raumtemperatur und Auslegungstemperatur, ein Satz Kerbschlagproben und, soweit in erzeugnisformbezogenen Abschnitten vorgesehen, für zwei Pellini-P2-Proben in der spezifizierten Probenentnahmetiefe und Hauptprüfungsrichtung zur Verfügung steht.

### 3.3.4 Kennzeichnung der Proben, der Probenabschnitte, des Restwerkstoffs und Reservematerials

(1) Für die Abnahmeprüfungen sind die Probenabschnitte vor der Entnahme aus der Erzeugnisform gemäß Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan sowie die Proben vor der Entnahme aus dem Probenabschnitt gemäß Probenlageplan leserlich und eindeutig zu stempeln. Die Kennzeichnung der Proben muss eine genaue Zuordnung hinsichtlich ihrer Lage in der Erzeugnisform gestatten (Maßzeichnung). Der mit der Abnahmeprüfung beauftragte Sachverständige versieht die Kennzeichnung im Zuge der Abnahme mit seinem Stempel.

(2) Der verbleibende Restwerkstoff und das Reservematerial sind in gleicher Weise zu kennzeichnen.

### 3.3.5 Wärmebehandlungszustände der Proben

#### 3.3.5.1 Ferritische Stähle

(1) Alle Probenabschnitte sind am Erzeugnis mit diesem zusammen zu vergüten.

(2) Die nach Abschnitt 3.3.7 erforderlichen Prüfungen außer der chemischen Analyse und der Härteprüfung sind an Proben aus diesen Probenabschnitten durchzuführen. Nach dem Vergüten und dem Abtrennen vom Erzeugnis sind die Probenabschnitte aufzuteilen in:

- a) solche, die simulierend wärmebehandelt werden und
- b) solche, die bei der Verarbeitung der Erzeugnisse alle weiteren Temperatur-Zeit-Folgen mitmachen (mitlaufende Proben).

#### Hinweis:

Sinn der simulierenden Wärmebehandlung ist es, die Eigenschaften der Werkstoffe im Endzustand im Bauteil vorauszusagen. Sinn der Prüfung an Proben aus dem mitlaufenden Probenabschnitt, das alle Wärmebehandlungen des Teiles gemeinsam mit diesem durchläuft und erst nach der letzten Wärmebehandlung des Teiles geprüft wird, ist es, die sachgemäße Verarbeitung nachzuweisen.

(3) Um die erforderliche Wärmebehandlung möglichst genau im Voraus festlegen zu können, müssen die einzelnen Schritte der Fertigung, die mit einer Wärmebehandlung ver-

bunden sind, bekannt sein. Da dies jedoch z. B. im Hinblick auf Reparaturen während der Fertigung im Allgemeinen nicht der Fall ist, ist die simulierende Wärmebehandlung hinsichtlich der zu erwartenden höchsten Temperaturen, der Anzahl und Dauer der einzelnen Wärmebehandlungen auf größtmögliche Sicherheit auszulegen.

(4) Im Allgemeinen sind die simulierend wärmezubehandelnden Probenabschnitte nach dem letzten Vergüten von der Erzeugnisform abzutrennen. Die simulierende Wärmebehandlung muss dann sämtliche Temperatur-Zeit-Folgen oberhalb 500 °C umfassen, besonders die Spannungsarmglühungen, die die Erzeugnisform nach dem letzten Vergüten bis zur Fertigstellung des Bauteils erfährt. Zusätzlich sind am Probenabschnitt zwei weitere Zwischenspannungsarmglühungen und eine weitere Endspannungsarmglühung durchzuführen.

(5) Bei der Simulation dürfen die Haltezeiten der Zwischenspannungsarmglühungen zusammengerechnet werden. Sie sind um einen Zuschlag zu verlängern, der gleich der Hälfte der Summe von Aufwärm- und Abkühldauer oberhalb 500 °C ist.

(6) Vor den beiden simulierenden Endspannungsarmglühungen muss der Probenabschnitt mindestens auf 500 °C abgekühlt werden.

#### Hinweis:

Über mögliche Abweichungen der Simulationsbedingungen finden sich Angaben in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten oder im **Anhang A**.

(7) Liegt nach der letzten Vergütung die Temperatur-Zeit-Folge für die Wärmebehandlung der Erzeugnisse während der nachfolgenden Fertigung, insbesondere für die Spannungsarmglühungen, noch nicht fest, so ist die simulierende Wärmebehandlung mit dem Sachverständigen festzulegen.

(8) Im Allgemeinen kommen folgende simulierende Wärmebehandlungen zur Anwendung:

Bauteil	Simulierende Wärmebehandlung
Teile für Reaktordruckbehälter, Dampferzeuger und Druckhalter (Erzeugnisformen nach den Abschnitten 4, 5, 6, 7, 8, 13 und 14)	30 h 550 °C + 12 h 600 °C + 6 h 600 °C
Hauptkühlmittelpumpe (Erzeugnisformen nach den Abschnitten 10 und 25)	9 h 600 °C + 3 h 600 °C
Hauptkühlmittelleitungen und Armaturen (Erzeugnisformen nach den Abschnitten 9, 11, 12, 16, 17 und 26)	6 h 600 °C

(9) Werden die Erzeugnisse zur Weiterverarbeitung unvergütet ausgeliefert und erst im Laufe der Weiterverarbeitung vergütet, hat die simulierende Wärmebehandlung auch die Vergütungsbehandlung zu umfassen.

(10) Für die Überwachung der Temperaturen bei der simulierenden Wärmebehandlung gilt Abschnitt 3.2.3. Die simulierend wärmebehandelten Probenabschnitte sind vor der Fertigstellung des Bauteils zu prüfen.

(11) Die Prüfung der mitlaufenden Proben ist vom Weiterarbeiter durchzuführen; hierzu hat der Hersteller den Probenabschnitt bereitzustellen.

#### 3.3.5.2 Austenitische Stähle

Proben aus Erzeugnissen aus austenitischen Stählen sollen in dem für diese Stähle üblichen Wärmebehandlungszustand entsprechend den jeweils zutreffenden Abschnitten des **Anhangs A** (im Allgemeinen lösungsgeglüht) entnommen und geprüft werden.

### 3.3.6 Entnahme von Hohlbohrkernen

Fallen im Laufe der Fertigung dickwandiger Bauteile ausreichend große Butzenstücke aus Durchdringungen an, die zur Entnahme von Hohlbohrkernen geeignet sind, so sind diese Butzenstücke aufzubewahren, bis über die Entnahme von Hohlbohrkernen und deren Verwendung entschieden wurde. Hierbei sind die Ergebnisse der Werkstoffbegutachtung zu berücksichtigen.

### 3.3.7 Prüfungen und anzuwendende Prüfverfahren

#### 3.3.7.1 Chemische Analysen

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

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

(3) Soweit in den ergebnisformbezogenen Abschnitten nichts anderes festgelegt ist, sind bei jeder Analyse die im **Anhang A** oder im Werkstoffgutachten des Sachverständigen für den betreffenden Werkstoff aufgeführten Elemente zu ermitteln.

(4) Bei Erzeugnissen, die aus mehreren Schmelzen hergestellt werden, ist als Schmelzenanalyse die aus der chemischen Zusammensetzung der Einzelschmelzen errechnete mittlere chemische Zusammensetzung anzugeben.

(5) Bei elektro-schlacke- oder vakuumumgeschmolzenen Stählen gilt die Analyse des umgeschmolzenen Blockes als Schmelzenanalyse.

#### 3.3.7.2 Härteprüfung

(1) Soweit es in den ergebnisformbezogenen Abschnitten verlangt wird, ist bei den Erzeugnissen aus vergüteten Stählen nach dem Vergüten und vor der Weiterverarbeitung durch Härteprüfungen die Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung nachzuweisen. Der kleinste und der größte am gleichen Stück gemessene Einzelwert der Härte sind im Gütenachweis zu bescheinigen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Werten muss nach Umwertung gemäß DIN EN ISO 18265 innerhalb der für Einzelstücke zulässigen Spanne der Zugfestigkeitswerte liegen.

(2) Die Härteprüfungen sind nach DIN EN ISO 6507-1 und DIN EN ISO 6507-4 oder nach DIN EN ISO 6506-1 und DIN EN ISO 6506-4 durchzuführen. Andere Härteprüfverfahren dürfen im Rahmen der Vorprüfung festgelegt werden.

#### 3.3.7.3 Mechanisch-technologische Prüfungen

##### (1) Zugversuch

Entsprechend den Festlegungen in den ergebnisformbezogenen Abschnitten oder im **Anhang A** sind die Streckgrenze oder 0,2%-Dehngrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Brucheinschnürung zu bestimmen. Bei austenitischen Stählen ist zusätzlich die 1%-Dehngrenze zu ermitteln.

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. Im Zugversuch bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen sind nach Möglichkeit Proben mit einem Durchmesser von gleich oder größer als 10 mm zu prüfen.

##### (2) Zugversuch in Dickenrichtung

Zum Nachweis der Brucheinschnürung in Dickenrichtung sind Zugversuche bei Raumtemperatur gemäß DIN EN 10164 durchzuführen.

##### (3) 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. Zum Nachweis der Schlagenergie sind Proben mit V-Kerb bei den Prüftemperaturen zu prüfen, die in den ergebnisformbezogenen Abschnitten oder im **Anhang A** festgelegt sind. Bei ferritischen Stählen ist darüber hinaus die seitliche Breitung und der Anteil an matter Bruchfläche (Zählbruchanteil) gemäß DIN EN ISO 148-1 zu ermitteln.

##### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurven

Entsprechend den Festlegungen in den ergebnisformbezogenen Abschnitten oder im **Anhang A** sind Schlagenergie-Temperatur-Kurven aufzunehmen. Zu prüfen sind Proben mit V-Kerb bei mindestens sechs Temperaturen. Drei dieser Temperaturen müssen stets 33 °C, 0 °C und -12 °C sein.

Erzeugnisse, die für kernnahe Bauteile bestimmt sind und somit eine NDT-Temperatur von -12 °C erreichen müssen, sind bei 21 °C statt bei 33 °C zu prüfen. Die übrigen Temperaturen sind so zu wählen, dass die Hochlage der Schlagenergie, gekennzeichnet durch einen Anteil von 100 % an matter Bruchfläche, und die Tieflage der Schlagenergie, gekennzeichnet durch einen Anteil von 10 % an matter Bruchfläche, erfasst werden und der Verlauf der Schlagenergie-Temperatur-Kurve zuverlässig dargestellt werden kann.

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

Prüfungen nach (3) dürfen verwendet werden.

##### (5) Spröbruch-Übergangstemperatur (NDT-Temperatur)

Ist entsprechend den Festlegungen in den ergebnisformbezogenen Abschnitten oder im **Anhang A** im Fallgewichtsversuch nach Pellini nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt werden, so ist der Versuch mit zwei Proben durchzuführen (Ja/Nein-Prüfung). Falls dort die genaue Ermittlung der NDT-Temperatur vorgeschrieben ist, so ist der Versuch mit mindestens drei Proben durchzuführen. Es sollen acht Proben bereitgehalten werden.

Der Fallgewichtsversuch nach Pellini ist gemäß Stahl-Eisen-Prüfblatt SEP 1325 durchzuführen.

##### (6) Technologische Prüfungen

Die technologischen Prüfungen sind nach

- a) DIN EN ISO 8493 - Aufweitversuch oder
- b) DIN EN ISO 8492 - Ringfaltversuch oder
- c) DIN EN ISO 8495 - Ringaufdornversuch oder
- d) DIN EN ISO 8496 - Ringzugversuch

durchzuführen.

#### 3.3.7.4 Metallographische Untersuchungen

(1) An den Stellen, an denen die Korngröße zu ermitteln ist, ist das Gefüge am Schlifffild mit einer geeigneten Vergrößerung zu beurteilen und durch Aufnahmen zu dokumentieren (im Allgemeinen 200fach).

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

(3) Bei Erzeugnissen aus vergüteten Stählen ist die Ermittlung einer Korngrößenkennzahl nur dann erforderlich, wenn Anteile an polygonalem Ferrit auftreten. In diesem Falle ist nur die Korngrößenkennzahl des Ferrits zu ermitteln.

#### 3.3.7.5 Ermittlung des Deltaferritgehaltes

(1) Soweit in den ergebnisformbezogenen Abschnitten gefordert, ist der Deltaferritgehalt von Erzeugnissen aus aus-

tenitischen Stählen oder austenitischem Stahlguss sowie von austenitischen Plattierungsschichten von pressplattierten Verbundrohren nach einem der folgenden Verfahren zu ermitteln:

- a) durch metallographische Ermittlung im Lieferzustand,
- b) durch metallographische Ermittlung an der Aufschmelzprobe, wobei der Aufschmelzversuch an dem Bauteilabschnitt durchzuführen ist, an dem die chemische Zusammensetzung nach der Stückanalyse ermittelt worden ist.
- c) durch rechnerische Abschätzung nach dem Verfahren von De Long [2] aus der chemischen Zusammensetzung.

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

(3) Ergeben sich bei der rechnerischen Abschätzung Ferritnummern kleiner als 3 oder größer als 7, muss der Deltaferritgehalt zusätzlich metallographisch an der Aufschmelzprobe ermittelt werden.

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

(5) Falls der Aufschmelzversuch durchgeführt wird, ist die Blindraupe einer Farbeindringprüfung auf Heißrisse zu unterziehen. Befunde sind im Gütenachweis zu dokumentieren und mittels einer metallographischen Untersuchung zu bewerten.

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

### 3.3.7.6 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

(1) Bei nichtrostenden austenitischen Stählen ist die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion im sensibilisierend geglühten Zustand (650 °C; 30 min) nach DIN EN ISO 3651-2 Verfahren A nachzuweisen.

(2) Bei Nickellegierungen ist die Korrosionsbeständigkeit gemäß ASTM A262 Methode B nachzuweisen.

### 3.3.7.7 Einfluss der Neutronenbestrahlung

(1) Falls bei Bauteilen aus ferritischen Stählen der über die Gesamtlebensdauer der Bauteile integrierte Fluss schneller Neutronen einen bestimmten Grenzwert (siehe auch KTA 3203) übersteigt, sind grundsätzlich Proben für Bestrahlungsversuche vorzusehen, sofern nicht aufgrund der Betriebs- und Beanspruchungsverhältnisse und der bisherigen Kenntnisse darauf verzichtet werden kann.

(2) Die Proben für diese Untersuchungen müssen dem zu beurteilenden Bauteil entnommen werden.

### 3.3.7.8 Maßprüfung

(1) Nach der Fertigstellung der Erzeugnisse sind die Ist-Maße in eine Ist-Maßzeichnung oder ein Ist-Maßprotokoll einzutragen. Diese Unterlage ist bei der Abnahmeprüfung des Erzeugnisses beim Hersteller (Endablieferungsprüfung) vorzulegen.

(2) Für die Toleranzen sind die Angaben in den Vorprüfunterlagen maßgebend.

### 3.3.7.9 Verwechslungsprüfung

Bei losweiser Prüfung ist jedes Teil aus legiertem Stahl einer Verwechslungsprüfung mit einem spektrometrischen Verfahren (z. B. optische Emissionsspektrometrie, Röntgenfluoreszenzspektrometrie) zu unterziehen, ausgenommen jenes, an dem die Stückanalyse durchgeführt wurde.

### 3.3.7.10 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.

### 3.3.8 Zerstörungsfreie Prüfungen

#### 3.3.8.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Die Festlegungen des Abschnitts 3.3.8 gelten, sofern in den ergebnisformbezogenen Abschnitten keine abweichenden Forderungen gestellt werden.

(2) Das gesamte Volumen der Erzeugnisform ist beim Erzeugnisformhersteller nach der letzten Umformung und Wärmebehandlung in möglichst konturenarmem Zustand einer Ultraschallprüfung zu unterziehen.

(3) Liegt aus werkstofftechnischen Gründen (z. B. Verringerung des Vergütungsquerschnitts) nach der letzten Wärmebehandlung eine Geometrie vor, bei der nicht das gesamte Volumen mit den geforderten Einschallrichtungen geprüft werden kann, so sind im Einvernehmen mit dem Sachverständigen zusätzlich vor der Wärmebehandlung in einem günstigen geometrischen Zustand die später eingeschränkt prüfbaren Bereiche zu prüfen und im Prüfbericht anzugeben.

(4) Werden Schweißkanten und Stutzen angearbeitet, sind diese Bereiche im vorgearbeiteten Zustand bei Vorliegen der endgültigen Oberfläche und vor dem Anarbeiten der Fugenflanken mit Ultraschall zu prüfen. Dabei gelten die Anforderungen für die Prüfung nach dem Schweißen gemäß KTA 3201.3 Abschnitt 12. 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) Die gesamte Oberfläche ist im fertig bearbeiteten Zustand einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Zu plattierende Flächen sind vor dem Plattieren zu prüfen. Die Oberflächen von Gewindebohrungen sind vor dem Schneiden des Gewindes zu prüfen. Die Fugenflanken sind nach KTA 3201.3 Abschnitt 12 zu prüfen.

#### 3.3.8.2 Anforderungen an Oberflächen

##### 3.3.8.2.1 Durchstrahlungsprüfung

Für die Durchstrahlungsprüfung müssen die Oberflächen so beschaffen sein, dass keine Beeinträchtigung der Bewertung gegeben ist.

##### 3.3.8.2.2 Oberflächenprüfung nach dem Magnetpulver-, Eindring- oder Streuflussverfahren

(1) Für die Oberflächenprüfung nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren müssen die Oberflächen frei von Zunder oder sonstigen Verunreinigungen sein. Die Prüfaussage beeinträchtigende Riefen oder Kerben sind zu beseitigen.

(2) Der arithmetische Mittelwert der Profilor dinaten (Mittensrauwert) Ra nach DIN EN ISO 4287 darf auf den zu prüfenden Flächen den Wert von 10 µm nicht überschreiten.

### 3.3.8.2.3 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 Profilor dinaten (Mittensrauwert) 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.

### 3.3.8.2.4 Oberflächengüte von Stahlguss

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.

### 3.3.8.2.5 Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Oberfläche

(1) Die Einhaltung der Anforderungen an die Oberfläche ist nachzuweisen.

(2) Der Nachweis darf entfallen, wenn durch das eingesetzte Verfahren zur Bearbeitung der Oberfläche sichergestellt ist, dass die geforderte Oberflächenqualität eingehalten wird.

### 3.3.8.3 Verfahrenstechnische Festlegungen

#### 3.3.8.3.1 Manuelle Ultraschallprüfung

(1) Es gelten die allgemeinen Festlegungen des **Anhangs B**.

(2) Anzeigenbewertung

Können die Randbedingungen zur Prüfung nach der AVG-Methode nach Abschnitt B 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 B 6.3 anzuwenden.

(3) Einstellung des Prüfsystems

Für Vergleichsreflektoren gilt:

a) Die Flach- und Kugelbodenbohrungen für die Empfindlichkeitseinstellung sollen einen Durchmesser von 4 mm haben.

b) Die Querbohrungen für die Empfindlichkeitseinstellung sollen einen Durchmesser von 3 mm und eine Länge von 30 mm haben, sofern in den ergebnisformbezogenen Abschnitten nicht anders geregelt.

Bei Vorliegen eines Seitenwandeinflusses ist die Vergleichskörpermethode mit einer Flachbodenbohrung als Bezugsreflektor bevorzugt anzuwenden. Dieser Bezugsreflektor darf im Prüfgegenstand oder in einem Vergleichskörper angebracht werden. Dieser Vergleichskörper darf hinsichtlich Durchmesser und Seitenmaß (bei Stäben) oder Wanddicke (bei Hohlteilen) vom Prüfgegenstand um höchstens 10 % abzuweichen.

Bei der Empfindlichkeitseinstellung sind für alle Prüfköpfe und Einschallrichtungen die höchsten gemäß Abschnitt B 6.4 ermittelten Schallschwächungswerte zu berücksichtigen.

Die Bewertung von Echoanzeigen hat unter Berücksichtigung der tatsächlichen im benachbarten Bereich der Echoanzeigen gemessenen Schallschwächungswerte zu erfolgen.

(4) Einschallrichtungen

Das gesamte Volumen ist grundsätzlich in drei senkrecht aufeinander stehenden Richtungen mittels Senkrechteinschallung zu prüfen, sofern in den ergebnisformbezogenen Abschnitten nicht anders geregelt.

Ist die Senkrechteinschallung aus Gründen der Geometrie nicht möglich, so ist jede fehlende Senkrechteinschallung durch zwei entgegengesetzte Schrägeinschallungen in der entsprechenden Ebene zu ersetzen.

Hinweis:

Die in dieser Regel angegebenen Einschallwinkel beziehen sich jeweils auf die nominellen Winkel der Prüfköpfe.

(5) Registrierschwellen

a) Bei Anwendung der AVG-Methode gelten die von der Nennwanddicke oder dem Stab/Stängendurchmesser, -schlüsselweite oder -seitenmaß abhängigen Werte in den ergebnisformbezogenen Abschnitten.

b) Bei Anwendung der Vergleichskörper- oder Bezugslinienmethode mit den Vergleichskörpern nach **Bild B-1** sind alle Anzeigen zu registrieren, deren Echohöhen 50 % der Echohöhe des Bezugsreflektors erreichen oder überschreiten.

c) Darüber hinaus sind zu registrieren:

ca) alle Stellen, an denen das Rückwandecho ohne erklär-bare Ursache bis zur Registrierschwelle abfällt oder an denen Schwächungen des Rückwandechos  $\geq 6$  dB im Bereich registrierpflichtiger Anzeigen auftreten,

cb) Stellen, an denen Anhäufungen von Anzeigen bis 6 dB unterhalb der Registrierschwelle auftreten und

cc) Stellen, an denen der Abstand der Registrierschwelle zum Rauschpegel 6 dB erreicht oder unterschreitet.

(6) Zulässigkeitskriterien

Die Zulässigkeitskriterien sind in den ergebnisformbezogenen Abschnitten festgelegt. Zusätzlich gilt:

a) Anzeigen aus Bereichen, bei denen sichergestellt ist, dass sie bei der Endbearbeitung entfallen, sind nicht zu berücksichtigen, jedoch zu protokollieren. Alle als gefügebedingt nachgewiesenen Echoanzeigen sind nicht in die Bewertung mit einzubeziehen, aber im Prüfbericht anzugeben.

b) Werden bei der Senkrechteinschallung im Bereich mit Seitenwandeinfluss bei der Anwendung der AVG-Methode registrierpflichtige Echoanzeigen von Reflexionsstellen festgestellt, so sind diese mittels Senkrechteinschallung bei Anwendung der Vergleichskörpermethode oder zielgerichteter Schrägeinschallung nachzuprüfen.

Sofern durch Ablängen des Prüfgegenstandes der Bereich mit Seitenwandeinfluss entfällt, so ist einer Nachprüfung in diesem Zustand Priorität einzuräumen. Die Prüfergebnisse der Nachprüfung sind mit in die Bewertung einzubeziehen.

c) In Bereichen mit einem Signal-Rausch-Verhältnis kleiner als oder gleich 6 dB oder wenn das Rückwandecho ohne erklär-bare Ursache bis zur Registrierschwelle abfällt, sind im Einvernehmen mit dem Sachverständigen Untersuchungen (z. B. Schallschwächungsmessungen) durchzuführen, die eine Entscheidung über die Verwendbarkeit des Bauteiles ermöglichen.

d) Bei Anhäufung von Anzeigen unterhalb der Registrierschwelle, die sich bei einer Prüfkopfposition nicht in Einzelanzeigen trennen oder bei Prüfkopfverschiebung nicht auflösen oder sich bei den anzuwendenden Einschallrichtungen nicht eindeutig ein- oder zuordnen lassen, sind Zusatzuntersuchungen (z. B. Durchschallungsprüfungen



in mehreren Richtungen) durchzuführen. Falls sich bei diesen Untersuchungen (z. B. durch Intensitätsverluste eines Durchschallungssignals im Vergleich zu anzeigenfreien Bereichen des Erzeugnisses) Hinweise auf flächige Trennungen oder systematische Fehler ergeben, so sind diese Stellen nicht zulässig.

- e) Bei Prüfobjekten mit Wanddicken von mehr als 15 mm darf zur Empfindlichkeitseinstellung für oberflächennahe Bereiche die Vergleichskörpermethode mit einer 1 mm tiefen Rechtecknut als Bezugsreflektor verwendet werden.
- f) Ist eine genauere Bestimmung der Reflektorausdehnung erforderlich, so ist nach Abschnitt B 11.2.4 zu verfahren.

#### (7) Kontrolle der Ankopplung

Kann die Ankopplung bei der manuellen Prüfung nicht anderweitig (z. B. durch Beobachtung eines Rückwandechos) kontrolliert werden, soll die Verstärkung soweit erhöht werden, bis der Rauschpegel sichtbar wird.

#### (8) Reflektorausdehnung

Sofern die Anzeigen eine Längen- oder Flächenausdehnung aufweisen dürfen, ist, soweit nicht anders festgelegt, die Reflektorausdehnung durch diejenige Prüfkopfverschiebung gegeben, bei der, abhängig von der Wanddicke,

- a) bei Wanddicken gleich oder kleiner als 10 mm die Echohöhen der Registrierschwelle entsprechen  
oder  
b) bei Wanddicken größer als 10 mm bis gleich oder kleiner als 40 mm die Echohöhen 6 dB unter die Registrierschwelle abgefallen sind  
oder  
c) bei Wanddicken größer als 40 mm die Echohöhen bis zu 12 dB unter die Registrierschwelle abgefallen sind.

Wird hierbei der Rauschpegel erreicht, so ist die Reflektorausdehnung bis zum Verschwinden im Untergrund anzugeben. Die Genauigkeit in der Ausmessung der Reflektorausdehnung ist durch zusätzliche Untersuchungen (siehe Abschnitt B 11.2.4) dann zu verbessern, wenn allein diese Abmessungen für die Beurteilung der Zulässigkeit maßgebend sind. Reflektorausdehnungen unter 10 mm gelten als punkrtartige Anzeigen.

### 3.3.8.3.2 Oberflächenprüfung

- (1) Es gelten die allgemeinen Festlegungen des **Anhangs C**.
- (2) Die Oberflächenprüfungen sind bei ausreichend magnetisierbaren Werkstoffen grundsätzlich nach dem Magnetpulververfahren durchzuführen, sofern in den ergebnisformbezogenen Abschnitten 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.

### 3.3.8.3.3 Durchstrahlungsprüfung

- (1) Die Festlegungen für die Durchführung der Durchstrahlungsprüfung an Rohrbogen als Ersatz für die Ultraschallprüfung auf Querfehler sind in Abschnitt 17.4.3 enthalten.
- (2) Die Festlegungen für die Durchführung der Durchstrahlungsprüfung von Gussteilen sind in DIN EN 12681 sowie in den Abschnitten 25.6 und 27.6 enthalten.

### 3.3.8.3.4 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.

### 3.3.8.4 Prüfung durch den Sachverständigen

- (1) Für die Prüfung durch den Sachverständigen gilt:

- a) Ultraschall-, Wirbelstrom- und Streuflussprüfung
- aa) Bei manuellen Prüfungen hat der Sachverständige unabhängig von den Prüfungen des Herstellers zu prüfen und das Ergebnis 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)
- Der Sachverständige hat an der Prüfung des Herstellers teilzunehmen und das Ergebnis zu bewerten.

- (2) Der Sachverständige hat nach Abschluss jedes Prüfschritts die vom Hersteller verfassten Prüfberichte auf Übereinstimmung mit seinen eigenen Prüfungen zu kontrollieren. Stimmen die Prüfergebnisse im Rahmen der prüftechnisch bedingten Streuungen überein, ist dies vom Sachverständigen zu bestätigen.

- (3) 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.

### 3.3.8.5 Prüfberichte

#### 3.3.8.5.1 Allgemeingültige Festlegungen

- (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) Alle Prüfberichte über die zerstörungsfreien Prüfungen müssen Bestandteil der Abnahmeprüfzeugnisse 3.2 nach DIN EN 10204 werden. Die Prüfberichte müssen alle Daten enthalten, die für etwaige Vergleichsprüfungen erforderlich sind.
- (3) Prüfergebnisse von gleichartigen Prüfobjekten, denen gleiche Prüfanweisungen zugeordnet sind, dürfen zu einem Prüfbericht zusammengefasst werden.
- (4) 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.
- (5) 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.

**3.3.8.5.2 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).

**3.3.8.5.3 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.

**3.3.8.5.4 Oberflächenprüfung (Magnetpulver- und Eindringprüfung)**

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.

**3.3.8.5.5 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.

**3.4 Wiederholung von Prüfungen**

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

(2) Sofern die Ergebnisse einer ordnungsgemäßen Prüfung den 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 seiner 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) werden zwei weitere Proben (Probensätze) vom gleichen Entnahmeort geprüft.

bb) Die Ergebnisse beider Prüfungen müssen den Forderungen genügen.

(3) Kann der Grund für das Nichtgenügen einer Prüfung durch eine entsprechende Wärmebehandlung beseitigt werden, so darf die Wärmebehandlung wiederholt werden, worauf die Prüfeinheit erneut zur Prüfung vorzustellen ist.

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

**3.5 Kennzeichnung der Erzeugnisse**

(1) Alle Erzeugnisse sind deutlich und dauerhaft sowie möglichst kerbfrei zu kennzeichnen, so dass jederzeit eine eindeutige Zuordnung der Prüfzeugnisse möglich ist.

(2) Die Kennzeichnung soll folgende Angaben umfassen:

- a) Herstellerzeichen,
- b) Werkstoffbezeichnung,
- c) Schmelznummer,
- d) Probennummer,
- e) Kopf- und Fußangabe,
- f) Angabe der Null-Achse,
- g) Prüfstempel des Sachverständigen,
- h) Hauptumformrichtung.

Hinweis:

Weitere Angaben zur Kennzeichnung sind in Abschnitt 10.2 der Regel KTA 3201.3 enthalten.

**3.6 Dokumentation**

(1) Einzelheiten zu den erforderlichen Prüfbescheinigungen sind in den ergebnisformbezogenen Abschnitten festgelegt.

(2) Alle Prüf- und Abnahmeunterlagen sowie Wärmebehandlungsnachweise sind vom Hersteller zusammenzustellen, auf Vollständigkeit zu prüfen und dem Sachverständigen zur Erstellung des Abnahmeprüfzeugnisses zu übergeben.

**4 Nahtlose Hohlteile, geschmiedet oder gewalzt****4.1 Geltungsbereich**

(1) Dieser Abschnitt gilt für folgende geschmiedete oder gewalzte Erzeugnisformen aus vergütetem Stahl:

- a) nahtlose, ungestörte, zylindrische Ringe für Mantelschüsse sowie nahtlose, nicht zylindrische Hohlteile und
- b) nahtlose, zylindrische Ringe für Flansche und Bodenverstärkungen.

(2) Für nahtlose Hohlteile für Stützen, geschmiedet, gewalzt oder gepresst gilt Abschnitt 5.

(3) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

**4.2 Anforderungen**

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

**4.3 Prüfungen****4.3.1 Probenentnahmeorte****4.3.1.1 Allgemeingültige Festlegungen**

(1) Erzeugnisse, deren Länge beim Vergüten größer als 3000 mm ist, sind an Kopf- und Fußseite zu prüfen. An einer der beiden Seiten ist die Hauptprüfung nach Abschnitt 4.3.2.2.1 durchzuführen.

(2) Die Prüfung an der anderen Seite dient dem Nachweis der Gleichmäßigkeit der Werkstoffeigenschaften nach dem Vergüten (siehe Abschnitt 4.3.2.2.2). Der Prüfumfang an dieser Seite ist gegenüber demjenigen an der anderen Seite vermindert.

(3) An welcher Seite der Prüfumfang vermindert werden darf, ist im Rahmen der Erstbegutachtung festzulegen.

(4) Bei Erzeugnissen mit einer Länge von 1500 mm bis 3000 mm beim Vergüten darf im Einvernehmen mit dem Sachverständigen eine nur einseitige Prüfung vereinbart werden, wenn vom Hersteller der Nachweis der Gleichmäßigkeit der Werkstoffeigenschaften nach dem Vergüten erbracht wird und bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde.

(5) Erzeugnisse, deren Länge beim Vergüten gleich oder kleiner als 1500 mm ist, sind nur einseitig zu prüfen, sofern bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde. Dies gilt auch dann, wenn aus einem vergüteten Erzeugnis zwei oder mehrere Bauteile gefertigt werden sollen.

(6) Wenn in den folgenden Abschnitten die Prüfung von Querproben vorgeschrieben ist, am Erzeugnis die Faserrichtung aber nicht eindeutig ermittelt werden kann, so dürfen anstelle der Querproben Tangentialproben geprüft werden.

#### 4.3.1.2 Besondere Festlegungen für nahtlose, ungestörte, zylindrische Ringe für Mantelschüsse und nahtlose, nicht zylindrische Hohlteile

(1) Bei Erzeugnissen mit einem lichten Vergütungsdurchmesser größer als 2000 mm sind die Proben von den Stirnseiten an drei um je 120 Grad versetzten Orten zu entnehmen.

(2) Bei Erzeugnissen mit einem lichten Vergütungsdurchmesser gleich oder kleiner als 2000 mm sind die Proben von den Stirnseiten an zwei um je 180 Grad versetzten Orten zu entnehmen. Bei Probenentnahme an Kopf- und Fußseite sollen die Entnahmeorte auf der einen Stirnseite gegenüber denen auf der anderen Stirnseite um 90 Grad versetzt sein.

(3) Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke höchstens jedoch 80 mm unter der zylindrischen Oberfläche und mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke höchstens jedoch 160 mm unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen. Thermische Pufferung darf angewendet werden.

#### 4.3.1.3 Besondere Festlegungen für nahtlose, zylindrische Ringe für Flansche und Bodenverstärkungen

(1) Dieser Abschnitt gilt für Erzeugnisse, deren Vergütungsdurchmesser größer als 2000 mm ist und deren Vergütungswanddicke größer als 320 mm sind.

(2) Je nach der Form des Erzeugnisses oder dem Ausbringen aus dem Ausgangsblock sind die Proben gemäß **Bild 4-1**

- an den Stirnseiten des Ringes (Kopf- oder Fußende),
- aus nach dem Vergüten entnommenen Butzen
- oder
- unter der zylindrischen Innen- oder Außenoberfläche am Kopf- oder Fußende zu entnehmen.

(3) Die Proben für die Hauptprüfung nach Abschnitt 4.3.2.2.1 und für die Prüfungen zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Werkstoffeigenschaften über die Länge des Erzeugnisses nach Abschnitt 4.3.2.2.2 sind so zu entnehmen, dass Kopf- und Fußende des Ausgangsblocks erfasst werden.

(4) Die Probenentnahmeorte sollen mindestens 80 mm unter jeder Vergütungsoberfläche liegen. Thermische Pufferung darf angewendet werden.

(5) Können bei der Prüfung zum Nachweis der NDT-Temperatur nach Abschnitt 3.2.4.2 die dort geforderten Werte bei der oben genannten Probenentnahmetiefe nicht erreicht werden, so sind sie im Abstand  $t$  unter der zylindrischen Vergütungsoberfläche und im Abstand  $2t$  unter einer dazu senkrechten Vergütungsoberfläche nachzuweisen. Hierbei ist  $t$  gleich der Vergütungszugabe am Erzeugnis, mindestens jedoch 20 mm.

### 4.3.2 Prüfumfang

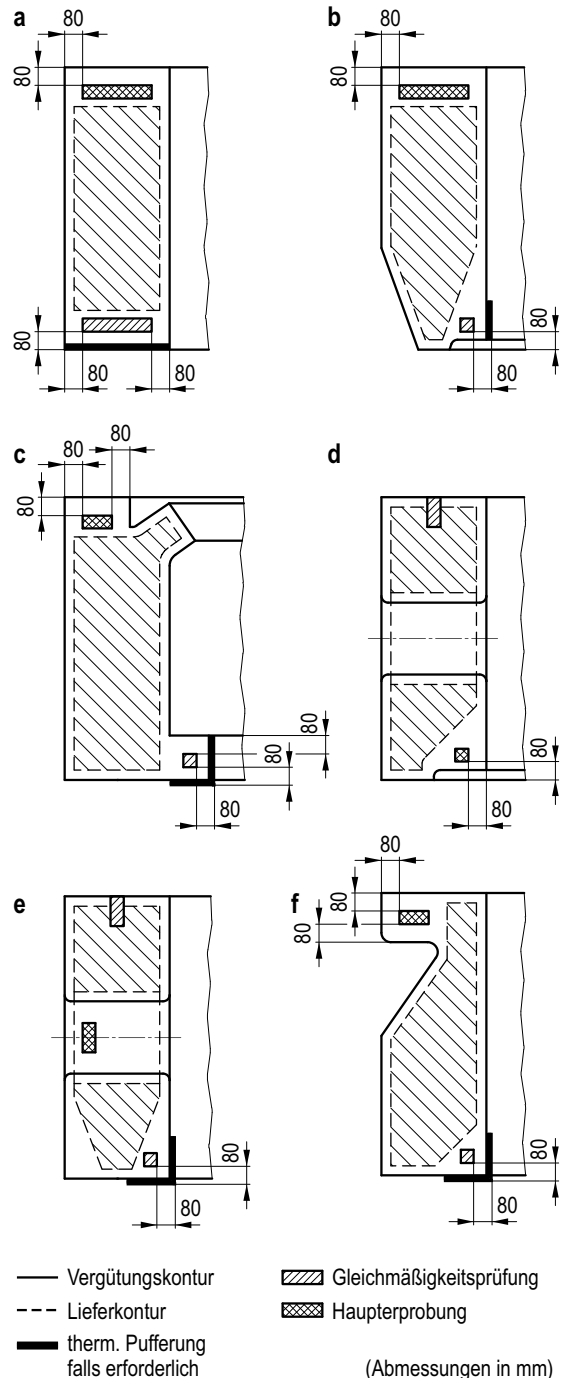
#### 4.3.2.1 Chemische Analysen

##### 4.3.2.1.1 Schmelzenanalyse

(1) Bei Erzeugnissen, die aus einer Schmelze hergestellt werden sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. Bei Schmelzen für

Werkstoffe kernnaher Bauteile sind zusätzlich die Gehalte an Kobalt und Tantal zu ermitteln.

(2) Bei Erzeugnissen die aus mehreren Schmelzen hergestellt werden, ist die errechnete, mittlere chemische Zusammensetzung anzugeben.



**Bild 4-1:** Beispiele für Probenentnahmeorte bei Erzeugnissen nach Abschnitt 4.3.1.3

##### 4.3.2.1.2 Stückanalyse

(1) An jedem Erzeugnis (Stück) sind an Kopf- und Fußende an je einem Probenentnahmeort die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. Bei Prüfung der Erzeugnisse auf nur einer Seite braucht

auch die Stückanalyse nur auf einer Seite durchgeführt zu werden.

(2) Zusätzliche Stückanalysen, zum Beispiel auf den Mantelflächen der Erzeugnisse, dürfen bei der Erstbegutachtung festgelegt werden.

(3) An allen anderen Probenentnahmeorten nach Abschnitt 4.3.1 sind die Gehalte der Elemente Kohlenstoff, Mangan, Phosphor und Schwefel zu bestimmen.

#### 4.3.2.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben

##### 4.3.2.2.1 Hauptprüfung

###### (1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je Probenentnahmeort eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen. Zusätzlich ist bei Raumtemperatur von einem Probenentnahmeort eine Senkrechtprobe zu prüfen, sofern eine normgerechte Zugprobe entnommen werden kann.

###### (2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

###### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C, 33 °C und 80 °C an je einem Satz Querproben zu prüfen. Bei Erzeugnisformen, die für kernnahe Bauteile bestimmt sind, ist bei 21 °C anstelle von 33 °C zu prüfen.

An einem Probenentnahmeort ist zusätzlich die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C an je einem Satz Längs- und Senkrechtproben zu prüfen.

###### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An einem Probenentnahmeort ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) an Querproben aufzunehmen.

###### (5) Sprödbruch-Übergangstemperatur

An einem Probenentnahmeort ist an Längs- oder Querproben die NDT-Temperatur nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) zu ermitteln. Hierfür sind mindestens acht Proben bereitzuhalten.

An den anderen Probenentnahmeorten ist an je zwei Längs- oder Querproben nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

Gelingt dieser Nachweis nicht, so ist die NDT-Temperatur an jedem Probenentnahmeort zu ermitteln.

###### (6) Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort ist an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln, das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

##### 4.3.2.2.2 Prüfungen zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Werkstoffeigenschaften

###### (1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je Probenentnahmeort eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

###### (2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

###### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C an einem Satz Querproben zu prüfen.

###### (4) Sprödbruch-Übergangstemperatur

Bei Erzeugnissen, die für den kernnahen Bereich bestimmt sind, ist an einem Probenentnahmeort an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt werden.

###### (5) Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort ist an einer Kerbschlagprobe im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

#### 4.3.2.3 Prüfungen an mitlaufenden Proben

##### (1) Allgemeingültige Festlegungen

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind je Erzeugnis jedoch nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die restlichen Probenabschnitte sind im Entnahmezustand aufzubewahren.

Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet. Bei Teilen für den Reaktordruckbehälter darf auf die Prüfung mitlaufender Proben nicht verzichtet werden.

##### (2) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

##### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist bei 0 °C an einem Satz Querproben zu prüfen.

##### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) ist an Querproben aufzunehmen.

Für Erzeugnisse außerhalb des kernnahen Bereiches genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.

##### (5) Sprödbruch-Übergangstemperatur

Mit zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.1.3 (4) ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt werden. Bei Erzeugnissen für kernnahe Bauteile ist der genaue Wert der NDT-Temperatur zu ermitteln. Hierfür sind mindestens acht Proben bereitzuhalten.

#### 4.3.2.4 Härteprüfung

(1) Zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Vergütung sind in ausreichendem Maße Härteprüfungen nach Abschnitt 3.3.7.2 durchzuführen.

(2) Bei Erzeugnissen, deren Länge gleich oder größer als 3000 mm oder deren lichter Durchmesser gleich oder größer als 2000 mm beträgt, sind an beiden Stirnseiten und an der Außenoberfläche im Raster von maximal 1000 mm · 1000 mm Härtemessungen durchzuführen.

#### 4.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

Für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten die Festlegungen der Abschnitte 3.3.8 und 5.4.

##### 4.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

##### 4.6 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

#### 4.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 4.3.2.1, 4.3.2.2.1 (6), 4.3.2.2.2 (5) und 4.3.2.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

### 5 Nahtlose Hohlteile für Stutzen, geschmiedet, gewalzt, gepresst

Hinweis:

Dieser Abschnitt gilt nicht für aufgesetzte Stutzen auf der Sekundärseite des Dampferzeugers. Für diese gelten die Forderungen nach KTA 3211.1.

#### 5.1 Geltungsbereich

Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

#### 5.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

#### 5.3 Prüfungen

##### 5.3.1 Probenentnahmeorte

(1) Ein vergütetes Erzeugnis mit einer Fertiglänge gleich oder kleiner als 1500 mm ist an einer Stirnseite, mit einer Fertiglänge größer als 1500 mm an beiden Stirnseiten zu prüfen. Die Zahl der aus einem Erzeugnis gefertigten Stutzen bleibt unberücksichtigt.

Hinweis:

Unter der Fertiglänge versteht man die Fertigungslänge, verringert um die Probenabschnittlänge. Dabei ist die Fertigungslänge die Länge des Erzeugnisses beim Vergüten.

(2) Beispiele für Probenentnahmeorte sind in **Bild 5-1** dargestellt.

(3) Werden aus einem vergüteten Erzeugnis Stutzen mit einem lichten Durchmesser im fertig bearbeiteten Zustand kleiner als 450 mm gefertigt, braucht den zu prüfenden Stirnseiten nur je ein Probenabschnitt entnommen zu werden. Bei beidseitiger Prüfung sollen die Entnahmeorte um 180 Grad gegeneinander versetzt sein.

(4) Werden aus einem vergüteten Erzeugnis Stutzen mit einem lichten Durchmesser im fertig bearbeiteten Zustand von gleich oder größer als 450 mm gefertigt, so sind den zu prüfenden Stirnseiten je zwei Probenabschnitte zu entnehmen. Auf der gleichen Stirnseite sollen die Entnahmeorte um 180 Grad gegeneinander versetzt sein. Bei beidseitiger Probenentnahme sollen die Entnahmeorte auf der einen Stirnseite gegenüber denen auf der anderen Stirnseite um 90 Grad versetzt sein.

(5) Bei kombiniert geschmiedeten, abgesetzten Stutzen sind die Proben aus dem für die Vergütung maßgebenden Querschnitt zu entnehmen. Hinsichtlich der Probenlage gelten die Festlegungen dieses Abschnitts.

(6) Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 80 mm unter der zylindrischen Oberfläche und mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 160 mm unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen. Thermische Pufferung darf angewendet werden.

(7) Falls die Entnahme von Querproben nicht möglich ist oder bei vergüteten Erzeugnissen, aus denen Stutzen mit einem lichten Durchmesser im fertig bearbeiteten Zustand kleiner als 450 mm gefertigt werden, dürfen anstelle der in den folgenden Abschnitten geforderten Querproben Längsproben geprüft werden.

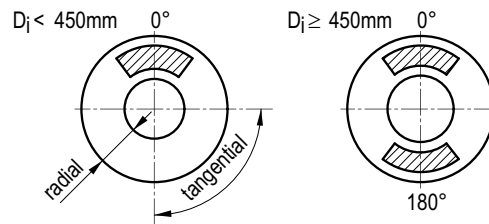
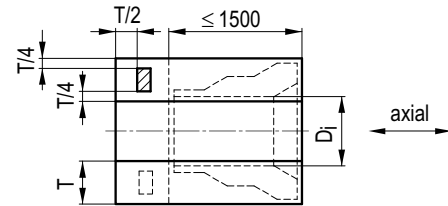
#### 5.3.2 Prüfumfang

##### 5.3.2.1 Chemische Analysen

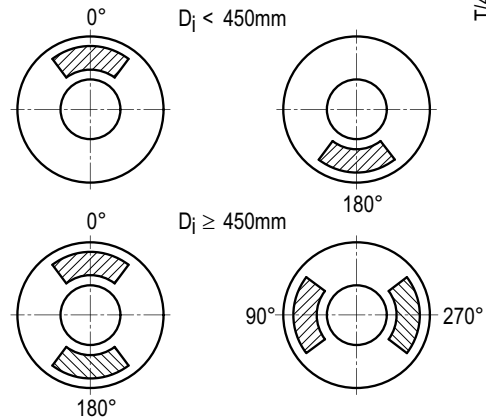
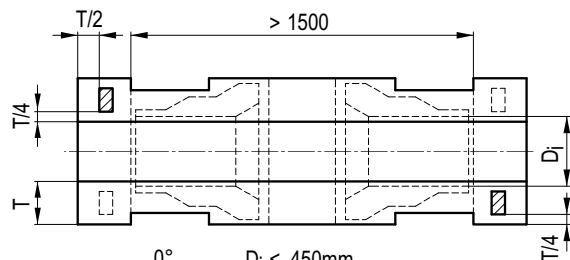
##### 5.3.2.1.1 Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

1. Fertiglänge  $\leq 1500$  mm



2. Fertiglänge  $> 1500$  mm



$D_i$ : innerer Durchmesser  
T: Vergütungswanddicke

--- Lieferkontur  
— Vergütungskontur  
▨ Probenstück

**Bild 5-1:** Beispiele für Probenentnahmeorte

##### 5.3.2.1.2 Stückanalyse

(1) An jedem Erzeugnis (Stück) sind an einem Probenentnahmeort an einer Stirnseite die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

(2) Bei beidseitiger Prüfung sind auf der gegenüberliegenden Stirnseite an einem Probenentnahmeort die Gehalte an den Elementen Kohlenstoff, Mangan, Phosphor und Schwefel nachzuweisen.

### 5.3.2.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben

#### (1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

Bei vergüteten Erzeugnissen, aus denen Stutzen mit einem lichten Durchmesser im fertig bearbeiteten Zustand gleich oder größer als 450 mm gefertigt werden, ist zusätzlich bei Raumtemperatur an einem Probenentnahmeort eine Senkrechtprobe zu prüfen, sofern eine normgerechte Zugprobe entnommen werden kann.

#### (2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

#### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C an je einem Satz Querproben zu prüfen.

An einem Probenentnahmeort je Stirnseite ist zusätzlich die Schlagenergie bei 33 °C und 80 °C an je einem Satz Querproben zu prüfen.

Bei vergüteten Erzeugnissen, aus denen Stutzen mit einem lichten Durchmesser im fertig bearbeiteten Zustand von gleich oder größer als 450 mm gefertigt werden, ist an einem Probenentnahmeort die Schlagenergie an je einem Satz Längs- und Senkrechtproben bei 0 °C zu prüfen.

#### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An einem Probenentnahmeort ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen. Prüfungen nach (3) dürfen verwendet werden.

#### (5) Sprödbbruch-Übergangstemperatur

An einem Probenentnahmeort ist an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

#### (6) Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort sind an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

### 5.3.2.3 Härteprüfung

Bei vergüteten Erzeugnissen mit einer Länge gleich oder größer als 3000 mm sind an beiden Stirnseiten in der Mitte der Wanddicke und an der Außenoberfläche längs einer Mantellinie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

### 5.3.2.4 Prüfungen an mitlaufenden Proben

#### (1) Allgemeingültige Festlegungen

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen brauchen je Erzeugnis jedoch nur für einen Entnahmeort durchgeführt zu werden. Die restlichen Probenabschnitte sind im Entnahmestadium aufzubewahren.

Werden aus einem vergüteten Erzeugnis mehrere Stutzen gefertigt, die in verschiedenen Baugruppen eingesetzt und getrennt spannungsarmgeglüht werden, so ist für alle aus diesem Erzeugnis in einer Baugruppe eingesetzten Stutzen je ein Satz mitlaufender Proben vorzusehen.

Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet. Bei Teilen für den Reaktordruckbehälter darf auf die Prüfung mitlaufender Proben nicht verzichtet werden.

#### (2) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

#### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist bei 0 °C an einem Satz Querproben zu prüfen.

#### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Bei vergüteten Erzeugnissen, aus denen Stutzen mit einem lichten Durchmesser im fertig bearbeiteten Zustand gleich oder größer als 450 mm gefertigt werden, ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen. Dabei genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.

#### (5) Sprödbbruch-Übergangstemperatur

An zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

## 5.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 5.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

### 5.4.2 Ultraschallprüfung

#### 5.4.2.1 Schallschwächungsmessungen

Bei Wanddicken gleich oder größer als 200 mm sind an drei um 120 Grad versetzten Mantellinien an mindestens drei Messpunkten im Abstand von jeweils höchstens einem Meter Schallschwächungsmessungen gemäß Abschnitt B 6.4.2 durchzuführen. Werden bei der Senkrechteinschallung keine wesentlichen örtlichen Schwankungen (Schwankungsbreite gleich oder kleiner als 6 dB) festgestellt, darf die Anzahl der Messungen für die Schrägeinschallung halbiert werden.

#### 5.4.2.2 Einschallrichtungen

(1) Alle Erzeugnisse sind von einer Mantelfläche aus und von beiden Stirnseiten durch Senkrechteinschallung sowie durch Schrägeinschallung von einer Mantelfläche in beiden Umfangsrichtungen zu prüfen. Prüfbereiche, die durch die stirnseitige Senkrechteinschallung nicht erfasst werden (z. B. Konen) oder in denen registrierpflichtige Anzeigen der Senkrechteinschallung mit Seitenwandeneinfluss zu bewerten sind, sind durch Schrägeinschallung von einer Mantelfläche aus in beiden Achsrichtungen zu prüfen.

(2) Gegebenenfalls ist zur Einhaltung der erforderlichen Prüfeempfindlichkeit oder zur Erfassung des gesamten Prüfbereichs von beiden zylindrischen Oberflächen aus zu prüfen.

#### 5.4.2.3 Registrierschwellen

(1) Es sind alle Anzeigen zu registrieren, deren Echohöhen gleich oder größer sind als die Echohöhen der in **Tabelle 5-1** aufgeführten Kreisscheibenreflektoren.

(2) Bei den Schallschwächungsmessungen sind Schallschwächungen über 4 dB/m bei der Prüfung mit 2 MHz oder über 10 dB/m bei der Prüfung mit 4 MHz zu registrieren.

#### 5.4.2.4 Zulässigkeitskriterien

##### 5.4.2.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Der Abstand zwischen endgültiger Oberfläche und Stellen, die eine registrierpflichtige Echoanzeige ergeben, darf die in **Tabelle 5-2** genannten Werte nicht unterschreiten.

(2) Alle registrierpflichtigen Anzeigen bei der Schrägeinschallung, die bei der Senkrechteinschallung nicht regist-

rierpflichtig sind, sind einer eingehenden Untersuchung auf ihre Orientierung zu unterziehen. Registrierpflichtige Anzeigen mit Ausdehnung in Dickenrichtung sind nicht zulässig.

Nennwanddicke s in mm	Durchmesser des Kreisscheibenreflektors in mm	
	Senkrecht- einschallung	Schräg- einschallung
$s \leq 15$	1,5	1
$15 < s \leq 30$	1,5	1,5
$30 < s \leq 60$	2	2
$60 < s \leq 120$	3	3
$120 < s \leq 250$	4 <sup>1) 2)</sup>	3
$s > 250$	6 <sup>1) 2)</sup>	3

1) Diese Werte gelten nur, wenn die Beobachtung des Rückwandechos möglich ist, anderenfalls gilt der gleiche Wert wie bei der Schrägeinschallung.  
2) Bei der Prüfung von Schweißkantenbereichen gilt der gleiche Wert wie bei der Schrägeinschallung.

**Tabelle 5-1:** Registrierschwellen für die Ultraschallprüfung von Schmiedestücken

Nennwanddicke s in mm	Mindestabstand in mm
$s \leq 40$	5
$40 < s \leq 80$	10
$s > 80$	20

**Tabelle 5-2:** Mindestabstand der Registrierstellen von der endgültigen Oberfläche

#### 5.4.2.4.2 Zusätzliche Festlegungen

##### (1) Schweißkanten- und Stutzenbereiche

Nicht zulässig sind:

- Anzeigen mit Längenausdehnung,
- Echoanzeigen bei der Senkrechteinschallung, die Echohöhen aufweisen, die mehr als 12 dB über der Registrierschwelle liegen.

Anzeigen, die sowohl bei der Senkrecht- als auch bei der Schrägeinschallung registriert werden, sind bis zu einer Echohöhenüberschreitung von 6 dB über der Registrierschwelle bei der Schrägeinschallung zulässig.

Die zulässige Häufigkeit aller registrierpflichtigen Echoanzeigen darf in Abhängigkeit von der Nennwanddicke die in **Tabelle 5-3** genannten Werte nicht überschreiten.

Der kleinste Abstand zwischen den Reflexionsstellen darf 100 mm nicht unterschreiten.

##### (2) Übrige Volumenbereiche

Bei der Senkrechteinschallung in radialer Richtung sind punktartige Echoanzeigen mit Echohöhen bis zu 18 dB über der Registrierschwelle nach **Tabelle 5-1** zulässig. In Abhängigkeit von der maximalen Echohöhe sind Echoanzeigen mit Längenausdehnung entsprechend der Kurve 1 in **Bild 5-2** zulässig, wenn bei der Schrägeinschallung an diesen Stellen keine Echohöhenüberschreitungen von 6 dB über die Registrierschwelle festgestellt werden. Die größte zulässige Reflektorlänge ist jedoch auf 120 mm begrenzt.

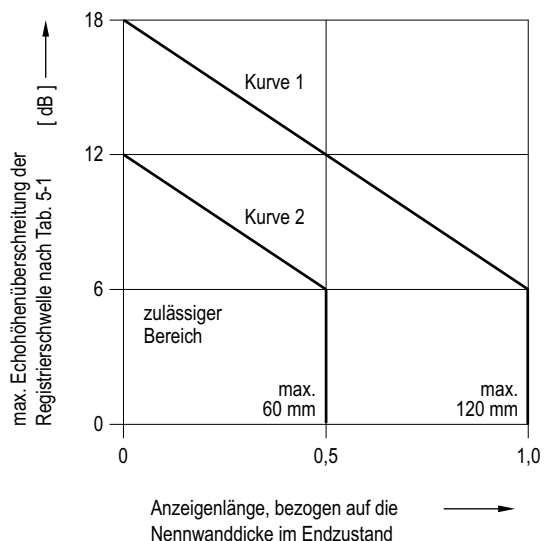
Bei der Senkrechteinschallung in axialer Richtung sind punktartige Echoanzeigen, die bis zu 12 dB über der Registrierschwelle liegen, zulässig. Anzeigen mit Ausdehnung in Umfangsrichtung sind entsprechend der Kurve 2 in **Bild 5-2** zu-

zulässig, wenn bei der Schrägeinschallung an diesen Stellen keine Echohöhenüberschreitungen von gleich oder größer als 6 dB über der Registrierschwelle festgestellt werden. Die größte zulässige Reflektorlänge in Umfangsrichtung ist hierbei auf 60 mm begrenzt. Anzeigen mit Längenausdehnung größer als 10 mm in Dickenrichtung sind nicht zulässig.

Die Häufigkeit von Anzeigen, bezogen auf die äußere Oberfläche, darf örtlich 10 je Quadratmeter und insgesamt 5 je Quadratmeter nicht übersteigen.

Nennwanddicke s in mm	Häufigkeit je m
$s \leq 10$	0
$10 < s \leq 120$	2
$120 < s \leq 250$	4
$s > 250$	6

**Tabelle 5-3:** Zulässige Häufigkeit von Registrierstellen in Schweißkanten- und Stutzenbereichen



**Bild 5-2:** Zulässige Anzeigenlängen und Echohöhen bei der Ultraschallprüfung

#### 5.4.3 Oberflächenprüfung

Es gelten die Festlegungen der **Tabellen 5-4** und **5-5**.

#### 5.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 5.6 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

#### 5.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 5.3.2.1, 5.3.2.2 (6), und 5.3.2.3 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

Anzeigen ≤ 3 mm	Anzeigen von > 3 mm bis ≤ 6 mm			Anzeigen > 6 mm
	Runde Anzeigen	Lineare <sup>1)</sup> Anzeigen, bei ferritischen Stählen verursacht durch nichtmetallische Einschlüsse <sup>2)</sup> oder bei austenitischen Stählen verursacht durch Karbide oder Nitride oder Karbonitride <sup>2)</sup>	Sonstige lineare <sup>1)</sup> Anzeigen	
Vereinzelt zulässig und nicht in die Häufigkeit einzubeziehen <sup>3)</sup>	Zulässig bis zu 5 je dm <sup>2</sup> , bezogen auf die Gesamtfläche jedoch höchstens 10 je m <sup>2</sup>		Nicht zulässig	Nicht zulässig
<sup>1)</sup> 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. <sup>2)</sup> Nichtmetallische Einschlüsse, Karbide, Nitride und Karbonitride müssen als solche nachgewiesen werden. Der Nachweis darf für mehrere gleichartige Anzeigen durch eine Stichprobe im Anzeigenbereich erfolgen. <sup>3)</sup> Bei systematisch auftretenden Anzeigen ist mit dem Sachverständigen über die Verwendbarkeit zu entscheiden.				

**Tabelle 5-4:** Zulässigkeitskriterien für die Eindringprüfung

Anzeigen ≤ 1,5 mm	Anzeigen von > 1,5 mm bis ≤ 6 mm		Anzeigen > 6 mm
	Anzeigen, verursacht durch nichtmetallische Einschlüsse <sup>1)</sup>	Sonstige Anzeigen	
Vereinzelt zulässig und nicht in die Häufigkeit einzubeziehen <sup>2)</sup>	Zulässig bis zu 5 je dm <sup>2</sup> , bezogen auf die Gesamtfläche jedoch höchstens 10 je m <sup>2</sup>		Nicht zulässig
<sup>1)</sup> Nichtmetallische Einschlüsse müssen als solche nachgewiesen werden. Der Nachweis darf für mehrere gleichartige Anzeigen durch eine Stichprobe im Anzeigenbereich erfolgen. <sup>2)</sup> Bei systematisch auftretenden Anzeigen ist mit dem Sachverständigen über die Verwendbarkeit zu entscheiden.			

**Tabelle 5-5:** Zulässigkeitskriterien für die Magnetpulverprüfung

## 6 Geschmiedete Platten für Rohrböden

### 6.1 Geltungsbereich

Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

#### Hinweis:

Bei der Herstellung der Erzeugnisform sind durch geeignete Maßnahmen während des Schmiedens im mechanisch fertig bearbeiteten Zustand positive Seigerungen an zu verschweißenden oder zu plattierenden Oberflächen soweit als technisch möglich zu vermeiden. Als Maßnahmen sind vorzusehen z. B. Stauchschmieden, Einschmiedung der Spiegelflächen und Vermeidung von Zerspannung in geseigerten Zonen.

### 6.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

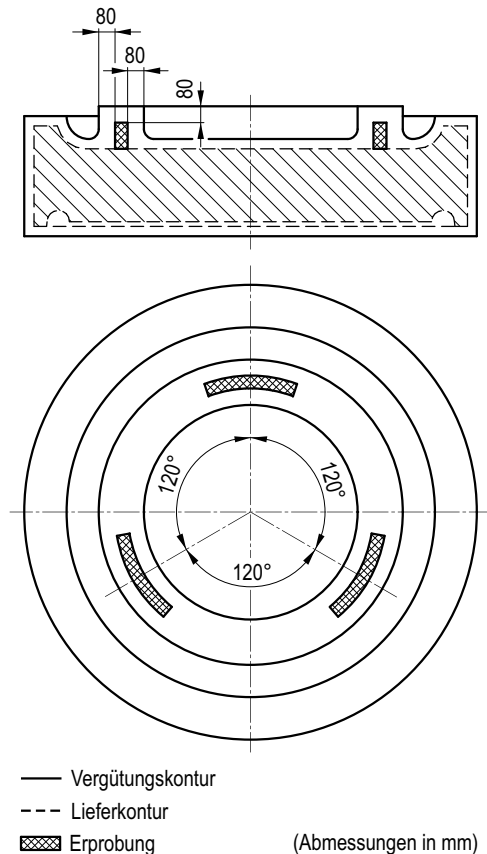
### 6.3 Prüfungen

#### 6.3.1 Probenentnahmeorte

(1) Die Probenentnahmeorte sind unter Berücksichtigung des Schmiedeverfahrens (Hauptumformrichtung parallel oder senkrecht zur Blockachse) im Rahmen der Erstbegutachtung festzulegen.

(2) Die Platten für Rohrböden sind auf einer Stirnseite oder am Umfang zu prüfen, soweit in der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wird.

(3) Die Probenabschnitte sind an drei um 120 Grad versetzten Orten zu entnehmen. Die Entnahmeorte müssen mindestens 80 mm von jeder Vergütungsfläche entfernt sein. Die Probenentnahmeorte sind im **Bild 6-1** dargestellt.



**Bild 6-1:** Beispiel für Probenentnahmeorte



### 6.3.2 Prüfumfang

#### 6.3.2.1 Chemische Analysen

##### 6.3.2.1.1 Schmelzenanalyse

Für jeden Rohrboden, der aus einer Schmelze hergestellt wird, sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. Für Rohrböden, die aus mehreren Schmelzen hergestellt werden, ist die errechnete mittlere chemische Zusammensetzung anzugeben.

##### 6.3.2.1.2 Stückanalyse

(1) Je Probenentnahmeort sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. Bei Prüfung auf einer Stirnseite ist zusätzlich auf der gegenüberliegenden nicht geprüften Stirnseite für einen Ort, der einem Probenentnahmeort gegenüberliegt, eine Stückanalyse durchzuführen.

(2) Werden Kopf- und Fußbereich des Ausgangsblocks hierbei nicht erfasst, ist zusätzlich für diese Bereiche die chemische Zusammensetzung zu ermitteln.

#### 6.3.2.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben

##### (1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur eine Quer- oder Tangentialprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

Zusätzlich ist bei Raumtemperatur von einem Probenentnahmeort eine Senkrechtprobe (Axialprobe) zu prüfen.

##### (2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtpuben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen

##### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C, 33 °C und 80 °C an je einem Satz Quer- oder Tangentialproben zu prüfen. An einem Probenentnahmeort ist zusätzlich die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C an je einem Satz Längs- und Senkrechtpuben zu prüfen.

##### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An einem Probenentnahmeort ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) an Quer- oder Tangentialproben aufzunehmen. Prüfungen nach (3) dürfen verwendet werden.

##### (5) Sprödbruch-Übergangstemperatur

An einem Probenentnahmeort ist an je zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

##### (6) Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort sind an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

#### 6.3.2.3 Prüfungen an mitlaufenden Proben

##### (1) Allgemeingültige Festlegungen

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind jedoch je Erzeugnis nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die restlichen Probenabschnitte sind im Entnahmezustand aufzubewahren.

##### (2) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Quer- oder Tangentialprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

##### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist an einem Satz Quer- oder Tangentialproben bei 0 °C zu prüfen.

##### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An Quer- oder Tangentialproben ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) aufzunehmen. Dabei genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.

##### (5) Sprödbruch-Übergangstemperatur

An zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

#### 6.3.2.4 Härteprüfung

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei vergüteten Erzeugnissen sind zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Vergütung auf beiden Stirnseiten im Raster von höchstens 1000 mm · 1000 mm sowie an der Außenoberfläche längs einer Mantellinie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

### 6.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

#### 6.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

#### 6.4.2 Ultraschallprüfung

##### 6.4.2.1 Schallschwächungsmessungen

An rund 10 gleichmäßig über eine Stirnfläche verteilten Stellen sind Schallschwächungsmessungen gemäß Abschnitt B 6.4.2 mittels Senkrechteinschallung durchzuführen.

##### 6.4.2.2 Prüfköpfe

Zur Einhaltung der geforderten Prüfeempfindlichkeit im prüflichennahen Bereich sind gegebenenfalls besondere Prüfköpfe einzusetzen.

##### 6.4.2.3 Einschallrichtungen

Die Prüfung ist von beiden Großflächen und von der Seitenfläche aus mittels Senkrecht- und Schrägeinschallung durchzuführen.

Für die Prüfung sind die im **Bild 6-2** eingetragenen Einschallrichtungen 1 bis 15 anzuwenden, wobei die Einschallrichtungen 8 bis 11 auch von der Kreisringfläche aus anzuwenden sind.

Bei der Schrägeinschallung ist ein Einschallwinkel von 70 Grad, bei der Schrägeinschallung von der Seitenfläche in Umfangsrichtung jedoch ein Winkel von 35 Grad zu verwenden.

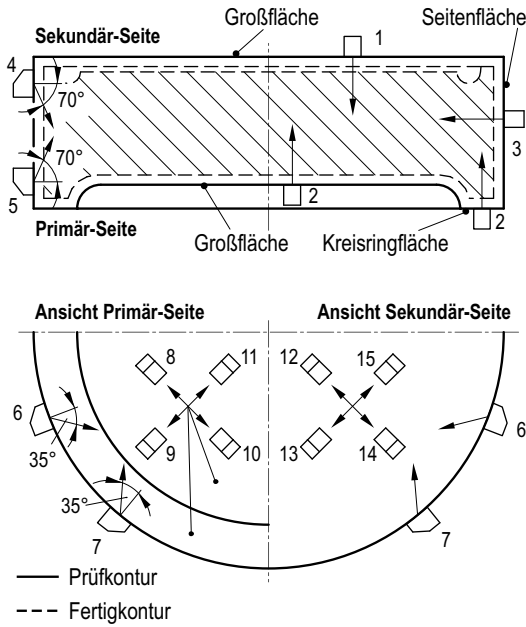
##### 6.4.2.4 Registrierschwellen

Es sind alle Anzeigen zu registrieren, deren Echohöhen gleich oder größer sind als die Echohöhen der in **Tabelle 6-1** aufgeführten Kreisscheibenreflektoren.

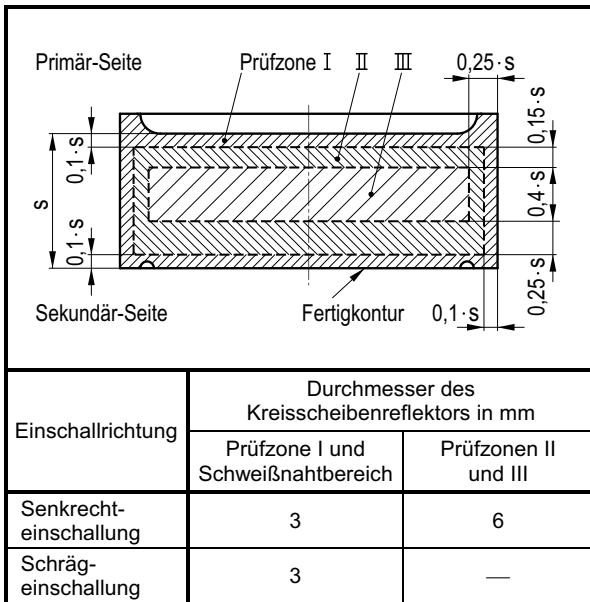
##### 6.4.2.5 Zulässigkeitskriterien

###### 6.4.2.5.1 Allgemeingültige Festlegungen

Der Abstand zwischen endgültiger Oberfläche und Stellen, die eine registrierpflichtige Anzeige ergeben, darf 30 mm nicht unterschreiten.



**Bild 6-2:** Einschallrichtungen 1 bis 15 bei der Ultraschallprüfung geschmiedeter Platten für Rohrböden



**Tabelle 6-1:** Prüfzonenaufteilung und Registrierschwellen für die Ultraschallprüfung geschmiedeter Platten für Rohrböden

**6.4.2.5.2** Zusätzliche Festlegungen

(1) Schweißkanten- und Anschweißbereiche

Es gelten die Festlegungen der Abschnitte 5.4.2.4.1 (2) und 5.4.2.4.2 (1).

(2) Übrige Volumenbereiche

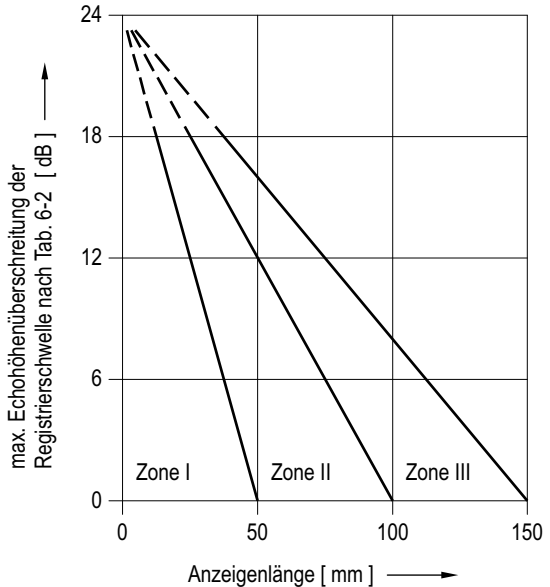
a) Senkrechteinschallung in axialer Richtung

Bei der Senkrechteinschallung in axialer Richtung (Einschallrichtungen 1 und 2 in **Bild 6-2**) sind die folgenden Anzeigen bedingt zulässig:

aa) Anzeigen ohne Längenausdehnung mit Echohöhen bis zu 24 dB über der Registrierschwelle,

ab) Anzeigen mit Längenausdehnung unterhalb der in **Bild 6-3** angegebenen Kurven.

Für die Zulässigkeit dieser Anzeigen ist Bedingung, dass bei Schrägeinschallung von den Großflächen (Einschallrichtungen 8 bis 15 in **Bild 6-2**) an den betreffenden Stellen keine Echohöhen von 6 dB über der Registrierschwelle sowie bei Senkrechteinschallung von der Seitenfläche (Einschallrichtung 3 in **Bild 6-2**) keine registrierpflichtigen Anzeigen auftreten.



**Bild 6-3:** Zulässige Anzeigenlängen und Echohöhen bei der Senkrechteinschallung in axialer Richtung (Einschallrichtungen 1 und 2 in Bild 6-2) bei geschmiedeten Platten für Rohrböden

b) Senkrechteinschallung von der Seitenfläche aus

Bei der Senkrechteinschallung von der Seitenfläche aus (Einschallrichtung 3 in **Bild 6-2**) sind Anzeigen bis 12 dB über der jeweiligen Registrierschwelle zulässig. Wenn die Anzeigen Längenausdehnungen aufweisen, sind zusätzliche zerstörungsfreie Untersuchungen durchzuführen.

c) Schrägeinschallung

Alle registrierpflichtigen Anzeigen bei der Schrägeinschallung, die bei der Senkrechteinschallung mit einer der Schrägeinschallung entsprechenden Registrierschwelle ohne Befund bleiben, sind einer eingehenden Untersuchung auf ihre Orientierung zu unterziehen. Anzeigen mit Ausdehnung größer als 10 mm in Dickenrichtung sind nicht zulässig.

d) Zulässige Häufigkeiten

Die Häufigkeit der registrierpflichtigen Echoanzeigen darf die in **Tabelle 6-2** angegebenen Werte - projiziert auf eine Stirnfläche des Rohrbodens - nicht überschreiten.

Prüfzone nach Tabelle 6-1	Anzahl der Registrierstellen je m <sup>2</sup>
I	10
II	25
III	40

**Tabelle 6-2:** Zulässige Häufigkeit von Registrierstellen

### 6.4.3 Oberflächenprüfung

Für die Oberflächenprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.3.

### 6.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

### 6.6 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

### 6.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 6.3.2.1, 6.3.2.2 (6) und 6.3.2.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 7 Bleche

### 7.1 Geltungsbereich

Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

### 7.2 Anforderungen

- (1) Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.
- (2) Die für verschiedene Probenentnahmeorte desselben Blechs mit Proben gleicher Lage und Richtung ermittelten Werte der Zugfestigkeit dürfen nicht mehr als 80 N/mm<sup>2</sup> voneinander abweichen.

### 7.3 Prüfungen

#### 7.3.1 Probenentnahmeorte

- (1) Die Proben sind jeweils in der Mitte des Kopf- und des Fußendes jedes Blechs oder jeder Vergütungseinheit zu entnehmen. Bleche unter 5 m Länge sind nur am Kopfende zu prüfen. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Hauptumformrichtung in Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblocks liegt und Kopf- und Fußende dem Block zugeordnet werden können.
- (2) Die Entnahmeorte müssen um mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke unter der Walzoberfläche und um mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen.
- (3) Probenentnahmeorte sind in **Bild 7-1** dargestellt.

#### 7.3.2 Prüfungsfang

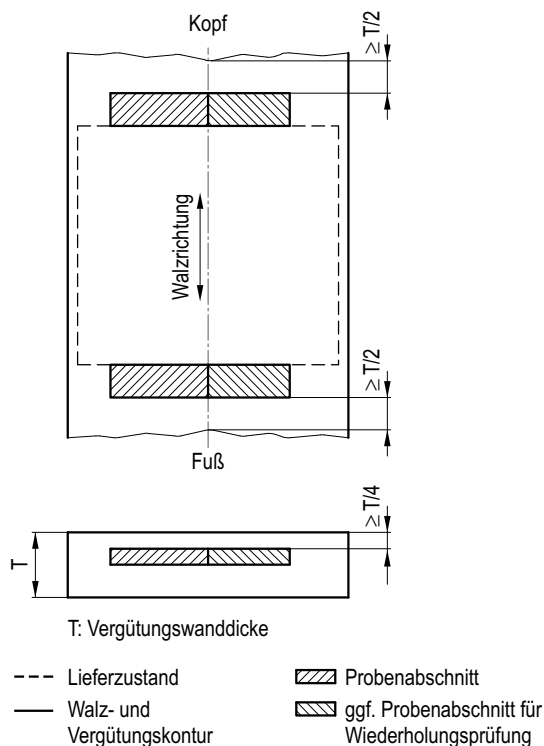
##### 7.3.2.1 Chemische Analysen

###### (1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

###### (2) Stückanalyse

Für jedes Ausgangsblech sind je Probenentnahmeort die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.



**Bild 7-1:** Beispiel für Probenentnahmeorte bei Blechen

#### 7.3.2.2 Mechanisch-technologische Prüfungen und Gefügezustand

##### 7.3.2.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

Liegt die Hauptumformrichtung bei der Fertigung der Bleche nicht eindeutig in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblocks, so ist zusätzlich zu den in den nachfolgenden Abschnitten geforderten Querproben vom selben Entnahmeort die gleiche Anzahl Längsproben zu prüfen.

##### 7.3.2.2.2 Prüfungen vor dem Vergüten der Bleche

###### (1) Die Bleche sind vor dem Vergüten zu prüfen, wenn sie:

- Fall A: entweder vom Hersteller vor dem Vergüten an einen Weiterverarbeiter ausgeliefert werden oder
  - Fall B: bei der Weiterverarbeitung vor dem Vergüten geteilt werden und ihnen Kopf- und Fußende nicht mehr zugeordnet werden können.
- (2) Im Fall A (Auslieferung der Bleche vor dem Vergüten) sind folgende Prüfungen an simulierend vergüteten und zusätzlich simulierend wärmebehandelten Proben durchzuführen.

###### a) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

###### b) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

Je Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

###### c) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen.

- d) Metallographische Untersuchungen  
Je Probenentnahmeort sind an einer der Kerbschlagproben an einem Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge gemäß Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.
- (3) Im Fall B (Teilung der Bleche vor dem Vergüten) sind folgende Prüfungen an simulierend vergüteten und zusätzlich simulierend wärmebehandelten Proben durchzuführen.
- a) Zugversuch  
Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.
- b) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben  
Je Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.
- c) Kerbschlagbiegeversuch  
An einem Probenentnahmeort (Fußseite) ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an je einem Satz Querproben bei 0 °C, 33 °C und 80 °C zu prüfen.
- d) Schlagenergie-Temperatur-Kurve  
An einem Probenentnahmeort (Kopfseite) ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen.
- e) Sprödbbruch-Übergangstemperatur  
An einem Probenentnahmeort (Kopfseite) ist mit zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.
- f) Metallographische Untersuchungen  
Je Probenentnahmeort sind an einem Längsschliff an einer der Kerbschlagproben die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge gemäß Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

### 7.3.2.2.3 Prüfungen nach dem Vergüten der Bleche

- (1) Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben
- a) Die Bleche sind wie folgt zu prüfen:
- aa) im Fall A des Abschnitts 7.3.2.2.2 Prüfungen gemäß b) bis g),
- ab) im Fall B des Abschnitts 7.3.2.2.2 Prüfungen gemäß b) bis g), jedoch nur an einem Probenentnahmeort ohne Zuordnung zu Kopf- oder Fußseite.
- b) Zugversuch  
Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.
- c) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben  
Je Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.
- d) Kerbschlagbiegeversuch  
An einem Probenentnahmeort (Fußseite) ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an je einem Satz Querproben bei 0 °C, 33 °C und 80 °C zu prüfen.
- e) Schlagenergie-Temperatur-Kurve  
An einem Probenentnahmeort (Kopfseite) ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen.
- f) Sprödbbruch-Übergangstemperatur  
An einem Probenentnahmeort (Kopfseite) ist mit je zwei Längs oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.
- g) Metallographische Untersuchungen  
Je Probenentnahmeort sind an einem Längsschliff an einer der Kerbschlagproben die Korngröße zu ermitteln

sowie das Gefüge gemäß Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

#### (2) Prüfungen an mitlaufenden Proben

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind je Erzeugnis nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die restlichen Proben sind im Entnahmezustand aufzubewahren.

Werden aus einem vergüteten Blech mehrere Erzeugnisse gefertigt, die in verschiedenen Baugruppen eingesetzt und getrennt spannungsarmgeglüht werden, so ist für alle aus diesem Blech in einer Baugruppe eingesetzten Erzeugnisse je ein Satz mitlaufender Proben vorzusehen.

Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet. Bei Teilen für den Reaktordruckbehälter darf auf die Prüfung mitlaufender Proben nicht verzichtet werden.

#### a) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

Sind sowohl Längs- als auch Querproben zu prüfen, so sind die Proben aus derjenigen Richtung zu prüfen, für die im simulierend wärmebehandelten Zustand die schlechtesten Werte ermittelt wurden (siehe Abschnitt 7.3.2.2.1).

#### b) Kerbschlagbiegeversuch

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen (siehe a), 2. Absatz).

#### c) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Mit Querproben vom Kopfe des Bleches ist, sofern bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde, eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) aufzunehmen (siehe a), 2. Absatz). Für Erzeugnisse außerhalb des kernnahen Bereiches genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.

#### d) Sprödbbruch-Übergangstemperatur

Mit zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

### 7.3.2.3 Härteprüfung

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei vergüteten Blechen mit einer Länge gleich oder größer als 3000 mm sind auf einer Blechoberfläche an zwei um 90 Grad versetzten Linien in Abständen von höchstens 1000 mm, nahe an den Blechenden beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

## 7.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 7.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

(2) Abweichend hiervon ist bei der Senkrechteinschallung die Reflektorausdehnung nach der Halbwertsmethode nach Abschnitt B 11.2.3 zu bestimmen.

### 7.4.2 Ultraschallprüfung

#### 7.4.2.1 Umfang und Zeitpunkt

Das gesamte Volumen der ebenen Bleche ist nach der letzten Umformung und Wärmebehandlung vor der Weiterbearbeitung mittels Senkrechteinschallung zu prüfen.

#### 7.4.2.2 Schallschwächungsmessungen

(1) Es sind in einem Raster von 2 m · 2 m, mindestens jedoch an vier Stellen je Blech, Schallschwächungsmessungen gemäß Abschnitt B 6.4.2 mittels Senkrechteinschallung durchzuführen.

(2) Bei unterschiedlichen Oberflächenqualitäten ist die Anzahl der Messpunkte so zu erhöhen, dass alle Oberflächenqualitäten erfasst werden.

(3) Übersteigt die Schwankungsbreite der unter gleichen Einschallbedingungen festgestellten Mindestwerte 6 dB (bezogen auf den zu bewertenden Schallweg), ist die Anzahl der Messpunkte mindestens zu verdoppeln.

#### 7.4.2.2 Registrierschwellen

(1) Es sind alle Anzeigen zu registrieren, deren Echohöhen gleich oder größer sind als die Echohöhen der in **Tabelle 7-1** aufgeführten Kreisscheibenreflektoren.

(2) Bei den Schallschwächungsmessungen sind Schallschwächungen über 4 dB/m bei der Prüfung mit 2 MHz oder über 10 dB/m bei der Prüfung mit 4 MHz zu registrieren.

Bereich	Blechdicke s in mm	Durchmesser des Kreisscheibenreflektors in mm
Gesamtes Volumen einschließlich Schweißkanten-, Stützen- und An-schweißbereiche	s ≤ 40	2
	s > 40	3

**Tabelle 7-1:** Registrierschwellen bei der Senkrechteinschallung

#### 7.4.2.4 Zulässigkeitskriterien

(1) Bezogen auf die Größe und die Häufigkeit von Anzeigen ist die Qualitätsklasse S<sub>3</sub> gemäß DIN EN 10160, Tabellen 3 und 4, einzuhalten.

(2) In Schweißkanten- und Stützen- sowie Anschweißbereichen sind registrierpflichtige Anzeigen hinsichtlich der späteren Schweißnahtprüfung zu untersuchen und zu bewerten.

Es sind Anzeigen bis 100 mm<sup>2</sup> Flächenausdehnung und einer größten Länge und Häufigkeit entsprechend **Tabelle 7-2** zulässig. Der kleinste Abstand zwischen registrierpflichtigen Anzeigen darf 100 mm nicht unterschreiten.

Blechdicke s (Nennmaß) in mm	Zulässige Länge in mm	Zulässige Häufigkeit je Meter höchstens
s ≤ 10	—	0
10 < s ≤ 20	20	2
20 < s ≤ 40	25	2
40 < s ≤ 60	30	2
60 < s ≤ 120	40	2
120 < s ≤ 200	40	4

**Tabelle 7-2:** Zulässige Häufigkeit und Länge von Registrierstellen in Schweißkanten- und Stützenbereichen

#### 7.4.3 Oberflächenprüfung

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.3.

#### 7.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 7.6 Maßprüfung

(1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

(2) Die Dicke ist im Raster von 500 mm · 500 mm zu prüfen.

#### 7.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 7.3.2.1, 7.3.2.2.2 (2) d), 7.3.2.2.2 (3) f), 7.3.2.2.3 (1) g) und 7.3.2.3 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

### 8 Aus Blechen gekümpelte, gepresste, gebogene oder gerollte Erzeugnisse

#### 8.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für warm oder kalt gekümpelte, gepresste, gebogene oder gerollte Erzeugnisformen aus vergütetem Stahl, und zwar für folgende Erzeugnisformen:

- Pressteile, Kümpelteile,
- gebogene oder gerollte Halbschalen,
- gebogene oder gerollte Schüsse.

(2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

#### 8.2 Anforderungen

(1) Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

(2) Die für verschiedene Probenentnahmeorte mit Proben gleicher Lage und Richtung ermittelten Werte der Zugfestigkeit dürfen nicht mehr als 80 N/mm<sup>2</sup> voneinander abweichen.

#### 8.3 Prüfungen

##### 8.3.1 Probenentnahmeorte und Probenvorbereitung

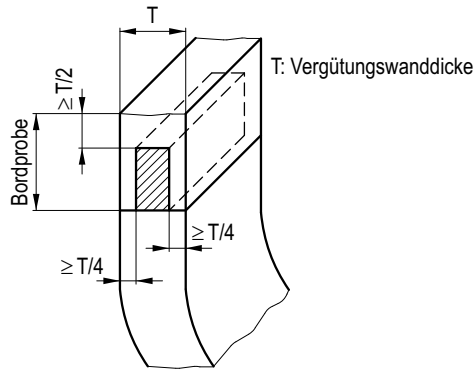
###### 8.3.1.1 Probenentnahmeorte

(1) Die Probenabschnitte sind von jedem Erzeugnis in der Mitte des Kopf- und des Fußendes zu entnehmen, sofern bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde und im Folgenden keine Abweichungen vorgesehen sind. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Hauptumformrichtung des Ausgangsblechs in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblocks liegt und Kopf- und Fußende dem Block zugeordnet werden können.

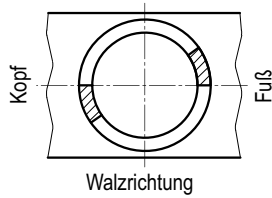
(2) Bei Erzeugnissen unter 5 m Länge und einer Vergütungswanddicke gleich oder kleiner als 200 mm brauchen die Proben nur vom Kopfende entnommen zu werden.

(3) Die Bereiche, aus denen die Probenabschnitte entnommen werden, sollen hinsichtlich der Beanspruchung während der Umformung den gleichen Bedingungen wie entsprechende Bereiche des zu prüfenden Erzeugnisses unterliegen haben. Soweit fertigungstechnische Gründe es notwendig machen, ist die Entnahme hinreichend großer Probenabschnitte im Einvernehmen mit dem Sachverständigen auch vor dem Umformen zulässig.

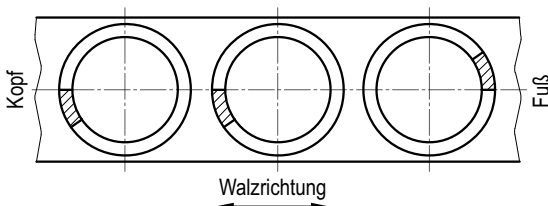
(4) Die Entnahmeorte müssen um mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke unter der Walzoberfläche und um mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradierten Kanten liegen.



Die Bordprobe ist durch eine zusätzliche Bordhöhe oder durch Anschweißen eines Probenstückes an den Bord des Bodens zu realisieren



Probenentnahmeorte für die Fertigung eines Bodens aus einem Walzblech



Probenentnahmeorte für die Fertigung mehrerer Böden aus einem Walzblech

 Probenabschnitt

**Bild 8-1:** Beispiele für Probenentnahmeorte

(5) Fallen bei der Verarbeitung Durchdringungen an, so sind den dabei entstehenden Butzen und Hohlbohrkernen zusätzliche Probenabschnitte zu entnehmen. Sie können nach Vereinbarung zwischen den Beteiligten für ergänzende Untersuchungen herangezogen werden.

(6) Sofern die Probenabschnitte vor dem Warmumformen abgetrennt werden und nicht die gleichen Warmumformungen erhalten können wie das Erzeugnis, müssen die anfallenden Butzen oder Hohlbohrkerne für zusätzliche Prüfungen herangezogen werden, deren Umfang mit dem Sachverständigen festzulegen ist.

(7) Beispiele für Probenentnahmeorte sind in **Bild 8-1** dargestellt.

### 8.3.1.2 Probenvorbereitung

Die Probenabschnitte für Prüfungen nach dem Umformen sollen erst nach dem Umformen und Vergüten von Erzeugnissen abgetrennt werden. Sofern Probenabschnitte vor dem Umformen entnommen werden, sind diese vor der letzten

Vergütungsbehandlung des Erzeugnisses wieder anzuschweißen. Diesen Probenabschnitten sind alle Wärmebehandlungen unter Berücksichtigung der Aufheiz- und Abkühlverhältnisse und, soweit möglich, auch die entsprechenden Verformungen aufzugeben, die das Erzeugnis in dem dazwischen liegenden Fertigungsablauf erfahren hat.

### 8.3.2 Prüfumfang

#### 8.3.2.1 Chemische Analysen

##### (1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

##### (2) Stückanalyse

Je Probenentnahmeort sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

#### 8.3.2.2 Mechanisch-technologische Prüfungen und Gefügestand

##### 8.3.2.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

Hinweis:

Der Prüfumfang zum Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften und zur Beurteilung des Gefügestands hängt davon ab, ob die umgeformten Erzeugnisse vergütet werden müssen oder ob auf ein Vergüten nach dem Umformen verzichtet werden darf. Das Vergüten nach dem Umformen darf nur dann entfallen, wenn

- das Ausgangsblech vergütet ist.
- die Umformtemperatur die höchste zulässige Temperatur für das Spannungsarmglühen nicht überschreitet und
- der Umformgrad einen bestimmten Grenzwert nicht überschreitet.

(1) Genaue Einzelheiten über die Bedingungen, unter denen auf das Vergüten nach dem Umformen verzichtet werden darf, sind in Abschnitt A 1 festgelegt.

(2) Liegt die Hauptumformrichtung bei der Fertigung der Bleche nicht eindeutig in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblocks, so ist zusätzlich zu den in den nachfolgenden Abschnitten geforderten Querproben vom gleichen Entnahmeort die gleiche Anzahl Längsproben zu prüfen.

##### 8.3.2.2.2 Prüfung von Erzeugnissen, die nach dem Umformen vergütet werden

##### (1) Prüfungen vor dem Umformen an den Ausgangsblechen

Das Ausgangsblech ist nach Abschnitt 7.3.2.2.2 zu prüfen.

Wird das Ausgangsblech geteilt und können bei den daraus hergestellten Erzeugnissen Kopf- und Fußende nicht mehr erfasst werden, ist das Ausgangsblech nach Abschnitt 7.3.2.2.2 (3) zu prüfen.

##### (2) Prüfungen vor dem Umformen an simulierend vergüteten und spannungsarmgeglühten Proben

Dieser Absatz gilt, sofern nicht schon nach (1) geprüft wurde.

##### a) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

##### b) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

Je Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

##### c) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen.

- d) Metallographische Untersuchungen  
Je Probenentnahmeort sind an einem Längsschliff an einer der Kerbschlagproben die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.
- (3) Prüfungen nach dem Umformen und Vergüten an simulierend spannungsarmgeglühten Proben
- a) Zugversuch  
Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen. Bei Bauteilen mit mehr als 120 mm Wanddicke ist je Probenentnahmeort bei Raumtemperatur eine Senkrechtprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.
- b) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben  
Je Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.
- c) Kerbschlagbiegeversuch  
An einem Probenentnahmeort (Fußseite) ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an je einem Satz Querproben bei 0 °C, 33 °C und 80 °C zu prüfen. Die Kerbe soll senkrecht zur Blechoberfläche liegen.
- d) Schlagenergie-Temperatur-Kurve  
An einem Probenentnahmeort (Kopfseite) ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen.
- e) Sprödbbruch-Übergangstemperatur  
An einem Probenentnahmeort (Kopfseite) ist nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) an zwei Längs- oder Querproben nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.
- f) Metallographische Untersuchungen  
Je Probenentnahmeort sind an einem Längsschliff an einer der Kerbschlagproben die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.
- (4) Prüfungen an mitlaufenden Proben  
Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind je Erzeugnis nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die restlichen Probenabschnitte sind im Entnahmezustand aufzubewahren.  
Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet. Bei Teilen für den Reaktordruckbehälter darf auf die Prüfung mitlaufender Proben nicht verzichtet werden.
- a) Zugversuch  
Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.  
Sind zusätzlich zu den Querproben Längsproben zu prüfen, so sind die Proben aus der Richtung zu prüfen, für die im simulierend wärmebehandelten Zustand die schlechteren Werte ermittelt wurden.
- b) Kerbschlagbiegeversuch  
Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen (es gilt a), 2. Absatz).
- c) Schlagenergie-Temperatur-Kurve  
Eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) ist mit Querproben, sofern bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde, aufzunehmen (es gilt a), 2. Absatz). Dabei genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.

- d) Sprödbbruch-Übergangstemperatur  
Mit zwei Längs- oder Querproben ist nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

#### 8.3.2.2.3 Prüfung von Erzeugnissen, die nach dem Umformen nicht vergütet werden

- (1) Prüfungen an den Ausgangsblechen  
Das Ausgangsblech ist nach Abschnitt 7.3.2.2.3 zu prüfen.
- (2) Prüfungen an mitlaufenden Proben  
Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind je Erzeugnis nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet. Bei Teilen für den Reaktordruckbehälter darf auf die Prüfung mitlaufender Proben nicht verzichtet werden.
- a) Zugversuch  
Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen. Bei Bauteilen mit mehr als 120 mm Wanddicke ist je Probenentnahmeort bei Raumtemperatur eine Senkrechtprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.
- b) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben  
Je Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.
- c) Kerbschlagbiegeversuch  
Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen (es gilt auch 8.3.2.2.2 (4) a), 2. Absatz).
- d) Schlagenergie-Temperatur-Kurve  
Eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) ist mit Querproben, sofern bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde, aufzunehmen (es gilt auch 8.3.2.2.2 (4) a), 2. Absatz). Dabei genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.
- e) Sprödbbruch-Übergangstemperatur  
Mit zwei Längs- oder Querproben ist nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

#### 8.3.2.3 Härteprüfung

- (1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.
- (2) An jedem Stück sind auf einer Außenoberfläche an zwei um 90 Grad versetzten Mantellinien in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

#### 8.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

- (1) Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.
- (2) Am Ausgangsblech ist eine Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 7.4 durchzuführen.
- (3) Jede aus Blechen umgeformte Erzeugnisform ist nach der letzten Wärmebehandlung im fertig bearbeiteten Zustand einer Oberflächenprüfung zu unterziehen. Die Zulässigkeitskriterien sind in den **Tabellen 5-4 und 5-5** festgelegt.

## 8.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

## 8.6 Maßprüfung

- (1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8 (2).
- (2) Die Wanddicke ist im Raster von 500 mm · 500 mm zu prüfen.

## 8.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 8.3.2.1, 8.3.2.2 (2) d), 8.3.2.2 (3) f) und 8.3.2.3 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 9 Gerade Rohrformstücke

### 9.1 Geltungsbereich

- (1) Dieser Abschnitt gilt für geschmiedete, nahtlose, innen-druckbelastete gerade Rohrformstücke gleich oder größer als DN 300 und Vergütungswanddicken von 15 bis 200 mm mit angeschmiedeten Stutzen.
- (2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

### 9.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

### 9.3 Prüfungen

#### 9.3.1 Probenentnahmeorte

##### 9.3.1.1 Allgemeingültige Festlegungen

- (1) Alle nachstehenden Festlegungen gelten unter der Voraussetzung, dass die Hauptumformung der Formstücke in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblockes erfolgte.
- (2) Falls hiervon Abweichungen auftreten, sind im Rahmen der erstmaligen Begutachtung gegebenenfalls andere Festlegungen für die Probenentnahme zu treffen.
- (3) Formstücke, deren Länge beim Vergüten größer als 3000 mm ist, sind an beiden Enden zu prüfen. Die Probenentnahmeorte sollen um 180 Grad zueinander versetzt sein.
- (4) Formstücke, deren Länge beim Vergüten kleiner als 3000 mm ist, sind nur einseitig zu prüfen, sofern bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde.
- (5) Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 80 mm unter der Formstückoberfläche und mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 160 mm unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen (siehe **Bild 9-1**).

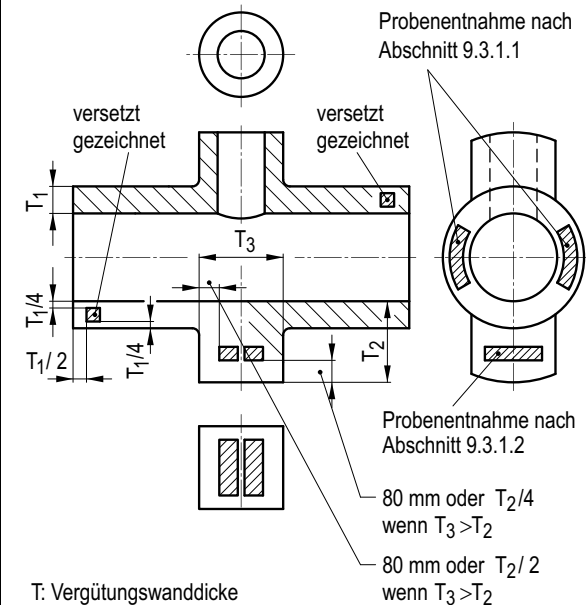
##### 9.3.1.2 Zusätzliche Festlegungen für den Stutzenbereich (siehe **Bild 9-1**)

###### Hinweis:

Dieser Probenentnahmeort entfällt, wenn der Hersteller den Nachweis erbracht hat, dass die für den Rohrbereich ermittelten Werkstoffeigenschaften auch für den Stutzenbereich repräsentativ sind.

An jedem Rohrformstück ist zusätzlich zu den Probenentnahmeorten nach Abschnitt 9.3.1.1 ein Probensatz für denjenigen Stutzen mit der größten Nennweite zu entnehmen. Bei

Vergütungswanddicken im Stutzenbereich gleich oder kleiner als 320 mm muss der Probenentnahmeort mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke unter den Stutzenflächen von dem zur Wärmebehandlung bearbeiteten Stutzenbereich liegen. Bei Vergütungswanddicken größer als 320 mm muss der Probenentnahmeort mindestens 80 mm unter jeder Vergütungsfläche liegen. In jedem Fall ist anzustreben, die Proben so tief zu legen, dass diese möglichst nahe der verbleibenden Rohrwand des geraden Rohrformstückes (**Bild 9-1**) liegen. Die Entnahmestelle der Senkrechtproben sollte möglichst nahe an der späteren Schweißnahtfase liegen.



Wenn  $T_3 < T_2$ : Festlegungen mit dem Sachverständigen erforderlich  
Die Maße beziehen sich auf den Vergütungszustand.

**Bild 9-1:** Probenentnahmeorte an einem geschmiedeten Rohrformstück

### 9.3.2 Prüfumfang

#### 9.3.2.1 Chemische Analysen

##### (1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

##### (2) Stückanalyse

Je Rohrformstück sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

#### 9.3.2.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben

###### Hinweis:

Rohrformstücke können im Rohr- und Stutzenbereich unterschiedliche Hauptumformrichtungen aufweisen. Dies ist bei einer Zuordnung der faserbezogenen Probenrichtungen zur Geometrie der Erzeugnisform zu beachten. Bei abweichenden Herstellungsgegebenheiten können sich diese Zuordnungen ändern.

##### (1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen. Darüber hinaus ist im Stutzenbereich bei Raumtemperatur eine Senkrechtprobe zu prüfen.

Ist im Rohrbereich die Entnahme von Querproben aus ungegerichteten Probenabschnitten nicht möglich, sind Längsproben zu prüfen.



**(2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben**

An Proben von je einem Probenentnahmeort vom Rohr- sowie vom Stutzenbereich ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

**(3) Kerbschlagbiegeversuch**

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen. Die Kerbe soll senkrecht zur Rohroberfläche liegen.

Im Stutzenbereich sind zusätzlich je ein Satz Querproben bei 33 °C und 80 °C zu prüfen.

**(4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve**

An einem Probenentnahmeort je Formstück ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen.

**(5) Sprödbruch-Übergangstemperatur**

An einem Probenentnahmeort je Formstück ist am Rohrende an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

**(6) Metallographische Untersuchungen**

An einem Probenentnahmeort je Formstück sind an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren. Zusätzlich sind im Stutzenbereich an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln und eine Gefügeaufnahme zur Beurteilung des Gefügestandes gemäß Abschnitt 3.3.7.4 aufzunehmen.

**9.3.2.3 Prüfungen an mitlaufenden Proben****(1) Allgemeingültige Festlegungen**

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen brauchen je Rohrformstück nur an einem Entnahmeort durchgeführt zu werden. Die restlichen Probenabschnitte sind im Entnahmestadium aufzubewahren.

Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet.

**(2) Zugversuch**

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

**(3) Kerbschlagbiegeversuch**

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen. Die Kerbe soll senkrecht zur Rohroberfläche liegen.

**(4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve**

Eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) ist mit Querproben aufzunehmen.

**(5) Sprödbruch-Übergangstemperatur**

An zwei Längs- oder Querproben ist nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind. Bei Vergütungswanddicken unter 25 mm entfällt diese Prüfung.

**9.3.2.4 Härteprüfung**

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei vergüteten Erzeugnissen mit einer Länge gleich oder größer als 3000 mm sind auf beiden Stirnseiten in der Mitte der Wanddicke und an der Außenoberfläche längs einer Mantellinie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

**9.4 Zerstörungsfreie Prüfungen****9.4.1 Allgemeingültige Festlegungen**

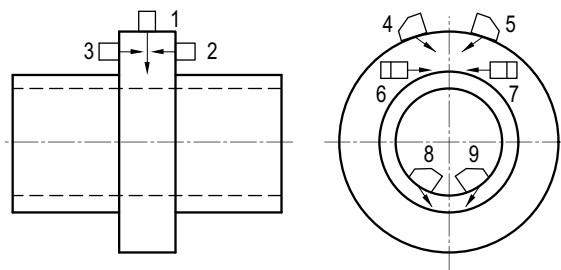
(1) Die Rohrformstücke sind für die Ultraschallprüfung gemäß **Bild 9-3** in zwei Prüfabschnitte einzuteilen. Der Prüfabschnitt 1 (Rohrbereich) ist nach den Festlegungen des Abschnitts 5.4 zu prüfen, wobei der Übergangsbereich Rohr zu Stutzen mit zu erfassen ist. Der Prüfabschnitt 2 ist nach den folgenden Abschnitten zu prüfen.

(2) Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

**9.4.2 Ultraschallprüfung****9.4.2.1 Umfang und Zeitpunkt**

(1) Der Prüfabschnitt 2 nach **Bild 9-3** ist in zwei Schritten zu prüfen. Im ersten Schritt ist die Prüfung des angeschmiedeten Kragens vor der letzten Wärmebehandlung (**Bild 9-2**) durchzuführen. Im zweiten Schritt ist eine Prüfung des Stutzens (**Bild 9-3**) nach der letzten Wärmebehandlung durchzuführen. Bei Stutzenabmessungen kleiner als DN 100 entfällt der zweite Schritt.

(2) Bei Kragenabmessungen gleich oder größer als 200 mm sind mindestens an vier über den Umfang verteilten Stellen Schallschwächungsmessungen gemäß Abschnitt B 6.4.2 in radialer Richtung durchzuführen.



**Bild 9-2:** Einschallpositionen für den Kragenbereich im Schmiedezustand

**9.4.2.2 Einschallrichtungen**

Der Prüfabschnitt 2 nach **Bild 9-3** ist unter Anwendung folgender Einschallpositionen zu prüfen:

**(1) Schmiedezustand (Bild 9-2)**

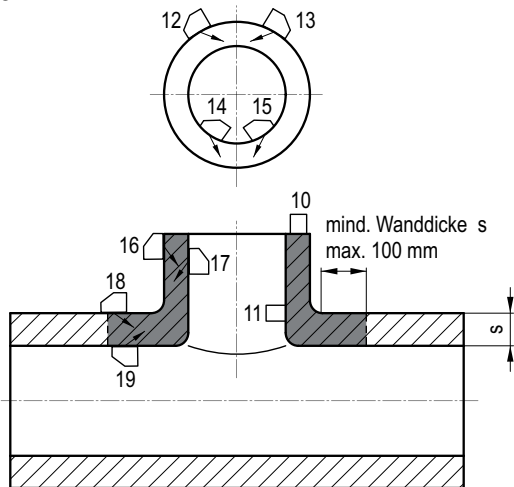
- Senkrechteinschallung  
Positionen 1 bis 3
- Schrägeinschallung  
Positionen 4 bis 7



Bei den Einschallpositionen 4 und 5 ist sicherzustellen, dass das gesamte im Endzustand verbleibende Volumen bis zur Innenoberfläche des Rohres erfasst wird. Erforderlichenfalls muss eine ergänzende Prüfung von der Rohrinneenseite durchgeführt werden (Einschallpositionen 8 und 9 in **Bild 9-2**). Mit den Einschallpositionen 6 und 7 von beiden Stirnflächen soll bevorzugt der Durchdringungsbereich Stutzen/Rohr erfasst werden.

**(2) Vergütungszustand (Bild 9-3)**

- Senkrechteinschallung  
Positionen 10 und 11  
Diese dürfen auch durch eine aussagefähige Schrägeinschallung, z. B. Positionen 16 bis 19, ersetzt werden.
- Schrägeinschallung  
Positionen 12 und 13

Bei den Einschallpositionen 12 und 13 ist sicherzustellen, dass das gesamte im Endzustand verbleibende Volumen bis zur Innenoberfläche des Stutzens erfasst wird. Erforderlichenfalls muss eine ergänzende Prüfung von der Stutzeninnenseite durchgeführt werden (Einschallpositionen 14 und 15 in **Bild 9-3**). Können die geforderten Einschallpositionen nicht eingehalten werden oder ist die Aussagefähigkeit eingeschränkt, so sind geeignete Ersatzmaßnahmen mit dem Sachverständigen festzulegen.



-  Prüfabschnitt 1 (Rohrbereich)  
 Prüfabschnitt 2  
 (Stutzen einschließlich Übergangsbereich Rohr/Stutzen)

**Hinweis:**

Als Prüfabschnitt 2 gilt der Stutzen und Übergangsbereich einschließlich eines Streifens nach Radiusauslauf (zu Prüfabschnitt 1) von mindestens einer Breite gleich der Wanddicke ( $s$ ), jedoch maximal 100 mm

**Bild 9-3:** Prüfabchnitte für die Ultraschallprüfung und Einschallpositionen für den Stutzenbereich im Vergütungszustand

#### 9.4.2.3 Registrierschwellen

- (1) Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.2.3.
- (2) Bei der Prüfung nach Abschnitt 9.4.2.2 (2) ist für die Registrierschwelle die Nennwanddicke des Stutzens maßgebend.

#### 9.4.2.4 Zulässigkeitskriterien

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.2.4.

#### 9.4.3 Oberflächenprüfung

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.3.

#### 9.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 9.6 Maßprüfung

- (1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.
- (2) Bei der Wanddickenmessung mit Ultraschall ist Abschnitt 16.3.3.3 zu beachten.

#### 9.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 9.3.2.1, 9.3.2.2 (6) und 9.3.2.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1

nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

### 10 Nahtlose geschmiedete Hohlteile für Hauptkühlmit- telpumpengehäuse

#### 10.1 Geltungsbereich

Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

#### 10.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

#### 10.3 Prüfungen

Alle nachstehenden Festlegungen gelten für

- a) Gehäuseformen mit sehr unterschiedlichen Umrissen und Wanddicken an beiden Enden des einzelnen Gehäuses (Saugstutzen und Flanschseite) sowie für
- b) Schmiedeverfahren, bei denen die Schmiedestückachse gleich der Blockachse ist. Fallen die beiden Achsen nicht zusammen, sind die Probenentnahmeorte bei der Erstbegutachtung festzulegen, wobei möglichst Kopf- und Fußende des Ausgangsblockes zu erfassen sind.

#### 10.3.1 Probenentnahmeorte

##### 10.3.1.1 Allgemeingültige Festlegungen

- (1) Jedes vergütete Schmiedestück ist an beiden Enden zu prüfen.
- (2) Die Hauptprüfung erfolgt an der Flanschseite. Die Prüfung an der Saugstutzenseite an nur zwei Probenentnahmeorten, die um 180 Grad versetzt sind, dient sowohl dem Nachweis der Werkstoffeigenschaften im Hinblick auf die Rohranschlusskräfte wie auch dem Nachweis der Gleichmäßigkeit. Zusätzlich ist Abschnitt 3.3.6 zu beachten.

##### 10.3.1.2 Anzahl der Probenentnahmeorte

- (1) Bei Erzeugnissen mit einem lichten Vergütungsdurchmesser größer als 2000 mm oder einem äußeren Vergütungsdurchmesser größer als 3000 mm sind die Proben von den Stirnseiten an drei um je 120 Grad versetzten Orten zu entnehmen.
- (2) Bei Erzeugnissen mit einem lichten Vergütungsdurchmesser gleich oder kleiner als 2000 mm oder mit einem äußeren Vergütungsdurchmesser gleich oder kleiner als 3000 mm sind die Proben von den Stirnseiten an zwei um je 180 Grad versetzten Orten zu entnehmen.
- (3) Die Probenentnahmeorte an der Saugstutzenseite müssen gegenüber den Probenentnahmeorten an der Flanschseite versetzt liegen.

##### 10.3.1.3 Probenentnahmetiefe

- (1) Die Probenentnahmeorte müssen an der Flanschseite mindestens 80 mm unter jeder Vergütungs Oberfläche liegen.
- (2) An der Saugstutzenseite müssen die Probenentnahmeorte mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 80 mm, unter der zylindrischen Oberfläche und mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 160 mm, unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen.
- (3) Thermische Pufferung darf angewendet werden.

### 10.3.2 Prüfumfang

#### 10.3.2.1 Chemische Analysen

##### 10.3.2.1.1 Schmelzenanalyse

Bei Erzeugnissen, die aus einer Schmelze hergestellt werden, sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. Bei Erzeugnissen, die aus mehreren Schmelzen hergestellt werden, ist die errechnete mittlere chemische Zusammensetzung anzugeben.

##### 10.3.2.1.2 Stückanalyse

(1) An jedem Erzeugnis (Stück) sind an Kopf- und Fußende an je einem Probenentnahmeort die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

(2) Zusätzliche Stückanalysen, z. B. auf den Mantelflächen der Erzeugnisse, sind durchzuführen, sofern bei der Erstbegutachtung so festgelegt.

(3) An allen anderen Probenentnahmeorten nach Abschnitt 10.3.1 sind die Gehalte an Kohlenstoff, Mangan, Phosphor und Schwefel zu ermitteln.

#### 10.3.2.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben

##### 10.3.2.2.1 Hauptprüfung an der Flanschseite

###### (1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je Probenentnahmeort eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

Zusätzlich ist bei Raumtemperatur an einem Probenentnahmeort eine Senkrechtprobe zu prüfen.

###### (2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

###### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C, 33 °C und 80 °C an je einem Satz Querproben zu prüfen. An einem Probenentnahmeort ist zusätzlich die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C an je einem Satz Längs- und Senkrechtproben zu prüfen.

###### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An einem Probenentnahmeort ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) an Querproben aufzunehmen. Prüfungen nach (3) dürfen verwendet werden.

###### (5) Sprödbbruch-Übergangstemperatur

An einem Probenentnahmeort ist an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

###### (6) Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort sind an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

##### 10.3.2.2.2 Prüfungen an der Saugstutzenseite

###### (1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je Probenentnahmeort eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen. Zusätzlich ist bei Raumtemperatur von einem Probenentnahmeort eine Senkrechtprobe zu prüfen.

###### (2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

###### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 33 °C an je einem Satz Querproben zu prüfen.

###### (4) Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort sind an einer Kerbschlagprobe im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

#### 10.3.2.3 Prüfungen an mitlaufenden Proben

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind je Erzeugnis jedoch nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die restlichen Probenabschnitte sind im Entnahmezustand aufzubewahren.

###### (1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

###### (2) Kerbschlagbiegeversuch

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen.

###### (3) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) ist an Querproben aufzunehmen. Dabei genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.

###### (4) Sprödbbruch-Übergangstemperatur

Mit zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

#### 10.3.2.4 Schwefelabdrücke am Bauteil

Als Information für den Hersteller der Plattierungsschweißung sind von den Stellen, die im Einvernehmen mit dem Sachverständigen festzulegen sind, Schwefelabdrücke anzufertigen.

#### 10.3.2.5 Härteprüfung

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) An der Außenoberfläche sind unter Einbeziehung des Flansches und beider Stutzen längs einer Linie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

#### 10.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

(1) Es gelten die Festlegungen der Abschnitte 3.3.8 und 5.4.

(2) Darüber hinaus gelten wegen der von den Erzeugnisformen nach Abschnitt 5 abweichenden geometrischen Verhältnisse die Festlegungen nach (3).

(3) Bei der Erstellung der Prüfanweisungen sind insbesondere folgende Festlegungen zu treffen:

a) Die durch spanabhebende Bearbeitung herzustellende zweckmäßige Prüfkontur des Prüfgegenstandes ist in einer maßstabgerechten Skizze darzustellen. In dieser Skizze sind die Einschallrichtungen für Senkrecht- und Schrägeinschallung sowie die Prüfflächen anzugeben.

- b) In den nichtzylindrischen Bereichen sind Schrägeinschallungen in vier jeweils um 90 Grad versetzten Prüfrichtungen und eine Senkrechteinschallung durchzuführen. Die Prüfrichtungen bei der Schrägeinschallung sollen sich - soweit geometrisch möglich - an den Achsen der zylindrischen Bereiche orientieren.
- c) Die Messpunkte für die erforderlichen Schallschwächungsmessungen sind anzugeben. Abweichend von Abschnitt 5.4.2.1 sind die Schallschwächungsmessungen an einer Stelle je Quadratmeter der äußeren Oberfläche, mindestens jedoch an drei Stellen des Prüfgegenstandes, durchzuführen.

## 10.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

## 10.6 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

## 10.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 10.3.2.1, 10.3.2.2.1 (6), 10.3.2.2.2 (4), 10.3.2.4 und 10.3.2.5 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 11 Geschmiedete Armaturengehäuse

### 11.1 Geltungsbereich

- (1) Dieser Abschnitt gilt für freiformgeschmiedete oder gesenkgeschmiedete Armaturengehäuse aus vergütetem Stahl.
- (2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

### 11.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

### 11.3 Prüfungen

#### 11.3.1 Probenentnahmeorte

##### 11.3.1.1 Lage der Probenabschnitte

- (1) Armaturengehäuse gleich oder kleiner als DN 450

Die Proben sind von einem Ort an einer Stirnseite jedes vergüteten Stückes zu entnehmen, wobei nach Möglichkeit Kopf oder Fuß des Ausgangsblockes zu erfassen ist.

Bei Stückes mit einer Fertiglänge größer als 1500 mm sind zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Vergütung zusätzlich von der gegenüberliegenden Stirnseite von einem um 180 Grad versetzten Ort Proben zu entnehmen.

Hinweis:

Unter der Fertiglänge versteht man die Fertigungslänge, verringert um die Probenabschnittlänge. Dabei ist die Fertigungslänge die Länge des Erzeugnisses beim Vergüten.

- (2) Armaturengehäuse größer als DN 450

Die Proben sind von zwei um 180 Grad versetzten Orten von einer Stirnseite jedes vergüteten Stückes zu entnehmen, wobei Kopf oder Fuß des Ausgangsblockes zu erfassen ist.

Bei Stückes mit einer Fertiglänge größer als 1500 mm sind zum Nachweis der Gleichmäßigkeit zusätzlich von der gegenüberliegenden Stirnseite von einem Ort Proben zu entnehmen.

- (3) Können die zur Durchführung der vorgesehenen Prüfungen erforderlichen Proben aufgrund der Abmessungen der Erzeugnisform nicht oder nicht in vollem Umfang entnommen werden, wie z. B. bei Gesenkgeschmiedestücken, ist der Prüfumfang unter Berücksichtigung des Gutachtens des Sachverständigen festzulegen. Dabei kann es zu einer losweisen Prüfung mit Probenentnahme durch Zerteilen eines ganzen Schmiedestückes kommen.

#### 11.3.1.2 Probenentnahmetiefe

Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 80 mm, unter der zylindrischen Oberfläche und mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 160 mm, unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen. Thermische Pufferung darf angewendet werden.

### 11.3.2 Prüfumfang

#### 11.3.2.1 Chemische Analysen

- (1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

- (2) Stückanalyse

An jedem Stück sind an einem Probenentnahmeort an einer Stirnseite die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. An der anderen Stirnseite sind die Gehalte an den Elementen Kohlenstoff, Mangan, Phosphor und Schwefel nachzuweisen.

#### 11.3.2.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben

##### 11.3.2.2.1 Hauptprüfung

- (1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort sind bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur eine Querprobe und zusätzlich an einem Probenentnahmeort eine Senkrechtprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur zu prüfen, sofern eine normgerechte Zugprobe entnommen werden kann.

- (2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

- (3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort auf einer Stirnseite sind bei 0 °C und bei 33 °C je ein Satz Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) zu prüfen.

An Armaturengehäusen größer als DN 450 ist zusätzlich an einem Probenentnahmeort die Schlagenergie bei 0 °C an je einem Satz Längs- und Senkrechtproben zu prüfen.

- (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Für einen Probenentnahmeort ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben zu ermitteln.

- (5) Sprödbbruch-Übergangstemperatur

An einem Probenentnahmeort ist mit zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

- (6) Metallographische Untersuchungen

An einem Probenentnahmeort sind an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

### 11.3.2.2.2 Gleichmäßigkeitsprüfung bei Stücken mit einer Fertiglänge größer als 1500 mm

#### (1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

#### (2) Kerbschlagbiegeversuch

Bei einer Temperatur von 0 °C und 33 °C ist ein Satz Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) zu prüfen.

#### (3) Metallographische Untersuchungen

An einer der Kerbschlagproben sind im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

### 11.3.2.3 Härteprüfung

(1) Für die Härteprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei Stücken mit Längen gleich oder größer als 2000 mm sind an den kopf- und fußseitigen Stirnflächen in der Mitte der Wanddicke und an der Außenoberfläche unter Einbeziehung aller Stutzen längs einer Linie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

## 11.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 11.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

### 11.4.2 Ultraschallprüfung

#### 11.4.2.1 Umfang und Zeitpunkt

##### 11.4.2.1.1 Freiformschmiedestücke

(1) Die Ultraschallprüfung ist im Allgemeinen in Form einer Prüfung vor dem Vergüten nach Abschnitt 11.4.2.2.1 und einer zusätzlichen Prüfung nach dem Vergüten nach Abschnitt 11.4.2.2.3 durchzuführen. Die Prüfungen sollen im möglichst konturenarmen Zustand erfolgen.

(2) Wird eine Ultraschallprüfung mit den nach Abschnitt 11.4.2.2.1 geforderten Einschallrichtungen nach dem Vergüten durchgeführt, so ist die Prüfung vor dem Vergüten nicht erforderlich.

#### Hinweis:

Für die Abnahmeprüfung beim Erzeugnisformhersteller, die im rohen oder vorbearbeiteten Zustand stattfindet, müssen beim Hersteller der Erzeugnisformen die Zeichnungen oder die Angaben der Nennwanddicken vorliegen, damit die auf die Abmessung des Endproduktes bezogenen Prüfkriterien eingehalten werden können.

##### 11.4.2.1.2 Gesenkschmiedestücke

Bei Gesenkschmiedestücken ist die Ultraschallprüfung am Einsatzmaterial vor dem Gesenkschmieden nach Abschnitt 11.4.2.2.2 durchzuführen. Bei Gesenkschmiedestücken größer als DN 100 ist, soweit geometriebedingt möglich, eine zusätzliche Ultraschallprüfung nach dem Vergüten nach Abschnitt 11.4.2.2.3 im möglichst konturenarmen Zustand durchzuführen.

##### 11.4.2.1.3 Prüfung auf Schallschwächung

Bei Wanddicken gleich oder größer als 200 mm sind Schallschwächungsmessungen gemäß Abschnitt B 6.4.2 an einer Stelle je Quadratmeter der äußeren Oberfläche, mindestens jedoch an drei Stellen des Prüfgegenstandes, durchzuführen.

### 11.4.2.2 Einschallrichtungen

#### 11.4.2.2.1 Freiformschmiedestücke

Falls geometrisch möglich, ist das gesamte Volumen mittels Senkrechteinschallung in drei senkrecht zueinander stehenden Einschallrichtungen zu prüfen. Ist dies wegen der Kontur des Prüfstückes nicht möglich, so muss jede fehlende Senkrechteinschallung durch zwei entgegengesetzte Schrägeinschallungen ersetzt werden. Hierbei müssen die Prüfrichtungen für die Schrägeinschallung parallel zum Hauptstrahl der fehlenden Senkrechteinschallung liegen.

#### 11.4.2.2.2 Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke

Das gesamte Volumen ist mittels Senkrechteinschallung von der Mantelfläche aus zu prüfen.

#### 11.4.2.2.3 Zusätzliche Prüfung nach dem Vergüten

(1) Die zusätzliche Prüfung nach dem Vergüten gemäß den Abschnitten 11.4.2.1.1 oder 11.4.2.1.2 besteht aus einer Senkrechteinschallung von allen äußeren Oberflächen aus, sofern deren Krümmungsradien 30 mm überschreiten.

(2) In den zylindrischen Bereichen der Freiformschmiedestücke erfolgt statt der Senkrechteinschallung eine Schrägeinschallung in beide Umfangersrichtungen.

#### 11.4.2.3 Registrierschwellen für Schmiedestücke

(1) Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.2.3.

(2) Für die Registrierschwelle ist die Nennwanddicke maßgebend.

(3) Bei Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke entspricht die Registrierschwelle dem Zulässigkeitskriterium nach Abschnitt 11.4.2.4.2.

#### 11.4.2.4 Zulässigkeitskriterien

##### 11.4.2.4.1 Schmiedestücke

(1) Der Abstand zwischen endgültiger Oberfläche und Stellen, die eine registrierpflichtige Echoanzeige ergeben, darf die in **Tabelle 5-2** genannten Werte nicht unterschreiten.

(2) In allen Volumenbereichen sind für die Senkrechteinschallung punktartige Anzeigen mit Echohöhen gleich oder kleiner als 12 dB über der Registrierschwelle zulässig. Anzeigen mit Längenausdehnungen sind mit Werten unterhalb der Kurve 2 in **Bild 5-2** zulässig, wenn bei der Schrägeinschallung an diesen Stellen keine Echohöhenüberschreitungen von gleich oder größer als 6 dB über der Registrierschwelle festgestellt werden. Die größte zulässige Reflektorenlänge in Umfangersrichtung ist hierbei auf 60 mm begrenzt. Anzeigen mit Längenausdehnung größer als 10 mm in Dickenrichtung sind nicht zulässig.

(3) Für die Schweißkanten- und Anschweißbereiche gelten die Festlegungen in Abschnitt 5.4.2.4.1 (2) und Abschnitt 5.4.2.4.2 (1).

(4) Für die übrigen Volumenbereiche darf die Häufigkeit von Anzeigen, bezogen auf die äußere Oberfläche des Prüfstückes, örtlich 10 Stück je Quadratmeter und insgesamt 5 Stück je Quadratmeter nicht überschreiten.

##### 11.4.2.4.2 Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke

Zulässig sind Anzeigen, die bei Durchmesser oder Schlüsselweiten sowie Seitenmaßen gleich oder kleiner als 60 mm einen Kreisscheibenreflektor von 2 mm und bei größeren Abmessungen einen Kreisscheibenreflektor von 3 mm nicht überschreiten.

### 11.4.3 Oberflächenprüfung

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.3.

### 11.5 Verwechslungsprüfung

Werden die Schmiedestücke losweise geprüft (siehe Abschnitt 11.3.1.1 (3)), so ist jedes Stück einer Verwechslungsprüfung nach Abschnitt 3.3.7.9 zu unterziehen.

### 11.6 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

### 11.7 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

### 11.8 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 11.3.2.1, 11.3.2.2.1 (6), 11.3.2.2.2 (3) und 11.3.2.3 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmezeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 12 Geschmiedete Platten

### 12.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für geschmiedete Platten für Deckel, Blindflansche und ähnliche Teile.

Hinweis:

Geschmiedete Platten für Rohrböden siehe Abschnitt 6.

(2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

### 12.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

### 12.3 Prüfungen

#### 12.3.1 Probenentnahmeorte

(1) Bei Vergütungsgewichten gleich oder größer als 500 kg ist jedes Vergütungsstück kopfseitig an einem Probenentnahmeort zu prüfen. Bei Längen über 3000 mm ist eine Prüfung an Kopf- und Fußende durchzuführen.

(2) Bei Vergütungsgewichten kleiner als 500 kg ist die Prüfung losweise durchzuführen. Dazu sind die Stücke in Prüflöse von höchstens 5 t Losgewicht einzuteilen. Je Abmessung, Schmelze und Wärmebehandlungslos sind das härteste und das weichste Stück zu prüfen.

(3) Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 80 mm unter der Oberfläche und um mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 160 mm unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradierten Kanten liegen.

(4) Thermische Pufferung darf angewendet werden.

#### 12.3.2 Prüfumfang

##### 12.3.2.1 Chemische Analysen

(1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

(2) Stückanalyse

Je Probenentnahmeort sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

##### 12.3.2.2 Prüfungen an simulierend spannungsarmgeglühten Proben

(1) Allgemeines

Sofern an den Erzeugnissen keine Schweiß- oder Plattierarbeiten durchgeführt werden, darf die Prüfung ohne vorhergehende Simulation durchgeführt werden.

(2) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

(3) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

(4) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen.

(5) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Für einen Probenentnahmeort von jedem zu prüfenden Stück ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben zu ermitteln.

(6) Spröbruch-Übergangstemperatur

An einem Probenentnahmeort ist an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

(7) Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort sind an einem Längsschliff an einer der Kerbschlagproben die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

##### 12.3.2.3 Prüfung an mitlaufenden Proben

(1) Allgemeingültige Festlegungen

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind je Erzeugnis oder Prüflös nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die restlichen Probenabschnitte sind im Entnahmezustand aufzubewahren.

Die Prüfungen an mitlaufenden Proben sind nicht erforderlich, wenn an den Stücken keine Verbindungsschweißungen durchgeführt werden.

Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet.

(2) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

(3) Kerbschlagbiegeversuch

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen.

(4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) ist mit Querproben aufzunehmen. Dabei genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.

(5) Spröbruch-Übergangstemperatur

An zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

### 12.3.2.4 Härteprüfung

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei vergüteten Stücken mit Längen über 3000 mm sind an den kopf- und fußseitigen Stirnflächen in der Mitte der Wanddicke sowie an einer Außenoberfläche längs einer Linie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

## 12.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 12.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

### 12.4.2 Ultraschallprüfung

#### 12.4.2.1 Schallschwächungsmessungen

Bei Wanddicken gleich oder größer als 200 mm sind in einem Raster von 2 m · 2 m, mindestens jedoch an vier Stellen je Prüfgegenstand, Schallschwächungsmessungen gemäß Abschnitt B 6.4.2 durchzuführen. Werden bei der Senkrechteinschallung keine wesentlichen örtlichen Schwankungen (Schwankungsbreite gleich oder kleiner als 6 dB) festgestellt, darf die Anzahl der Messungen für die Schrägeinschallung halbiert werden.

#### 12.4.2.2 Einschallrichtungen

(1) Die Platten sind von einer Großfläche aus mittels Senkrecht- und Schrägeinschallung (Einschallrichtungen 1 bis 5 gemäß **Bild 12-1**) zu prüfen. Gegebenenfalls ist zur Einhaltung der geforderten Prüfempfindlichkeit auch von der Gegenfläche aus zu prüfen.

(2) An ausgearbeiteten Deckeln und Blindflanschen ist bei Nennwanddicken größer als oder gleich 100 mm zusätzlich eine Senkrechteinschallung von der Seitenfläche durchzuführen (Einschallrichtung 6 gemäß **Bild 12-2**).

#### 12.4.2.3 Registrierschwellen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.2.3.

#### 12.4.2.4 Zulässigkeitskriterien

##### 12.4.2.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.2.4.1.

##### 12.4.2.4.2 Zusätzliche Festlegungen

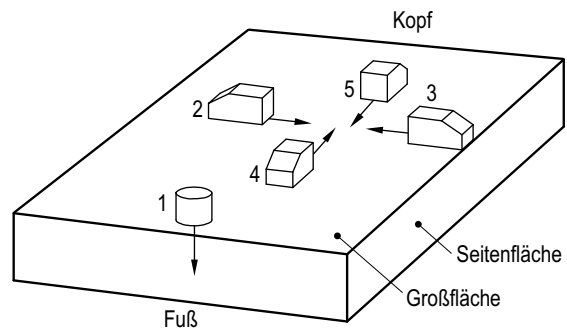
(1) Bei der Senkrechteinschallung von einer Großfläche sind punkartige Anzeigen mit Echohöhen bis zu 18 dB über der Registrierschwelle nach **Tabelle 5-1** zulässig. In Abhängigkeit von der maximalen Echohöhe sind Anzeigen mit Längenausdehnung unterhalb der in **Bild 5-2** angegebenen Kurve 1 zulässig, wenn bei der Schrägeinschallung an diesen Stellen keine Echohöhenüberschreitungen von 6 dB über die Registrierschwelle festgestellt werden. Die größte zulässige Reflektorlänge ist auf 120 mm begrenzt.

Anzeigen mit Längenausdehnung größer als 10 mm in Dickenrichtung sind nicht zulässig.

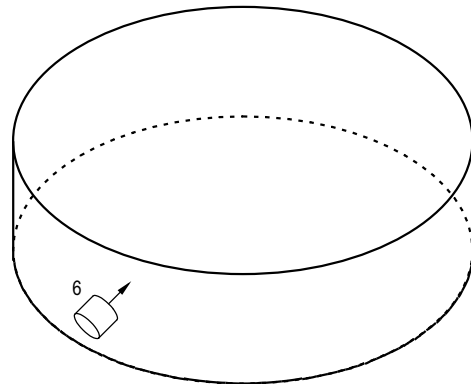
(2) Die Häufigkeit von Anzeigen, bezogen auf eine Großfläche, darf örtlich nicht mehr als ein Stück je Quadratmeter betragen.

(3) Bei der Senkrechteinschallung von der Seitenfläche sind punkartige Anzeigen, die bis zu 12 dB über der Registrier-

schwelle liegen, zulässig. Anzeigen mit Ausdehnung sind einer eingehenden Untersuchung auf ihre Orientierung zu unterziehen. Anzeigen mit Längenausdehnung größer als 10 mm in Dickenrichtung sind unzulässig.



**Bild 12-1:** Einschallrichtungen 1 bis 5 bei der Ultraschallprüfung geschmiedeter Platten



**Bild 12-2:** Einschallrichtung 6 bei der Ultraschallprüfung

### 12.4.3 Oberflächenprüfung

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.3.

## 12.5 Verwechslungsprüfung

Bei losweiser Prüfung ist jedes Stück aus legierten Stählen einer Verwechslungsprüfung nach Abschnitt 3.3.7.9 zu unterziehen.

## 12.6 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

## 12.7 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

## 12.8 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 12.3.2.1, 12.3.2.2 (7) und 12.3.2.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

### 13 Aus geschmiedeten Platten warm gekümpelte oder gepresste Erzeugnisse

#### 13.1 Geltungsbereich

Dieser Abschnitt gilt für warm gekümpelte oder warm gepresste Erzeugnisse, die aus geschmiedeten Platten hergestellt werden, z. B. Kalotten für Reaktordruckbehälter, Dampferzeuger, Druckhalter.

Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

#### 13.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

#### 13.3 Prüfungen

##### 13.3.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Die folgenden Festlegungen gelten unter der Voraussetzung, dass die Hauptumformrichtung der Ausgangsplatte in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblockes liegt und Kopf- und Fußende der Platte erfasst werden können.

(2) Falls hiervon Abweichungen auftreten, sind hinsichtlich der Probenentnahmeorte sowie der Probenlagen und Probenrichtungen im Rahmen der erstmaligen Begutachtung gegebenenfalls andere Festlegungen zu treffen.

##### 13.3.2 Probenentnahmeorte

(1) Die Probenabschnitte sind von jedem Erzeugnis in der Mitte des Kopfes und des Fußendes zu entnehmen, sofern bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde (beachte Abschnitt 13.3.1).

(2) Die Bereiche, aus denen die Probenabschnitte entnommen werden, sollen hinsichtlich der Beanspruchung während der Umformung den gleichen Bedingungen wie entsprechende Bereiche des zu prüfenden Erzeugnisses unterliegen haben. Soweit fertigungstechnische Gründe es notwendig machen, ist die Entnahme hinreichend großer Probenabschnitte im Einvernehmen mit dem Sachverständigen auch vor dem Umformen der Platte zum Kümpelteil zulässig. Diese Probenabschnitte müssen die gleiche Umformung erhalten wie das Kümpelteil und vor dem Vergüten wieder an dieses angeschweißt werden.

(3) Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 80 mm, unter der Oberfläche und um mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke, höchstens jedoch 160 mm, unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegen.

(4) Thermische Pufferung darf angewendet werden.

##### 13.3.3 Prüfumfang

###### 13.3.3.1 Chemische Analysen

###### (1) Schmelzenanalyse

Bei Erzeugnissen, die aus einer Schmelze hergestellt werden, sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. Bei Erzeugnissen, die aus mehreren Schmelzen hergestellt werden, ist die errechnete mittlere chemische Zusammensetzung anzugeben.

###### (2) Stückanalyse

Je Probenentnahmeort sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

##### 13.3.3.2 Prüfungen an simulierend spannungsarmgeglühten Proben

###### (1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

An einem Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur eine Senkrechtprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

###### (2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

###### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an je einem Satz Querproben bei 0 °C, 33 °C und 80 °C zu prüfen. Die Kerbe soll senkrecht zur sphärischen Oberfläche liegen.

###### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An einem Probenentnahmeort ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen.

###### (5) Spröbruch-Übergangstemperatur

An einem Probenentnahmeort ist an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

###### (6) Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort sind an einem Längsschliff an einer der Kerbschlagproben die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

##### 13.3.3.3 Prüfung an mitlaufenden Proben

###### (1) Allgemeingültige Festlegungen

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind je Erzeugnis nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die restlichen Probenabschnitte sind im Entnahmezustand aufzubewahren.

Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet. Bei Teilen für den Reaktordruckbehälter darf auf die Prüfung mitlaufender Proben nicht verzichtet werden.

###### (2) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

###### (3) Kerbschlagbiegeversuch

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen.

###### (4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) ist mit Querproben aufzunehmen. Dabei genügt die Prüfung bei 33 °C und 80 °C.

###### (5) Spröbruch-Übergangstemperatur

An zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.



### 13.3.3.4 Härteprüfung

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei jedem vergüteten Stück sind auf einer Außenoberfläche längs zwei um 90 Grad versetzten Mantellinien in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

## 13.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 13.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

### 13.4.2 Ultraschallprüfung

#### 13.4.2.1 Schallschwächungsmessungen

Bei Wanddicken gleich oder größer als 200 mm sind in einem Raster von 2 m · 2 m, mindestens jedoch an vier Stellen je Prüfgegenstand, Schallschwächungsmessungen gemäß Abschnitt B 6.4.2 durchzuführen. Werden bei der Senkrechteinschallung keine wesentlichen örtlichen Schwankungen (Schwankungsbreite gleich oder kleiner als 6 dB) festgestellt, darf die Anzahl der Messungen für die Schrägeinschallung halbiert werden.

#### 13.4.2.2 Einschallrichtungen

(1) Es sind von einer Großfläche aus eine Senkrechteinschallung und vier jeweils um 90 Grad versetzte Schrägeinschallungen vorzunehmen.

(2) Bei zylindrischen Erzeugnisformen erfolgt die Schrägeinschallung in Achs- und Umfangsrichtung, bei kugelförmigen Erzeugnisformen in Richtung der Breiten- und Längsenkreise.

(3) Gegebenenfalls ist zur Einhaltung der Prüfempfindlichkeit auch von der Gegenfläche aus zu prüfen.

#### 13.4.2.3 Registrierschwellen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.2.3.

#### 13.4.2.4 Zulässigkeitskriterien

##### 13.4.2.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.2.4.1.

##### 13.4.2.4.2 Zusätzliche Festlegungen

(1) Schweißkanten- und Stutzenbereiche

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.2.4.2 (1).

(2) Übrige Volumenbereiche

Bei der Senkrechteinschallung in Dickenrichtung sind punktartige Anzeigen mit Echohöhen bis zu 18 dB über der Registrierschwelle nach **Tabelle 5-1** zulässig. In Abhängigkeit von der maximalen Echohöhe sind Anzeigen mit Längenausdehnung unterhalb der in **Bild 5-2** angegebenen Kurve 1 zulässig, wenn bei Schrägeinschallung an diesen Stellen keine Echohöhenüberschreitungen von 6 dB über der Registrierschwelle festgestellt werden. Die größte zulässige Reflektorlänge ist jedoch auf 120 mm begrenzt. Anzeigen mit Längenausdehnung größer als 10 mm in Dickenrichtung sind nicht zulässig.

Die Häufigkeit von Anzeigen, bezogen auf die äußere Oberfläche, darf örtlich zehn Stück je Quadratmeter und insgesamt fünf Stück je Quadratmeter nicht übersteigen.

### 13.4.3 Oberflächenprüfung

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.3.

### 13.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

### 13.6 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

### 13.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 13.3.3.1, 13.3.3.2 (6) und 13.3.3.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 14 Geschmiedete oder gewalzte Stäbe

### 14.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für geschmiedete oder gewalzte Stäbe aus vergütetem Stahl mit einem größten äußeren Fertigdurchmesser von rund 220 mm oder vergleichbaren Querschnitten, die als Vormaterial für innendruckbeanspruchte Bauteile verwendet werden, z. B. für die Fertigung von Stützen und Rohren.

(2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

### 14.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

### 14.3 Prüfungen

#### 14.3.1 Probenentnahmeorte

(1) Ein vergütetes Erzeugnis mit einer Fertiglänge gleich oder kleiner als 1500 mm ist an einer Stirnseite, mit einer Fertiglänge größer als 1500 mm an beiden Stirnseiten zu prüfen. Die Zahl der aus einem Erzeugnis gefertigten Teile bleibt unberücksichtigt.

Hinweis:

Unter der Fertiglänge versteht man die Fertigungslänge, verringert um die Probenabschnittlänge. Dabei ist die Fertigungslänge die Länge des Erzeugnisses beim Vergüten.

(2) Bei abgesetzt geschmiedeten Stäben sind die Proben aus dem für die Vergütung maßgebenden Querschnitt zu entnehmen.

(3) Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel des Vergütungsdurchmessers unter der Oberfläche oder so nahe wie möglich an dieser Stelle und mindestens die Hälfte des Vergütungsdurchmessers unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradierten Kanten liegen. Thermische Pufferung darf angewendet werden.

(4) Falls die Entnahme der im Folgenden geforderten Querproben aus ungerichteten Probenabschnitten nicht möglich ist, dürfen Längsproben geprüft werden.

#### 14.3.2 Prüfumfang

##### 14.3.2.1 Chemische Analysen

(1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

**(2) Stückanalyse**

An jeder Erzeugnisform (Stück) sind an einem Probenentnahmeort an einer Stirnseite, und zwar kopfseitig, die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. An der anderen Seite sind die Gehalte an den Elementen Kohlenstoff Mangan, Phosphor und Schwefel nachzuweisen.

**14.3.2.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben****(1) Zugversuch**

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

**(2) Kerbschlagbiegeversuch**

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an einem Satz Querproben bei 0 °C und 33 °C zu prüfen.

**(3) Schlagenergie-Temperatur-Kurve**

Bei Stäben mit einem Durchmesser im fertig bearbeiteten Zustand von gleich oder größer als 160 mm ist für einen Probenentnahmeort eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben zu ermitteln. Prüfungen nach (2) dürfen verwendet werden.

**(4) Sprödbruch-Übergangstemperatur**

An einem Probenentnahmeort ist bei Stäben mit einem Durchmesser gleich oder größer als 120 mm an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

**(5) Metallographische Untersuchungen**

Je Probenentnahmeort sind an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

**14.3.2.3 Prüfungen an mitlaufenden Proben****(1) Allgemeine Festlegungen**

Von jedem Probenentnahmeort sind Probenabschnitte für Prüfungen an mitlaufenden Proben zu entnehmen. Die Prüfungen sind jedoch nur für einen Entnahmeort durchzuführen. Die restlichen Proben sind im Entnahmestadium aufzubewahren.

Werden aus einem Stab mehrere Teile gefertigt, die in verschiedenen Baugruppen eingesetzt und getrennt spannungsarmgeglüht werden, so ist für alle aus diesem Stab in einer Baugruppe eingesetzten Teile je ein Satz mitlaufender Proben vorzusehen.

Die Prüfung mitlaufender Proben ist nicht erforderlich, wenn im Kerbschlagbiegeversuch an simulierend wärmebehandelten Querproben nachgewiesen wird, dass der kleinste Wert der Schlagenergie bei 0 °C den Wert 68 J nicht unterschreitet. Bei Teilen für den Reaktordruckbehälter darf auf die Prüfung mitlaufender Proben nicht verzichtet werden.

**(2) Zugversuch**

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

**(3) Kerbschlagbiegeversuch**

Die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) ist bei 0 °C und 33 °C an je einem Satz Querproben zu prüfen.

**(4) Sprödbruch-Übergangstemperatur**

An zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt werden.

**14.3.2.4 Härteprüfung**

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei Stablängen gleich oder größer als 3000 mm sind auf beiden Stirnseiten und an der Außenoberfläche längs einer Linie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

**14.4 Zerstörungsfreie Prüfungen****Hinweis:**

Die Festlegungen für die zerstörungsfreien Prüfungen gelten auch für die Erzeugnisformen nach den Abschnitten 20 und 21. Daher werden hier neben den Rundstäben auch Sechskant- und Vierkantstäbe behandelt.

**14.4.1 Allgemeingültige Festlegungen**

Die nachfolgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8. Die Festlegungen der Abschnitte 3.3.8.3.1 (5) cb) und 3.3.8.3.1 (6) d) sind nicht anzuwenden.

**14.4.2 Ultraschallprüfung****14.4.2.1 Allgemeines**

(1) Die Stäbe sind entweder einer pauschalen Ultraschallprüfung nach (2) oder einer gezielten Ultraschallprüfung nach (3) zu unterziehen.

Ob eine pauschale oder eine gezielte Ultraschallprüfung durchzuführen ist, ist zwischen dem Besteller und dem Hersteller zu vereinbaren und in den Vorprüfunterlagen festzulegen.

Die Prüfungsart ist im Prüfprotokoll als „UT-pauschal“ oder „UT-gezielt“ anzugeben.

(2) Bei der pauschalen Ultraschallprüfung ist die detaillierte Kenntnis der aus den Prüfgegenständen zu fertigen Bauteile nicht erforderlich. Bei dieser Prüfung sind Anzeigen, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, nicht zulässig. Bei der späteren Verwendung eines pauschal geprüften Stabes ist sicherzustellen, dass das Endprodukt die Anforderungen der gezielten Ultraschallprüfung erfüllt. Erforderlichenfalls sind hierfür ergänzende gezielte Prüfungen durchzuführen.

(3) Bei der gezielten Ultraschallprüfung ist es erforderlich, die Form und die Endabmessungen der aus dem Stab zu fertigen Bauteile sowie deren Lage im Stab zu kennen. Um die auf die Nennwanddicke, Form und Lage der Endproduktwandungen bezogenen Registrierschwellen und Beurteilungskriterien richtig anwenden zu können, ist es erforderlich, dass zum Zeitpunkt der Prüfung Zeichnungen der aus dem Stab zu fertigen Bauteile vorliegen, aus denen diese Angaben entnommen werden können. Diese Zeichnungen hat der Besteller zur Verfügung zu stellen.

**14.4.2.2 Einschallrichtungen**

(1) Bei Durchmessern oder Schlüsselweiten sowie Seitenmaßen größer als 30 mm bis einschließlich 60 mm ist eine Senkrechteinschallung in radialer Richtung durchzuführen.

(2) Bei Durchmessern oder Schlüsselweiten sowie Seitenmaßen größer als 60 mm ist eine Senkrechteinschallung in radialer und axialer Richtung durchzuführen. Kann bei der Senkrechteinschallung in axialer Richtung 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-Schrägeneinschallung in beiden axialen Richtungen zu prüfen.

(3) Bei Durchmessern oder Schlüsselweiten sowie Seitenmaßen größer als 120 mm ist zusätzlich zu (2) eine Prüfung mit Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen durchzuführen.

(4) Der Einschallwinkel für die Schrägeinschallung in Umfangsrichtung soll 35 Grad betragen.

#### 14.4.2.3 Registrierschwellen

(1) Bei einer pauschalen Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 14.4.2.1 (2) sind die Registrierschwellen den Zulässigkeitskriterien nach Abschnitt 14.4.2.4 gleichzusetzen.

(2) Bei einer gezielten Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 14.4.2.1 (3) gelten die in **Tabelle 5-1** aufgeführten Registrierschwellen.

#### 14.4.2.4 Zulässigkeitskriterien

(1) Bei einer pauschalen Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 14.4.2.1 (2) sind die Zulässigkeitskriterien ausgehend vom möglichen späteren Einsatz des Stabes vom Besteller festzulegen.

(2) Bei einer gezielten Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 14.4.2.1 (3) gelten die Zulässigkeitskriterien gemäß Abschnitt 5.4.2.4.

#### 14.4.3 Oberflächenprüfung

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.3.

#### 14.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 14.6 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

#### 14.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 14.3.2.1, 14.3.2.2 (5) und 14.3.2.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

### 15 Hohlgebohrte oder hohlgeschmiedete Teile aus geschmiedeten oder gewalzten Stäben

(1) Dieser Abschnitt gilt für druckführende Teile, z. B. Stützen und Rohre, aus geschmiedeten oder gewalzten Stäben, die vor dem Vergüten hohlgebohrt oder hohlgeschmiedet werden.

(2) Es gelten sinngemäß die Festlegungen des Abschnitts 5, wobei jedoch das Wort „Stützen“ durch „Stützen und Rohre“ zu ersetzen ist.

(3) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind grundsätzlich nach Abschnitt 5.4 durchzuführen. Ist zum Zeitpunkt der Prüfung jedoch bekannt, dass die Stäbe für Rohre verwendet werden, so gelten die Festlegungen nach Abschnitt 16.4.

(4) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

### 16 Nahtlose Rohre

#### 16.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose, gewalzte, gepresste oder geschmiedete Rohre mit 15 bis 200 mm Vergütungswanddicke.

(2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

#### 16.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

#### 16.3 Prüfungen

##### 16.3.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Alle nachstehenden Festlegungen gelten unter der Voraussetzung, dass die Hauptumformung der Rohre in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblockes erfolgte. Falls bei geschmiedeten Rohren hiervon Abweichungen auftreten, sind im Rahmen der erstmaligen Begutachtung gegebenenfalls ergänzende Festlegungen für die Probenentnahme zu treffen.

(2) Die mechanisch-technologischen Eigenschaften sind an simulierend wärmebehandelten Proben (Abschnitt 16.3.3.2) nachzuweisen. Hiervon abweichend dürfen jedoch bei Rohren, aus denen nahtlose Bogen hergestellt werden, Prüfungen im vergüteten Zustand vereinbart werden.

##### 16.3.2 Probenentnahmeorte

(1) Rohre, deren Länge beim Vergüten größer als 3000 mm ist, sind an Kopf- und Fußseite zu prüfen. Die Probenentnahmeorte sollen um 180 Grad zueinander versetzt sein.

(2) Rohre, deren Länge beim Vergüten gleich oder kleiner als 3000 mm ist, sind nur einseitig zu prüfen, wobei der Probenentnahmeort bezogen auf die Lage im Ausgangsblock bei der Erstbegutachtung festzulegen ist.

(3) Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke unter der Oberfläche und mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradtigten Kanten liegen.

##### 16.3.3 Prüfumfang

###### 16.3.3.1 Chemische Analysen

(1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

(2) Stückanalyse

Für jedes Rohr sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

###### 16.3.3.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben

(1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur je eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen. Ist die Entnahme von Querproben aus ungerichteten Probenabschnitten nicht möglich, dürfen Längsproben geprüft werden.

(2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

(3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an einem Satz Querproben bei 0 °C zu prüfen. Die Kerbe soll senkrecht zur Rohroberfläche liegen.

**(4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve**

An einem Probenentnahmeort je Rohr ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen.

**(5) Sprödbruch-Übergangstemperatur**

An jedem Rohr ist an einem Probenentnahmeort an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind; gelingt dieser Nachweis nicht, so ist die Sprödbruch-Übergangstemperatur (NDT-Temperatur) an jedem Probenentnahmeort zu ermitteln. Bei Vergütungswanddicken unter 25 mm Wanddicke ist diese Prüfung nicht erforderlich.

**(6) Metallographische Untersuchungen**

An einem Probenentnahmeort je Rohr sind an einer der Kerbschlagproben im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

**16.3.3.3 Wanddickenmessung**

(1) Bei Rohren mit einem Durchmesser gleich oder kleiner als 100 mm ist nur dann eine Wanddickenmessung mit Ultraschall vorzunehmen, wenn die Überdimensionierung der Wanddicke gegenüber den Berechnungsvorschriften weniger als 20 % beträgt. In diesem Fall ist die Wanddickenmessung mit Ultraschall vom Besteller der Rohre als gesonderte Anforderung aufzuführen.

(2) Die Messung der Wanddicke hat durch Senkrechteinschallung von der Außenoberfläche zu erfolgen. An drei um 120 Grad versetzten Mantellinien mit einem Messpunktstand von gleich oder kleiner als 1000 mm ist die Wanddicke zu messen.

(3) Die Messgenauigkeit des Gerätes muss sicherstellen, dass Abweichungen von 1 % der Wanddicke oder bei Wanddicken kleiner als 20 mm 0,2 mm erfasst werden können.

**16.3.3.4 Härteprüfung**

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei vergüteten Rohren mit Längen gleich oder größer als 4000 mm sind an beiden Stirnseiten in der Mitte der Wanddicke sowie an der Außenoberfläche längs einer Mantellinie in Abständen von höchstens 1000 mm, nahe an den Rohrenden beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

**16.4 Zerstörungsfreie Prüfungen****16.4.1 Allgemeingültige Festlegungen**

(1) Für die Prüfung gewalzter und gepresster Rohre mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 30 mm gelten die Anforderungen gemäß den Abschnitten 16.4.2 und 16.4.3. Gewalzte und gepresste Rohre mit Nennwanddicken größer als 30 mm sowie geschmiedete Rohre sind nach den Festlegungen des Abschnitts 5.4 zu prüfen.

(2) Die Ultraschallprüfung darf nach Wahl des Rohrherstellers entweder automatisiert, mechanisiert oder manuell erfolgen.

(3) Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8. Die Festlegungen der Abschnitte 3.3.8.3.1 (5) cb) und 3.3.8.3.1 (6) d) sind nicht anzuwenden.

**16.4.2 Ultraschallprüfung****16.4.2.1 Einschallrichtungen**

(1) Es ist von der Außenoberfläche mittels Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen auf längs orientierte Fehler zu prüfen.

(2) Zusätzlich hat bei Außendurchmessern gleich oder größer als 100 mm eine Prüfung durch Schrägeinschallung in beiden Achsrichtungen auf quer orientierte Fehler und eine Prüfung auf dopplungsartige Fehler mittels Senkrechteinschallung von der Außenoberfläche zu erfolgen.

(3) Fallen bei einer mechanisierten Prüfung ungeprüfte Rohrenden an, so sind diese abzutrennen oder manuell nachzuprüfen.

(4) Die Prüfung ist nach der letzten Umformung und Wärmebehandlung durchzuführen.

**16.4.2.2 Prüfdurchführung und Bewertung****16.4.2.2.1 Prüfung der oberflächennahen Bereiche auf Längs- und Querfehler**

(1) Die Prüfung auf Längsfehler hat gemäß DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2, Unterklasse A zu erfolgen.

(2) Die Prüfung auf Querfehler hat gemäß DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2, Unterklasse C zu erfolgen.

**16.4.2.2.2 Prüfung des Mittenbereiches der Rohrwand mit  $s > 20$  mm auf Längs- und Querfehler**

(1) Die Prüfung ist nach der AVG-, der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode durchzuführen. Bei Anwendung der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode sind als Bezugsreflektoren Querbohrungen gemäß Abschnitt 3.3.8.3.1 (3) b) zu verwenden.

(2) Die Einschallwinkel sind so zu wählen, dass Reflektoren mit Orientierung in Wanddickenrichtung möglichst senkrecht getroffen werden.

**16.4.2.2.3 Prüfung auf dopplungsartige Fehler**

Die Prüfung hat gemäß DIN EN ISO 10893-8, Zulässigkeitsklasse U0 zu erfolgen.

**16.4.2.2.4 Registrierschwellen**

Es sind alle Anzeigen mit Echohöhen zu registrieren,

a) die gleich oder größer sind als die jeweils kleinste Echohöhe der Bezugsreflektoren gemäß Abschnitt 16.4.2.2.1 bei der Prüfung der oberflächennahen Bereiche auf Längs- und Querfehler,

b) die gleich oder größer sind als

ba) KSR 1,5 bei Anwendung der AVG-Methode

bb) die jeweils kleinste Echohöhe der Bezugsreflektoren gemäß Abschnitt 16.4.2.2.2 zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlages von 6 dB bei Anwendung der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode

bei der Prüfung des Mittenbereiches der Rohrwand mit  $s > 20$  mm auf Längs- und Querfehler,

c) die gleich oder größer sind als die jeweils kleinste Echohöhe der Bezugsreflektoren gemäß Abschnitt 16.4.2.2.3 bei der Prüfung auf dopplungsartige Fehler.

**16.4.2.2.5 Zulässigkeitskriterien**

(1) Alle Rohre mit Anzeigen, welche Echohöhen aufweisen, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, sind zurückzuweisen.

(2) Zurückgewiesene Rohre dürfen innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen mechanisch nachgearbeitet werden. Die nachgearbeiteten Stellen müssen einer erneuten Ultraschallprüfung unterzogen werden. Anzeigen an zurückgewiesenen Erzeugnisformen dürfen mit anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren (z. B. Oberflächenprüfung, Durchstrahlungsprüfung) zum Nachweis der Fehlerart und -größe nachgeprüft werden.

Die Unbedenklichkeit der Anzeige ist vom Hersteller nachzuweisen. Belassene Anzeigen sind zu protokollieren. Sie dürfen die wiederkehrende Prüfung nicht beeinträchtigen.

(3) Nachgearbeitete Bereiche dürfen wiederkehrende Prüfungen nicht beeinträchtigen. Die Formabweichung von der Sollkontur der Prüfflächen soll, bezogen auf eine Referenzfläche von 40 mm · 40 mm, nicht mehr als 0,5 mm betragen. Bei der Wahl kleinerer Referenzflächen ist die zugeordnete Formabweichung entsprechend der Seitenlänge der gewählten Referenzfläche linear umzurechnen.

#### 16.4.3 Oberflächenprüfung

##### 16.4.3.1 Umfang, Art und Zeitpunkt

(1) Die äußere Oberfläche aller Rohre ist im Auslieferungszustand vollständig auf Oberflächenfehler zu prüfen.

(2) Die innere Oberfläche aller Rohre mit Innendurchmesser gleich oder größer als 600 mm ist ebenfalls vollständig zu prüfen. Bei Innendurchmesser kleiner als 600 mm und größer als 50 mm ist die Innenoberfläche an den Rohrenden auf einer Länge von 1 · Rohrrinnendurchmesser zu prüfen.

##### 16.4.3.2 Zulässigkeitskriterien

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4.3.

#### 16.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 16.6 Maßprüfung

(1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

(2) Die Wanddickenmessung ist gemäß Abschnitt 16.3.3.3 durchzuführen.

#### 16.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 16.3.3.1, 16.3.3.2 (6) und 16.3.3.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

### 17 Nahtlose Rohrbogen

#### 17.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose Bogen (Einschweißbogen) mit 15 mm bis 200 mm Vergütungswanddicken, die aus nahtlos gewalzten, gepressten oder geschmiedeten Rohren hergestellt und anschließend vergütet werden.

(2) Bei Rohrbogen sind dann zylindrische Enden erforderlich, wenn dies für die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen nach Abschnitt 12 KTA 3201.3 (gegebenenfalls unter Beachtung der Anforderungen für die wiederkehrenden Prüfungen) notwendig ist.

Hinweis:

Bei Rohrbogen mit großem Durchmesser, z. B. Hauptkühlmittelleitung, besteht im Allgemeinen hierzu kein Erfordernis.

(3) Dieser Abschnitt gilt nicht für Rohrbogen, die mit Induktivbiegemaschinen oder auf der Biegeplatte hergestellt werden. Für diese gilt Abschnitt 6 KTA 3201.3.

(4) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 1 zu entnehmen.

#### 17.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.2.

#### 17.3 Prüfungen

##### 17.3.1 Allgemeingültige Festlegungen

Alle nachstehenden Festlegungen gelten unter der Voraussetzung, dass die Hauptumformung der Ausgangsrohre in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblockes erfolgt. Falls bei geschmiedeten Rohren hiervon Abweichungen auftreten, sind im Rahmen der erstmaligen Begutachtung gegebenenfalls ergänzende Festlegungen für die Probenentnahme zu treffen.

##### 17.3.2 Prüfung der Ausgangsrohre

(1) Werden die Rohre vom Rohrerhersteller im vergüteten Zustand an den Rohrbieger geliefert, so sind die Ausgangsrohre vollständig beim Rohrerhersteller zu prüfen, und zwar nach den Festlegungen von Abschnitt 16.

(2) Werden die Rohre beim Rohrerhersteller zu Bogen verarbeitet, so genügt eine Prüfung der Ausgangsrohre durch Ermittlung der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse, und zwar je Probenentnahmeort nach Abschnitt 16.3.3.1.

##### 17.3.3 Prüfung der Rohrbogen (nach dem Umformen und Vergüten)

###### 17.3.3.1 Probenentnahmeorte

(1) Die Probenentnahmeorte müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke unter der Rohroberfläche und in einem Abstand von der Hälfte der Vergütungswanddicke von der Stirnfläche des Rohrbogens (gerechnet von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten) liegen.

(2) Wird aus einem Ausgangsrohr nur ein Bogenrohling hergestellt oder ist das Sehnenmaß, gemessen an der Biegungsaußenseite, größer als 3000 mm, so ist die Prüfung des Rohrbogens beidseitig an Probenentnahmeorten der Biegungsaußenseite durchzuführen.

(3) Wird das Ausgangsrohr vor dem Vergüten in einzelne Abschnitte für jeweils einen Bogenrohling unterteilt oder ist das Bogensehnenmaß kleiner als 3000 mm, so ist jeder Bogenrohling an einer Probenentnahmestelle nach dem Vergüten an der Biegungsaußenseite zu prüfen, wobei die Enden des Ausgangsrohres zu erfassen sind.

Hinweis:

Bei Hamburger Bogen sind die Proben über den Umfang verteilt zu entnehmen, sofern nicht bei der Begutachtung etwas anderes festgelegt wird. Hiervon unabhängig sind Kerbschlagproben immer als Querproben von der Biegungsinneenseite zu entnehmen.

###### 17.3.3.2 Prüfumfang

###### 17.3.3.2.1 Chemische Analysen

(1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

(2) Stückanalyse

Für jedes Ausgangsrohr sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

###### 17.3.3.2.2 Prüfungen an simulierend spannungsarmgeglühten Proben

(1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur je eine Querprobe im Zugversuch nach Ab-

schnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen. Ist die Entnahme von Querproben aus ungerichteten Probenabschnitten nicht möglich, dürfen Längsproben geprüft werden.

(2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

An Proben von einem Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

(3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C sowie an einem Probenentnahmeort zusätzlich bei 33 °C und 80 °C an je einem Satz Querproben zu prüfen.

(4) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An einem Probenentnahmeort eines Bogenrohrlings je Ausgangsrohr und Wärmebehandlungslos ist eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Querproben aufzunehmen.

(5) Sprödbruch-Übergangstemperatur

An jedem Bogenrohrling ist an einem Probenentnahmeort an zwei Längs- oder Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind; gelingt dieser Nachweis nicht, so ist die Sprödbruch-Übergangstemperatur (NDT-Temperatur) an jedem Probenentnahmeort zu ermitteln. Bei Vergütungswanddicken unter 25 mm Wanddicke ist diese Prüfung nicht erforderlich.

(6) Metallographische Untersuchungen

An einem Probenentnahmeort je Bogenrohrling sind an einer Kerbschlagprobe im Längsschliff die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

### 17.3.3.3 Härteprüfungen

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei jedem Bogen sind an der Biegungsaußenseite längs einer Mantellinie in Abständen von höchstens 1000 mm, nahe an den Bogenenden beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

## 17.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 17.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für die Prüfung von Bogen mit Nennwanddicken gleich oder kleiner als 30 mm, die aus nahtlos gewalzten oder gepressten Rohren hergestellt werden, gelten die Anforderungen gemäß den Abschnitten 17.4.2 und 17.4.3. Erzeugnisformen mit Nennwanddicken größer als 30 mm sowie aus geschmiedeten Rohren hergestellte Bogen sind nach den Festlegungen des Abschnitts 5.4 zu prüfen.

(2) Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8. Die Festlegungen der Abschnitte 3.3.8.3.1 (5) cb) und 3.3.8.3.1 (6) d) sind nicht anzuwenden.

(3) Anstelle der Ultraschallprüfung mit Schrägeinschallung darf bei Wanddicken kleiner als oder gleich 15 mm ersatzweise eine Durchstrahlungsprüfung nach Abschnitt 17.4.3 durchgeführt werden. Eine Kombination von Ultraschall- und Durchstrahlungsprüfung ist zulässig.

### 17.4.2 Ultraschallprüfung

#### 17.4.2.1 Einschallrichtungen

(1) Es ist von der Außenoberfläche mittels Schrägeinschallung auf längs orientierte Fehler in beiden Umfangsrichtungen zu prüfen.

(2) Zusätzlich hat bei Außendurchmessern gleich oder größer als 100 mm eine Prüfung durch Schrägeinschallung in beiden Achsrichtungen auf quer orientierte Fehler und eine Prüfung auf dopplungsartige Fehler mittels Senkrechteinschallung von der Außenoberfläche aus zu erfolgen.

(3) Bei der Prüfung auf Querfehler vom zylindrischen Bereich aus, ist sicherzustellen, dass der Auftreffwinkel an der Innenoberfläche größer als 38 Grad ist.

(4) Für die Prüfung sind Vergleichskörper gemäß Abschnitt B 4.2 zu verwenden. Die Bezugsreflektoren sind im umgeformten Bereich einzubringen.

(5) Die Prüfung ist nach der letzten Umformung und Wärmebehandlung durchzuführen.

### 17.4.2.2 Prüfdurchführung und Bewertung

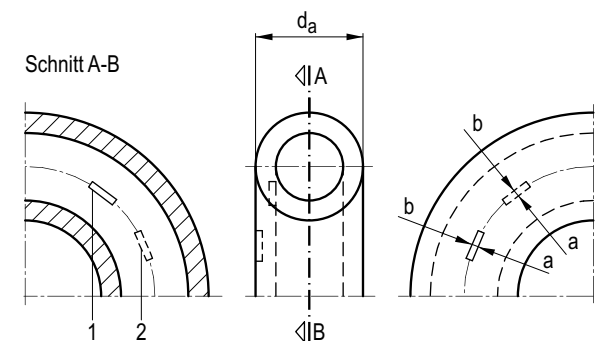
#### 17.4.2.2.1 Prüfung der oberflächennahen Bereiche auf Längs- und Querfehler

(1) Als Vergleichsreflektoren sind Nuten mit rechteckigem Querschnitt zu verwenden, die den Anforderungen gemäß DIN EN ISO 10893-10, Zulässigkeitsklasse U2, genügen, wobei für die Längsfehlerprüfung die Unterklasse A und bei der Querfehlerprüfung die Unterklasse C zugrunde zu legen ist.

(2) Für die Prüfung auf Längsfehler gilt: Die Nuten sind im Bereich des mittleren Radius des Rohrbogenstückes an der inneren und äußeren Oberfläche anzubringen (siehe **Bild 17-1**). Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit hat an der äußeren und inneren Nut zu erfolgen. Die Empfindlichkeitseinstellung darf auch an einem rohrförmigen Vergleichskörper erfolgen, wenn die Transferunterschiede aufgrund der gekrümmten Ankoppelflächen am Bauteil berücksichtigt werden.

(3) Für die Prüfung auf Querfehler gilt: Die Nuten sind sowohl im inneren als auch im äußeren Bogenradius an der äußeren Oberfläche des Vergleichskörpers anzubringen (siehe **Bild 17-2**). Die Empfindlichkeitseinstellung an rohrförmigen Vergleichskörpern ist bei angepassten Prüfköpfen nicht zulässig.

(4) Die Prüfung hat für den gesamten umgeformten Bereich grundsätzlich von der Außenoberfläche aus zu erfolgen. Bei der Prüfung auf Querfehler darf bei Wanddicken größer als 15 mm auch von der Innenoberfläche im Biegebereich der inneren Krümmung mit angepasstem Einschallwinkel geprüft werden.

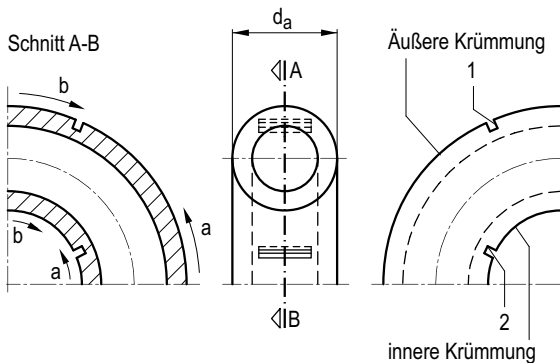


a, b: Justierrichtung

1: Bezugsreflektor längs (innere Oberfläche)

2: Bezugsreflektor längs (äußere Oberfläche)

**Bild 17-1:** Lage der Bezugsreflektoren zur Bogengeometrie für die Längsfehlerprüfung



a, b: Justierrichtung

- 1: Bezugsreflektor quer (äußere Krümmung und äußere Oberfläche)
- 2: Bezugsreflektor quer (innere Krümmung und äußere Oberfläche)

**Bild 17-2:** Lage der Bezugsreflektoren zur Bogengeometrie für die Querfehlerprüfung

#### 17.4.2.2.2 Prüfung des Mittenbereiches der Rohrwand mit $s > 20$ mm auf Längs- und Querfehler

- (1) Die Prüfung ist nach der AVG-, der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode durchzuführen. Bei Anwendung der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode sind als Bezugsreflektoren Querbohrungen gemäß Abschnitt 3.3.8.3.1 (3) b) zu verwenden.
- (2) Die Einschallwinkel sind so zu wählen, dass Reflektoren mit Orientierung in Wanddickenrichtung möglichst senkrecht getroffen werden.
- (3) Die Prüfung hat für den gesamten umgeformten Bereich grundsätzlich von der Außenoberfläche aus zu erfolgen. Bei der Prüfung auf Querfehler darf bei Wanddicken größer als 15 mm auch von der Innenoberfläche im Biegebereich der inneren Krümmung mit angepasstem Einschallwinkel geprüft werden.

#### 17.4.2.2.3 Prüfung auf dopplungsartige Fehler

- (1) Die Prüfung ist als Senkrechteinschallung von der Außen- oder Innenoberfläche aus durchzuführen.
- (2) Als Vergleichsreflektor ist eine kreisförmige Flachbodeneinfassung zu verwenden, die den Anforderungen gemäß DIN EN ISO 10893-8, Zulässigkeitsklasse U0, genügt, wobei deren Tiefe maximal 10 mm betragen darf. Die Flachbodeneinfassung ist im Bereich des mittleren Radius des Vergleichskörpers (Rohrbogenstückes) an der inneren Oberfläche anzubringen.

#### 17.4.2.2.4 Registrierschwellen

Es sind alle Anzeigen mit Echohöhen zu registrieren, die

- a) bei der Prüfung der oberflächennahen Bereiche auf Längs- und Querfehler gleich oder größer sind als die jeweils kleinste Echohöhe der Bezugsreflektoren gemäß Abschnitt 17.4.2.2.1,
- b) bei der Prüfung des Mittenbereiches der Rohrwand mit einer Wanddicke größer als 20 mm auf Längs- und Querfehler gleich oder größer sind als
  - ba) KSR 1,5 bei Anwendung der AVG-Methode,
  - bb) die jeweils kleinste Echohöhe der Bezugsreflektoren gemäß Abschnitt 17.4.2.2.2 zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlages von 6 dB bei Anwendung der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode,

- c) bei der Prüfung auf dopplungsartige Fehler gleich oder größer sind als die jeweils kleinste Echohöhe der Bezugsreflektoren gemäß Abschnitt 17.4.2.2.3.

#### 17.4.2.2.5 Zulässigkeitskriterien

- (1) Alle Erzeugnisformen mit Anzeigen, welche Echohöhen aufweisen, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, sind zurückzuweisen.
- (2) Zurückgewiesene Erzeugnisformen dürfen innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen mechanisch nachgearbeitet werden. Die nachgearbeiteten Stellen müssen einer erneuten Ultraschallprüfung unterzogen werden. Anzeigen an zurückgewiesenen Erzeugnisformen dürfen mit anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren (z. B. Oberflächenprüfung, Durchstrahlungsprüfung) zum Nachweis der Fehlerart und -größe nachgeprüft werden. Die Unbedenklichkeit der Anzeige ist vom Hersteller nachzuweisen. Belassene Anzeigen sind zu protokollieren. Sie dürfen die wiederkehrende Prüfung nicht beeinträchtigen.
- (3) Nachgearbeitete Bereiche dürfen wiederkehrende Prüfungen nicht beeinträchtigen. Die Formabweichung von der Sollkontur der Prüfflächen soll, bezogen auf eine Referenzfläche von 40 mm · 40 mm, nicht mehr als 0,5 mm betragen. Bei der Wahl kleinerer Referenzflächen ist die zugeordnete Formabweichung entsprechend der Seitenlänge der gewählten Referenzfläche linear umzurechnen.

#### 17.4.3 Durchstrahlungsprüfung

Hinweis:

Zur Anwendung der Durchstrahlungsprüfung siehe Abschnitt 17.4.1 (3).

#### 17.4.3.1 Verfahrenstechnik

- (1) Die Durchstrahlungsprüfungen sind nach DIN EN ISO 5579 durchzuführen.
- (2) Es sind die Bedingungen der in DIN EN ISO 5579 angegebenen Klasse B einzuhalten, wobei Röntgenstrahler zu verwenden sind.
- (3) Es sind die Bildgüteprüfkörper nach DIN EN ISO 19232-1 zu verwenden.
- (4) Die Bildgütezahlen gemäß der in DIN EN ISO 19232-3 angegebenen Bildgütekategorie B sind einzuhalten.
- (5) Es sind vakuumverpackte Film/Folien-Kombinationen zu verwenden.
- (6) Die Bestimmung der Brennfleckgröße in Röntgenanlagen hat gemäß DIN EN 12543-1, DIN EN 12543-2 oder DIN EN 12543-3 zu erfolgen und ist durch ein Zertifikat zu belegen. Nach jeder Reparatur der Röntgenröhre ist eine neue Messung des Brennflecks mit Zertifikat erforderlich. Die größte der im Zertifikat genannten Abmessungen der genutzten Brennfleckgröße (d) ist zur Festlegung der Aufnahmeparameter zu verwenden.
- (7) Die Dokumentation der Kontrolle der Filmverarbeitung gemäß DIN EN ISO 11699-2 ist bei der Abnahme der Filme vorzulegen. Dabei ist zusätzlich mittels des Archivierbarkeitstestes eine ausreichende Archivierbarkeit nachzuweisen.

#### 17.4.3.2 Prüfdurchführung

- (1) Es ist ein detaillierter Filmlage- und Strahlenquellenplan unter Angabe eines Bezugspunktrasters zu erstellen.
- (2) Die maximal zulässige Zunahme der durchstrahlten Wanddicke aufgrund der Schrägstrahlung im auszuwertenden Bereich soll 10 % nicht überschreiten.

### 17.4.3.3 Zulässigkeitskriterien

- (1) Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig.
- (2) Durch nichtmetallische Einschlüsse verursachte Anzeigen sind bis zu einer Ausdehnung von  $0,7 \cdot s$ , jedoch maximal 6 mm, zulässig. Der Nachweis, dass es sich um nichtmetallische Einschlüsse handelt, darf für mehrere gleichartige Anzeigen durch eine Stichprobe im Anzeigenbereich erfolgen.
- (3) Für Nacharbeit von Erzeugnissen mit registrierten Anzeigen gelten die Festlegungen in 17.4.2.2.5 (2) und (3).

### 17.4.4 Oberflächenprüfung

#### 17.4.4.1 Umfang

- (1) Die äußere Oberfläche aller Rohrbogen ist vollständig auf Oberflächenfehler zu prüfen.
- (2) Die innere Oberfläche aller Rohrbogen ist, soweit technisch möglich, ebenfalls vollständig zu prüfen. Bei der Prüfung nicht erfasste innere Oberflächenbereiche sind zu protokollieren.

#### 17.4.4.2 Zulässigkeitskriterien

Es gelten die Festlegungen der **Tabellen 5-4** und **5-5**.

### 17.5 Kennzeichnung

Zusätzlich zu den Festlegungen des Abschnitts 3.5 gilt:

- a) Bei Fertigung mehrerer Rohrbogen aus einem Ausgangsrohr muss die entsprechende Zuordnung sichergestellt sein.
- b) Die Bogen sind einzeln zu nummerieren.

### 17.6 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

### 17.7 Maßprüfung

- (1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.
- (2) Bei jedem Bogen sind über die Bogenlänge unter Einschluss der Enden und über den Umfang die Wanddicke und je nach Bestellung entweder der Außen- oder der Innendurchmesser zu messen. Zusätzlich ist die Unrundheit zu ermitteln.

### 17.8 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 17.3.3.2.1, 17.3.3.2.2 (6) und 17.3.3.3 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 18 Dampferzeugerheizrohre

### 18.1 Allgemeingültige Festlegungen

#### 18.1.1 Geltungsbereich

- (1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose gerade Rohre und U-Rohre aus einem Stück ohne Rundnaht mit einer Wanddicke kleiner als 2 mm.
- (2) Die Festlegungen für diese Erzeugnisform sind den Abschnitten A 2 oder A 9 zu entnehmen.

### 18.1.2 Zulässige Fertigungsverfahren

- (1) Die geforderten Werte der mechanisch-technologischen Eigenschaften dürfen durch verschiedene Kombinationen von Wärmebehandlungen und Kaltumformvorgängen eingestellt werden.
- (2) Besondere Oberflächenbehandlungen zur Erzeugung von Druckeigenspannungen (z. B. Strahlen) sind zulässig. Dies ist im Rahmen der Begutachtung zu erfassen.
- (3) Für die Wärmebehandlung gilt Abschnitt 3.2.3.

#### 18.1.3 Nachbesserungen

- (1) Oberflächenfehler dürfen innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen mechanisch nachgearbeitet werden.
- (2) Im Anschluss an Nachbesserungen sind die zutreffenden Prüfungen durchzuführen.
- (3) Über Prüfungen an nachgebesserten, gestrahlten Rohren sind die Einzelheiten zu vereinbaren.

### 18.2 Anforderungen

#### 18.2.1 Korrosionsbeständigkeit

Die Korrosionsbeständigkeit ist nach Abschnitt 3.3.7.6 nachzuweisen.

#### 18.2.2 Oberflächenrauheit

Der Mittenrauwert darf folgende Werte nicht überschreiten:

- a) bei geraden Rohren  
 $Ra \leq 1,6 \mu\text{m}$  innen und außen,
- b) bei U-Bogen  
 $Ra \leq 2,5 \mu\text{m}$  innen und außen,
- c) bei oberflächenbehandelten Rohren  
 $Ra \leq 3,5 \mu\text{m}$  außen.

#### 18.2.3 Nicht zulässige Fehler

- (1) Oberflächenfehler von mehr als 0,1 mm Tiefe sind unzulässig.
- (2) Auch andere Fehler kleinerer Tiefe sind unzulässig, wenn deren Auswirkung nicht beurteilt werden kann.
- (3) Weitere Einzelheiten sind im Abschnitt 18.4 festgelegt.

#### 18.2.4 Oberflächenbeschaffenheit

Die Anforderungen an die Sauberkeit der Oberfläche sind zu vereinbaren.

### 18.3 Prüfungen

#### 18.3.1 Allgemeines

##### 18.3.1.1 Bildung von Losen

Die Rohre sind in Lose von 100 Rohren einzuteilen, wobei Restmengen bis zu 50 Rohren gleichmäßig auf die einzelnen Lose verteilt werden dürfen. Stückzahlen und Restmengen zwischen 51 und 100 Rohren gelten als ein geschlossenes Los. Alle Rohre eines Loses müssen einer Schmelze entstammen und die Fertigung bis zur Abnahmeprüfung der geraden Rohre geschlossen durchlaufen.

##### 18.3.1.2 Zuordnung der Rohre zu einem bestimmten Los

Für den gesamten Verlauf der Fertigung muss die eindeutige Zuordnung der Rohre zu einem bestimmten Fertigungslos sichergestellt sein.



**18.3.1.3 Probenentnahme**

Die Proben sind von den Enden der Rohre zu entnehmen.

**18.3.2 Prüfumfang****18.3.2.1 Chemische Analysen****(1) Schmelzenanalyse**

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 2-1** oder **Tabelle A 9-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

**(2) Stückanalyse**

Je Schmelze sind an einem Zwischenprodukt (Walz- oder Schmiedestab) oder an einem Rohr die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 2-1** oder **Tabelle A 9-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

**18.3.2.2 Mechanisch-technologische Prüfungen**

Die folgenden Prüfungen sind an den Rohren in dem Zustand vorzunehmen, der in den Abschnitten A 2 und A 9 festgelegt ist.

**a) Zugversuch**

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist an einem Rohr je Los ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) durchzuführen.

**b) Aufweitversuch**

An einem Ende jedes Rohres ist ein Aufweitversuch nach DIN EN ISO 8493 mit einem Kegel von 60 Grad bis zu einer Aufweitung von 20 % durchzuführen.

Können die Rohre hinsichtlich ihrer Lage im Fertigungsstrang nicht sicher einander zugeordnet werden, sind beide Enden jedes Rohres zu prüfen.

**18.3.2.3 Metallographische Untersuchungen**

(1) An einem Rohr je Los ist die Korngröße zu ermitteln und das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

(2) Es ist eine Prüfung des Reinheitsgrades durchzuführen und nach den Festlegungen des Herstellers zu bewerten. Hierfür sind am Zwischenprodukt (Stab im Durchmesserbereich 90 mm bis 150 mm) zwei Schliffproben so zu entnehmen, das Kopf- und Fußende des Ausgangsblocks erfasst werden.

**18.3.2.4 Prüfung auf Korrosionsbeständigkeit**

An einer Probe je Schmelze ist die Korrosionsbeständigkeit nach Abschnitt 3.3.7.6 nachzuweisen.

**18.4 Zerstörungsfreie Prüfungen****18.4.1 Allgemeines**

(1) Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

(2) Alle Rohre sind im ungebogenen Zustand über ihre gesamte Fertiglänge zu prüfen. Ungeprüfte Enden sind abzutrennen.

(3) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind mechanisiert mittels Ultraschallprüfung auf längs und quer orientierte Fehler durchzuführen.

(4) Andere Prüfverfahren, z. B. ET, dürfen angewendet werden, sofern eine mit der UT-Prüfung vergleichbare Prüfempfindlichkeit nachgewiesen ist. In diesem Fall sind die verfahrenstechnischen Anforderungen und die Prüfdurchfüh-

rung in Anlehnung an die Anforderungen im Abschnitt 18.4.2 festzulegen.

**18.4.2 Verfahrenstechnische Anforderungen und Durchführung der Ultraschallprüfung****(1) Vergleichskörper**

Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit ist ein Vergleichskörper (Referenzrohr) zu verwenden. In den Vergleichskörper sind Nuten mit rechteckigem Querschnitt und folgender Abmessung auf der Innen- und Außenoberfläche sowohl in Längs- als auch in Querrichtung einzubringen:

Länge: 12,5 mm  $\pm$  5 %

Tiefe: 0,10 · s  $\pm$  10 %, mindestens 0,10 mm  $\pm$  10 %

Breite: 0,12 mm  $\pm$  10 %

mit s : Nennwanddicke

Die Abstände der einzelnen Vergleichsnuten voneinander sowie von den jeweiligen Rohrenden sind so zu wählen, dass jede Vergleichsnut eindeutig und getrennt erkennbar ist.

**(2) Prüfanlage**

Die Prüfung ist beim Hersteller der Rohre auf Prüfanlagen durchzuführen, die mit einer Registriereinrichtung ausgestattet sein müssen. Darüber hinaus darf auch eine automatische Sortiereinrichtung verwendet werden.

**(3) Einstellung und Überprüfung der Prüfanlage**

Für die Einstellung und Überprüfung der Prüfanlage gelten die Festlegungen gemäß DIN EN ISO 10893-10 Abschnitt 7 mit folgenden zusätzlichen Anforderungen:

a) Für die Prüfung auf Längsfehler ist ein Empfindlichkeitszuschlag von 6 dB anzuwenden.

b) Der Abstand zwischen der Signalgeber-Ansprechschwelle und dem Rauschpegel darf 6 dB nicht unterschreiten.

c) Das Referenzrohr gemäß (1) muss die Prüfanlage bei unveränderter Einstellung sechsmal durchlaufen, wobei das Referenzrohr nach drei Durchläufen zu wenden ist.

**(4) Einschallrichtungen**

Die Ultraschallprüfung ist in beiden Umfangsrichtungen und in beiden Achsrichtungen durchzuführen.

**(5) Relativbewegung von Rohr und Prüfkopfeneinheit**

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.

Mehrfachschwingerprüfköpfe, bei denen der Abstand der einzelnen Schwinger voneinander kleiner als 1 mm ist, gelten als ein Schwinger.

**(6) Kontrolle während der Prüfung**

Im Laufe einer Schicht sind zu beliebigen Zeitpunkten, jedoch spätestens nach 100 Rohren, Kontrollen der Anlageneinstellung anhand eines Referenzrohrdurchlaufes durchzuführen. Zwischen zwei Kontrollen muss das Referenzrohr gewendet werden. Bei jedem Referenzrohrdurchlauf muss jede Einzelanzeige oberhalb der Signalgeber-Ansprechschwelle liegen. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, so ist eine Nachkontrolle durchzuführen. Dazu sind die Nuten des Referenzrohres in sechs Durchläufen unter den spezifizierten Prüfbedingungen zur Anzeige zu bringen, wobei das Referenzrohr nach drei Referenzrohrdurchläufen zu wenden ist. Liegen bei der Nachkontrolle alle Einzelanzeigen oberhalb der Signalgeber-Ansprechschwelle, bei der Ultraschallprüfung mindestens aus einer der gegensinnigen Einschallrichtungen, so darf die Prüfung fortgesetzt werden. Wird diese Bedingung nicht er-

füllt, so muss neu eingestellt werden. Die nach der letzten bestandenen Kontrolle geprüften Rohre sind erneut zu prüfen.

### 18.4.3 Zulässigkeitskriterien

#### (1) Zulässigkeitsgrenze

Die Zulässigkeitsgrenzen sind vor Beginn der Fertigung von Hersteller, Besteller und Sachverständigem auf der Grundlage eines vorliegenden Fehlerkataloges so festzulegen, dass die Anforderungen gemäß Abschnitt 18.2.3 erfüllt werden. Dieser Fehlerkatalog darf entweder aus einer der Prüfung vorlaufenden Fertigung von ca. 400 Rohren üblicher Produktionslängen oder vom letzten vorausgegangenen Auftrag stammen, wenn zwischenzeitlich keine wesentlichen Änderungen der Fertigung oder der Prüfung erfolgt sind.

#### (2) Bewertung

Rohre, deren Anzeigen die Zulässigkeitsgrenze erreichen oder überschreiten, sind zurückzuweisen. Die Bewertung hat entweder anhand der aufgezeichneten Daten oder durch die automatische Sortierung zu erfolgen. Im letzten Fall ist die Zuverlässigkeit der Sortiereinrichtung stichprobenweise anhand der registrierten Befunde zu überprüfen. In diesem Fall müssen auch die nach Abschnitt 18.6 aufgeführten Maßprüfungen durchgeführt werden. Anhand des fertigungsbegleitenden Fehlerkataloges gemäß (3) ist die Zulässigkeitsgrenze während der Fertigung laufend zu überprüfen.

Im Falle einer Absenkung der Zulässigkeitsgrenze im Laufe der Fertigung ist eine erneute Auswertung der Prüfergebnisse (z. B. anhand der aufgezeichneten Daten) der bis dahin geprüften Rohre erforderlich.

#### (3) Fertigungsbegleitender Fehlerkatalog

Es ist ein fertigungsbegleitender Fehlerkatalog anzulegen, welcher aus etwa 1 % aller zu prüfenden Rohre gewonnen wird. Die Auswahl, Untersuchung und Auswertung von Anzeigenstellen hat im Einvernehmen mit den Beteiligten unter Berücksichtigung folgender Kriterien zu erfolgen:

- Die Hälfte aller zu untersuchenden Stellen sollen Anzeighöhen unterhalb der Zulässigkeitsgrenzen aufweisen.
- Die Anzeighöhen der zu untersuchenden Stellen sollen möglichst gleichmäßig über den gesamten Registrierbereich verteilt sein.
- Die Untersuchung von Anzeigenstellen ist gleichmäßig über die gesamte Fertigung zu verteilen.
- Die Anzeigenstellen sind auf Fehlerart und -tiefe zu untersuchen und beispielhaft in Schlibbildern darzustellen.
- In geeigneter Weise sind die Anzeighöhen in Abhängigkeit von der Fehlerart und -tiefe auszuwerten.

Für die Erstellung eines Fehlerkataloges aus einer vorlaufenden Fertigung gemäß (1) gilt sinngemäß das gleiche.

### 18.4.4 Dokumentation

(1) Die erhaltenen Anzeigen sind für jedes Rohr über die gesamte Rohrlänge auf Registriereinrichtungen zu dokumentieren. Hierbei muss die Zuordnung der Prüfergebnisse zu jedem ausgelieferten Rohr sichergestellt sein.

(2) Die Signalgeber-Ansprechschwelle ist zu dokumentieren. Der fertigungsbegleitende Fehlerkatalog ist der Dokumentation beizufügen.

### 18.5 Prüfung der Oberflächenbeschaffenheit

#### (1) Besichtigung

Alle Rohre sind auf Unregelmäßigkeiten zu besichtigen. Gerade Rohre müssen im fertigen Zustand, U-Rohre vor dem Biegen und nach dem Biegen im fertigen Zustand besichtigt werden.

#### (2) Rauheit

An Endabschnitten eines Rohres je Los ist die Rauheit  $R_a$  innen und außen zu messen. Gerade Rohre sind im fertigen Zustand, U-Rohre nach dem Biegen im fertigen Zustand zu messen. Zusätzlich ist die Rauheit im Bogenbereich innen und außen an zwei Probegügen mit dem kleinsten Biege- $r$ adius je Rohrsatz zu prüfen. Dabei versteht man unter einem Rohrsatz die Gesamtheit aller Rohre für eine Komponente.

### 18.6 Maßprüfung

#### 18.6.1 Umfang, Art und Zeitpunkt

(1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

(2) Gerade Rohre sind im fertigen Zustand zu prüfen, U-Rohre vor dem Biegen.

(3) Bei jedem Rohr ist über die gesamte Länge die Wanddicke durch automatisierte Ultraschallprüfung zu messen.

(4) Bei jedem Rohr ist der Außendurchmesser zu messen. Bei Messung durch automatisierte Ultraschallprüfung ist der Außendurchmesser über die gesamte Länge des Rohres zu messen. Bei Messung von Hand ist der Außendurchmesser mit Grenzsachsenlehren zu messen, und zwar an beiden Enden sowie stichprobenweise über die Länge.

(5) Zusätzlich ist bei 0,5 % der Rohre, gleichmäßig verteilt, Wanddicke und Außendurchmesser an beiden Enden mit einer Mikrometerschraube zu messen und zu protokollieren.

(6) U-Rohre müssen nach dem Biegen auf Maßhaltigkeit des Bogens und auf Unrundheit überprüft werden. Umfang und Einzelheiten der Prüfung sind im Prüfungsplan festzulegen.

#### 18.6.2 Verfahrenstechnische Anforderungen für die Maßprüfung mittels automatisierter Ultraschallprüfanlage

(1) Die Messung hat auf Prüfanlagen, die für den vorgesehenen Abmessungsbereich vom Sachverständigen begutachtet sind (ersatzweise ein Einzelgutachten), zu erfolgen.

(2) Es ist sicherzustellen, dass die Prüfung an mindestens vier um 90 Grad auf dem Rohrumfang versetzten Stellen erfolgt, wobei der Abstand der Messstellen in Rohrlängsrichtung höchstens ein Viertel des Rohraußendurchmessers betragen darf.

(3) Als Vergleichsreflektoren für die Wanddickenmessung sind Rohrstücke aus Werkstoffen mit prüftechnisch gleichartigen Eigenschaften mit Wanddicken entsprechend der spezifizierten Toleranz zu verwenden. Ihr Außendurchmesser muss im zulässigen Durchmesserbereich liegen.

(4) Als Vergleichsreflektoren für die Außendurchmesserprüfung sind Rohrstücke aus Werkstoffen mit prüftechnisch gleichartigen Eigenschaften mit einem Außendurchmesser entsprechend der spezifizierten Toleranz zu verwenden.

(5) Die Zulässigkeitsgrenzen ergeben sich aus den Anzeigen der Vergleichsreflektoren bei einem einmaligen Durchlauf.

(6) Im Laufe einer Schicht ist zu beliebigen Zeitpunkten, jedoch spätestens nach 100 Rohren, eine Kontrolle der Anlageneinstellung durchzuführen. Zu diesem Zweck sind die Vergleichsreflektoren des verwendeten Testrohres in einem Durchlauf unter den spezifizierten Prüfbedingungen zur Anzeige zu bringen. Unterschreiten diese Anzeigen bei der Wanddickenmessung die Zulässigkeitsgrenzen, so gelten diese Anzeigen als neue Zulässigkeitsgrenzen, auch für eine bis zur letzten bestandenen Kontrolle rückwirkende Auswertung der registrierten Befunde.

(7) Die Wanddickenabmessungen sind für jedes Rohr über die gesamte Rohrlänge auf Registriereinrichtungen zu dokumentieren. Die Zuordnung der Dokumentation zu jedem aus-

gelieferten Rohr muss sichergestellt sein. Die Zulässigkeitsgrenzen sind zu dokumentieren.

### 18.7 Wasserdruckprüfung

(1) Jedes Rohr ist im fertigen Zustand einer Wasserdruckprüfung mit 1,3fachem Auslegungsdruck zu unterziehen. Dabei ist frisch aufbereitetes Deionat zu benutzen. Der erforderliche Höchstdruck muss mindestens 10 Sekunden lang aufrechterhalten bleiben.

(2) Bei zu strahlenden Rohren ist die Wasserdruckprüfung vor dem Strahlen durchzuführen.

### 18.8 Sauberkeitsprüfung

(1) Jedes Rohr ist im fertigen Zustand mittels Durchblasen von Filzstopfen auf Verstopfungen und Sauberkeit zu überprüfen. Die verwendete Pressluft oder der Stickstoff müssen trocken und fettfrei sein.

(2) Die Verfärbung der Filzstopfen darf nicht größer sein als die eines Musters, das im Einvernehmen mit dem Sachverständigen festzulegen ist.

### 18.9 Verwechslungsprüfung

Bei jedem Rohr ist eine Verwechslungsprüfung nach Abschnitt 3.3.7.9 durchzuführen.

### 18.10 Kennzeichnung

(1) Bei der Kennzeichnung ist eine Schädigung der Rohre zu vermeiden.

(2) Jedes Rohr ist so zu kennzeichnen, dass eine Zuordnung zu Hersteller, Schmelze und Fertigungslos möglich ist. Die Kennzeichnung darf verschlüsselt sein.

### 18.11 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 18.3.2.1, 18.3.2.3, 18.3.2.4, 18.5 (2), 18.7, 18.8 und 18.9 sind mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 19 Nahtlose pressplattierte Verbundrohre

### 19.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für pressplattierte Verbundrohre, z. B. für Steuerstabstützen und Kerninstrumentierungsstützen, wobei die Wanddicke des Grundwerkstoff-Rohres 10 bis 30 mm beträgt.

(2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 7 zu entnehmen.

### 19.2 Anforderungen

(1) Die Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch des Grundwerkstoffs muss bei 33 °C mindestens 68 J an Querproben, die seitliche Breitung mindestens 0,9 mm betragen.

Hinweis:

Grundlage für die Festlegung der Prüftemperatur für den Kerbschlagbiegeversuch ist die Überlegung, dass die Druckprüftemperatur, die tiefer liegt als die Betriebstemperatur, jedoch unter Berücksichtigung ungünstiger Bedingungen 0 °C nicht unterschreitet, nicht mehr als 33 K unterhalb der Temperatur liegen darf, bei der die genannten Anforderungen an die Schlagenergie und die seitliche Breitung von jeder Einzelprobe erfüllt werden.

Falls die genannten Anforderungen bei 33 °C nicht erfüllt werden, sind zusätzliche Kerbschlagbiegeversuche (Querproben) durchzuführen, und zwar in Sätzen von jeweils drei Pro-

ben, um diejenige Temperatur  $T_{AV}$  zu ermitteln, bei der die geforderten Werte erreicht werden. Die zur Ermittlung von Schlagenergie-Temperatur-Kurven mit Querproben durchgeführten Versuche sind hierbei zu berücksichtigen. Die Druckprüftemperatur  $T_D$  darf dann die Temperatur  $T_{AV} - 33$  K nicht unterschreiten. Für die Kerbschlagbiegeversuche ist bei der ursprünglichen Temperatur eine Wiederholungsprüfung unter folgenden Bedingungen gestattet:

- Der Mittelwert der Schlagenergie und der seitlichen Breitung darf den spezifizierten Einzelwert nicht unterschreiten.
- Nur bei einer Probe dürfen die spezifizierten Einzelwerte unterschritten werden.
- Bei der ausgefallenen Probe, die die spezifizierten Einzelwerte nicht erreichte, darf der spezifizierte Einzelwert der Schlagenergie nicht mehr als 14 J, der spezifizierte Einzelwert der seitlichen Breitung um nicht mehr als 0,13 mm unterschritten werden.

Bei der Wiederholungsprüfung sind für die ausgefallene Probe zwei zusätzliche Proben zu prüfen. Diese beiden Proben sind so nahe wie möglich an dem Entnahmeort zu entnehmen, von dem die ausgefallene Probe entnommen worden war. Beide Proben müssen die spezifizierten Einzelwerte erreichen. Falls die spezifizierten Einzelwerte auch bei der Wiederholungsprüfung nicht erreicht werden, ist diejenige höhere Temperatur zu ermitteln, bei der jeder Einzelwert die genannten Forderungen erfüllt. Dazu sollen die vorhandenen Schlagenergie-Temperatur-Kurven genommen werden, die erforderlichenfalls durch weitere Versuche zu ergänzen sind.

(2) Die Plattierungsdicke soll  $2,5 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$  betragen. Zur Beseitigung von Eindring-Anzeigen an der Plattierungsoberfläche dürfen bis zu 30 % der Innenoberfläche überschleift werden. Dabei darf eine Mindestplattierungsdicke von 1,5 mm an keiner Stelle unterschritten werden.

(3) Die Oberfläche des Plattierungswerkstoffes muss unter den vorgesehenen Verarbeitungsbedingungen, insbesondere nach dem Schweißen nach einer Wärmebehandlung, bis zu einer Tiefe von 1,5 mm gegen interkristalline Korrosion beständig sein.

(4) Bei Teilen, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten ohne Zusatzwerkstoff ausgeführt werden, soll der Plattierungswerkstoff im aufgeschmolzenen Zustand einen Deltaferritgehalt von 2 bis 10 % aufweisen. Bei Teilen, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten mit Zusatzwerkstoff ausgeführt werden, soll der Plattierungswerkstoff im aufgeschmolzenen Zustand einen Deltaferritgehalt von 1 % bis 10 % aufweisen. Dabei ist in beiden Fällen ein geschlossenes Ferritnetzwerk nicht zulässig. Abweichungen sind zulässig, sofern die Eigenschaften der Schweißverbindungen den Anforderungen nach KTA 3201.3 genügen.

### 19.3 Prüfungen

#### 19.3.1 Behandlungszustand der Proben

Die Rohre sind im Lieferzustand zu prüfen. Werden sie jedoch beim Weiterverarbeiten spannungsarmgeglüht, z. B. nach dem Schweißen, sind sie stattdessen im simulierend spannungsarmgeglühten Zustand zu prüfen; dazu sind die Angaben über das Spannungsarmglühen im **Anhang A** zu berücksichtigen.

#### 19.3.2 Probenentnahmeorte

Die Anzahl der Probenentnahmeorte ist in Abschnitt 19.3.3 bei den einzelnen Prüfungen festgelegt. Die Probensätze sind an den Enden der Herstelllängen zu entnehmen.

#### 19.3.3 Prüfumfang

(1) Allgemeingültige Festlegungen

Die Prüfungen sind, sofern in den einzelnen Abschnitten nicht anders angegeben, auf ein Prüflös zu beziehen. Ein Prüflös

darf nur Rohre aus einer Grundwerkstoffschmelze und einem Wärmebehandlungslos, höchstens jedoch 20 Herstelllängen enthalten. Bei Durchlaufvergütung sind 40 Rohre einer Schmelze als ein Wärmebehandlungslos anzusehen.

## (2) Chemische Analysen

### a) Schmelzenanalyse

Vom Grundwerkstoff und vom Plattierungswerkstoff sind je Schmelze die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 7-1** und **Tabelle A 7-2**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

### b) Stückanalyse

Für Grund- und Plattierungswerkstoff sind an einer Herstelllänge je Schmelze die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 7-1** und **Tabelle A 7-2**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

## (3) Beizscheibenprüfung

- Am Kopfende des ferritischen Vormaterials (Block) ist eine Beizscheibenprüfung durchzuführen, um festzustellen, ob das Kopfende weit genug abgeschnitten worden ist.
- Alternativ darf eine Ultraschallprüfung des ferritischen Vormaterials (Block) auf Lunker erfolgen. Diese Prüfung ist mittels Senkrechteinschallung von der Mantelfläche am Kopfende über den gesamten Umfang auf einer Länge gleich dem Durchmesser des Vormaterials durchzuführen. Die Prüffrequenz soll mindestens 4 MHz betragen. Die Prüfung erfolgt nach der AVG-Methode mit der Registrierungsschwelle KSR 2. Lassen Anzeigen auf Lunker schließen, so ist dieser Bereich zu entfernen und die Prüfung am neuen Ende zu wiederholen.

## (4) Härteprüfungen

- Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.
- An beiden Enden jeder Herstelllänge ist vor der Probenentnahme mittels eines geeigneten Verfahrens die Härte an den Stirnseiten des Grundwerkstoffes zu ermitteln.

## (5) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je Herstelllänge eine Längsprobe (Rundzugprobe) im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

## (6) Kerbschlagbiegeversuch

Bei 33 °C ist je Herstelllänge je ein Satz Längs- und Querproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) zu prüfen.

## (7) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An einer Herstelllänge je Prüflos ist an einem Rohrende je eine Schlagenergie-Temperatur-Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) mit Längs und Querproben zu ermitteln, wobei eine der Prüftemperaturen 33 °C betragen muss.

## (8) Deltaferritgehalt

Für den Plattierungswerkstoff ist entsprechend Abschnitt 3.3.7.5 der Deltaferritgehalt durch den Aufschmelzversuch oder durch Berechnung unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes für jede am Stück ermittelte chemische Zusammensetzung zu ermitteln.

## (9) Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion ist je Schmelze des Plattierungswerkstoffes und je Wärmebehandlungslos für die äußeren 1,5 mm der Plattierung nachzuweisen. Bei der Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach Abschnitt 3.3.7.6 sind die Sensibilisierungsbedingungen im Hinblick auf die vorgesehenen Verarbeitungsbedingungen festzulegen und dem Hersteller bei der Bestellung mitzuteilen. Die Probenherstellung hat in Anlehnung an DIN EN ISO 3651-2 zu erfolgen.

## (10) Ringfaltversuch

Von beiden Enden jeder Herstelllänge ist je eine Probe im Ringfaltversuch nach DIN EN ISO 8492 zu prüfen.

## (11) Prüfung auf Bindung der Plattierung

An jeder Herstelllänge ist eine Seitenbiegeprobe zu prüfen.

## (12) Metallographische Untersuchungen

Je Herstelllänge sind die Korngröße des Grundwerkstoffes zu ermitteln sowie das Gefüge Grundwerkstoff/Plattierung/Übergang nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

Je Prüflos ist an einer um rund 15 Grad zur Plattierung geneigten Linie der Härteverlauf mit HV 0,5 im Bereich der Übergangszone zu ermitteln und graphisch darzustellen.

## 19.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 19.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

#### (1) An allen Rohren ist

- eine Ultraschallprüfung auf längs orientierte, quer orientierte und Fehler parallel zur Oberfläche sowie
- eine Oberflächenprüfung auf Oberflächenfehler durchzuführen.

(2) Die Ultraschallprüfung ist grundsätzlich mechanisiert auf Prüfanlagen durchzuführen.

(3) Manuelle Ultraschallprüfungen dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durchgeführt werden.

(4) Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnittes 3.3.8.

### 19.4.2 Ultraschallprüfung (mechanisiert)

#### 19.4.2.1 Einschallrichtungen

(1) Die Prüfung auf längs orientierte Fehler hat in beiden Umfangsrichtungen mittels Schrägeinschallung von der äußeren Oberfläche aus zu erfolgen.

(2) Die Prüfung auf quer orientierte Fehler hat in beiden Achsrichtungen mittels Schrägeinschallung von der äußeren Oberfläche aus zu erfolgen.

(3) Bei der Prüfung auf längs oder quer orientierte Fehler sind die Einschallwinkel so zu wählen, dass der Auftreffwinkel zwischen 38° und 55° liegt. Für die Prüfungen des Rohrmittenbereiches bei Wanddicken im Prüfzustand  $s_D$  größer als 20 mm (einschließlich Plattierung) ist gegebenenfalls mit einem weiteren Einschallwinkel zu prüfen, so dass in Wanddickenrichtung orientierte Reflektoren möglichst senkrecht getroffen werden.

(4) Die Prüfung auf Fehler parallel zur Oberfläche hat mittels Senkrechteinschallung von der äußeren Oberfläche aus zu erfolgen.

#### 19.4.2.2 Verfahrenstechnische Anforderungen und Prüfdurchführung

##### (1) Oberflächenzustand

Die Prüfstückoberflächen müssen einen dem Prüfzweck entsprechenden Zustand gemäß Abschnitt 3.3.8 aufweisen. Im Regelfall ist dies der Rohrerstellungszustand.

##### (2) Prüfdichte

Die Prüfköpfe sind auf Schraubenlinien- oder Längsbahnen zu führen. Zur Sicherstellung einer lückenlosen Prüfung des Rohrvolumens sind, abhängig von der Schallbündelform, Vorschub, Anzahl der Prüfbahnen, Impulsfolgefrequenz und Prüfungsgeschwindigkeit so zu wählen, dass

- Prüfspurüberdeckung  $\geq 20$  % bezogen auf die Schwingerbreite
- Impulsdichte 1 Imp./mm bei  $d_a \leq 50$  mm
- Impulsdichte 2 Imp./mm bei  $d_a > 50$  mm beträgt.

**(3) Empfindlichkeitseinstellung und Registrierschwelle**

Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit hat an Vergleichsreflektoren in Vergleichskörpern zu erfolgen.

**a) Prüfung der oberflächennahen Bereiche auf längs und auf quer orientierte Fehler**

Als Vergleichsreflektoren sind Nuten mit rechteckigem Querschnitt und einer Tiefe von kleiner oder gleich 1 mm zu verwenden. Die Nuten sollen nicht breiter als 1,0 mm sein. Die akustisch wirksame Länge der Nuten soll 20 mm betragen.

Für die Prüfung auf längs orientierte Fehler sind die Nuten axial auszurichten, für die Prüfung auf quer orientierte Fehler in Umfangsrichtung.

Für den Prüfbereich innenoberflächennaher Bereich sind die Empfindlichkeitseinstellungen an Nuten an der Innenoberfläche durchzuführen.

Für den Prüfbereich außenoberflächennaher Bereich sind die Empfindlichkeitseinstellungen an Nuten an der Außenoberfläche durchzuführen.

Die Registrierschwellen entsprechen für die jeweiligen Prüfbereiche und Einschallrichtungen den Echohöhen der zugehörigen Vergleichsreflektoren zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB.

**b) Prüfung des Mittenbereiches der Rohrwand mit  $s_p > 20$  mm auf längs und auf quer orientierte Fehler**

Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit hat gemäß der AVG-, der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode zu erfolgen. Bei der Bezugslinien- und bei der Vergleichskörpermethode sind als Vergleichsreflektoren Querbohrungen gemäß Abschnitt 3.3.8.3.1 (3) b) zu verwenden.

Die Registrierschwellen werden

ba) bei Anwendung der AVG-Methode durch KSR 1,5

bb) bei Anwendung der Bezugslinien- oder der Vergleichskörpermethode durch die Echohöhe des in Abschnitt 3.3.8.3.1 (3) b) genannten Reflektors zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB

definiert.

**c) Prüfung auf Fehler parallel zur Oberfläche**

Als Vergleichsreflektoren sind Flachbodenbohrung von 10 mm Durchmesser in einer Tiefe gleich der Plattierungsdicke zu verwenden.

Die Registrierschwelle entspricht der Echohöhe des Vergleichsreflektors zuzüglich eines Empfindlichkeitszuschlags von 6 dB.

**19.4.2.3 Zulässigkeitskriterien****19.4.2.3.1 Längs oder quer orientierte Fehler**

(1) Rohre mit Fehlern, deren Echohöhen die Registrierschwellen gemäß Abschnitt 19.4.2.2 (3) erreichen oder überschreiten, sind zurückzuweisen.

(2) Mechanische Nacharbeit ist innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen zulässig.

**19.4.2.3.2 Fehler parallel zur Oberfläche**

(1) Rohre mit Fehlern, deren Echohöhen die Registrierschwellen gemäß Abschnitt 19.4.2.2 (3) erreichen oder überschreiten, sind auf ihre Flächenausdehnung nach der Halbwertsmethode zu überprüfen.

(2) Fehler zwischen Grundwerkstoff und Plattierung bis 500 mm<sup>2</sup> sowie Dopplungen im Grundwerkstoff bis 80 mm<sup>2</sup> sind zulässig.

(3) Es dürfen zwei zulässige Anzeigen pro Meter Rohrlänge belassen werden, sofern der Abstand zweier Reflektoren mindestens der Länge des größeren Reflektors entspricht.

**19.4.2.3.3 Schweißkantenbereiche**

In einem an die Schweißkante angrenzenden Bereich von 20 mm Breite sind Fehler, deren Echohöhen die Registrierschwellen gemäß Abschnitt 19.4.2.2 (3) erreichen oder überschreiten, nicht zulässig.

**19.4.3 Oberflächenprüfung**

(1) Die gesamte innere und äußere Oberfläche ist im Endbearbeitungszustand einer Oberflächenprüfung zu unterziehen.

(2) Im Zuge der Fertigung nicht mehr mechanisch bearbeitete, rohe Flächen gelten als „endbearbeitete Oberfläche“.

(3) Wird die Prüfung der inneren Oberfläche mittels Ultraschall oder Wirbelstrom durchgeführt, entspricht die Registrierschwelle einer Nut mit einer Tiefe von 5 % der Nennwanddicke. Die Anforderungen an die Ausführung der Nut sowie an die Einstellung der Prüfempfindlichkeit sind in der Prüfanweisung festzulegen.

(4) Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig.

(5) Für die Eindring- und Magnetpulverprüfung gelten die Zulässigkeitskriterien der **Tabellen 5-4** und **5-5**. Bei Anwendung der Ultraschall- oder Wirbelstromprüfung sind alle Anzeigen unzulässig, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten.

(6) Mechanische Nacharbeit ist innerhalb der zulässigen Maßtoleranzen zulässig.

**19.5 Besichtigung**

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

**19.6 Maßprüfung**

(1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

(2) Nach Teilen in Fertiglängen ist jedes Rohr einer Maßkontrolle zu unterziehen, wobei auch die Plattierungsdicke zu messen ist. Die ermittelten Maße sind in eine Ist-Maßzeichnung oder in ein Ist-Maßprotokoll einzutragen. Die Ist-Maßprotokolle sollen bei der Abnahme der Rohre vorliegen.

**19.7 Wasserdruckprüfung**

Sämtliche Rohre sind (in Herstelllängen) einer Wasserdruckprüfung zu unterziehen. Der Prüfdruck muss das 1,3fache des Auslegungsdruckes betragen. Die Haltedauer des Prüfdruckes soll mindestens 30 Sekunden betragen.

**19.8 Nachweis der Güteeigenschaften**

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 19.3.3 (2), 19.3.3 (3), 19.3.3 (4), 19.3.3 (8), 19.3.3 (9) und 19.3.3 (12) sind mit Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

**20 Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Schrauben, Muttern und Scheiben (Abmessungen größer als M 130)****20.1 Geltungsbereich**

(1) Dieser Abschnitt gilt für gewalzte oder geschmiedete Stäbe, abgesetzt geschmiedete Stäbe sowie einzeln geschmiedete Ringe aus vergütetem Stahl, aus denen durch spanabhebende Weiterverarbeitung Druckbehälter-Haupt-

deckelflanschschrauben und sonstige Schrauben in Abmessungen größer als M 130 sowie die zugehörigen Muttern und Scheiben hergestellt werden.

(2) Dieser Abschnitt behandelt außerdem die Prüfung der fertigen Schrauben, Muttern und Scheiben.

(3) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisformen sind dem Abschnitt A 10 zu entnehmen.

## 20.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.4.

## 20.3 Maßgaben für die Herstellung

(1) Stäbe für Muttern und Scheiben müssen vor dem Vergüten hohlgebohrt werden.

(2) Reparaturen durch Schweißen sind nicht zulässig.

## 20.4 Prüfungen

### 20.4.1 Probenentnahmeorte und Probenrichtung

Hinweis:

Beispiele für Probenentnahmeorte siehe **Bild 20-1**.

#### 20.4.1.1 Stäbe

(1) Bei Stäben sind Längsproben zu prüfen. Die Probenentnahmeorte sind so zu legen, dass die Mitte der Proben mindestens die Hälfte des Vergütungsdurchmessers unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegt. Die Probenachse liegt mindestens ein Sechstel des Vergütungsdurchmessers unter der zylindrischen Oberfläche. Bei größeren Unterschieden zwischen Fertigteildurchmesser und Vergütungsdurchmesser ist der Bereich des Fertigteils durch die Prüfung zu erfassen.

(2) Für Stäbe, die vor dem Vergüten hohlgebohrt werden, gelten für die Probenentnahmeorte die gleichen Festlegungen wie für Ringe nach Abschnitt 20.4.1.2.

(3) Nicht abgesetzte Stäbe mit einer Länge bis einschließlich 4000 mm sind an einem Ende, mit einer Länge von mehr als 4000 mm an beiden Enden zu prüfen.

(4) Abgesetzte Stäbe mit einer Länge bis einschließlich 4000 mm sind am dicksten Querschnitt zu prüfen, soweit bei der Erstbegutachtung nichts anderes festgelegt wurde. Abgesetzte Stäbe mit einer Länge über 4000 mm sind an beiden Enden sowie zusätzlich am dicksten Querschnitt zu prüfen.

#### 20.4.1.2 Ringe

Bei geschmiedeten Ringen für Muttern oder Scheiben sind Tangentialproben zu prüfen. Die Probenentnahmeorte sind so zu legen, dass die Mitte der Proben mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke unter der Stirnfläche von den zur Wärmebehandlung begradigten Kanten liegt. Die Probenachse muss in der Mitte der Vergütungswanddicke liegen.

### 20.4.2 Prüfumfang bei Stäben und Ringen

#### 20.4.2.1 Chemische Analysen

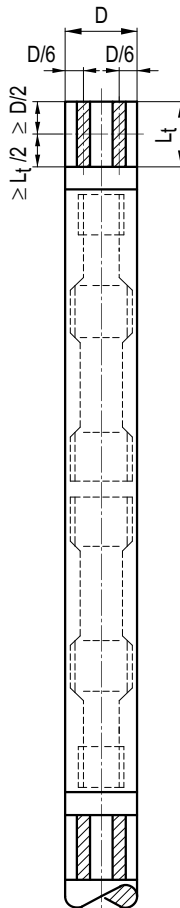
(1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 10-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

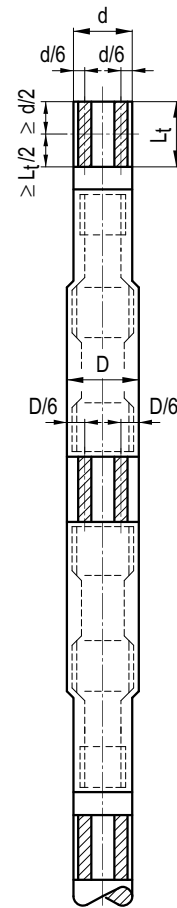
(2) Stückanalyse

Je Schmelze und Wärmebehandlungslos sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 10-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

Nicht abgesetzt  
geschmiedete Stäbe

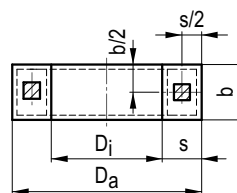


Abgesetzt  
geschmiedete Stäbe

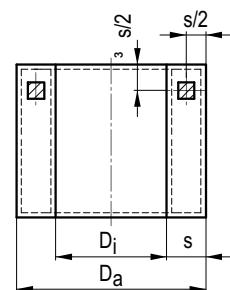


Einzeln geschmiedete Ringe

für Scheiben



für Muttern



--- Lieferkontur  
— Vergütungskontur  
▨ Probenstück

**Bild 20-1:** Beispiele für Probenentnahmeorte

#### 20.4.2.2 Mechanisch-technologische Prüfungen

(1) Allgemeingültige Festlegungen

Die mechanisch-technologischen Eigenschaften sind im Endwärmebehandlungszustand, d.h. vergütet oder vergütet und spannungsarmgeglüht, nachzuweisen.

(2) Härteprüfung

Bei jedem Stab ist entlang einer Mantellinie in Abständen von ca. 500 mm die Härte zu ermitteln. Die beiden Enden des Stabes müssen dabei erfasst werden.

Bei jedem geschmiedeten Ring ist die Härte auf einer Stirnfläche zu ermitteln. Bei Ringen, aus denen mehr als ein Fertigteil hergestellt wird, ist die Härte auf beiden Stirnflächen zu ermitteln.

### (3) Zugversuch

Bei nicht abgesetzten Stäben ist je Probenentnahmeort ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur durchzuführen. Zusätzlich ist vom weichsten Stabende je Abmessung, Schmelze und Wärmebehandlungslos eine Zugprobe nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) im Warmzugversuch bei Auslegungstemperatur zu prüfen. Bei abgesetzten Stäben ist je Probenentnahmeort ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur durchzuführen. Zusätzlich ist vom größten Querschnitt des weichsten Stabes je Abmessung, Schmelze und Wärmebehandlungslos eine Zugprobe nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) im Warmzugversuch bei Auslegungstemperatur zu prüfen.

Bei geschmiedeten Ringen für Muttern sind je Abmessung, Schmelze und Wärmebehandlungslos, mindestens jedoch je 25 Stück, vom härtesten und vom weichsten Ring je eine Zugprobe nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur zu prüfen.

### (4) Kerbschlagbiegeversuch

- Bei Stäben ist je Probenentnahmeort ein Satz Kerbschlagproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 20 °C zu prüfen.
- Bei geschmiedeten Ringen für Muttern ist je Abmessung, Schmelze und Wärmebehandlungslos, mindestens jedoch je 25 Stück, vom härtesten und vom weichsten Ring je ein Satz Kerbschlagproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 20 °C zu prüfen.
- Bei geschmiedeten Ringen für Scheiben ist je Abmessung, Schmelze und Wärmebehandlungslos, mindestens jedoch je 100 Stück, vom härtesten und vom weichsten Ring je ein Satz Kerbschlagproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 20 °C zu prüfen.

#### 20.4.2.3 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 20.4.2.4 Maßprüfung

Jedes Teil ist vor der Bearbeitung einer Maßprüfung nach Abschnitt 3.3.7.8 zu unterziehen.

#### 20.4.2.5 Verwechslungsprüfung

Jedes Teil ist vor der Bearbeitung einer Verwechslungsprüfung nach Abschnitt 3.3.7.9 zu unterziehen.

#### 20.4.3 Prüfumfang bei Schrauben, Muttern und Scheiben im fertig bearbeiteten Zustand

##### 20.4.3.1 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

##### 20.4.3.2 Maßprüfung

Jedes Teil ist im fertig bearbeiteten Zustand einer Maßprüfung nach Abschnitt 3.3.7.8 zu unterziehen.

##### 20.4.3.3 Verwechslungsprüfung

Jedes Teil ist im fertig bearbeiteten Zustand einer Verwechslungsprüfung nach Abschnitt 3.3.7.9 zu unterziehen. Bei Teilen, die aus einem nach Abschnitt 20.4.2.5 auf Verwechslung geprüften Stab oder Ring hergestellt und vom Sachverständi-

gen umgestempelt wurden, darf auf die Verwechslungsprüfung verzichtet werden.

## 20.5 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 20.5.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die nachfolgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8. Die Festlegungen der Abschnitte 3.3.8.3.1 (5) cb) und 3.3.8.3.1 (6) d) sind nicht anzuwenden.

### 20.5.2 Ultraschallprüfung

#### 20.5.2.1 Einschallrichtungen

(1) Stäbe sind nach den Festlegungen des Abschnittes 14.4.2.2 zu prüfen. Zusätzlich hat eine Senkrechteinschallung von den Stirnflächen zu erfolgen. Der Einschallwinkel für die Schrägeinschallung in Umfangsrichtung soll 35 Grad betragen.

(2) Für hohlgebohrte Stäbe und hohlgeschmiedete Ringe gelten die Festlegungen des Abschnitts 5.4. Die Festlegungen der Abschnitte 5.4.2.3, 5.4.2.4 und 5.4.3 sind nicht anzuwenden.

#### 20.5.2.2 Registrierschwellen

Es sind alle Anzeigen zu registrieren, deren Echohöhen gleich oder größer sind als die Echohöhen der in **Tabelle 20-1** aufgeführten Kreisscheibenreflektoren.

#### 20.5.2.3 Zulässigkeitskriterien

Unzulässig sind Anzeigen, deren Echohöhe die Registrierschwelle nach Abschnitt 20.5.2.2 erreicht oder überschreitet.

Durchmesser, Schlüsselweite, Seitenmaß d oder Wanddicke s im Prüfstadium in mm	Durchmesser des Kreisscheibenreflektors (KSR) in mm	
	Senkrechteinschallung	Schrägeinschallung
30 < d (s) ≤ 60	2	2
60 < d (s) ≤ 120	3	2
d (s) > 120	3	3

**Tabelle 20-1:** Registrierschwellen bei der Ultraschallprüfung

### 20.5.3 Oberflächenprüfung

#### 20.5.3.1 Umfang und Zeitpunkt

Die gesamte Oberfläche der Schrauben, Muttern und Scheiben ist im endbearbeiteten Zustand des Fertigproduktes einer Oberflächenprüfung gemäß Abschnitt 3.3.8.3.2 zu unterziehen.

#### 20.5.3.2 Verfahrenstechnische Anforderungen

- Der Schraubenschaft ist einer Magnetpulverprüfung oder einer Wirbelstromprüfung zu unterziehen.
- Der Gewindebereich der Schrauben und der Muttern ist einer Farbeindringprüfung oder einer Wirbelstromprüfung zu unterziehen.

#### 20.5.3.3 Zulässigkeitskriterien

- Es gelten die Zulässigkeitskriterien der **Tabellen 5-4** und **5-5**, wobei nichtmetallische Einschlüsse nur bis maximal 3 mm Länge zulässig sind.
- Anzeigen, die auf Risse oder rissähnliche Fehler schließen lassen, sind nicht zulässig.

## 20.6 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung soll folgende Angaben umfassen:

- Herstellerzeichen,
- Werkstoffbezeichnung,
- Schmelzenummer oder Kurzzeichen,
- Probennummer,
- Prüfstempel des Sachverständigen.

## 20.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 20.4.2.1, 20.4.2.2 (2), 20.4.2.5 und 20.4.3.3 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 21 Stäbe für Schrauben, Muttern, Scheiben und Dehnhülsen sowie die daraus hergestellten fertigen Erzeugnisformen (Abmessungen gleich oder kleiner als M 130)

### 21.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für gewalzte oder geschmiedete Stäbe, aus denen durch spanabhebende Weiterverarbeitung Stiftschrauben oder Schraubenbolzen mit Dehnschaft in Abmessungen gleich oder kleiner als M 130 sowie die zugehörigen Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen hergestellt werden. Der Abschnitt gilt nicht für warmgepresste oder kaltumgeformte Teile. Lediglich das Gewinde der Schrauben darf auch gewalzt werden.

(2) Dieser Abschnitt behandelt außerdem die Prüfung der fertigen Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen.

(3) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind den Abschnitten A 10 oder A 11 zu entnehmen.

### 21.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.4.

### 21.3 Maßgaben für die Herstellung

Reparaturen durch Schweißen sind nicht zulässig.

### 21.4 Prüfungen

#### 21.4.1 Probenentnahmeorte und Probenrichtung

(1) Es sind Längsproben zu prüfen.

(2) Die Probenentnahmeorte sind so zu legen, dass die Mitte der Proben mindestens die Hälfte des Wärmebehandlungsdurchmessers unter den Stirnflächen von den zur Wärmebehandlung begradierten Kanten liegt. Bei Stäben mit Abmessungen gleich oder kleiner als 40 mm Durchmesser muss die Probenachse in der Längsachse der Stäbe liegen. Bei Stäben mit Abmessungen größer als 40 mm Durchmesser für Schrauben und Bolzen muss die Probenachse im Abstand von einem Sechstel des Wärmebehandlungsdurchmessers liegen oder so nahe wie möglich an dieser Stelle unter der zylindrischen Oberfläche. Bei Stäben für Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen muss die Probenachse in der Mitte der Wanddicke der Fertigteile liegen.

#### 21.4.2 Prüfumfang bei Stäben

##### 21.4.2.1 Chemische Analysen

(1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 10-1**, oder der in DIN EN 10269 aufgeführten Elemente zu bestimmen.

##### (2) Stückanalyse

Je Schmelze und Wärmebehandlungslos sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 10-1**, oder der in DIN EN 10269 aufgeführten Elemente zu bestimmen.

##### 21.4.2.2 Härteprüfung

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) Bei jedem Stab ist zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung an beiden Enden die Härte zu ermitteln.

##### 21.4.2.3 Mechanisch-technologische Prüfungen

(1) Allgemeingültige Festlegungen

Die mechanisch-technologischen Eigenschaften sind im Endwärmebehandlungszustand, das heißt vergütet oder vergütet und spannungsarmgeglüht, nachzuweisen.

Stäbe gleicher Abmessung, der gleichen Schmelze und des gleichen Wärmebehandlungsloses sind zu Prüflösen von höchstens 500 kg zusammenzustellen. Je Prüflös sind der härteste und der weichste Stab zu prüfen.

Stäbe mit einer Wärmebehandlungslänge bis einschließlich 4000 mm sind nur an einem Ende zu prüfen.

Stäbe mit einer Wärmebehandlungslänge über 4000 mm müssen an beiden Enden geprüft werden.

(2) Zugversuch

Bei Stäben für Schrauben und Muttern sowie Dehnhülsen ist je Probenentnahmeort ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur durchzuführen.

Zusätzlich ist vom weichsten Stabende je Prüflös eine Zugprobe im Warmzugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Auslegungstemperatur zu prüfen.

Bei Stäben für Scheiben ist je Probenentnahmeort ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur durchzuführen.

(3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist ein Satz Kerbschlagproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 20 °C zu prüfen.

##### 21.4.2.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

Jeder Stab ist nach den Festlegungen der Abschnitte 20.5.1 und 20.5.2 zu prüfen. Abweichend hiervon ist bei Durchmesser und Schlüsselweiten sowie Seitenmaßen größer als 30 mm eine Prüfung mit Senkrechteinschallung von den Stirnflächen und bei größer als 60 mm eine Prüfung mit Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen durchzuführen.

##### 21.4.2.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

##### 21.4.2.6 Maßprüfung

Jeder Stab ist vor der Bearbeitung einer Maßprüfung nach Abschnitt 3.3.7.8 zu unterziehen.

##### 21.4.2.7 Verwechslungsprüfung

Jeder Stab ist vor der Bearbeitung einer Verwechslungsprüfung nach Abschnitt 3.3.7.9 zu unterziehen.



**21.4.3** Prüfumfang bei Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen im fertig bearbeiteten Zustand

**21.4.3.1** Zerstörungsfreie Prüfungen

Jedes Teil ist im fertig bearbeiteten Zustand einer Oberflächenprüfung nach Abschnitt 20.5.3 zu unterziehen.

**21.4.3.2** Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

**21.4.3.3** Maßprüfung

Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen sind im fertig bearbeiteten Zustand einer Maßprüfung nach Abschnitt 3.3.7.8 zu unterziehen.

**21.4.3.4** Verwechslungsprüfung

(1) Jedes Teil ist im fertig bearbeiteten Zustand einer Verwechslungsprüfung nach Abschnitt 3.3.7.9 zu unterziehen.

(2) Bei Teilen, die aus einem nach Abschnitt 21.4.2.7 auf Verwechslung geprüften Stab hergestellt und vom Sachverständigen umgestempelt wurden, darf auf die Verwechslungsprüfung verzichtet werden.

**21.5** Kennzeichnung

Die Kennzeichnung soll folgende Angaben umfassen:

- a) Herstellerzeichen,
- b) Werkstoffbezeichnung,
- c) Schmelznummer oder Kurzzeichen,
- d) Nummer des Prüfloses,
- e) Prüfstempel des Sachverständigen.

Bei Kleinteilen, auf denen sich die vollständige Kennzeichnung aus Platzgründen nicht unterbringen lässt, dürfen das Zeichen des Herstellers, die Werkstoffbezeichnung, die Schmelznummer und die Nummer des Prüfloses zu einem Schlüsselzeichen zusammengefasst werden.

**21.6** Nachweis für Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 21.4.2.1, 21.4.2.2, 21.4.2.7 und 21.4.3.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

**22** **Bleche, Platten, Stäbe und Schmiedestücke aus nichtrostenden austenitischen Stählen sowie Stäbe aus Nickellegierungen**

**22.1** Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nichtrostende austenitische Stähle in den Erzeugnisformen

- a) Bleche und Platten, warmgefertigt,
- b) Stäbe, warm- oder kaltgefertigt oder
- c) Schmiedestücke, außer Platten,

sowie für warm- oder kaltgefertigte Stäbe aus Nickellegierungen mit einem Durchmesser gleich oder kleiner als 60 mm, die für druckführende Teile verwendet werden.

(2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisformen sind den Abschnitten A 3 oder A 9 zu entnehmen.

(3) Für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedewasserreaktoren, die mit Reaktorwasser (Betriebstemperatur

$T \geq 200$  °C im Dauerbetrieb) in Berührung stehen, darf nur die Stahlsorte X 6 CrNiNb 18 10 S, und zwar nur mit den Zusatzforderungen nach **Tabelle A 3-1** Fußnote 4, verwendet werden.

**22.2** Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.3.

**22.3** Prüfungen

**22.3.1** Probenentnahmeorte

**22.3.1.1** Bleche und Platten

(1) Die Proben sind als Querproben zu entnehmen.

(2) Für die Probenentnahmetiefe gelten die Festlegungen nach DIN EN 10028-1.

(3) Für Platten gelten die folgenden Regelungen unter der Voraussetzung, dass die Hauptumformrichtung der Ausgangsplatte in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblockes liegt und Kopf- und Fußende der Platte erfasst werden können.

(4) Falls hiervon Abweichungen auftreten, sind hinsichtlich der Probenentnahmeorte sowie der Probenlagen und Probenrichtungen im Rahmen der erstmaligen Begutachtung gegebenenfalls andere Festlegungen zu treffen.

(5) Die Proben sind jeweils in der Mitte des Kopfes und des Fußendes jeder Walztafel und Platte zu entnehmen, und zwar mindestens im Abstand 25 mm von den Stirnflächen. Bei Walztafeln mit einer Länge gleich oder kleiner als 5000 mm und einer Dicke gleich oder kleiner als 20 mm brauchen Proben nur vom Kopfe entnommen zu werden.

**22.3.1.2** Stäbe

(1) Bei Stäben mit einem Durchmesser oder einer Dicke gleich oder kleiner als 100 mm sind Längsproben, bei Stäben mit einem Durchmesser oder einer Dicke größer als 160 mm sind Querproben zu prüfen. Im Abmessungsbereich größer als 100 mm bis gleich oder kleiner als 160 mm dürfen anstelle von Längsproben Querproben entnommen werden.

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

(3) Bei Stäben mit einem Rohgewicht (Gewicht bei der Wärmebehandlung) größer als 500 kg und einer Länge größer als 2000 mm sind Proben von beiden Enden jedes Stabes zu entnehmen.

(4) Bei Stäben mit einem Rohgewicht größer als 500 kg und einer Länge gleich oder kleiner als 2000 mm brauchen Proben nur von einem Ende jedes Stabes entnommen zu werden.

(5) Bei Stäben mit einem Rohgewicht gleich oder kleiner als 500 kg sind Proben nur von einem Ende zu entnehmen.

(6) Stäbe derselben Schmelze, gemeinsamer Wärmebehandlung und ähnlicher Abmessung sind zu Losen von je 500 kg zusammenzustellen. Je Los sind zwei Probensätze zu prüfen. Insgesamt brauchen je Schmelze jedoch nicht mehr als vier Probensätze geprüft zu werden.

**22.3.1.3** Schmiedestücke (außer Platten)

(1) Die Probenentnahmeorte sind in einem Probenentnahmeplan (siehe Abschnitt 2.6.4.2.4) festzulegen. Die Proben sind, soweit möglich, quer zur Hauptumformrichtung zu entnehmen.

(2) Bei Entnahme der Proben (Längs- und Querproben) müssen die Probenentnahmeorte 25 mm von der Stirnfläche entfernt sein.

(3) Bei Schmiedestücken mit einem Rohgewicht größer als 5000 kg sind je Stück mindestens drei Probenentnahmeorte vorzusehen.

(4) Bei Schmiedestücken mit einem Rohgewicht größer als 500 bis gleich oder kleiner als 5000 kg sind je Stück zwei Probenentnahmeorte vorzusehen, die um 180 Grad gegeneinander versetzt sein sollen. Bei einem Verhältnis Außendurchmesser zu Länge gleich oder größer als 1 sollen die beiden Probenentnahmeorte entweder am Kopfende oder am Fußende liegen. Bei einem Verhältnis Außendurchmesser zu Länge kleiner als 1 soll der eine der beiden Probenentnahmeorte am Kopfende, der andere am Fußende liegen.

(5) Schmiedestücke derselben Schmelze, gemeinsamer Wärmebehandlung und ähnlicher Abmessung mit einem Rohgewicht gleich oder kleiner als 500 kg sind zu Losen von je 500 kg zusammenzustellen. Je Los sind zwei Probensätze zu prüfen.

## 22.3.2 Prüfumfang

### 22.3.2.1 Chemische Analysen

#### (1) Schmelzenanalyse

Je Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 3-1** oder **Tabelle A 9-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

#### (2) Stückanalyse

Die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 3-1** oder **Tabelle A 9-1**, aufgeführten Elemente sind zu bestimmen:

- bei jeder Walztafel und Platte am Kopfende,
- bei jedem Stab mit einem Rohgewicht größer als 500 kg am Kopfende
- bei Stäben und Schmiedestücken mit einem Rohgewicht gleich oder kleiner als 500 kg an einem Stück je Los,
- bei einem Schmiedestück mit einem Rohgewicht größer als 500 bis gleich oder kleiner als 5000 kg am Kopfende,
- bei jedem Schmiedestück mit einem Rohgewicht größer als 5000 kg an Kopf- und Fußende.

Der Stickstoffgehalt ist auszuweisen.

### 22.3.2.2 Mechanisch-technologische Prüfungen

#### (1) Zugversuch

Für jeden Probenentnahmeort ist je ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur durchzuführen.

#### (2) Kerbschlagbiegeversuch

Für jeden Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur ein Satz Kerbschlagproben im Kerbschlagbiegeversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) zu prüfen.

### 22.3.2.3 Metallographische Untersuchungen

(1) Bei Stäben und Schmiedestücken mit einem Rohgewicht gleich oder kleiner als 500 kg sind an einem Stück je Los, bei allen anderen Stücken an jedem Stück, an einem Probenentnahmeort Korngröße und Gefügestand zu ermitteln und nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

(2) Bei Stäben aus Nickellegierungen ist eine Prüfung des Reinheitsgrades durchzuführen und nach den Festlegungen des Herstellers zu bewerten. Hierfür sind am Zwischenprodukt (Stab im Durchmesserbereich 90 mm bis 150 mm) zwei Schliffproben so zu entnehmen, dass Kopf- und Fußende des Ausgangsblocks erfasst werden.

### 22.3.2.4 Ermittlung des Deltaferritgehaltes

Für Bauteile aus nichtrostenden austenitischen Stählen, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten

durchgeführt werden, ist der Deltaferritgehalt durch den Aufschmelzversuch oder durch Berechnung unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes für jede am Stück ermittelte chemische Zusammensetzung (siehe Abschnitt 22.3.2.1) nach Abschnitt 3.3.7.5 zu ermitteln.

### 22.3.2.5 Prüfung auf Korrosionsbeständigkeit

Je Schmelze und Wärmebehandlungslos ist eine Probe nach Abschnitt 3.3.7.6 auf Korrosionsbeständigkeit zu prüfen.

## 22.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

### 22.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnittes 3.3.8. Die Festlegungen der Abschnitte 3.3.8.3.1 (5) cb) und 3.3.8.3.1 (6) d) sind nicht anzuwenden.

### 22.4.2 Ultraschallprüfung

#### 22.4.2.1 Verfahrenstechnische Anforderungen

(1) Die Ultraschallprüfung ist grundsätzlich als gezielte Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 14.4.2.1 (3) durchzuführen. Ist die detaillierte Kenntnis der aus dem Prüfgegenstand zu fertigenden Bauteile zum Zeitpunkt der Prüfung nicht bekannt, darf die Prüfung als pauschale Ultraschallprüfung gemäß Abschnitt 14.4.2.1 (2) durchgeführt werden. Ob eine pauschale oder eine gezielte Ultraschallprüfung durchzuführen ist, ist zwischen dem Besteller des Schmiedestücks und dem Hersteller zu vereinbaren und in den Vorprüfunterlagen festzulegen.

Die Prüfungsart ist in der Prüfanweisung und im Prüfbericht als „UT-gezielt“ oder „UT-pauschal“ anzugeben.

(2) 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.

(3) Werden bei der Ultraschallprüfung Anzeigen bis 6 dB unterhalb der Registrierschwelle festgestellt, so sind diese Bereiche von der jeweiligen Gegenrichtung gezielt nachzuprüfen.

(4) Registrierpflichtige Anzeigen bei der gezielten Ultraschallprüfung aus Bereichen, die bei der Weiterverarbeitung des Prüfstücks 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.

(5) Zur Erfassung und Korrektur der Prüfbedingungen sind die Werte für die Schallschwächung und die Transferkorrektur in dem Umfang zu ermitteln, der eine vollständige Bewertung des Prüfgegenstands ermöglicht. Lage und Anzahl der Messungen sind in der Prüfanweisung festzulegen.

### 22.4.2.2 Einschallrichtungen

#### 22.4.2.2.1 Geschmiedete oder gewalzte Stäbe

(1) Bei Durchmessern größer als 30 mm hat eine Senkrechteinschallung in radialer Richtung zu erfolgen.

(2) Bei Durchmessern sowie Seitenmaßen größer als 60 mm hat zusätzlich eine Senkrechteinschallung in axialer Richtung von der Stirnfläche zu erfolgen. Kann bei der Senkrechteinschallung in axialer Richtung 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.

(3) Bei Durchmessern größer als 120 mm hat zusätzlich eine Prüfung mit Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen zu erfolgen. Dabei soll der Einschallwinkel 35 Grad betragen.

#### 22.4.2.2.2 Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke

(1) Die Einsatzmaterialien mit Durchmessern oder Seitenmaßen größer als 30 mm sind mittels Senkrechteinschallung von der Mantelfläche aus zu prüfen.

(2) Das Einsatzmaterial darf auch im nicht lösungsgeglühten Zustand geprüft werden, sofern hinsichtlich der Prüfbarkeit keine Einschränkungen bestehen.

#### 22.4.2.2.3 Gesenkschmiedestücke

(1) An Gesenkschmiedestücken größer als DN 100 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.

#### 22.4.2.2.4 Freiformgeschmiedete Armaturengehäuse

Das gesamte Volumen ist mittels Senkrechteinschallung von allen äußeren Oberflächen aus zu prüfen. Zusätzlich ist in den zylindrischen Bereichen im vorgedrehten oder endbearbeiteten Zustand eine Schrägeinschallung in beiden Umfangsrichtungen durchzuführen.

#### 22.4.2.2.5 Nahtlose Hohlteile

Die Prüfung ist von einer zylindrischen Oberfläche und beiden Stirnseiten mittels Senkrechteinschallung sowie von einer zylindrischen Oberfläche in beiden Umfangsrichtungen mittels Schrägeinschallung durchzuführen. Sind die vorgegebenen Senkrecht-Einschallungen aus Geometrie Gründen nicht möglich, so muss jede fehlende Senkrechteinschallung durch zwei entgegengesetzte Schrägeinschallungen in der entsprechenden Ebene ersetzt werden.

#### 22.4.2.2.6 Geschmiedete Blöcke und Platten

Es gelten die Festlegungen des Abschnittes 3.3.8.3.1 (4).

#### 22.4.2.2.7 Bleche

Es gelten die Festlegungen des Abschnittes 7.4.

### 22.4.2.3 Prüftechnik und Prüfbarkeit

#### 22.4.2.3.1 Prüftechnik

(1) Für die Senkrechteinschallung sind Prüffrequenzen zwischen 2 und 5 MHz und für die Schrägeinschallung 2 MHz zu wählen, wobei bei der Prüfung von Schweißkanten- und Stutzenbereichen grundsätzlich Miniatur-Transversalwellen-Winkelprüfköpfe zu verwenden sind. Die Prüfung erfolgt auf Längsfehler (Fehlerorientierung parallel zur Schweißfortschrittsrichtung). Dabei ist bei der Einschallung so zu wählen, dass der Auftreffwinkel an der inneren Oberfläche im Ausnutzungsbereich des Winkelspiegeleffektes liegt (Auftreffwinkel möglichst 35 Grad bis 55 Grad).

(2) Die für die Prüfung von Schweißkanten- und Stutzenbereichen anzuwendende Prüftechnik ist an einem artgleichen Vergleichskörper oder, wenn möglich (z. B. bei vorhandenen

Überlängen), am Prüfgegenstand zu ermitteln. Bei Verwendung eines Vergleichskörpers muss dieser hinsichtlich Geometrie, akustischen Eigenschaften und Oberfläche repräsentativ für den Prüfgegenstand sein.

(3) Zur Erzielung eines Signal-Rausch-Verhältnisses von mindestens 6 dB oder zur Einhaltung der Registrierschwellen darf die Prüftechnik im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch z. B. folgende Maßnahmen optimiert werden:

- Prüfköpfe mit niedrigerer Nennfrequenz,
- Einsatz von frequenzselektiven Prüfgeräten,
- Einsatz von SE-Prüfköpfen,
- Einsatz hochbedämpfter Prüfköpfe,
- Anwendung von Longitudinalwellen auch für die Schrägeinschallung.

#### 22.4.2.3.2 Ermittlung der Prüfbarkeit

(1) Die Prüfbarkeit ist an jedem Prüfgegenstand 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.

(4) Bei Blechen ist in allen Mittenbereichen eines Rasters von 200 mm und zusätzlich an den Rändern 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 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.

(9) Für die Schweißkanten- und Stutzenbereiche ist die Prüfbarkeit 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 Wanddicke des fertigen Bauteils gemäß **Tabelle 22-1** festzulegen.

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 Ober-

fläche 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.

Wanddicke $s$ in mm	$8 < s \leq 20$	$20 < s \leq 40$	$40 < s$
Nuttiefe in mm	1,5	2	3

**Tabelle 22-1:** Tiefe des Vergleichsreflektors für die Prüfung von Schweißkanten- und Stützenbereichen

#### 22.4.2.3.3 Uneingeschränkte Prüfbarkeit

Kann für den Prüfbarkeitsbereich mit der größten ermittelten Schallschwächung der Nachweis erbracht werden, dass

- bei Blechen die nach Abschnitt 7.4.2.3
- bei allen anderen Erzeugnisformen für die Senkrecht- und jede Schrägeinschallung die nach Abschnitt 22.4.2.7

geforderten Registrierschwellen einen Abstand von mindestens 6 dB zum Rauschpegel aufweisen, ist das Prüfobjekt uneingeschränkt prüfbar.

#### 22.4.2.3.4 Eingeschränkte Prüfbarkeit

(1) Kann für eine oder mehrere Einschallrichtungen in einem Schallschwächungsbereich die Registrierschwelle gemäß Abschnitt 22.4.2.7 oder das geforderte Signal-Rausch-Verhältnis von mindestens 6 dB auch mit optimierter Prüftechnik (siehe Abschnitt 22.4.2.3.1 (2)) nicht eingehalten werden, sind diese eingeschränkt prüfbaren Volumenbereiche und der darin vorliegende Grad der Einschränkung zu ermitteln.

(2) Ergeben sich nach einer mechanischen Weiterbearbeitung für die Ultraschallprüfungen dieser Bereiche günstigere Bedingungen (z. B. durch Verminderung der Wanddicke, kürzere Schallaufwege, 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.

#### 22.4.2.4 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

(1) Bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit sind für alle Prüfköpfe und Einschallrichtungen die höchsten Schallschwächungswerte zu berücksichtigen.

(2) Die Bewertung von Echoanzeigen hat unter Berücksichtigung der tatsächlichen im benachbarten Bereich der Echoanzeigen gemessenen Schallschwächungswerte zu erfolgen.

(3) Bei der Prüfung der Schweißkanten- und Stützenbereiche hat die Einstellung der Prüfempfindlichkeit nach der Vergleichskörpermethode zu erfolgen. Die Tiefe der Nut ist in Abhängigkeit von der Wanddicke des fertigen Bauteils gemäß **Tabelle 22-1** festzulegen.

#### 22.4.2.5 Ausdehnung von Reflektoren

Abweichend von den Festlegungen in Abschnitt 3.3.8.2.1 (8) ist die Reflektorausdehnung durch die Prüfkopfverschiebung gegeben, bei der die Echohöhe um 6 dB unter die maximale Echohöhe abgefallen ist (Halbwertsmethode nach Abschnitt B 11.2.3).

#### 22.4.2.6 Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien

##### 22.4.2.6.1 Bleche

(1) Für die Registrierschwellen gelten die Anforderungen des Abschnittes 7.4.2.3.

(2) Als Zulässigkeitskriterium gilt bezogen auf die Größe und die Häufigkeit von Anzeigen die Qualitätsklasse  $S_3$  gemäß DIN EN 10307, Tabellen 3 und 4.

##### 22.4.2.6.2 Schmiedestücke, Stäbe und Platten

###### 22.4.2.6.2.1 Gezielte Prüfung

(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

- bei Anwendung der AVG-Methode die in Tabelle 6 der DIN EN 10228-4 genannten Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien,
- bei Anwendung der Bezugslinien- oder Vergleichskörpermethode die in Tabelle 7 der DIN EN 10228-4 genannten Registrierschwellen und Zulässigkeitskriterien.

(3) Zur Erzielung eines Abstands der Registrierschwelle zum Rauschpegel von mindestens 6 dB darf für die betroffenen Einschallpositionen und Volumenbereiche partiell die Registrierschwelle um 6 dB angehoben werden. Diese Bereiche sowie die in Abhängigkeit der Einschallposition erzielten Registrierschwellen sind zu protokollieren.

Anzeigen, die die Registrierschwelle erreichen oder überschreiten, sind in diesem Fall nicht zulässig.

(4) Darüber hinaus gelten folgende Anforderungen:

- Alle registrierpflichtigen Anzeigen bei der Schrägeinschallung, die bei der Senkrechteinschallung nicht registrierpflichtig sind, sind einer eingehenden Untersuchung auf ihre Orientierung zu unterziehen. Anzeigen mit Ausdehnung größer als 10 mm in Dickenrichtung sind nicht zulässig.
- Die zulässige Häufigkeit registrierpflichtiger Anzeigen beträgt bei Nennwanddicken oder Durchmesser von:
  - ba)  $s$  oder  $d \leq 60$  mm 3 Stück/m<sup>2</sup> örtlich und 2 Stück/m<sup>2</sup> gesamt,
  - bb)  $s$  oder  $d > 60$  mm 5 Stück/m<sup>2</sup> örtlich und 3 Stück/m<sup>2</sup> gesamt.

Bei Prüfung mit angehobener Registrierschwelle gemäß Abschnitt 22.4.2.7 (3) ist nur die halbe Anzahl registrierpflichtiger Anzeigen zulässig.

c) Der Mindestabstand der Registrierstellen von der endgültigen Oberfläche darf die in **Tabelle 5-2** genannten Werte nicht unterschreiten.

###### 22.4.2.6.2.2 Pauschale Prüfung

(1) Die Festlegung der Registrierschwellen und die Bewertung der Zulässigkeit von Anzeigen hat gemäß DIN EN 10228-4 zu erfolgen. Vor Beginn der Fertigung ist vom Besteller die erforderliche Qualitätsklasse nach DIN EN 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 10228-4 sind die in Abschnitt 3.3.8.3.1 (5) c) genannten Stellen zu dokumentieren.

### 22.4.2.6.3 Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke

- (1) Bei der Prüfung von Einsatzmaterial für Gesenkschmiedestücke ist mit der Registrierschwelle nach **Tabelle 22-2** zu prüfen.
- (2) Zulässig sind Echoanzeigen bis zu den in **Tabelle 22-2** angegebenen Registrierschwellen.

Einschallrichtung	Wanddicke s im Prüfzustand in mm	Vergleichskörpermethode Registrierpflichtige Echohöhe bezogen auf die Echohöhe einer 4 mm Zylinderbohrung	AVG-Methode KSR
alle	≤ 60	50 % (-6 dB)	3
	> 60	100 %	4

**Tabelle 22-2:** Registrierschwellen und Zulässigkeitsgrenzen für die Ultraschallprüfung an Einsatzmaterialien für Gesenkschmiedestücke

### 22.4.2.6.4 Schweißkanten- und Stutzenbereiche

- (1) Es sind alle Anzeigen zu protokollieren, die die Bezugs-echohöhe erreichen oder überschreiten. Die Bezugs-echohöhe ist die um 12 dB verminderte Echohöhe des Vergleichsreflektors nach **Tabelle 22-1**. Ebenfalls zu protokollieren sind Bereiche, in denen das Signal-Rausch-Verhältnis kleiner als 6 dB ist.
- (2) Anzeigen, die die Registrierschwelle bis zu 6 dB überschreiten, sind zulässig, wenn ihre Anzahl je Meter Schweißkante bei einer maximalen Registrierlänge von 10 mm auf drei Anzeigen und bei einer maximalen Registrierlänge von 20 mm auf eine Anzeige begrenzt bleibt.
- (3) Werden diese Grenzen überschritten oder liegen Bereiche vor, in denen der Abstand des Nut- oder Kantenechos zum Rauschpegel kleiner als 6 dB ist, so ist das weitere Vorgehen mit dem Sachverständigen festzulegen.

### 22.4.3 Oberflächenprüfung

#### 22.4.3.1 Umfang und Zeitpunkt

Am fertig bearbeiteten Teil sind alle zugänglichen Oberflächen einer Eindringprüfung zu unterziehen.

#### 22.4.3.2 Zulässigkeitskriterien

Es gelten die Festlegungen der **Tabelle 5-4**.

### 22.5 Verwechslungsprüfung

Jedes Teil ist nach Abschnitt 3.3.7.9 auf Werkstoffverwechslung zu prüfen. Bei Teilen, die einer Stückanalyse nach Abschnitt 22.3.2.1 (2) unterzogen wurden, darf darauf verzichtet werden.

### 22.6 Kennzeichnung

Zusätzlich zu den Festlegungen des Abschnitts 3.5 gilt: Bei losweiser Prüfung nach den Abschnitten 22.3.1.2 und 22.3.1.3 ist jedes Teil mit der Losnummer zu kennzeichnen.

### 22.7 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

### 22.8 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

### 22.9 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 22.3.2.1, 22.3.2.3, 22.3.2.4, 22.3.2.5 und 22.6 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 23 Nahtlose Rohre aus nichtrostenden austenitischen Stählen

### 23.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose warm- oder kaltgefertigte, wärmebehandelte Rohre aus nichtrostenden austenitischen Stählen bis 50 mm Wanddicke.

(2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 3 zu entnehmen.

(3) Für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedewasserreaktoren, die mit Reaktorwasser (Betriebstemperatur  $T \geq 200$  °C im Dauerbetrieb) in Berührung stehen, darf nur die Stahlsorte X 6 CrNiNb 18 10 S, und zwar nur mit den Zusatzforderungen nach **Tabelle A 3-1** Fußnote 4, verwendet werden.

### 23.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.3.

### 23.3 Prüfungen

#### 23.3.1 Probenentnahmeorte

(1) Die Proben sind vom Ende der Herstelllänge zu entnehmen.

(2) Der Abstand zwischen Rohrende und Probenentnahmeort muss mindestens gleich der Wanddicke, höchstens jedoch 25 mm, sein.

(3) Nach Möglichkeit sind Querproben zu entnehmen. Für Zugversuche sind bei Außendurchmessern gleich oder kleiner als 200 mm Längsproben zu entnehmen.

(4) Für die Probenentnahmetiefe gelten die Festlegungen von DIN EN ISO 377.

#### 23.3.2 Prüfumfang

##### 23.3.2.1 Chemische Analysen

###### (1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 3-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

###### (2) Stückanalyse

Rohre (Herstelllängen) derselben Schmelze und gleicher Abmessung sind zu Lösen von höchstens 10 Herstelllängen zusammenzufassen. Je Los sind an einer Herstelllänge die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 3-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. Der Stickstoffgehalt ist auszuweisen.

##### 23.3.2.2 Zugversuch

An jeder Herstelllänge ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur je ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) durchzuführen.

##### 23.3.2.3 Kerbschlagbiegeversuch

Soweit 10 mm breite Proben entnommen werden können, ist je Herstelllänge bei Raumtemperatur ein Satz Kerbschlagpro-

ben im Kerbschlagbiegeversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) zu prüfen.

#### 23.3.2.4 Technologische Prüfungen

An jeder Herstelllänge sind folgende technologische Prüfungen nach Abschnitt 3.3.7.3 (6) an einem Ende durchzuführen:

- Ringaufornversuch oder Aufweitversuch bei Rohren gleich oder kleiner als 146 mm Außendurchmesser und gleich oder größer als 2 mm Wanddicke,
- Ringfaltversuch bei Rohren größer als 146 mm Außendurchmesser und größer als 40 mm Wanddicke,
- Ringzugversuch bei Rohren größer als 146 mm Außendurchmesser und gleich oder kleiner als 40 mm Wanddicke.

#### 23.3.2.5 Metallographische Untersuchungen

Durch metallographische Untersuchungen sind die Korngröße zu ermitteln und der Gefügestand nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren. Dazu sind Herstelllängen derselben Schmelze, gemeinsamer Wärmebehandlung und ähnlicher Abmessung zu einem Los zusammenzufassen. Je Los ist eine metallographische Untersuchung durchzuführen.

#### 23.3.2.6 Ermittlung des Deltaferritgehaltes

Für Rohre, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten durchgeführt werden, ist der Deltaferritgehalt durch den Aufschmelzversuch oder durch Berechnung unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes für jede am Stück ermittelte chemische Zusammensetzung (siehe Abschnitt 23.3.2.1) nach Abschnitt 3.3.7.5 zu ermitteln.

#### 23.3.2.7 Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

- Rohre (Herstelllängen) derselben Schmelze und gleicher Abmessung aus einem Wärmebehandlungslos werden zu Losen von höchstens 10 Herstelllängen zusammengefasst.
- Je Los ist eine Herstelllänge nach Abschnitt 3.3.7.6 auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion zu prüfen.

#### 23.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

(1) Geschmiedete Rohre und Rohre mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind nach den Festlegungen des Abschnitts 22.4 wie nahtlose Hohlteile zu prüfen. Alle anderen Rohre sind gemäß den Festlegungen des Abschnitts 16.4 zu prüfen, wobei zusätzlich die Prüfbarkeit der Schweißkanten- und Stützenbereiche gemäß Abschnitt 22.4.2.3 zu überprüfen ist.

(2) Die Schallschwächung und die Transferkorrektur sind gemäß **Anhang B** an beiden Rohrenden und über die gesamte Länge des Rohres in einem Abstand von höchstens 200 mm an jeweils vier um 90 Grad versetzten Stellen zu ermitteln. Diese Messungen sind mit den gleichen Prüfköpfen und Prüfrichtungen wie bei der Längs- und Querfehlerprüfung sowie bei der Prüfung auf dopplungsartige Fehler durchzuführen. Differieren die so bestimmten Werte gegenüber den in der Nähe der Bezugsreflektoren ermittelten Werten, ist die Differenz bei der Prüfung zu berücksichtigen.

Bei unterschiedlichen Oberflächenqualitäten ist die Anzahl der Messpunkte zu erhöhen.

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 vom Herstellungsverfahren, Werkstoff und Abmessung hinreichende Gleichmäßigkeit der vergleichenden Schallschwächungs-

messungen vorhanden ist, darf der Umfang der Schallschwächungsmessungen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen auf die Hälfte reduziert werden.

#### 23.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 23.6 Maßprüfung

(1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

(2) Bei jedem Rohr ist an beiden Enden die Wanddicke und je nach Bestellung entweder der Außen- oder der Innendurchmesser zu messen.

#### 23.7 Prüfung auf Dichtheit

Jedes Rohr ist durch einen Innendruckversuch mit Wasser auf Dichtheit zu prüfen. Der Innendruckversuch ist bei einem Prüfdruck von 7 MPa durchzuführen. Der Prüfdruck ist mindestens 10 s zu halten. Leckagen oder sichtbare Verformungen sind unzulässig.

#### 23.8 Verwechslungsprüfung

Jedes Rohr ist nach Abschnitt 3.3.7.9 auf Werkstoffverwechslung zu prüfen.

#### 23.9 Kennzeichnung

Zusätzlich zu den Festlegungen des Abschnitts 3.5 gilt:

- Die Rohre sind einzeln zu nummerieren.
- Das Fertigungsverfahren (warm- oder kaltgefertigt) ist anzugeben.

#### 23.10 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 23.3.2.1, 23.3.2.5, 23.3.2.6, 23.3.2.7, 23.7 und 23.8 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

(2) Für jedes Wärmebehandlungslos ist der Wärmebehandlungszustand mit Angabe der Temperatur, Haltedauer und Abkühlbedingungen zu bescheinigen. Die Zuordnung der Rohre zu den Wärmebehandlungslosen muss angegeben sein.

#### 24 Nahtlose Rohrbogen aus nichtrostenden austenitischen Stählen

##### 24.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für nahtlose warm- und kaltgefertigte Rohrbogen mit einer Wanddicke gleich oder kleiner als 50 mm aus nichtrostenden austenitischen Stählen, und zwar für Rohrbogen, die nach der Formgebung lösungsgeglüht und abgeschreckt werden. Als Ausgangserzeugnisse kommen nahtlose Rohre sowie auch hohlgeschmiedete oder hohlgebohrte Schmiedestücke in Betracht.

(2) Bei Rohrbogen sind dann zylindrische Enden erforderlich, wenn dies für die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfungen nach Abschnitt 12 KTA 3201.3 (gegebenenfalls unter Beachtung der Anforderungen für die wiederkehrenden Prüfungen) notwendig ist.

(3) Dieser Abschnitt gilt nicht für Rohrbogen, die aus Rohrbiegungen entnommen werden, die z. B. mit der Induktivbie-

gemaschine, auf der Biegeplatte oder durch Kaltbiegen hergestellt worden sind; für diese gilt Abschnitt 6 KTA 3201.3.

(4) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 3 zu entnehmen.

(5) Für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedewasserreaktoren, die mit Reaktorwasser (Betriebstemperatur  $T \geq 200$  °C im Dauerbetrieb) in Berührung stehen, darf nur die Stahlsorte X 6 CrNiNb 18 10 S, und zwar nur mit den Zusatzforderungen nach **Tabelle A 3-1** Fußnote 4, verwendet werden.

## 24.2 Anforderungen

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.2.4.3.

## 24.3 Prüfungen

### 24.3.1 Allgemeines

Alle nachstehenden Festlegungen gelten unter der Voraussetzung, dass die Hauptumformung der Ausgangsrohre in der Kopf-Fuß-Richtung des Ausgangsblockes erfolgte. Falls bei geschmiedeten Rohren hiervon Abweichungen auftreten, sind im Rahmen der erstmaligen Begutachtung gegebenenfalls ergänzende Festlegungen für die Probenentnahmeorte zu treffen.

### 24.3.2 Prüfung der Ausgangserzeugnisse

(1) Werden die Ausgangserzeugnisse von ihrem Hersteller im fertig wärmebehandelten Zustand, also im lösungsgeglühten und abgeschreckten Zustand, an den Rohrbieger geliefert, so sind die Ausgangserzeugnisse vollständig bei ihrem Hersteller zu prüfen, und zwar nahtlose Rohre nach den Festlegungen des Abschnitts 23.3 und Schmiedestücke nach den Festlegungen in Abschnitt 22.3.

(2) Werden die Ausgangserzeugnisse bei ihrem Hersteller zu Bogen verarbeitet, so genügt eine Prüfung der Ausgangserzeugnisse durch Ermittlung der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse und nach der Stückanalyse. Dafür gilt der folgende Prüfumfang: Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 3-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen. Für die Stückanalyse sind Ausgangserzeugnisse derselben Schmelze und Abmessung zu lösen von höchstens 10 Herstelllängen zusammenzufassen. Je Los ist an einer Herstelllänge eine Stückanalyse durchzuführen.

### 24.3.3 Prüfung der Rohrbogen

#### 24.3.3.1 Probenentnahmeorte

- (1) Die Proben sind vom Rohrbogenende zu entnehmen.
- (2) Der Abstand zwischen Rohrbogenende und Probenentnahmeort muss mindestens gleich der Wanddicke, höchstens jedoch 25 mm, sein.
- (3) Nach Möglichkeit sind Querproben zu entnehmen. Für Zugversuche sind bei Außendurchmessern gleich oder kleiner als 200 mm Längsproben zu entnehmen.
- (4) Bei Rohrbogen mit Wanddicken gleich oder größer als 20 mm sind die Proben möglichst aus der Mitte der Rohrwand zu entnehmen.

#### 24.3.3.2 Prüfumfang

**24.3.3.2.1** Prüfumfang bei Rohrbogen, die aus nach Abschnitt 24.3.2 (1) geprüften Ausgangserzeugnissen gefertigt werden

##### 24.3.3.2.1.1 Allgemeingültige Festlegungen

Wenn in den folgenden Abschnitten nichts anderes festgelegt ist, sind die Prüfungen nach Lösen durchzuführen, die aus

Rohrbogen derselben Schmelze, gemeinsamer Wärmebehandlung und ähnlicher Abmessung zusammenzustellen sind; die Losgröße darf 10 Stück nicht übersteigen.

#### 24.3.3.2.1.2 Chemische Analysen

(1) Je Los ist eine Stückanalyse zur Bestimmung der Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 3-1**, aufgeführten Elemente durchzuführen. Bei der Losbildung ist die Einhaltung der Bedingung gleicher Wärmebehandlung nicht erforderlich.

(2) Der Stickstoffgehalt ist auszuweisen.

#### 24.3.3.2.1.3 Zugversuch

Je Los ist je ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur durchzuführen.

#### 24.3.3.2.1.4 Kerbschlagbiegeversuch

Soweit 10 mm breite Proben entnommen werden können, ist je Los bei Raumtemperatur ein Satz Kerbschlagproben im Kerbschlagbiegeversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) zu prüfen. Im Allgemeinen sind Querproben zu prüfen. Ist die Entnahme von Querproben nicht möglich, so ist die Prüfung an Längsproben durchzuführen.

#### 24.3.3.2.1.5 Technologische Prüfungen

Können keine 10 mm breite Kerbschlagproben entnommen werden, sind statt des Kerbschlagbiegeversuches technologische Prüfungen nach Abschnitt 3.3.7.3 (6) durchzuführen, und zwar je Los ein Versuch an einem Ende:

- a) Ringaufdornversuch oder Aufweitversuch bei Rohrbogen mit einem Außendurchmesser gleich oder kleiner als 146 mm und einer Wanddicke gleich oder größer als 2 mm,
- b) Ringzugversuch bei Rohrbogen mit einem Außendurchmesser größer als 146 mm.

#### 24.3.3.2.1.6 Metallographische Untersuchung

Durch eine metallographische Untersuchung je Los sind Korngröße und Gefügestand zu ermitteln und nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

#### 24.3.3.2.1.7 Ermittlung des Deltaferritgehaltes

Für Bauteile, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten durchgeführt werden, ist der Deltaferritgehalt durch den Aufschmelzversuch oder durch Berechnung unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes für jede am Stück ermittelte chemische Zusammensetzung (siehe Abschnitt 24.3.3.2.1.2 (2)) nach Abschnitt 3.3.7.5 zu ermitteln.

#### 24.3.3.2.1.8 Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Je Los (Stückzahl gleich oder kleiner als 50) ist eine Prüfung nach Abschnitt 3.3.7.6 auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion durchzuführen.

#### 24.3.3.2.2 Prüfumfang bei Rohrbogen, die aus nach Abschnitt 24.3.2 (2) geprüften Ausgangserzeugnissen gefertigt werden

(1) Für den Prüfumfang bei Rohrbogen aus nahtlosen Rohren gelten sinngemäß die Festlegungen in Abschnitt 23.3.2; jedoch ist dabei zu beachten, dass sich der Prüfumfang nicht auf Herstelllängen, sondern jeweils auf Rohrbogen bezieht. In Abweichung von Abschnitt 23.3.2 gilt für den Nachweis der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse Ab-

schnitt 24.3.3.2.1.2, für den Nachweis der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion Abschnitt 24.3.3.2.1.8.

(2) Rohrbogen aus Schmiedestücken sind einzeln zu prüfen. Im Übrigen gelten die Festlegungen der Abschnitte 24.3.3.2.1.2. bis 24.3.3.2.1.8.

#### 24.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

(1) Aus geschmiedeten Erzeugnisformen hergestellte Bogen mit Nennwanddicken größer als 30 mm sind nach den Festlegungen des Abschnitts 22.4 wie nahtlose Hohlteile zu prüfen. Alle anderen Bogen sind gemäß den Festlegungen des Abschnitts 17.4 zu prüfen, wobei zusätzlich die Prüfbarkeit der Schweißkantenbereiche gemäß Abschnitt 22.4.2.3 zu überprüfen ist.

(2) Die Ermittlung der Schallschwächung und der Transferkorrektur hat gemäß Abschnitt 23.4 (2) zu erfolgen.

#### 24.5 Kennzeichnung

Zusätzlich zu den Festlegungen des Abschnitts 3.5 gilt:

- Bei Fertigung mehrerer Rohrbogen aus einem Stück Ausgangserzeugnis muss die entsprechende Zuordnung sichergestellt sein.
- Die Bogen sind einzeln zu nummerieren.
- Das Fertigungsverfahren (warm- oder kaltgefertigt) ist anzugeben.

#### 24.6 Verwechslungsprüfung

Jeder Bogen ist nach Abschnitt 3.3.7.9 auf Werkstoffverwechslung zu prüfen.

#### 24.7 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 24.8 Maßprüfung

(1) Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

(2) Bei jedem Bogen 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. Ferner ist die Unrundheit zu ermitteln.

#### 24.9 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 24.3.3.2.1.2, 24.3.3.2.1.6, 24.3.3.2.1.7, 24.3.3.2.1.8 und 24.6 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

(2) Für jedes Wärmebehandlungslos ist der Wärmebehandlungszustand mit Angabe der Temperatur, Haltedauer und Abkühlbedingungen zu bescheinigen. Die Zuordnung der Bogen zu den Wärmebehandlungslosen muss gegeben sein.

### 25 Hauptkühlmittelpumpengehäuse aus ferritischem Stahlguss

#### 25.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für Hauptkühlmittelpumpengehäuse aus vergütetem ferritischem Stahlguss.

(2) Die Festlegungen zu dem Werkstoff für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 4 zu entnehmen.

### 25.2 Anforderungen

(1) Kernstützen sind im Endzustand des Gussstücks nicht zulässig.

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

(3) Die Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch in der Hochlage muss mindestens 100 J am Grundwerkstoff betragen.

(4) Die NDT-Temperatur soll gleich oder kleiner als 0 °C sein. Bei Überschreitung der geforderten NDT-Temperatur ist vom Besteller im Einvernehmen mit dem Sachverständigen unter Berücksichtigung der Sicherheitsanalyse über das weitere Vorgehen zu entscheiden.

(5) Die Schlagenergie ist bei einer Temperatur zu prüfen, die 33 K höher liegt als die geforderte NDT-Temperatur. Die Schlagenergie darf dabei einen Wert von 68 J und die seitliche Breite einen Wert von 0,9 mm nicht unterschreiten. Falls diese Werte bei einer Probe nicht erreicht werden, ist diejenige höhere Temperatur zu ermitteln, bei der die genannten Forderungen im Kerbschlagbiegeversuch erfüllt werden. Für die Verwendung eines solchen Erzeugnisses ist dann zu beachten, dass diese höhere Temperatur unterhalb der in kritischen Zuständen (z. B. Druckprüfung oder Störfall) möglichen Temperatur liegen muss. Für die Kerbschlagbiegeversuche ist bei der ursprünglichen Temperatur eine Wiederholungsprüfung unter folgenden Bedingungen gestattet:

- Der Mittelwert der Schlagenergie und der seitlichen Breite dürfen den spezifizierten Einzelwert nicht unterschreiten.
- Nur bei einer Probe dürfen die spezifizierten Einzelwerte unterschritten werden.
- Bei der ausgefallenen Probe, die die spezifizierten Einzelwerte nicht erreichte, darf der spezifizierte Einzelwert der Schlagenergie um nicht mehr als 14 J, der spezifizierte Einzelwert der seitlichen Breite um nicht mehr als 0,13 mm unterschritten werden.

Bei der Wiederholungsprüfung sind für die ausgefallene Probe zwei zusätzliche Proben zu prüfen. Diese beiden Proben sind so nahe wie möglich an dem Entnahmeort zu entnehmen, von dem die ausgefallene Probe entnommen worden war. Beide Proben müssen die spezifizierten Einzelwerte erreichen. Falls die spezifizierten Einzelwerte auch bei der Wiederholungsprüfung nicht erreicht werden, ist diejenige höhere Temperatur zu ermitteln, bei der jeder Einzelwert die genannten Forderungen erfüllt. Dazu sollen die vorhandenen Schlagenergie-Temperatur-Kurven genommen werden, die erforderlichenfalls durch weitere Versuche zu ergänzen sind.

#### 25.3 Allgemeine Voraussetzungen für die Herstellung

(1) Außer den in Abschnitt 2.6.4 genannten Unterlagen über die Herstellung sind dem Sachverständigen zur Vorprüfung auch Prüffolgepläne für Fertigungs- und Konstruktions-schweißungen, Schweißpläne sowie Listen für entsprechende Arbeitsprüfungen vorzulegen. Die Vorprüfung der Prüffolgepläne darf für Fertigungs- und Konstruktions-schweißungen entfallen, wenn die Schweißungen gemäß **Tabelle 25-1** durchgeführt und geprüft werden. Mit den Prüfanweisungen für die zerstörungsfreien Prüfungen ist ein Plan für das Koordinatensystem (Bezugspunktraster) vorzulegen.

(2) Außer diesen Vorprüfunterlagen ist zur Erläuterung der Gießtechnik die Anschnitt- und Speisertechnik anhand der Sättigungsberechnung, aus der die Lage der Speiser und Speisungsbereiche hervorgeht, darzulegen. Ebenso sind die Lage und Abmessungen der angegossenen Prüfblöcke darzustellen und zu begründen. Diese Unterlagen dienen nur der Information. Sie bedürfen nicht des förmlichen Freigabeverkehrs durch den Sachverständigen.



(3) In den Prüfanweisungen der zerstörungsfreien Prüfung sind die Aussagen und Erläuterungen zur Gießtechnik sowie die Festlegungen in Abschnitt 25.6 zu berücksichtigen. Liegen bei der zerstörungsfreien Prüfung eingeschränkt prüfbare Bereiche vor, so ist der Nachweis ausreichender Bauteilsicherheit durch geeignete Ersatzmaßnahmen zu erbringen.

## 25.4 Schweißungen

### 25.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen gelten die Festlegungen nach DIN EN 1559-1 und DIN EN 1559-2 sowie, soweit in den Abschnitten 25.4.2 und 25.4.3 nicht anders festgelegt, die in KTA 3201.3 festgelegten Anforderungen für Verbindungsschweißungen.

(2) Die Oberfläche der Schweißmulde für Fertigungsschweißungen ist einer Oberflächenprüfung nach Abschnitt 25.6 zu unterziehen.

(3) Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen sind im Allgemeinen erneut zu vergüten. Dies ist bei der Wahl der Schweißzusätze zu berücksichtigen.

(4) Auf das Vergüten von Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen darf nur im Einvernehmen mit dem Sachverständigen verzichtet werden. In diesem Fall sind Anzahl, Größe und Lage der Schweißstellen zu nummerieren und zu dokumentieren (Endablage).

(5) Der Sachverständige ist über größere Fertigungsschweißungen und alle Konstruktionsschweißungen zu informieren. Für die Zwischenablage sind diese Schweißungen zu dokumentieren. 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.

(6) Kleine Fertigungsschweißungen, z. B. zur Beseitigung von Oberflächenfehlern, sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Sind sie dennoch erforderlich, ist anschließend spannungsarmzuglühn.

(7) Alle Schweißungen, die nur spannungsarmgeglüht werden, sind um zwei Lagen überhöht zu schweißen und anschließend bis auf die Höhe des Grundwerkstoffes glattzuschleifen.

### 25.4.2 Verfahrensprüfung

#### 25.4.2.1 Allgemeines

Für Fertigungsschweißungen (Ausmuldungs- und Durchbruchschweißungen) und Konstruktionsschweißungen sind Verfahrensprüfungen gemäß den nachstehenden Festlegungen durchzuführen.

#### 25.4.2.2 Verfahrensprüfung für Fertigungsschweißungen

##### 25.4.2.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

###### (1) Fertigungsschweißungen

Die Schweißung der Verfahrensprüfung muss den am Bauteil vorgesehenen Bedingungen weitgehend entsprechen.

Die Abmessungen der Prüfstücke sind so zu wählen, dass die in **Tabelle 25-2** geforderten Prüfungen durchgeführt werden können.

Die Prüfstücke für Fertigungsschweißungen sind, wie für das Bauteil vorgesehen, wärmezubehandeln, d.h. die vergüteten Prüfstücke sind nach dem Schweißen erneut wärmezubehandeln. Die Temperatur-Zeit-Folgen für das simulierende Spannungsarmglühen sind unter Beachtung des Abschnitts 3.3.5.1 festzulegen.

###### (2) Ausmuldungsschweißungen

Für die Verfahrensprüfung für Ausmuldungsschweißungen an Gussstücken mit Wanddicken gleich oder größer als 100 mm

ist eine ebene Stahlgussplatte des gleichen Werkstoffes mit mindestens 100 mm Dicke zu verwenden. Für Gussstücke mit Wanddicken kleiner als 100 mm darf eine ebene Stahlgussplatte des gleichen Werkstoffes mit mindestens 50 mm Dicke verwendet werden.

Die Platten sind zur Vorbereitung der Schweißungen entsprechend einer zu erwartenden Fertigungsschweißung auf rund 40 % der Wanddicke auszuarbeiten.

###### (3) Durchbruchschweißungen

Eine Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen mit einer Dicke  $d_p$  schließt sämtliche Wanddicken  $d_B$  der zu schweißenden Bauteile bis  $d_B = 1,5 \cdot d_p$  ein.

Eine Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen schließt sämtliche Ausmuldungsschweißungen nach (2) ein, wenn ihre Wanddicke gleich oder größer als 50 mm ist. Ist die Dicke der Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen kleiner als 50 mm, so sind für größere Wanddicken Verfahrensprüfungen für Ausmuldungsschweißungen nach (2) durchzuführen.

#### 25.4.2.2.2 Verfahrensprüfungen für vergütete und simulierend spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen

##### (1) Probenentnahme

Die Probenentnahme hat nach den **Bildern 25-1 und 25-2** zu erfolgen.

##### (2) Prüfumfang

###### a) Mechanisch-technologische Prüfungen

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 25-2**.

###### b) Zerstörungsfreie Prüfungen

Die zum Schweißen vorbereiteten Oberflächen sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen.

Am Prüfstück sind eine Oberflächenprüfung, eine Durchstrahlungsprüfung und eine Ultraschallprüfung im Endwärmebehandlungszustand - vergütet und simulierend spannungsarmgeglüht - durchzuführen. Der Prüfumfang und Einzelheiten zur Durchführung sind in Abschnitt 25.6 festgelegt.

##### c) Sonstige Prüfungen

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 25-2**.

##### (3) Bewertung der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen sowie der sonstigen Prüfungen müssen den Anforderungen in **Tabelle 25-3** entsprechen. Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen müssen den Zulässigkeitskriterien nach Abschnitt 25.6.4 genügen.

#### 25.4.2.2.3 Verfahrensprüfungen für nur simulierend spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen

##### (1) Probenentnahme

Die Probenentnahme hat nach den **Bildern 25-1 und 25-2** zu erfolgen.

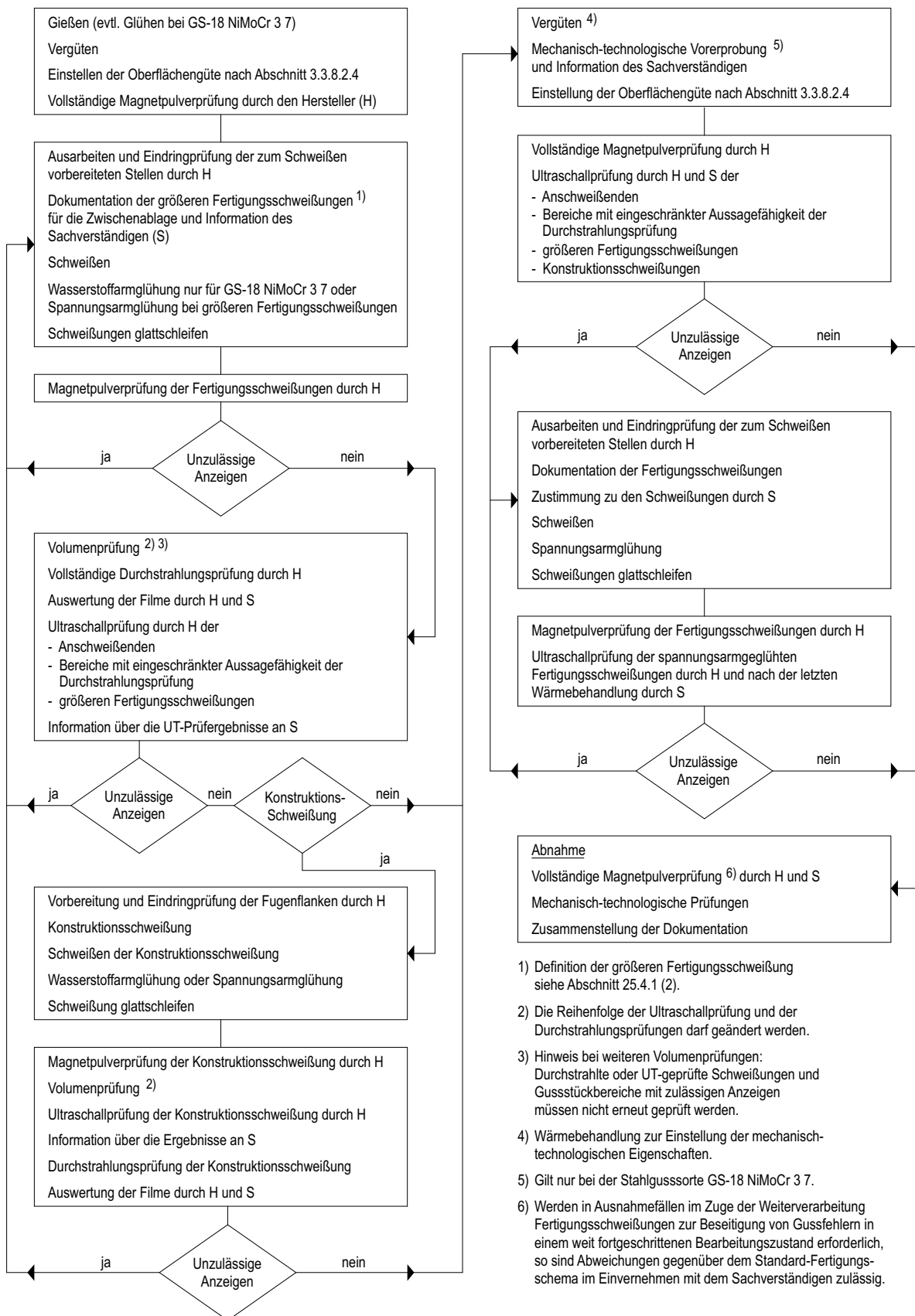
##### (2) Prüfumfang und Bewertung der Prüfergebnisse

Für den Prüfumfang und die Bewertung der Prüfergebnisse gelten die Festlegungen nach Abschnitt 9.2 KTA 3201.3.

#### 25.4.2.3 Verfahrensprüfungen für Konstruktionsschweißungen

(1) Für Konstruktionsschweißungen gelten sinngemäß die Festlegungen des Abschnitts 25.4.2.2.2, wenn die Schweißung neu vergütet und spannungsarmgeglüht wird, oder die Festlegungen nach Abschnitt 9.2 KTA 3201.3, wenn die Schweißung nur spannungsarmgeglüht wird.

(2) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind nach Abschnitt 12 KTA 3201.3 durchzuführen.



- 1) Definition der größeren Fertigungsschweißung siehe Abschnitt 25.4.1 (2).
- 2) Die Reihenfolge der Ultraschallprüfung und der Durchstrahlungsprüfungen darf geändert werden.
- 3) Hinweis bei weiteren Volumenprüfungen: Durchstrahlte oder UT-geprüfte Schweißungen und Gussstückbereiche mit zulässigen Anzeigen müssen nicht erneut geprüft werden.
- 4) Wärmebehandlung zur Einstellung der mechanisch-technologischen Eigenschaften.
- 5) Gilt nur bei der Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7.
- 6) Werden in Ausnahmefällen im Zuge der Weiterverarbeitung Fertigungsschweißungen zur Beseitigung von Gussfehlern in einem weit fortgeschrittenen Bearbeitungszustand erforderlich, so sind Abweichungen gegenüber dem Standard-Fertigungsschema im Einvernehmen mit dem Sachverständigen zulässig.

**Tabelle 25-1:** Fertigungsschema für drucktragende Teile aus ferritischem Stahlguss

Probenart	Prüf-temperatur	Prüfung nach	zu bestimmen	Probenlage nach Bild/Skizze	Prüf-schicht nach Bild 25-2	Anzahl der Proben 1)		Abnahme-prüfzeugnis nach DIN EN 10204		
						Ausmul-dung	Durch-bruch			
a) <b>Schweißgut</b> Zugproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m, R_{p0,2}, A, Z$	25-1/I	—	1	—	3.2		
	350 °C	DIN EN ISO 6892-2	$R_m, R_{p0,2}, A, Z$	25-1/I	—	1	—			
	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m, R_{p0,2}, A, Z$	25-2/I	O	—	1			
					M	—	1			
	350 °C	DIN EN ISO 6892-2	$R_m, R_{p0,2}, A, Z$	25-2/I	O	—	1			
					M	—	1			
	Kerbschlagproben	2)	DIN EN ISO 148-1	KV <sub>2</sub> -T-Kurve <sup>2)</sup> , Breitung, matte Bruchfläche	25-1/IV	—	je 3		—	
		33 °C		KV <sub>2</sub> , Breitung, matte Bruchfläche	25-1/IV	—	3		—	
		2)	DIN EN ISO 148-1	KV <sub>2</sub> -T-Kurve <sup>2)</sup> , Breitung, matte Bruchfläche	25-2/IV	O	—		je 3	
		33 °C		KV <sub>2</sub> , Breitung, matte Bruchfläche	25-2/IV	M	—		je 3	
Fallgewichtsproben	5 °C	SEP 1325, P2	gebrochen/nicht gebrochen	25-1/VI	—	2	—			
	5 °C	SEP 1325, P2	gebrochen/nicht gebrochen	25-2/VI	M	—	2			
b) <b>Schweißverbindung</b> Zugproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m$ , Bruchlage	25-1/II	—	1	—	3.2		
	350 °C	DIN EN ISO 6892-2	$R_m$ , Bruchlage	25-1/II	—	1	—			
	Zugproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m$ , Bruchlage	25-2/II	O	—		1	
						M	—		1	
	350 °C	DIN EN ISO 6892-2	$R_m$ , Bruchlage	25-2/II	O	—	1			
					M	—	1			
	Biegeproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 5173	Biegewinkel bis zum 1. Anriss	25-1/III	—	1		—	
		Raum-temperatur	DIN EN ISO 5173	Biegewinkel bis zum 1. Anriss	25-2/III	O	—		1	
	Kerbschlagproben <sup>3)</sup>	2)	DIN EN ISO 148-1	KV <sub>2</sub> -T-Kurve <sup>2)</sup> , Breitung, matte Bruchfläche	25-1/V	—	je 3		—	
		33 °C		KV <sub>2</sub> , Breitung, matte Bruchfläche	25-1/V	—	3		—	
		2)	DIN EN ISO 148-1	KV <sub>2</sub> -T-Kurve <sup>2)</sup> , Breitung, matte Bruchfläche	25-2/V	O	—		je 3	
		33 °C		KV <sub>2</sub> , Breitung, matte Bruchfläche	25-2/V	M	—		je 3	
		Fallgewichtsproben	5 °C	SEP 1325, P2	gebrochen/nicht gebrochen	25-1/VII	—		2	—
			5 °C	SEP 1325, P2	gebrochen/nicht gebrochen	25-2/VII	O		—	2
	c) <b>Grundwerkstoff</b> <sup>4)</sup> Zugproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m, R_{p0,2}, A, Z$	—	—	1		—	3.2
		Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m, R_{p0,2}, A, Z$	—	O	—		1	
						M	—		1	
		Kerbschlagproben	33 °C	DIN EN ISO 148-1	KV <sub>2</sub> , Breitung, matte Bruchfläche	—	—		3	
33 °C			DIN EN ISO 148-1	KV <sub>2</sub> , Breitung, matte Bruchfläche	—	O	—	3		
						M	—	3		

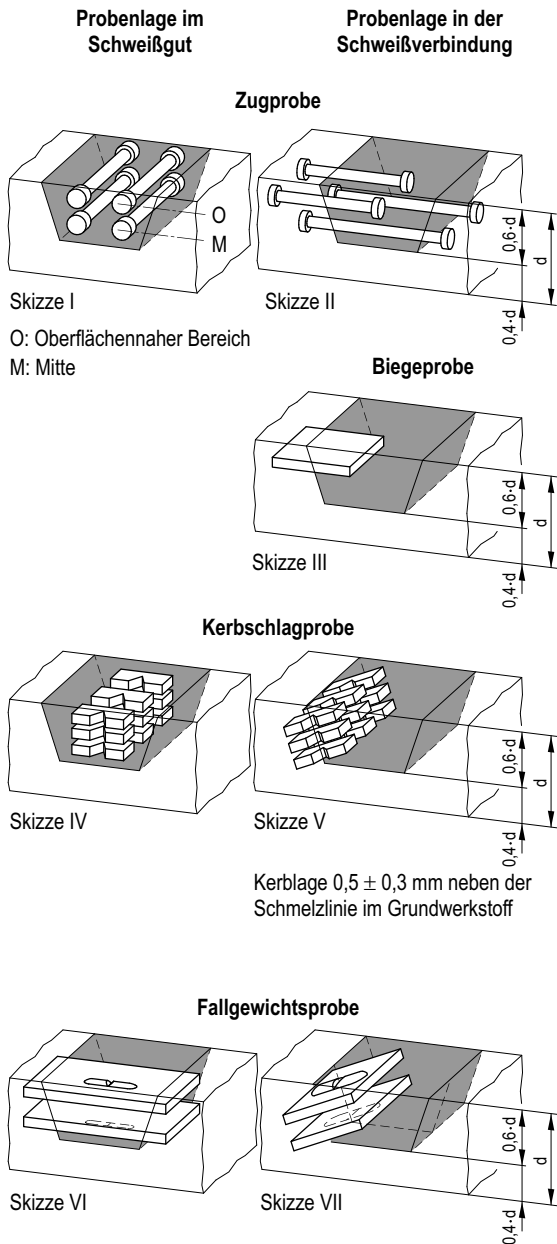
**Tabelle 25-2:** Drucktragende Teile aus ferritischem Stahlguss; Umfang der Erprobung von Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen (Fortsetzung siehe nächste Seite)

<b>d) Weitere Prüfungen</b>	
Wird eine Schweißung in mehreren Wärmebehandlungszuständen geprüft (z. B. simulierter Wärmebehandlungszustand, mitlaufend), sind die nachfolgenden Prüfungen nur im simulierten Wärmebehandlungszustand durchzuführen.	
(1)	Aufnahme eines geätzten Makroschliffes über den gesamten Querschnitt der Fertigungsschweißung. Belegung durch Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204.
(2)	Analyse der Legierungselemente im Schweißgut, für Durchbruchschweißungen in den Prüfschichten O, M auf: C, Mn, Si, P, S, Cr, Mo, Ni, Al, V, N, Cu. Belegung durch Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.
(3)	Härteverlauf HV 5 über Grundwerkstoff-Schweißgut-Grundwerkstoff, für Durchbruchschweißungen in den Prüfschichten O und M sowie über die ganze Schweißnahhöhe in Schweißgutmitte. Belegung durch Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204.
(4)	Metallographische Aufnahme an Querschliffen im Allgemeinen in 200facher Vergrößerung in den Prüfschichten nach <b>Bild 25-1</b> und <b>Bild 25-2</b> je einmal. Belegung durch Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204. Hierbei ist zu erfassen: - Schweißgut, - Übergang Schweißgut/Grundwerkstoff und - Grundwerkstoff (unbeeinflusst).
1)	Bei Verfahrensprüfungen für vergütete und simulierend spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen ist bei Wanddicken gleich oder kleiner als 30 mm auch für Durchbruchschweißungen nur in einer Prüfschicht zu prüfen.
2)	Siehe Abschnitt 3.3.7.3 (4). Bei Arbeitsprüfungen ist die Ermittlung der KV <sub>2</sub> -T-Kurve nicht erforderlich.
3)	Bei Verfahrensprüfungen für vergütete und simulierend spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen ist zusätzlich die Schlagenergie auf der Schmelzlinie und 0,5 ± 0,3 mm neben der Schmelzlinie im Schweißgut bei 0 °C und 33 °C zu ermitteln.
4)	Die Prüfung des Grundwerkstoffes ist nur erforderlich, wenn die entsprechenden Grundwerkstoffwerte in den Prüfschichten O und M nicht vorliegen.

**Tabelle 25-2:** Drucktragende Teile aus ferritischem Stahlguss  
Umfang der Erprobung von Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen (Fortsetzung)

Prüfung	Anforderungen
<b>a) Schweißgut</b>	
Zugversuch (Raumtemperatur und 350 °C)	Wie Grundwerkstoff oder wie bei der Eignungsprüfung des Zusatzwerkstoffes festgelegt.
Kerbschlagbiegeversuch	KV <sub>2</sub> (0 °C), KV <sub>2</sub> (33 °C) und Breitung (33 °C) entsprechend den Anforderungen an den Grundwerkstoff.
Fallgewichtsversuch	Nachweis NDT-Temperatur ≤ 0 °C
Analyse	Wie Eignungsprüfung des Zusatzwerkstoffes.
<b>b) Schweißverbindung</b>	
Zugversuch (Raumtemperatur und 350 °C)	Wie spezifizierte Mindestzugfestigkeit des Grundwerkstoffes, Bruchlage nicht spezifiziert.
Kerbschlagbiegeversuch	KV <sub>2</sub> (0 °C), KV <sub>2</sub> (33 °C) und Breitung (33 °C) entsprechend den Anforderungen an den Grundwerkstoff.
Biegeprüfung	Biegewinkel 180 Grad bei Biegedorndurchmesser 3a. Ermittlung der Biegedehnung nach DIN EN ISO 5173. Aufbrüche, die auf vorhandene Poren oder Bindefehler zurückzuführen sind, sind zulässig. Risse ohne erkennbare Ursachen dürfen eine Länge von 1,6 mm nicht überschreiten.
Fallgewichtsversuch	Nachweis NDT-Temperatur ≤ 0 °C
Metallographische Untersuchung über den Querschnitt	Das Gefüge des Schweißgutes und der wärmebeeinflussten Zone des Grundwerkstoffes muss einwandfreien Lagenaufbau und einwandfreie Durchschweißung der Naht (Makroschliff) sowie einwandfreie Gefügebildung (Mikroschliff) erkennen lassen. Werkstofftrennungen (Mikroschliff) sind nur zulässig, wenn sie nach Anzahl und Lage eindeutig nur als vereinzelte Fehlstellen festgestellt werden. Unzulässig ist eine Anhäufung derartiger Fehlstellen in Form zusammenhängender Felder.
Härteverlauf am Makroschliff	In den wärmebeeinflussten Zonen soll die Härte 350 HV 5 nicht überschreiten. Darüber hinausgehende Härtespitzen in schmalen Zonen bedürfen einer zusätzlichen Überprüfung. Hierbei darf 350 HV 10 nicht überschritten werden. Einzelne darüber hinausgehende Härtespitzen sind zulässig, wenn sie örtlich begrenzt sind.
<b>c) Grundwerkstoff</b>	
Zugversuch (Raumtemperatur) Kerbschlagbiegeversuch (33 °C)	Wie <b>Anhang A</b> oder Gutachten, soweit für die jeweiligen Prüfschichten spezifiziert.

**Tabelle 25-3:** Drucktragende Teile aus ferritischem Stahlguss  
Anforderungen an die Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen



**Bild 25-1:** Probenentnahme bei Verfahrensprüfungen für Ausmaldungsschweißungen

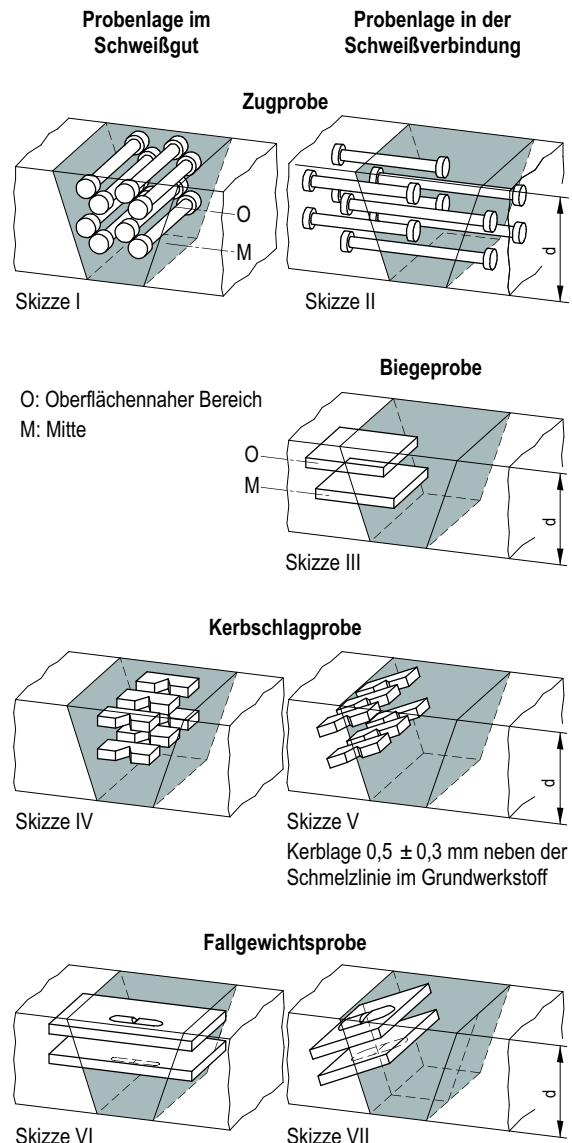
### 25.4.3 Arbeitsprüfungen

#### 25.4.3.1 Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen

##### (1) Allgemeingültige Festlegungen

Für Fertigungsschweißungen sind gemäß den nachfolgenden Festlegungen Arbeitsprüfungen durchzuführen. Mit der einer Bauteilschweißung zugeordneten Arbeitsprüfung dürfen andere Bauteilschweißungen, die im gleichen Geltungsbereich der Verfahrensprüfung liegen, abgedeckt werden, sofern diese innerhalb von 12 Monaten nach Abschluss der einer Bauteilschweißung zugeordneten Arbeitsprüfung geschweißt werden.

Die Abmessung der Prüfstücke ist so zu wählen, dass die in **Tabelle 25-2** geforderten Prüfungen durchgeführt werden können und dass ausreichendes Reservematerial zur Verfügung steht. Für die Aufbewahrung der Reststücke gilt



**Bild 25-2:** Probenentnahme bei Verfahrensprüfungen für Durchbruchschweißungen

KTA 3201.3, Abschnitt 11.1.4. Die Prüfstücke sind, wie für das Bauteil vorgesehen, wärmezubehandeln, d.h. die vergüteten Prüfstücke sind nach dem Schweißen erneut wärmezubehandeln. Die Temperatur-Zeit-Folgen für das simulierende Spannungsarmglühen sind unter Beachtung von Abschnitt 3.3.5.1 festzulegen.

##### (2) Probenentnahme

Die Probenentnahme hat nach den **Bildern 25-1** und **25-2** zu erfolgen.

##### (3) Prüfumfang

###### a) Mechanisch-technologische Prüfungen

Der Prüfumfang für vergütete und simulierend spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen richtet sich nach **Tabelle 25-2**, jedoch entfallen die in **Tabelle 25-2** geforderten KV<sub>2</sub>-T-Kurven. Wird das Prüfstück an ein aus

der gleichen Schmelze stammendes Gussstück angeheftet und mit diesem gemeinsam vergütet oder wird ein gleicher Temperatur-Zeit-Verlauf in geeigneter Weise nachgewiesen, ist eine Prüfung der mechanisch-technologischen Eigenschaften des Grundwerkstoffs nicht erforderlich, da die Werte bei der Prüfung des Gussstückes selbst anfallen.

Der Prüfumfang für spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen richtet sich nach den Festlegungen in KTA 3201.3, Abschnitt 11.

b) Zerstörungsfreie Prüfungen

Im Endwärmebehandlungszustand - vergütet und simulierend spannungsarmgeglüht oder nur simulierend spannungsarmgeglüht - sind eine Oberflächenprüfung, eine Durchstrahlungsprüfung und eine Ultraschallprüfung durchzuführen. Der Prüfumfang und Einzelheiten zur Durchführung sind in Abschnitt 25.6 festgelegt.

c) Sonstige Prüfungen

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 25-2**.

(4) Bewertung der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen sowie der sonstigen Prüfungen müssen den Anforderungen in **Tabelle 25-3** genügen. Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen müssen den Zulässigkeitskriterien nach Abschnitt 25.6.4 genügen.

**25.4.3.2** Arbeitsprüfungen für Konstruktionsschweißungen

(1) Für Konstruktionsschweißungen gelten sinngemäß die Festlegungen des Abschnitts 25.4.2.2.2, wenn die Schweißung neu vergütet und spannungsarmgeglüht wird, oder die Festlegungen nach Abschnitt 11.2 KTA 3201.3, wenn die Schweißung nur spannungsarmgeglüht wird.

(2) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind nach KTA 3201.3, Abschnitt 12, durchzuführen.

**25.5** Prüfungen am Gussstück

**25.5.1** Probenentnahme

(1) Die Proben sind aus angegossenen Prüfblöcken, die nicht gekühlt werden dürfen (Angussproben, Überlängen oder Stutzenausschnitte), zu entnehmen.

(2) Für die Anzahl und die Verteilung der Probenentnahmeorte am Gussstück gilt folgende Regelung:

Gussstückgewicht in kg	Anzahl der Probenentnahmeorte und Verteilung am Gussstück
≤ 6000	zwei Probenentnahmeorte möglichst nahe am Speiser
> 6000	zwei Probenentnahmeorte möglichst nahe am Speiser und ein Probenentnahmeort im größtmöglichen Abstand vom Speiser

(3) Je Probenentnahmeort ist ein Prüfblock vorzusehen. Wenn aus gießtechnischen Gründen erforderlich, darf dieser auch unterteilt werden.

(4) Die Dicke der Prüfblöcke muss der maßgeblichen Wanddicke des Gussstückes entsprechen.

(5) Die Prüfblöcke sind nach der letzten Vergütung abzutrennen, soweit die zerstörungsfreien Prüfungen nicht beeinträchtigt werden. Ist aus Gründen der zerstörungsfreien Prüfungen ein Abtrennen zu einem früheren Zeitpunkt erforderlich, so sind die Prüfblöcke anschließend wieder mit dem Gussstück zu verschweißen und mit diesem gemeinsam zu vergüten.

(6) Ein Abtrennen durch Brennschneiden ist zulässig, wenn  
a) keine unzulässige Wärmebeeinflussung des Gussstücks erfolgt

oder

b) nach dem Abtrennen noch eine Spannungsarmglühung im Zuge der Fertigung, z. B. nach Fertigungs- oder Konstruktionsschweißung am Gussstück, durchgeführt und die wärmebeeinflusste Zone des Brennschnittes am Gussstück mechanisch entfernt wird.

(7) Werden die Prüfblöcke mechanisch abgetrennt, ist nach dem Abtrennen der Prüfblöcke keine Spannungsarmglühung erforderlich.

(8) Hinsichtlich der Größe der Prüfblöcke ist Abschnitt 3.3.3 zu beachten.

(9) Die Proben müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke unter der längsseitigen Oberfläche und mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke unter der stirnseitigen Oberfläche der Prüfblöcke liegen.

(10) Bei der Probenentnahme aus den durch Brennschneiden abgetrennten Prüfblöcken ist auf ausreichenden Abstand von der wärmebeeinflussten Zone zu achten.

**25.5.2** Prüfumfang

**25.5.2.1** Chemische Analysen

(1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 4-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

(2) Stückanalyse

An jedem Gussstück sind an den Probenentnahmeorten nach Abschnitt 25.5.1 die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 4-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

**25.5.2.2** Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben

**25.5.2.2.1** Mechanisch-technologische Prüfungen

(1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je Probenentnahmeort eine Probe nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

(2) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist je ein Probensatz nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C und bei 33 °C zu prüfen.

An einem Probenentnahmeort ist nachzuweisen, dass die Anforderungen an die Hochlage nach Abschnitt 25.2 erfüllt sind.

(3) Schlagenergie-Temperatur-Kurve

An einem Probenentnahmeort ist eine Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) zu ermitteln.

(4) Sprödbbruch-Übergangstemperatur

Für jedes Gussstück ist an einem Probenentnahmeort die Sprödbbruch-Übergangstemperatur nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen.

**25.5.2.2.2** Metallographische Untersuchungen

Je Probenentnahmeort sind an einer Kerbschlagprobe die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

**25.5.2.3** Prüfungen an mitlaufenden Proben

**25.5.2.3.1** Allgemeingültige Festlegungen

Zur Kontrolle der Verarbeitung ist von einem der Probenentnahmeorte nach Abschnitt 25.5.1 Probenwerkstoff für die fol-

genden Prüfungen vorzusehen und den entsprechenden Bauteilen beizulegen. Von den anderen Probenentnahmeorten sind die Probenstücke im Entnahmezustand aufzubewahren.

#### 25.5.2.3.2 Mechanisch-technologische Prüfungen

##### (1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je eine Probe nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

##### (2) Kerbschlagbiegeversuch

Je ein Probensatz ist nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C und 33 °C zu prüfen.

##### (3) Sprödbruch-Übergangstemperatur

Die Sprödbruch-Übergangstemperatur ist nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen.

#### 25.5.2.4 Härteprüfung

(1) Für die Härteprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) An der Außenoberfläche sind unter Einbeziehung des Flansches und beider Stutzen längs einer Linie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

#### 25.6 Zerstörungsfreie Prüfungen

##### 25.6.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die nachfolgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

##### 25.6.2 Umfang, Art und Zeitpunkt

###### 25.6.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Die gegenseitige Verknüpfung von Umfang, Art und Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfungen im Fertigungsablauf sowie die Beteiligung des Sachverständigen an diesen Prüfungen sind in **Tabelle 25-1** dargestellt.

(2) Bei Abweichungen von diesem Ablauf ist ein Prüffolgeplan vom Hersteller zu erstellen und dem Sachverständigen zur Vorprüfung vorzulegen.

###### 25.6.2.2 Umfang und Art

(1) Die Gussstücke sind einer vollständigen Volumenprüfung zu unterziehen.

(2) Die Ultraschallprüfung als Volumenprüfung des Grundwerkstoffes 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 müssen in mindestens zwei zueinander senkrechten Einschallrichtungen für die Senkrechteinschallung prüfbar sein.

(3) Soll die Ultraschallprüfung als Volumenprüfung in anderen Bereichen 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.

(4) Die Volumenprüfung ist in Bereichen, in denen Warmrisse auftreten können, um eine Ultraschallprüfung mittels Schrägeinschallung gemäß Abschnitt 25.6.3.2.3.2 zu ergänzen.

(5) Ultraschallprüfungen an Schweißungen sind durchzuführen an:

- a) Anschweißungen,
- b) größeren Fertigungsschweißstellen,
- c) Konstruktionsschweißungen,
- d) nur spannungsarmgeglühten Fertigungsschweißstellen und

e) solchen Stellen, an denen die Aussagefähigkeit der Durchstrahlungsprüfungen eingeschränkt ist oder bei denen durch die Vorprüfung ausgewiesene konstruktive oder gießtechnische Besonderheiten dies erforderlich machen.

(6) Alle Fertigungsschweißungen, die aufgrund der Ergebnisse bei der Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung erforderlich werden, sind einer erneuten Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung zu unterziehen.

(7) An allen Oberflächen ist eine Oberflächenprüfung - soweit möglich nach dem Magnetpulververfahren - durchzuführen. Ebenso sind alle Mulden, die aufgrund von Ausschleifungen von Fehlern entstehen, sowie alle für Konstruktionsschweißungen vorbereiteten Fugenflanken zu prüfen. Hierbei ist die Eindringprüfung zu bevorzugen.

##### 25.6.2.3 Zeitpunkt

(1) Die Durchstrahlungsprüfung ist nach mindestens einem Vergütungsprozess durchzuführen.

(2) Die abschließende Ultraschallprüfung ist nach dem letzten Vergüten durchzuführen. Werden nach dem letzten Vergüten Fertigungsschweißungen erforderlich, sind diese Stellen nach dem Spannungsarmglühen zu prüfen.

(3) Die abschließende Oberflächenprüfung hat nach der letzten Wärmebehandlung an den im Auslieferungszustand vorliegenden Oberflächen zu erfolgen. Erfolgt beim Komponentenhersteller eine weitere Bearbeitung, ist an den dabei neu entstehenden Oberflächen eine erneute Oberflächenprüfung durchzuführen.

##### 25.6.3 Verfahrenstechnische Anforderungen

###### 25.6.3.1 Durchstrahlungsprüfung

(1) Die Einzelheiten der Vorgehensweise bei der Durchstrahlungsprüfung sind nicht vor Beginn der Fertigung, sondern am ersten zeichnungsgleich abgegossenen Bauteil in Form von Prüfanweisungen unter Zuhilfenahme eines Bezugspunktrasters zu beschreiben und vorzuprüfen. Fertigungsschweißungen dürfen abweichend von dieser Prüfanweisung unter Berücksichtigung ihrer Geometrie und Lage durchstrahlt werden.

(2) Die im Zusammenhang mit der Erstellung der Prüfanweisung angefertigten Durchstrahlungsaufnahmen dürfen, sofern sie der verabschiedeten Prüfanweisung entsprechen, für die Abnahmeprüfung des Bauteiles verwendet werden.

(3) Die Gussstücke sind gemäß DIN EN 12681 zu prüfen. Grundsätzlich sind die Anforderungen der Prüfklasse B nach DIN EN 12681 und der Bildgüteklasse B gemäß DIN EN ISO 19232-3 einzuhalten. Wenn von dieser Forderung begründet abgewichen wird (z. B. in Bereichen mit Betriebsspannungen gleich oder kleiner als 50 N/mm<sup>2</sup>), sind die Bedingungen der Prüfklasse A nach DIN EN 12681 und der Bildgüteklasse A gemäß DIN EN ISO 19232-3 einzuhalten.

(4) Bei der Abbildung von unterschiedlichen Wanddicken ist abweichend von DIN EN 12681 ein Dickenausgleich zur Kontrastminderung nicht zulässig.

(5) Die vollständige Durchstrahlung ist durch Abbildung des Bezugspunktrasters nachzuweisen.

(6) Ist eine Prüfung mit innenliegenden Strahlenquellen aufgrund der geometrischen Abmessungen insgesamt oder in Teilbereichen nicht durchführbar, so ist anstelle der umlaufenden Durchstrahlung von außen die Doppelwanddurchstrahlung

im Sinne von Übersichtsaufnahmen in Anlehnung an Bild 6 DIN EN 12681 zulässig, wenn dadurch die Aussagefähigkeit und Vollständigkeit der Prüfung verbessert werden. Diese Festlegung gilt auch für Volumenbereiche mit gusstypischen Geometrien, wie sie in den Bildern 8 bis 11 DIN EN 12681 dargestellt sind.

(7) Ergänzend zur Durchstrahlungsprüfung ist eine Ultraschallprüfung des Volumens mit Schrägeinschallung gemäß Abschnitt 25.6.3.2.3.2 zur Prüfung auf Warmrisse durchzuführen. Die Vorgehensweise ist in der Prüfanweisung festzulegen.

### 25.6.3.2 Ultraschallprüfung

#### 25.6.3.2.1 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.

#### 25.6.3.2.2 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.

(4) Das Gusstück gilt als uneingeschränkt prüfbar, wenn der Abstand der Echohöhe des Bezugsreflektors gemäß **Tabelle 25-4** zum Untergrundrauschen mindestens 6 dB beträgt.

(5) Wenn der Abstand der Echohöhe des Bezugsreflektors gemäß **Tabelle 25-4** zum Untergrundrauschen am Ende des zu beurteilenden Prüfbereiches weniger als 6 dB beträgt, so gilt die Ultraschallprüfbarkeit als eingeschränkt. In diesem Fall muss der Durchmesser der Flachbodenbohrung, die noch mit einem Signalrauschabstand von mindestens 6 dB erkennbar ist, im Prüfbericht vermerkt werden. Das weitere Vorgehen (z. B. ergänzende Prüfung) ist mit dem Sachverständigen festzulegen.

Wanddicke $s$ in mm	Bereich	Mindestens nachzuweisender Durchmesser der gleichwertigen Flachbodenbohrung $d_{eq}^1$ in mm
$s \leq 100$	—	2
$100 < s \leq 300$	—	3
—	Sonderrandzone, Anschweißenden	1,5

<sup>1)</sup>  $d_{eq}$  : Durchmesser der (gleichwertigen) Flachbodenbohrung

**Tabelle 25-4:** Anforderungen an die Ultraschallprüfbarkeit des Gusstückes

### 25.6.3.2.3 Prüfdurchführung

#### 25.6.3.2.3.1 Allgemeines

(1) Die zu prüfenden Bereiche, die anzuwendende Prüftechnik und die Einschallbedingungen sind der **Tabelle 25-5** zu entnehmen. Die Vorgehensweise bei der Prüfung von Sonderrandzonen ist im Rahmen der Vorprüfung festzulegen.

(2) Die Gusstückbereiche sind mittels Senkrechteinschallung von allen zugänglichen Oberflächen aus zu prüfen.

(3) 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.

(4) Bei Anschweißenden ist eine Schrägeinschallung an nur von der Außenoberfläche zugänglichen zylindrischen Gusstückbereichen durchzuführen.

#### 25.6.3.2.3.2 Prüfung auf Warmrisse

(1) Die Prüfung ist nach dem Vergüten durchzuführen.

(2) Es ist eine Schrägeinschallung in Bereichen, in denen Warmrisse auftreten können, z. B. Bereiche von Steigern, Kühlleisen und Querschnittübergängen, durchzuführen.

(3) Sind diese Bereiche nicht bekannt, sind die Gusstücke bei der Erstprüfung, soweit möglich, einer 100 %igen Prüfung in vier Einschallrichtungen mit einem Winkelprüfkopf 60 Grad zu unterziehen.

#### 25.6.3.2.4 Prüfung von Fertigungsschweißungen

(1) Die Prüfung ist nach der letzten Wärmebehandlung durchzuführen.

(2) 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.

#### 25.6.3.2.5 Registrierung

Es sind alle Reflektoren mit messbaren Ausdehnungen zu registrieren, deren Echohöhe die in DIN EN 12680-2, Tabelle 3, angegebenen Werte erreichen oder überschreiten, sofern auch die in DIN EN 12680-2, Bilder 3 und 4, angegebenen Kriterien erreicht oder überschritten werden. Bei Verwendung von Winkelprüfköpfen müssen alle Anzeigen, die eine Echodynamik oder offensichtliche Ausdehnung in Wanddickenrichtung zeigen, unabhängig von der Echohöhe registriert werden.

### 25.6.3.3 Oberflächenprüfung

Die Magnetpulverprüfung ist gemäß DIN EN 1369, die Eindringprüfung gemäß DIN EN 1371-1 durchzuführen.

### 25.6.4 Zulässigkeitskriterien

#### 25.6.4.1 Durchstrahlungsprüfung

(1) Die den Gusstückbereichen zugeordneten Gütestufen sind der **Tabelle 25-6**, 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.

#### 25.6.4.2 Ultraschallprüfung

- (1) Die den Gussstückbereichen zugeordneten Gütestufen sind der **Tabelle 25-6** zu entnehmen.
- (2) Die Ergebnisse 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.

#### 25.6.4.3 Oberflächenprüfung

##### 25.6.4.3.1 Allgemeines

Für die Bewertung der Magnetpulver- und der Eindringprüfung gelten in Abhängigkeit vom Gussstückbereich die in **Tabelle 25-6** 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.

##### 25.6.4.3.2 Ausmuldungen bei Fertigungsschweißungen

- (1) Zulässig sind nur solche Anzeigen, welche die Schweißbarkeit nicht beeinträchtigen und nicht im Zusammenhang mit zu beseitigenden, nicht zulässigen Oberflächen- oder Volumenfehlern stehen.
- (2) Über die mögliche Beeinträchtigung der Schweißbarkeit durch belassene Befunde entscheidet die Schweißaufsicht im Einvernehmen mit dem Sachverständigen.

##### 25.6.4.3.3 Fugenflanken

Die Beurteilung ist nach den Festlegungen des Abschnitts 12 KTA 3201.3 durchzuführen.

##### 25.6.4.4 Fertigungsschweißungen

Die Beurteilung hat gemäß den Festlegungen der Abschnitte 25.6.4.1 und 25.6.4.2 wie für den Grundwerkstoff zu erfolgen. Werden Befunde der zerstörungsfreien Prüfung innerhalb der Fertigungsschweißung eindeutig als einschlussartige Fehler nachgewiesen, so dürfen diese im Einvernehmen mit dem

Sachverständigen als Einzelfehler bis zu einer maximalen Länge von einem Drittel der jeweiligen Wanddicke belassen werden.

#### 25.6.4.5 Konstruktionsschweißungen

Die zerstörungsfreien Prüfungen sind nach Abschnitt 12 KTA 3201.3 durchzuführen.

#### 25.6.5 Prüfberichte

- (1) Über alle geforderten oder durchgeführten Prüfungen sind Prüfberichte gemäß Abschnitt 3.3.8.5 zu erstellen.
- (2) Darin müssen alle Angaben und Daten enthalten sein, die eine reproduzierbare Durchführung der Prüfungen ermöglichen. Die Darstellung der Befunde der Volumenprüfung muss klar und eindeutig sein und eine Zuordnung zum Bauteil an jeder Stelle ermöglichen.

#### 25.7 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 25.8 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

#### 25.9 Prüfung auf Dichtheit

- (1) Jedes Gussstück ist in einem dafür geeigneten Zustand, im Allgemeinen beim Weiterverarbeiter, einer Prüfung auf Dichtheit durch den Innendruckversuch zu unterziehen.
- (2) Der Innendruckversuch 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.

#### 25.10 Kennzeichnung

Die Gussstücke sind zu kennzeichnen mit

- a) Herstellerzeichen
- b) Werkstoffbezeichnung
- c) Schmelznummer
- d) Probennummer
- e) Prüfstempel des Sachverständigen.

#### 25.11 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach Abschnitt 25.5.2.1, 25.5.2.2.2 und 25.5.2.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

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 % gegenseitig 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	100 % gegenseitig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
		SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	
		Winkelprüfkopf 45 Grad	
1.3	Anschweißenden mit $s \leq 50$ mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
		SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegenseitig 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 $s \leq 50$ mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
2.4	Bereiche, in denen Warmrisse auftreten können, z. B. Bereiche von Steigern, Kühlleisen und Querschnittübergängen <sup>1)</sup>	SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegenseitig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
		Winkelprüfkopf 45 Grad oder Winkelprüfkopf 60 Grad bei langen Schallwegen	
3	Fertigungsschweißungen		
3.1	Fertigungsschweißungen mit einer Tiefe $\leq 15$ mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
3.2	Fertigungsschweißungen mit einer Tiefe $> 15$ mm und $\leq 30$ mm	SE-Senkrechtprüfkopf	100 % von einer Oberfläche
		SE-Winkelprüfkopf 60 Grad	100 % gegenseitig 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 % gegenseitig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen
		Winkelprüfkopf 45 Grad	
<sup>1)</sup> Falls keine detaillierten Angaben zur Gießtechnik vorliegen, die Rückschlüsse zum Auftreten von Warmrisse erlauben, sind die gesamten Gussstücke, soweit möglich, einer 100 %igen Prüfung gegenseitig in zwei senkrecht aufeinander stehenden Einschallrichtungen mit einem SE-Winkelprüfkopf 60 Grad zu unterziehen.			

Tabelle 25-5: Prüfbedingungen für die Ultraschallprüfung

Bereich der Gussstücke	Anzuwendende Gütestufen			
	PT <sup>1)</sup>	MT <sup>2)</sup>	RT <sup>3)</sup>	UT <sup>4)</sup>
Anschweißenden	SP1, CP1 <sup>5)</sup>	SM1 <sup>5)</sup>	1	1
Gusskörper	SP1, CP1, LP1, AP1	SM1, LM1, AM1,	2	2
Nebenbereiche <sup>6)</sup>	SP2, CP2, LP2, AP2	SM2, LM2, AM2,	—	—
<sup>1)</sup> Eindringprüfung PT nach DIN EN 1371-1. <sup>2)</sup> Magnetpulverprüfung MT nach DIN EN 1369. <sup>3)</sup> Durchstrahlungsprüfung RT nach DIN EN 12681; Zulässigkeitskriterien nach Anhang 1 zu AD 2000-Merkblatt W 5. <sup>4)</sup> Ultraschallprüfung UT nach DIN EN 12680-2. Für Sonderrandzonen gilt die Gütestufe 1. <sup>5)</sup> Bei der Oberflächenprüfung sind lineare Anzeigen oder in Reihe angeordnete Anzeigen unzulässig. <sup>6)</sup> Nebenbereiche sind Bereiche, die außerhalb der drucktragenden Wand liegen, z.B. Füße, Pratten, Ösen.				

Tabelle 25-6: Anzuwendende Gütestufen

## 26 Armaturengehäuse aus ferritischem Stahlguss

### 26.1 Geltungsbereich

- (1) Dieser Abschnitt gilt für Armaturengehäuse aus vergütetem ferritischem Stahlguss.
- (2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisform sind den Abschnitten A 4 und A 5 zu entnehmen.

### 26.2 Anforderungen

- (1) Kernstützen sind im Endzustand des Gussstücks nicht zulässig.
- (2) Speiser und große gießtechnische Verstärkungen, die die Vergütbarkeit des Gussstückes beeinträchtigen, sind vor dem Vergüten zu beseitigen.
- (3) Die Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch in der Hochlage muss mindestens 100 J am Grundwerkstoff betragen.
- (4) Die NDT-Temperatur soll gleich oder kleiner als 0 °C sein. Bei Überschreitung der geforderten NDT-Temperatur ist vom Besteller im Einvernehmen mit dem Sachverständigen unter Berücksichtigung der Sicherheitsanalyse über das weitere Vorgehen zu entscheiden.
- (5) Die Schlagenergie ist bei einer Temperatur, die 33 K höher liegt als die geforderte NDT-Temperatur, zu prüfen. Die Schlagenergie darf dabei einen Wert von 68 J und die seitliche Breitung einen Wert von 0,9 mm nicht unterschreiten. Falls diese Werte bei einer Probe nicht erreicht werden, ist diejenige höhere Temperatur zu ermitteln, bei der die genannten Forderungen im Kerbschlagbiegeversuch erfüllt werden. Für die Verwendung eines solchen Erzeugnisses ist dann zu beachten, dass diese höhere Temperatur unterhalb der in kritischen Zuständen (z. B. Druckprüfung oder Störfall) möglichen Temperatur liegen muss. Für die Kerbschlagbiegeversuche ist bei der ursprünglichen Temperatur eine Wiederholungsprüfung unter folgenden Bedingungen gestattet:
  - a) Der Mittelwert der Schlagenergie und der seitlichen Breitung darf den spezifizierten Einzelwert nicht unterschreiten.
  - b) Nur bei einer Probe dürfen die spezifizierten Einzelwerte unterschritten werden.
  - c) Bei der ausgefallenen Probe, die die spezifizierten Einzelwerte nicht erreichte, darf der spezifizierte Einzelwert der Schlagenergie um nicht mehr als 14 J, der spezifizierte Einzelwert der seitlichen Breitung um nicht mehr als 0,13 mm unterschritten werden.

Bei der Wiederholungsprüfung sind für die ausgefallene Probe zwei zusätzliche Proben zu prüfen. Diese beiden Proben sind so nahe wie möglich an dem Entnahmeort zu entnehmen, von dem die ausgefallene Probe entnommen worden war. Beide Proben müssen die spezifizierten Einzelwerte erreichen. Falls die spezifizierten Einzelwerte auch bei der Wiederholungsprüfung nicht erreicht werden, ist diejenige höhere Temperatur zu ermitteln, bei der jeder Einzelwert die genannten Anforderungen erfüllt. Dazu sollen die vorhandenen Schlagenergie-Temperatur-Kurven genommen werden, die erforderlichenfalls durch weitere Versuche zu ergänzen sind.

### 26.3 Allgemeine Voraussetzungen für die Herstellung

- (1) Außer den in Abschnitt 2.6.4 genannten Unterlagen über die Herstellung sind dem Sachverständigen zur Vorprüfung auch Prüfpläne für Fertigungsschweißungen und Listen für entsprechende Arbeitsprüfungen vorzulegen. Die Vorprüfung der Prüfpläne darf für Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen entfallen, wenn die Schweißungen gemäß **Tabelle 25-1** durchgeführt und geprüft werden. Mit den Prüfanweisungen für die zerstörungsfreien Prüfungen ist ein Plan für das Koordinatensystem (Bezugspunktraster) vorzulegen.

- (2) Außer diesen Vorprüfunterlagen ist zur Erläuterung der Gießtechnik die Anschnitt- und Speisertechnik anhand der Sättigungsberechnung, aus der die Lage der Speiser und Speisungsbereiche hervorgeht, darzulegen. Ebenso sind die Lage und Abmessungen der angegossenen Prüfblöcke darzustellen und zu begründen. Diese Unterlagen dienen nur der Information. Sie bedürfen nicht des förmlichen Freigabeverkehrs durch den Sachverständigen.

- (3) In den Prüfanweisungen der zerstörungsfreien Prüfung sind die Aussagen und Erläuterungen zur Gießtechnik sowie die Festlegungen in Abschnitt 26.6 zu berücksichtigen. Liegen bei der zerstörungsfreien Prüfung eingeschränkt prüfbare Bereiche vor, so sind geeignete Ersatzmaßnahmen vorzusehen. Kann der Nachweis ausreichender Bauteilsicherheit so nicht erbracht werden, kann die zerstörende Prüfung eines Prototyps erforderlich werden. Die Vorgehensweise bei dieser zerstörenden Prüfung (z. B. Schnittanordnung) ist im Rahmen der Vorprüfung darzulegen.

### 26.4 Schweißungen

#### 26.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

- (1) Für Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen gelten die Festlegungen nach DIN EN 1559-1 und DIN EN 1559-2 sowie, soweit in den Abschnitten 26.4.2 und 26.4.3 nicht anders festgelegt, die in KTA 3201.3 festgelegten Anforderungen für Verbindungsschweißungen.
- (2) Die Oberfläche der Schweißmulde für Fertigungsschweißungen ist einer Oberflächenprüfung gemäß Abschnitt 25.6 zu unterziehen.
- (3) Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen sind im Allgemeinen erneut zu vergüten. Dies ist bei der Wahl der Schweißzusätze zu berücksichtigen.
- (4) Auf das Vergüten von Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen darf nur im Einvernehmen mit dem Sachverständigen verzichtet werden. In diesem Fall sind Anzahl, Größe und Lage der Schweißstellen zu nummerieren und zu dokumentieren (Endablage).
- (5) Der Sachverständige ist über größere Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen zu informieren. Für die Zwischenablage sind diese Schweißungen zu dokumentieren.
 

Hinweis:  
Definition der größeren Fertigungsschweißung siehe Abschnitt 25.4.1 (5).
- (6) Kleine Fertigungsschweißungen, z. B. zur Beseitigung von Oberflächenfehlern, sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Sind sie dennoch erforderlich, ist anschließend spannungsarmzuglöhnen.
- (7) Alle Schweißungen, die nur spannungsarmgeglüht werden, sind um zwei Lagen überhöht zu schweißen und anschließend bis auf die Höhe des Grundwerkstoffes glattzuschleifen.

#### 26.4.2 Verfahrensprüfungen

##### 26.4.2.1 Allgemeines

Für Fertigungsschweißungen (Ausmoldungs- und Durchbruchschweißungen) und Konstruktionsschweißungen sind Verfahrensprüfungen gemäß den nachstehenden Festlegungen durchzuführen.

##### 26.4.2.2 Verfahrensprüfungen für Fertigungsschweißungen

###### 26.4.2.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

###### (1) Fertigungsschweißungen

Die Schweißung der Verfahrensprüfung muss den am Bauteil vorgesehenen Bedingungen weitgehend entsprechen.

Die Abmessungen der Prüfstücke sind so zu wählen, dass die in **Tabelle 25-2** geforderten Prüfungen durchgeführt werden können.

Die Prüfstücke für Fertigungsschweißungen sind, wie am Bauteil vorgesehen, wärmezubehandeln, d.h. die vergüteten Prüfstücke sind nach dem Schweißen erneut wärmezubehandeln. Die Temperatur-Zeit-Folgen für das simulierende Spannungsarmglühen sind unter Beachtung des Abschnitts 3.3.5.1 festzulegen.

#### (2) Ausmuldungsschweißungen

Für die Verfahrensprüfung für Ausmuldungsschweißungen an Gussstücken mit Wanddicken gleich oder größer als 100 mm ist eine ebene Stahlgussplatte des gleichen Werkstoffs mit mindestens 100 mm Dicke zu verwenden. Für Gussstücke mit Wanddicken kleiner als 100 mm darf eine ebene Stahlgussplatte des gleichen Werkstoffes mit mindestens 50 mm Dicke verwendet werden.

Die Platten sind zur Vorbereitung der Schweißung entsprechend einer zu erwartenden Fertigungsschweißung auf rund 40 % der Wanddicke auszuarbeiten.

#### (3) Durchbruchschweißungen

Eine Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen mit einer Dicke  $d_p$  schließt sämtliche Wanddicken  $d_B$  der zu schweißenden Bauteile bis  $d_B = 1,5 \cdot d_p$  ein.

Eine Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen schließt sämtliche Ausmuldungsschweißungen nach (2) ein, wenn ihre Wanddicke gleich oder größer als 50 mm ist. Ist die Dicke der Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen kleiner als 50 mm, so sind für größere Wanddicken Verfahrensprüfungen für Ausmuldungsschweißungen nach (2) durchzuführen.

#### 26.4.2.2.2 Verfahrensprüfungen für vergütete und simulierend spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen

##### (1) Probenentnahme

Die Probenentnahme hat nach den **Bildern 25-1** und **25-2** zu erfolgen.

##### (2) Prüfumfang

###### a) Mechanisch-technologische Prüfungen

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 25-2**.

###### b) Zerstörungsfreie Prüfungen

Die zum Schweißen vorbereiteten Oberflächen sind einer Oberflächenprüfung zu unterziehen.

Am Prüfstück sind eine Oberflächenprüfung, eine Durchstrahlungsprüfung und eine Ultraschallprüfung im Endwärmebehandlungszustand - vergütet und simulierend spannungsarmgeglüht -, durchzuführen. Der Prüfumfang und Einzelheiten zur Durchführung sind in Abschnitt 25.6 festgelegt.

###### c) Sonstige Prüfungen

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 25-2**.

##### (3) Bewertung der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen sowie der sonstigen Prüfungen müssen den Anforderungen in **Tabelle 25-3** entsprechen.

Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen müssen den Zulässigkeitskriterien nach Abschnitt 25.6.4 genügen.

#### 26.4.2.2.3 Verfahrensprüfungen für nur simulierend spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen

##### (1) Probenentnahme

Die Probenentnahme hat nach den **Bildern 25-1** und **25-2** zu erfolgen.

##### (2) Prüfumfang und Bewertung der Prüfergebnisse

Für den Prüfumfang und die Bewertung der Prüfergebnisse gelten die Festlegungen nach Abschnitt 9.2 KTA 3201.3.

#### 26.4.2.3 Verfahrensprüfungen für Konstruktionsschweißung

(1) Für Konstruktionsschweißungen gelten sinngemäß die Festlegungen des Abschnittes 26.4.2.2.2, wenn die Schweißung neu vergütet und spannungsarmgeglüht wird, oder die Festlegungen nach Abschnitt 9.2 KTA 3201.3, wenn die Schweißung nur spannungsarmgeglüht wird.

(2) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind nach Abschnitt 12 KTA 3201.3 durchzuführen.

#### 26.4.3 Arbeitsprüfungen

##### 26.4.3.1 Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen

###### (1) Allgemeingültige Festlegungen

Für Fertigungsschweißungen sind gemäß den nachfolgenden Festlegungen Arbeitsprüfungen durchzuführen. Mit der einer Bauteilschweißung zugeordneten Arbeitsprüfung dürfen andere Bauteilschweißungen, die im gleichen Geltungsbereich der Verfahrensprüfung liegen, abgedeckt werden, sofern diese innerhalb von 12 Monaten nach Abschluss der einer Bauteilschweißung zugeordneten Arbeitsprüfung geschweißt werden.

Die Abmessung der Prüfstücke ist so zu wählen, dass die in **Tabelle 25-2** geforderten Prüfungen durchgeführt werden können und dass ausreichendes Reservematerial zur Verfügung steht. Für die Aufbewahrung der Reststücke gilt KTA 3201.3, Abschnitt 11.1.4.

Die Prüfstücke sind, wie für das Bauteil vorgesehen, wärmezubehandeln, d.h. die vergüteten Prüfstücke sind nach dem Schweißen erneut wärmezubehandeln. Die Temperatur-Zeit-Folgen für das simulierende Spannungsarmglühen sind unter Beachtung von Abschnitt 3.3.5.1 festzulegen.

##### (2) Probenentnahme

Die Probenentnahme hat nach den **Bildern 25-1** und **25-2** zu erfolgen.

##### (3) Prüfumfang

###### a) Mechanisch-technologische Prüfungen

Der Prüfumfang für vergütete und simulierend spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen richtet sich nach **Tabelle 25-2**, jedoch entfallen die in **Tabelle 25-2** geforderten KV<sub>2</sub>-T-Kurven. Wird das Prüfstück an ein aus der gleichen Schmelze stammendes Gussstück angeheftet und mit diesem gemeinsam vergütet oder wird ein gleicher Temperatur-Zeit-Verlauf in geeigneter Weise nachgewiesen, ist eine Prüfung der mechanisch-technologischen Eigenschaften des Grundwerkstoffes nicht erforderlich, da die Werte bei der Prüfung des Gussstückes selbst anfallen.

Der Prüfumfang für spannungsarmgeglühte Fertigungsschweißungen richtet sich nach den Festlegungen in Abschnitt 11 KTA 3201.3.

###### b) Zerstörungsfreie Prüfungen

Im Endwärmebehandlungszustand - vergütet und simulierend spannungsarmgeglüht - sind eine Oberflächenprüfung, eine Durchstrahlungsprüfung und eine Ultraschallprüfung durchzuführen. Der Prüfumfang und Einzelheiten zur Durchführung sind in Abschnitt 25.6 festgelegt.

###### c) Sonstige Prüfungen

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 25-2**.

**(4) Bewertung der Prüfergebnisse**

Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen sowie der sonstigen Prüfungen müssen den Anforderungen in **Tabelle 25-3** entsprechen.

Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen müssen den Zulässigkeitskriterien nach Abschnitt 25.6.4 genügen.

**26.4.3.2 Arbeitsprüfungen für Konstruktionsschweißungen**

(1) Für Konstruktionsschweißungen gelten sinngemäß die Festlegungen des Abschnittes 26.4.2.2.2, wenn die Schweißung neu vergütet und spannungsarmgeglüht wird, oder die Festlegung nach Abschnitt 11.2 KTA 3201.3, wenn die Schweißung nur spannungsarmgeglüht wird.

(2) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind nach Abschnitt 12 KTA 3201.3 durchzuführen.

**26.5 Prüfungen am Gussstück****26.5.1 Probenentnahme**

(1) Die Proben sind aus angegossenen Prüfblöcken, die nicht gekühlt werden dürfen (Angussproben, Überlängen oder Stutzenausschnitten), zu entnehmen. Die Prüfblöcke sind am Gussstück verteilt vorzusehen.

(2) Für die Anzahl der Probenstücke gilt die folgende Regelung:

Gussstück in kg	Anzahl der Prüfblöcke je Gussstück
≤ 500	1
> 500 bis ≤ 1000	2
> 1000	3

(3) Die Dicke der Prüfblöcke muss der maßgeblichen Wanddicke des Gussstückes entsprechen.

(4) Die Prüfblöcke sind nach der letzten Vergütung abzutrennen, soweit die zerstörungsfreien Prüfungen nicht beeinträchtigt werden. Ist aus Gründen der zerstörungsfreien Prüfbarkeit ein Abtrennen zu einem früheren Zeitpunkt erforderlich, so sind die Prüfblöcke anschließend wieder mit dem Gussstück zu verschweißen und mit diesem gemeinsam zu vergüten.

(5) Ein Abtrennen durch Brennschneiden ist zulässig, wenn  
a) keine unzulässige Wärmebeeinflussung des Gussstückes erfolgt  
oder

b) nach dem Abtrennen noch eine Spannungsarmglühung im Zuge der Fertigung, z. B. nach Fertigungs- oder Konstruktionsschweißung am Gussstück, durchgeführt und die wärmebeeinflusste Zone des Brennschnittes am Gussstück mechanisch entfernt wird.

(6) Werden die Prüfblöcke mechanisch abgetrennt, ist nach dem Abtrennen der Prüfblöcke keine Spannungsarmglühung erforderlich.

(7) In Sonderfällen dürfen Proben auch aus getrennt gegossenen Schmelzenproben entnommen werden. Diese Sonderfälle sind unter den Beteiligten (Hersteller, Besteller und Sachverständiger) zu vereinbaren.

(8) Hinsichtlich der Größe der Prüfblöcke ist Abschnitt 3.3.3 zu beachten.

(9) Die Proben müssen mindestens ein Viertel der Vergütungswanddicke unter der längsseitigen Oberfläche und mindestens die Hälfte der Vergütungswanddicke unter der stirnseitigen Oberfläche der Prüfblöcke liegen.

(10) Bei der Probenentnahme aus den durch Brennschneiden abgetrennten Prüfblöcken ist auf ausreichenden Abstand von der wärmebeeinflussten Zone zu achten.

**26.5.2 Prüfumfang****26.5.2.1 Chemische Analysen****(1) Schmelzenanalyse**

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 4-1** oder **Tabelle A 5-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

**(2) Stückanalyse**

An jedem Gussstück sind an einem in der Nähe des Speisers liegenden Probenstück die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 4-1** oder **Tabelle A 5-1**, aufgeführten Elemente zu bestimmen.

**26.5.2.2 Prüfungen an simulierend wärmebehandelten Proben****26.5.2.2.1 Mechanisch-technologische Prüfungen****(1) Zugversuch**

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je Prüfblock je eine Probe nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

**(2) Kerbschlagbiegeversuch**

Je Prüfblock ist ein Probensatz nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 0 °C und 33 °C zu prüfen.

An einem Prüfblock ist nachzuweisen, dass die Anforderungen der Hochlage nach Abschnitt 26.2 erfüllt sind.

**(3) Schlagenergie-Temperatur-Kurve**

An einem Prüfblock ist eine Kurve nach Abschnitt 3.3.7.3 (4) zu ermitteln.

**(4) Sprödbruch-Übergangstemperatur**

Für jedes Gussstück ist an einem Prüfblock die Sprödbruch-Übergangstemperatur nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen.

**26.5.2.2.2 Metallographische Untersuchungen**

Je Prüfblock sind an einer Kerbschlagprobe die Korngröße zu ermitteln sowie das Gefüge nach Abschnitt 3.3.7.4 zu beurteilen und zu dokumentieren.

**26.5.2.3 Härteprüfung**

(1) Für die Härteprüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.2.

(2) An der Außenoberfläche sind unter Einbeziehung des Flansches und beider Stutzen längs einer Linie in Abständen von höchstens 1000 mm, in Kantennähe beginnend, Härtemessungen durchzuführen.

**26.6 Zerstörungsfreie Prüfungen**

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 25.6. Für die Durchstrahlungsprüfung gilt zusätzlich zu den Festlegungen im Abschnitt 25.6.3.1:

Stahlgussteile, die einen äußeren Durchmesser kleiner als oder gleich 200 mm aufweisen, sind mittels Übersichtsaufnahme gemäß DIN EN 12681, Bild 7, zu prüfen. Bei Stahlgussteilen mit einem äußeren Durchmesser größer als 200 mm darf die Übersichtsaufnahme gemäß DIN EN 12681, Bild 7, nur dann gewählt werden, wenn die Aufnahmeanordnungen gemäß den Bildern 3 oder 4 nicht anwendbar sind oder die Bewertungsmöglichkeiten verbessert werden müssen.

## 26.7 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

## 26.8 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

## 26.9 Prüfung auf Dichtheit

(1) Jedes Gussstück ist in einem dafür geeigneten Zustand, im Allgemeinen beim Weiterverarbeiter, einer Prüfung auf Dichtheit durch den Innendruckversuch zu unterziehen.

(2) Der Innendruckversuch 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.

## 26.10 Kennzeichnung

Die Gussstücke sind zu kennzeichnen mit

- Herstellerzeichen,
- Werkstoffbezeichnung,
- Schmelznummer,
- Probennummer,
- Prüfstempel des Sachverständigen.

## 26.11 Nachweis der Güteeigenschaften der Gussstücke

Die Ergebnisse der Prüfungen nach Abschnitt 26.5.2.1, 26.5.2.2 und 26.5.2.3 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 27 Armaturengehäuse aus austenitischem Stahlguss

### 27.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für Armaturengehäuse aus austenitischem Stahlguss.

(2) Die Festlegungen zu dem Werkstoff für diese Erzeugnisform sind dem Abschnitt A 6 zu entnehmen.

### 27.2 Anforderungen

(1) Kernstützen sind im Endzustand des Gussstücks nicht zulässig.

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

(3) Der Grundwerkstoff soll einen Deltaferritgehalt von mindestens 2 % und höchstens 12 % aufweisen. Ein geschlossenes Ferritnetzwerk ist nicht zulässig.

### 27.3 Allgemeine Voraussetzungen für die Herstellung

(1) Außer den in Abschnitt 2.6.4 genannten Unterlagen über die Herstellung sind dem Sachverständigen zur Vorprüfung auch Prüfpläne für Fertigungs- und Konstruktions-schweißungen, Schweißpläne sowie Listen für entsprechende Arbeitsprüfungen vorzulegen. Die Vorprüfung der Prüfpläne darf für Fertigungs- und Konstruktions-schweißungen entfallen, wenn die Schweißungen gemäß **Tabelle 27-1** durchgeführt und geprüft werden. Mit den Prüfanweisungen für die zerstö-

rungsfreien Prüfungen ist ein Plan für das Koordinatensystem (Bezugspunktraster) vorzulegen.

(2) Außer diesen Vorprüfunterlagen ist zur Erläuterung der Gießtechnik die Anschnitt- und Speisertechnik anhand der Sättigungsberechnung, aus der die Lage der Speiser und Speisungsbereiche hervorgeht, darzulegen. Ebenso sind die Lage und Abmessungen der angegossenen Prüfblöcke darzustellen und zu begründen. Diese Unterlagen dienen nur der Information. Sie bedürfen nicht des förmlichen Freigabeverkehrs durch den Sachverständigen.

(3) In den Prüfanweisungen der zerstörungsfreien Prüfung sind die Aussagen und Erläuterungen zur Gießtechnik sowie die Festlegungen in Abschnitt 27.6 zu berücksichtigen. Liegen bei der zerstörungsfreien Prüfung eingeschränkt prüfbare Bereiche vor, so sind geeignete Ersatzmaßnahmen vorzusehen. Kann der Nachweis ausreichender Bauteilsicherheit so nicht erbracht werden, kann die zerstörende Prüfung eines Prototyps erforderlich werden. Die Vorgehensweise bei dieser zerstörenden Prüfung (z. B. Schnittanordnung) ist im Rahmen der Vorprüfung darzulegen.

## 27.4 Schweißungen

### 27.4.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Für Fertigungs- und Konstruktions-schweißungen gelten die Festlegungen nach DIN EN 1559-1 und DIN EN 1559-2 sowie, soweit in den Abschnitten 27.4.2 und 27.4.3 nicht anders festgelegt, die in KTA 3201.3 festgelegten Anforderungen für Verbindungsschweißungen.

(2) Fertigungsschweißungen sind im Allgemeinen lösungszuglühn (Fertigungsschema siehe **Tabelle 27-1**). Abweichend hiervon darf bei Fertigungs- und Konstruktions-schweißungen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen auf ein erneutes Lösungsglühn und Abschrecken verzichtet werden, wenn die Zähigkeitsanforderungen an das austenitische Schweißgut gemäß KTA 3201.3, Tabelle 9-6, nachgewiesen sind. In diesem Fall sind Anzahl, Größe und Lage der Schweißstellen zu nummerieren und zu dokumentieren. Ein Spannungsarmglühn ist zu vermeiden.

(3) Der Sachverständige ist über größere Fertigungs- und Konstruktions-schweißungen, die lösungszugglühn werden, zu informieren. Für die Zwischenablage sind diese Schweißungen zu dokumentieren.

Hinweis:

Definition der größeren Fertigungsschweißung siehe Abschnitt 25.4.1 (5).

(4) Alle Schweißungen sind bis auf die Höhe des Grundwerkstoffes glattzuschleifen.

### 27.4.2 Verfahrensprüfungen

#### 27.4.2.1 Allgemeines

Für Fertigungsschweißungen (Ausmoldungs- und Durchbruchschweißungen) und Konstruktions-schweißungen sind Verfahrensprüfungen entsprechend den nachstehenden Festlegungen durchzuführen.

#### 27.4.2.2 Verfahrensprüfungen für Fertigungsschweißungen

##### 27.4.2.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

###### (1) Fertigungsschweißungen

Die Schweißung der Verfahrensprüfung muss den am Bauteil vorgesehenen Bedingungen weitgehend, einschließlich der Wärmebehandlung, entsprechen. Die Abmessungen der Prüfstücke sind so zu wählen, dass die in **Tabelle 27-2** geforderten Prüfungen durchgeführt werden können. Die Prüfstücke sind, wie am Bauteil vorgesehen, wärmebehandeln, d.h. lösungszuglühn und abzuschrecken.

**(2) Ausmuldungsschweißungen**

Für die Verfahrensprüfung für Ausmuldungsschweißungen an Gussstücken mit Wanddicken gleich oder größer als 100 mm ist eine ebene Stahlgussplatte des gleichen Werkstoffes mit mindestens 100 mm Dicke zu verwenden. Für Gussstücke mit Wanddicken kleiner als 100 mm darf eine ebene Stahlgussplatte des gleichen Werkstoffes mit mindestens 50 mm Dicke verwendet werden.

Die Platten sind zur Vorbereitung der Schweißung entsprechend einer zu erwartenden Fertigungsschweißung auf rund 40 % der Wanddicke auszuarbeiten.

**(3) Durchbruchschweißungen**

Eine Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen mit einer Dicke  $d_p$  schließt sämtliche Wanddicken  $d_B$  der zu schweißenden Bauteile bis  $d_B = 1,5 \cdot d_p$  ein.

Eine Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen schließt sämtliche Ausmuldungsschweißungen nach (2) ein, wenn ihre Wanddicke gleich oder größer als 50 mm ist. Ist die Dicke der Verfahrensprüfung für Durchbruchschweißungen kleiner als 50 mm, so sind für größere Wanddicken Verfahrensprüfungen für Ausmuldungsschweißungen nach (2) durchzuführen.

**27.4.2.2 Probenentnahme**

Die Probenentnahme hat nach den **Bildern 27-1** und **27-2** zu erfolgen.

**27.4.2.3 Prüfumfang****(1) Mechanisch-technologische Prüfungen**

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 27-2**.

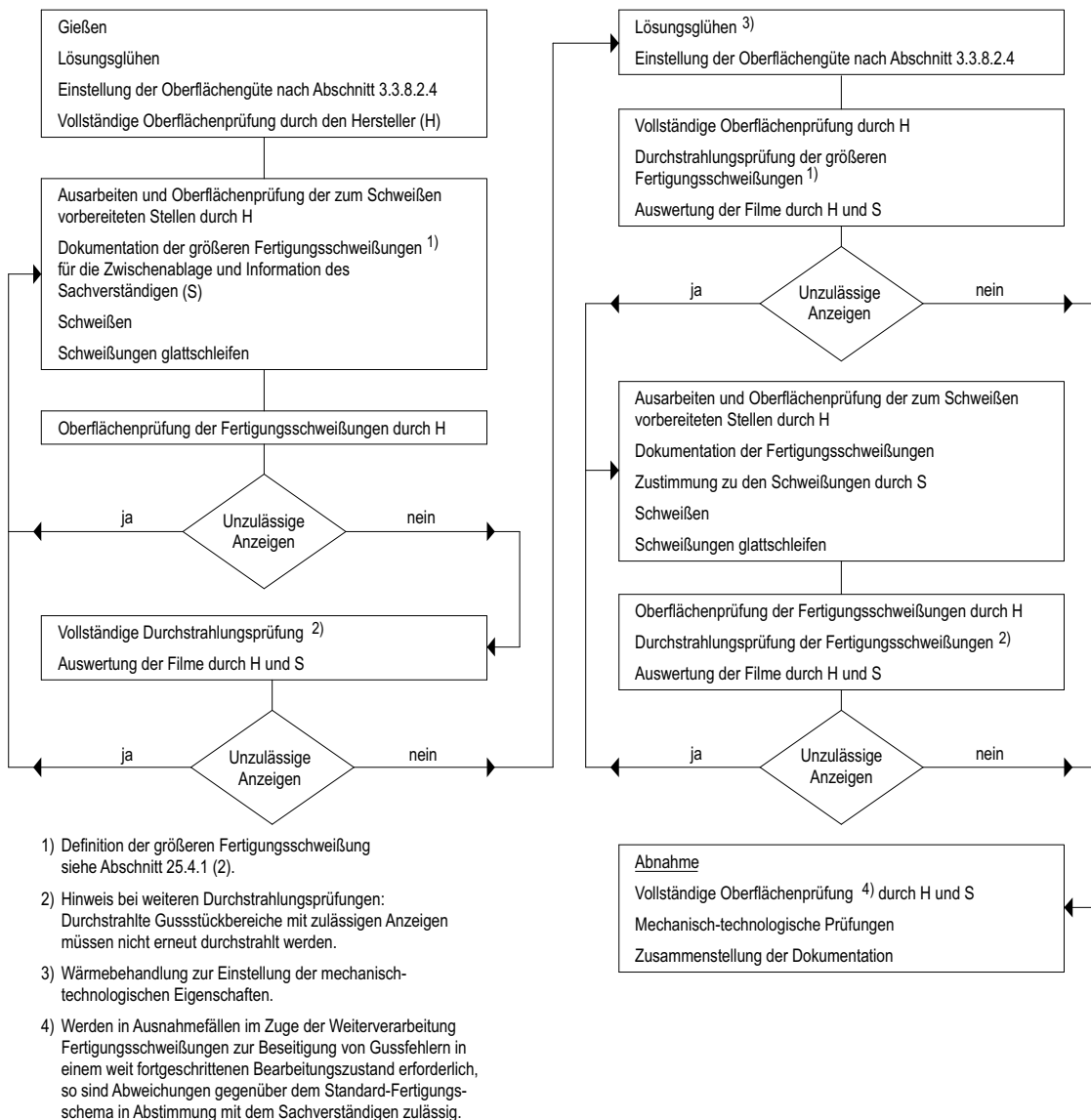
**(2) Zerstörungsfreie Prüfungen**

Die zum Schweißen vorbereiteten Oberflächen sind einer Eindringprüfung zu unterziehen.

Am Prüfstück sind im Endwärmebehandlungszustand eine Eindringprüfung und eine Durchstrahlungsprüfung durchzuführen. Der Prüfumfang und Einzelheiten zur Durchführung sind in Abschnitt 27.6 festgelegt.

**(3) Sonstige Prüfungen**

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 27-2**.



**Tabelle 27-1:** Fertigungsschema für drucktragende Teile aus austenitischem Stahlguss

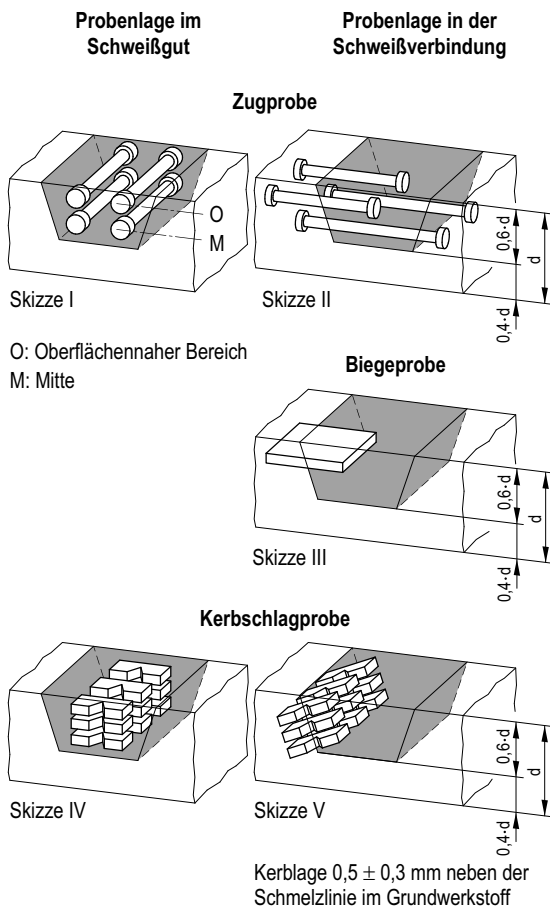
Probenart	Prüf-temperatur	Prüfung nach	zu bestimmen	Probenlage nach Bild/Skizze	Prüf-schicht nach Bild 27-2	Anzahl der Proben 1)		Abnahme-prüfzeugnis nach DIN EN 10204	
						Ausmul-dung	Durch-bruch		
<b>a) Schweißgut</b> Zugproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m$ , A, Z, $R_{p0,2}$ , $R_{p1,0}$	27-1/I	—	1	—	3.2	
	350 °C	DIN EN ISO 6892-2	$R_m$ , A, Z, $R_{p0,2}$ , $R_{p1,0}$	27-1/I	—	1	—		
	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m$ , A, Z, $R_{p0,2}$ , $R_{p1,0}$	27-2/I	O	—	1		
					M	—	1		
	350 °C	DIN EN ISO 6892-2	$R_m$ , A, Z, $R_{p0,2}$ , $R_{p1,0}$	27-2/I	O	—	1		
					M	—	1		
Kerbschlagproben	Raumtem-peratur	DIN EN ISO 148-1	$KV_2$	27-1/IV	—	3	—		
				27-2/IV	O	—	3		
					O	—	3		
<b>b) Schweißverbindung</b> Zugproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m$ , Bruchlage	27-1/II	—	1	—	3.2	
				27-2/II	O	—	1		
						M	—		1
	Biegeproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 5173	Biegewinkel bis zum 1. Anriss	27-1/III	—	1		—
					27-2/III	O	—		1
						M	—		1
	Kerbschlagproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 148-1	$KV_2$	27-1/IV	—	3		—
					27-2/IV	O	—		3
						M	—		3
	IK-Probe	Raum-temperatur	DIN EN ISO 3651-2			—	1		—
O						—	1		
<b>c) Grundwerkstoff 2)</b> Zugproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 6892-1	$R_m$ , A, Z, $R_{p0,2}$ , $R_{p1,0}$		—	1	—	3.2	
					O	—	1		
					M	—	1		
	Kerbschlagproben	Raum-temperatur	DIN EN ISO 148-1	$KV_2$		—	3		—
						O	—		3
						M	—		3
<b>d) Weitere Prüfungen</b>									
<p>(1) Aufnahme eines geätzten Makroschliffes über den gesamten Querschnitt der Fertigungsschweißung. Belegung durch Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204.</p> <p>(2) Analyse der Legierungselemente im Schweißgut, für Durchbruchschweißungen in den Prüfschichten O, M auf: C, Mn, Si, P, S, Cr, Mo, Ni, Nb, Cu, Co. Belegung durch Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204.</p> <p>(3) Metallographische Aufnahmen an Querschliffen im Allgemeinen in 200facher Vergrößerung in den Prüfschichten nach Bild 27-1 und 27-2 je einmal, mit Bestimmung des Deltaferritgehaltes. Belegung durch Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204. Hierbei ist zu erfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schweißgut,</li> <li>- Übergang Schweißgut/Grundwerkstoff und</li> <li>- Grundwerkstoff (unbeeinflusst).</li> </ul>									
<p>1) Bei Wanddicken gleich oder kleiner als 30 mm ist auch für Durchbruchschweißungen nur in einer Prüfschicht zu prüfen.</p> <p>2) Die Prüfung des Grundwerkstoffes ist nur erforderlich, wenn die entsprechenden Grundwerkstoffwerte in den Prüfschichten O und M nicht vorliegen.</p>									

**Tabelle 27-2:** Armaturengehäuse aus austenitischem Stahlguss  
Umfang der Erprobung bei Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen

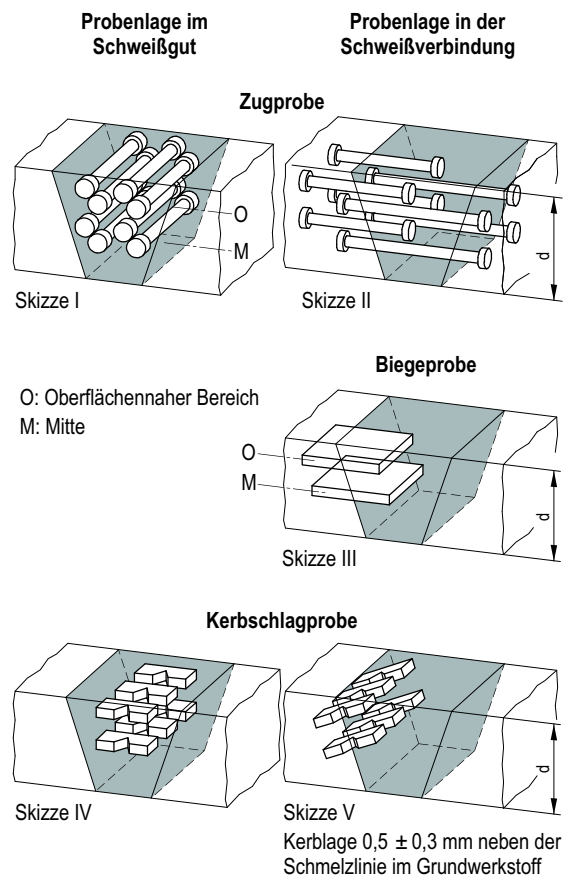


Prüfung	Anforderungen
<b>a) Schweißgut</b>	
Zugversuch (Raumtemperatur und 350 °C)	Wie Grundwerkstoff oder wie bei Eignungsprüfung
Kerbschlagbiegeversuch (Raumtemperatur)	KV <sub>2</sub> Ungeglüht oder lösungsgeglüht: $\geq 70 \text{ J} / \geq 60 \text{ J}$ Spannungsarmgeglüht: $\geq 55 \text{ J} / \geq 40 \text{ J}$
Analyse	Wie Eignungsprüfung des Zusatzwerkstoffes.
<b>b) Schweißverbindung</b>	
Zugversuch (Raumtemperatur)	Wie spezifizierte Mindestzugfestigkeit des Grundwerkstoffes.
Kerbschlagbiegeversuch (Raumtemperatur)	KV <sub>2</sub> Ungeglüht oder lösungsgeglüht: $\geq 70 \text{ J} / \geq 60 \text{ J}$ Spannungsarmgeglüht: $\geq 55 \text{ J} / \geq 40 \text{ J}$
Biegeprüfung	Biegewinkel 180 Grad bei Biegedorndurchmesser $3 \cdot$ Probendicke $a$ . Ermittlung der Biegedehnung nach DIN EN ISO 5173. Aufbrüche, die auf vorhandene Poren oder Bindefehler zurückzuführen sind, sind zulässig. Risse ohne erkennbare Ursachen dürfen eine Länge von 1,6 mm nicht überschreiten.
Metallographische Untersuchung über den Querschnitt	Das Gefüge des Schweißgutes und der wärmebeeinflussten Zone des Grundwerkstoffes muss einwandfreien Lagenaufbau und einwandfreie Durchschweißung der Naht (Makroschliff) sowie einwandfreie Gefügeausbildung (Mikroschliff) erkennen lassen. Werkstofftrennungen (Mikroschliff) sind nur zulässig, wenn sie nach Anzahl und Lage eindeutig nur als vereinzelte Fehlstellen festgestellt werden. Unzulässig ist eine Anhäufung derartiger Fehlstellen in Form zusammenhängender Felder.
<b>c) Grundwerkstoff</b>	
Zugversuch (Raumtemperatur) Kerbschlagbiegeversuch (Raumtemperatur)	Wie <b>Anhang A</b> oder Gutachten, soweit für die jeweiligen Prüfschichten spezifiziert.

**Tabelle 27-3:** Armaturengehäuse aus austenitischem Stahlguss  
Anforderungen an die Verfahrens- und Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen



**Bild 27-1:** Probenentnahme bei Verfahrensprüfungen für Ausmüldungsschweißungen



**Bild 27-2:** Probenentnahme bei Verfahrensprüfungen für Durchbruchschweißungen

#### 27.4.2.2.4 Bewertung der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen sowie der sonstigen Prüfungen müssen den Anforderungen in **Tabelle 27-3** entsprechen.

Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen müssen den Zulässigkeitskriterien von Abschnitt 27.6.4 genügen.

#### 27.4.2.3 Verfahrensprüfungen für Konstruktionsschweißungen

(1) Für Konstruktionsschweißungen gelten sinngemäß die Festlegungen des Abschnittes 27.4.2.2.

(2) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind nach Abschnitt 12 KTA 3201.3 durchzuführen.

#### 27.4.3 Arbeitsprüfungen

##### 27.4.3.1 Arbeitsprüfungen für Fertigungsschweißungen

###### (1) Allgemeingültige Festlegungen

Für Fertigungsschweißungen sind gemäß den nachfolgenden Festlegungen Arbeitsprüfungen durchzuführen. Mit der einer Bauteilschweißung zugeordneten Arbeitsprüfung dürfen andere Bauteilschweißungen, die im gleichen Geltungsbereich der Verfahrensprüfung liegen, abgedeckt werden, sofern diese innerhalb von 12 Monaten nach Abschluss der einer Bauteilschweißung zugeordneten Arbeitsprüfung geschweißt werden.

Die Abmessung der Prüfstücke ist so zu wählen, dass die in **Tabelle 27-2** geforderten Prüfungen durchgeführt werden können und dass ausreichendes Reservematerial zur Verfügung steht. Für die Aufbewahrung der Reststücke gilt KTA 3201.3 Abschnitt 11.1.4.

Die Prüfstücke sind, wie am Bauteil vorgesehen, wärmezubehandeln, d.h. lösungszuglügen und abzuschrecken.

###### (2) Probenentnahme

Die Probenentnahme hat nach den **Bildern 27-1** und **27-2** zu erfolgen.

###### (3) Prüfumfang

###### a) Mechanisch-technologische Prüfungen

Der Prüfumfang richtet sich nach **Tabelle 27-2**. Wird das Prüfstück an ein aus der gleichen Schmelze stammendes Gussstück angeheftet und mit diesem gemeinsam lösungsgeglüht und abgeschreckt, oder wird ein gleicher Temperatur-Zeit-Verlauf in geeigneter Weise nachgewiesen, ist eine Prüfung der mechanisch-technologischen Eigenschaften des Grundwerkstoffs nicht erforderlich, da die Werte bei der Prüfung des Gussstückes selbst anfallen.

###### b) Zerstörungsfreie Prüfungen

Im Endwärmebehandlungszustand - lösungsgeglüht und abgeschreckt - sind eine Eindringprüfung und eine Durchstrahlungsprüfung durchzuführen. Der Prüfumfang und Einzelheiten zur Durchführung sind in Abschnitt 27.6 festgelegt.

###### c) Sonstige Prüfungen

Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen in **Tabelle 27-2**.

###### (4) Bewertung der Prüfergebnisse

Die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen sowie der sonstigen Prüfungen müssen den Anforderungen in **Tabelle 27-3** entsprechen.

Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen müssen den Zulässigkeitskriterien nach Abschnitt 27.6.4 genügen.

##### 27.4.3.2 Arbeitsprüfungen für Konstruktionsschweißungen

(1) Es gelten sinngemäß die Festlegungen des Abschnitts 27.4.3.1.

(2) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind nach KTA 3201.3, Abschnitt 12, durchzuführen.

#### 27.5 Prüfungen am Gussstück

##### 27.5.1 Probenentnahme

(1) Die Proben sind aus angegossenen Prüfblöcken, die nicht gekühlt werden dürfen (Angussproben, Überlängen oder Stutzenausschnitten), zu entnehmen. Die Prüfblöcke sind am Gussstück verteilt vorzusehen.

(2) Für die Anzahl der Prüfblöcke gilt folgende Regelung:

Gussstück in kg	Anzahl der Prüfblöcke je Gussstück
≤ 500	1
> 500 bis ≤ 1000	2
> 1000	3

(3) Die Dicke der Prüfblöcke muss der maßgeblichen Wanddicke des Gussstücks entsprechen.

(4) Die Prüfblöcke sind nach dem letzten Lösungsglühen und Abschrecken abzutrennen, soweit die zerstörungsfreien Prüfungen nicht beeinträchtigt werden. Ist aus Gründen der zerstörungsfreien Prüfungen ein Abtrennen zu einem früheren Zeitpunkt erforderlich, so sind die Prüfblöcke anschließend wieder mit dem Gussstück zu verschweißen und gemeinsam mit diesem lösungszuglügen und abzuschrecken.

(5) In Sonderfällen dürfen Proben auch aus getrennt gegossenen Schmelzenproben entnommen werden. Diese Sonderfälle sind unter den Beteiligten (Hersteller, Besteller und Sachverständiger) zu vereinbaren.

(6) Hinsichtlich der Größe der Prüfblöcke ist Abschnitt 3.3.3 zu beachten. Die Proben sollen möglichst ein Viertel der Wanddicke unter der Oberfläche der Prüfblöcke liegen. Bei der Probenentnahme sind die Wärmeeinflusszonen von Brennschnitten zu berücksichtigen.

##### 27.5.2 Prüfumfang

###### 27.5.2.1 Chemische Analysen

###### (1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 6-1** aufgeführten Elemente zu bestimmen.

###### (2) Stückanalyse

An jedem Gussstück sind an einem in der Nähe des Speisers liegenden Probenstück die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 6-1** aufgeführten Elemente zu bestimmen.

###### 27.5.2.2 Mechanisch-technologische Prüfungen

###### (1) Zugversuch

Bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur ist je Prüfblock je eine Probe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

###### (2) Kerbschlagbiegeversuch

Je Prüfblock ist ein Probensatz nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 20 °C zu prüfen.

###### 27.5.2.3 Prüfung der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

An einem Prüfblock eines Gussstückes je Schmelze und Wärmebehandlungslos ist die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach Abschnitt 3.3.7.6 nachzuweisen.

#### 27.5.2.4 Ermittlung des Deltaferritgehaltes

An einem Prüfblock je Gussstück ist der Deltaferritgehalt nach der letzten Wärmebehandlung metallographisch zu ermitteln (siehe **Anhang D**).

### 27.6 Zerstörungsfreie Prüfungen

#### 27.6.1 Allgemeingültige Festlegungen

Die folgenden Festlegungen gelten als Ergänzung zu den Festlegungen des Abschnitts 3.3.8.

#### 27.6.2 Art, Umfang und Zeitpunkt

##### 27.6.2.1 Allgemeingültige Festlegungen

(1) Die gegenseitige Verknüpfung von Umfang, Art und Zeitpunkt der zerstörungsfreien Prüfungen im Fertigungsablauf sowie die Beteiligung des Sachverständigen an diesen Prüfungen sind in **Tabelle 27-1** dargestellt.

(2) Bei Abweichungen von diesem Ablauf ist ein Prüffolgeplan vom Hersteller zu erstellen und dem Sachverständigen zur Vorprüfung vorzulegen.

##### 27.6.2.2 Umfang und Art

(1) Die Gussstücke sind einer vollständigen Durchstrahlungsprüfung zu unterziehen.

(2) An allen Oberflächen ist eine Oberflächenprüfung nach dem Eindringverfahren durchzuführen. Ebenso sind alle Mulden, die aufgrund von Ausschleifungen von Fehlern entstehen, zu prüfen.

(3) Alle Fertigungsschweißungen sind einer Eindring- und Durchstrahlungsprüfung zu unterziehen.

##### 27.6.2.3 Zeitpunkt

(1) Die Durchstrahlungsprüfung ist nach mindestens einem Lösungsglühvorgang durchzuführen.

(2) Alle Fertigungsschweißungen nach dem letzten Lösungsglühen und größere lösungsgelühte Fertigungsschweißungen sind zu durchstrahlen.

Hinweis:

Definition der größeren Fertigungsschweißung siehe Abschnitt 25.4.1 (5).

(3) Erfolgt beim Armaturenhersteller eine weitere Bearbeitung, ist an den dabei neu entstehenden Oberflächen eine erneute Oberflächenprüfung durchzuführen.

#### 27.6.3 Verfahrenstechnische Anforderungen

##### 27.6.3.1 Durchstrahlungsprüfung

(1) Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 25.6.3.1.

(2) Treten bei Anwendung der zugelassenen Strahlenergien gefügebedingte Anzeigen (z. B. durch Röntgendiffraktion) auf, so sind Kontrollaufnahmen unter Anwendung höherer Strahlenergien oder anderer Aufnahmeanordnungen oder Vergrößerung des Abstandes Film/Werkstückoberfläche anzufertigen. Die Vorgehensweise sowie die Bewertung dieser zusätzlichen Maßnahmen sind mit dem Sachverständigen festzulegen.

(3) Der Grundwerkstoff ist in den Bereichen, in denen Warmrisse auftreten können, z. B. Bereichen von Steigern, Kühlleisen und Querschnittsübergängen, zusätzlich mittels einer gezielten Durchstrahlungsprüfung zu prüfen, wenn diese Bereiche bei der Volumenprüfung nicht in geeigneter Weise erfasst sind.

#### 27.6.3.2 Oberflächenprüfung

Die Prüfung ist nach DIN EN 1371-1 durchzuführen.

#### 27.6.4 Zulässigkeitskriterien

##### 27.6.4.1 Durchstrahlungsprüfung

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 25.6.4.1.

##### 27.6.4.2 Oberflächenprüfung

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 25.6.4.3.

##### 27.6.4.3 Fertigungsschweißungen

Die Beurteilung hat gemäß den Festlegungen des Abschnitts 25.6.4.1 (1) wie für den Grundwerkstoff zu erfolgen. Werden Befunde innerhalb der Fertigungsschweißung im Einvernehmen mit dem Sachverständigen eindeutig als einschlussartige Fehler erkannt, so dürfen diese als Einzelfehler bis zu einer maximalen Länge von einem Drittel der jeweiligen Wanddicke belassen werden.

#### 27.7 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

#### 27.8 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

#### 27.9 Prüfung auf Dichtheit

(1) Jedes Gussstück ist in einem dafür geeigneten Zustand, im Allgemeinen beim Weiterverarbeiter, einer Prüfung auf Dichtheit durch den Innendruckversuch zu unterziehen.

(2) Der Innendruckversuch 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.

#### 27.10 Kennzeichnung

Die Gussstücke sind zu kennzeichnen mit

- Herstellerzeichen,
- Werkstoffbezeichnung,
- Schmelznummer,
- Probennummer,
- Prüfstempel des Sachverständigen.

#### 27.11 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach Abschnitt 27.5.2.1 und 27.5.2.3 und 27.5.2.4 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

### 28 Stäbe und Schmiedestücke aus nichtrostendem martensitischem Stahl

#### 28.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für Stäbe und Schmiedestücke aus nichtrostendem martensitischem Stahl, die z. B. für Druckrohre für Steuerelementantriebe, Dichtungsgehäuse und -deckel der Hauptkühlmittelpumpe sowie für Teile von Magnetventilen verwendet werden.

(2) Die Festlegungen zu den Werkstoffen für diese Erzeugnisse sind dem Abschnitt A 8 zu entnehmen.

## 28.2 Prüfungen

### 28.2.1 Prüflose und Probenentnahmeorte

#### 28.2.1.1 Stäbe

(1) Stäbe mit einem Vergütungsgewicht gleich oder kleiner als 500 kg sind in Losen zu prüfen. Stäbe derselben Schmelze, gemeinsamer Wärmebehandlung und ähnlicher Abmessung sind zu Losen von je 500 kg, jedoch höchstens 10 Stück, zusammenzufassen. Je Los ist ein Stab an einem Ende zu prüfen.

(2) Stäbe mit einem Vergütungsgewicht größer als 500 kg müssen einzeln geprüft werden. Stäbe mit einer Vergütungslänge gleich oder kleiner als 2000 mm sind an einem Ende zu prüfen. Stäbe mit einer Vergütungslänge größer als 2000 mm sind an beiden Enden zu prüfen, wobei die Probenentnahmeorte um 180 Grad versetzt sein sollen.

(3) Soweit möglich, sind Querproben zu prüfen. Bei Stäben mit einem Vergütungsdurchmesser oder einer Dicke und Breite von gleich oder kleiner als 140 mm sind Längsproben zulässig.

#### 28.2.1.2 Schmiedestücke

(1) Schmiedestücke mit einem Vergütungsgewicht gleich oder kleiner als 500 kg sind in Losen zu prüfen. Schmiedestücke derselben Schmelze, gemeinsamer Wärmebehandlung und ähnlicher Abmessung sind zu Losen von je 500 kg, jedoch höchstens 10 Stück zusammenzufassen. Je Los ist ein Probenatz zu prüfen.

(2) Schmiedestücke mit einem Vergütungsgewicht größer als 500 kg und kleiner als oder gleich 5000 kg sind einzeln zu prüfen. Jedem Schmiedestück sind Proben von zwei Orten zu entnehmen, die um 180 Grad versetzt sein sollen. Ist der Vergütungsdurchmesser gleich oder größer als die Vergütungslänge, sollen die beiden Entnahmeorte entweder an der Kopfseite oder an der Fußseite liegen. Ist der Vergütungsdurchmesser kleiner als die Vergütungslänge, soll einer der Probenentnahmeorte an der Kopfseite, der andere an der Fußseite liegen.

(3) Schmiedestücke mit einem Vergütungsgewicht größer als 5000 kg sind einzeln zu prüfen. Jedem Schmiedestück sind Proben von drei Orten zu entnehmen. Ist der Vergütungsdurchmesser gleich oder größer als die Vergütungslänge (z. B. Ring oder Scheibe), sind die Proben an einer Seite von drei um 120 Grad versetzten Orten zu entnehmen. Ist der Vergütungsdurchmesser kleiner als die Vergütungslänge (z. B. Stab oder Hohlkörper), sind die drei Entnahmeorte auf beide Seiten zu verteilen.

(4) Soweit möglich, sind die Proben quer zur Hauptumformrichtung zu entnehmen.

(5) Die Probenentnahmeorte sind im Probenentnahmeplan nach Abschnitt 2.6.4.2.4 festzulegen.

#### 28.2.2 Probenlage

Die Proben sind im Abstand von T/4, jedoch höchstens 80 mm unter der längsseitigen Oberfläche und unter der Stirnfläche zu entnehmen, wobei T der Vergütungsdurchmesser oder die Vergütungswanddicke ist.

#### 28.2.3 Prüfumfang

##### 28.2.3.1 Chemische Analysen

###### (1) Schmelzenanalyse

Je Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 8-1** aufgeführten Elemente zu bestimmen.

###### (2) Stückanalyse

Eine Stückanalyse zur Bestimmung der Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 8-1** aufgeführten Elemente ist durchzuführen:

- a) bei Erzeugnissen mit einem Vergütungsgewicht gleich oder kleiner als 500 kg an einem Stück je Los,
- b) bei Erzeugnissen mit einem Vergütungsgewicht größer als 500 bis gleich oder kleiner als 5000 kg an einem Probenentnahmeort je Stück und
- c) bei Erzeugnissen mit einem Vergütungsgewicht größer als 5000 kg an beiden Enden an einem Probenentnahmeort je Stück.

#### 28.2.3.2 Prüfungen im vergüteten Zustand

##### 28.2.3.2.1 Mechanisch-technologische Prüfungen

###### (1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort sind je ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur durchzuführen.

###### (2) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur ein Satz Kerbschlagproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) zu prüfen.

##### 28.2.3.2.2 Härteprüfung

Zum Nachweis der Gleichmäßigkeit der Vergütung ist an jedem Stück die Härte zu ermitteln.

##### 28.2.3.2.3 Zerstörungsfreie Prüfungen

Für Stäbe gelten die Festlegungen des Abschnitts 14.4, für Schmiedestücke gelten die Festlegungen des Abschnitts 11.4.

##### 28.2.3.3 Prüfungen an mitlaufenden Proben für Druckrohre für Steuerelementantriebe

(1) Falls die Erzeugnisse bei der Weiterverarbeitung spannungsarmgeglüht oder angelassen werden, müssen Mitlaufproben bereitgehalten werden.

(2) Jedem Wärmebehandlungslos für das Spannungsarmglühen oder Anlassen bei der Weiterverarbeitung ist je Prüfstück der Ausgangserzeugnisse ein Satz Mitlaufproben beizufügen.

(3) Unter Beachtung der Probenrichtung nach Abschnitt 28.2.1.1 oder 28.2.1.2 sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- a) ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur,
- b) ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Auslegungstemperatur und
- c) ein Kerbschlagbiegeversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei Raumtemperatur an einem Probenatz.

## 28.3 Kennzeichnung

Zusätzlich zu den Festlegungen des Abschnitts 3.5 gilt:

Bei losweiser Prüfung nach den Abschnitten 28.2.1.1 oder 28.2.1.2 ist jedes Teil mit der Losnummer zu kennzeichnen.

## 28.4 Verwechslungsprüfung

Jedes Erzeugnis ist nach Abschnitt 3.3.7.9 auf Werkstoffverwechslung zu prüfen. Bei Erzeugnissen, die einer Stückanalyse nach Abschnitt 28.2.3.1 (2) unterzogen wurden, gilt diese als Verwechslungsprüfung.

## 28.5 Besichtigung

Für die Besichtigung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.10.

## 28.6 Maßprüfung

Für die Maßprüfung gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.3.7.8.

## 28.7 Nachweis der Güteeigenschaften

Die Ergebnisse der Prüfungen nach den Abschnitten 28.2.3.1 und 28.2.3.2.2 sind mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1 nach DIN EN 10204, die Ergebnisse aller anderen Prüfungen mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.2 nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.

## 29 Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen für integrale Anschlüsse der druckführenden Umschließung

### 29.1 Geltungsbereich

Dieser Abschnitt gilt für Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen für integrale Anschlüsse, z. B. für Komponentenstützkonstruktionen und Ausschlagsicherungen, an Primärkreis-komponenten.

### 29.2 Anforderungen

(1) Für die verschiedenen Erzeugnisformen gelten hinsichtlich der

- a) Werkstoffe und
- b) allgemeinen und zusätzlichen Anforderungen die jeweils zutreffenden Festlegungen der Abschnitte 4, 7, 12, 14 oder 15 dieser Regel.

(2) Hinsichtlich der

- a) Probenentnahme und Probenvorbereitung,
  - b) zerstörungsfreien Prüfungen,
  - c) Kennzeichnung und des
  - d) Nachweises der Güteeigenschaften
- gelten die Festlegungen von KTA 3205.1.

(3) Für den Prüfumfang zum Nachweis der chemischen Analysen und der mechanisch-technologischen Prüfungen gelten die Festlegungen des Abschnitts 29.3.

### 29.3 Prüfumfang

#### 29.3.1 Chemische Analysen

(1) Schmelzenanalyse

Für jede Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1** aufgeführten Elemente zu bestimmen.

(2) Stückanalyse

Je Probenentnahmeort sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 1-1** aufgeführten Elemente zu bestimmen.

#### 29.3.2 Mechanisch-technologische Prüfungen

(1) Zugversuch

Je Probenentnahmeort ist bei Raumtemperatur und bei Auslegungstemperatur eine Querprobe im Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) zu prüfen.

(2) Prüfung der Brucheinschnürung an Senkrechtproben

Je Probenentnahmeort ist die Brucheinschnürung nach Abschnitt 3.3.7.3 (2) zu bestimmen.

(3) Kerbschlagbiegeversuch

Je Probenentnahmeort ist die Schlagenergie nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) an je einem Satz Querproben bei 0 °C und 33 °C zu prüfen.

(4) Sprödbbruch-Übergangstemperatur

Je Probenentnahmeort ist an zwei Proben nach Abschnitt 3.3.7.3 (5) nachzuweisen, dass die Anforderungen an die NDT-Temperatur erfüllt sind.

## 30 Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen für integrale Anschlüsse der druckführenden Umschließung

### 30.1 Geltungsbereich

Dieser Abschnitt gilt für Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen für integrale Anschlüsse, z. B. für Komponentenstützkonstruktionen und Ausschlagsicherungen, an Primärkreis-komponenten.

### 30.2 Anforderungen

(1) Für die verschiedenen Erzeugnisformen gelten hinsichtlich der

- a) Werkstoffe und
- b) allgemeinen und zusätzlichen Anforderungen die Festlegungen des Abschnitts 22 dieser Regel.

(2) Hinsichtlich der

- a) Probenentnahme und Probenvorbereitung
  - b) zerstörungsfreien Prüfungen,
  - c) Kennzeichnung und des
  - d) Nachweises der Güteeigenschaften
- gelten die Festlegungen von KTA 3205.1.

(3) Für den Prüfumfang gelten die Festlegungen des Abschnitts 30.3.

### 30.3 Prüfumfang

#### 30.3.1 Chemische Analyse

(1) Schmelzenanalyse

Je Schmelze sind die Massenanteile der im **Anhang A, Tabelle A 3-1** aufgeführten Elemente zu bestimmen.

(2) Stückanalyse

Die Stückanalyse ist gemäß Abschnitt 22.3.2.1 (2) durchzuführen.

#### 30.3.2 Zugversuch

Für jeden Probenentnahmeort ist ein Zugversuch nach Abschnitt 3.3.7.3 (1) bei Raumtemperatur durchzuführen.

#### 30.3.3 Ermittlung des Deltaferritgehaltes

Für Bauteile, an denen im Zuge der Weiterverarbeitung Schweißarbeiten durchgeführt werden, ist aus jeder am Stück ermittelten chemischen Zusammensetzung unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes der Deltaferritgehalt zu errechnen. Ergeben sich dabei Ferritnummern kleiner als 3 oder größer als 7, so ist an dem Stück mit der im Hinblick auf den Deltaferritgehalt ungünstigsten chemischen Zusammensetzung der Deltaferritgehalt durch den Aufschmelzversuch zu ermitteln (siehe **Anhang D**).

#### 30.3.4 Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Je Schmelze und Wärmebehandlungslos ist eine Probe nach Abschnitt 3.3.7.6 auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion zu prüfen.

#### 30.3.5 Verwechslungsprüfung

Jedes Teil ist nach Abschnitt 3.3.7.9 auf Werkstoffverwechslung zu prüfen.

## Anhang A

### Werkstoffkenndaten

A 1	Stahl 20 MnMoNi 5 5 .....	86
A 2	Austenitischer Stahl X 2 NiCrAlTi 32 20 .....	91
A 3	Nichtrostende austenitische Walz- und Schmiedestähle X 6 CrNiTi 18 10 S, X 6 CrNiNb 18 10 S und X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S .....	92
A 4	Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 .....	96
A 5	Warmfester Stahlguss GS-C 25 S .....	99
A 6	Austenitischer Stahlguss G-X 5 CrNiNb 18 9 S .....	101
A 7	Vergüteter Feinkornbaustahl als Grundwerkstoff und nichtrostender austenitischer Stahl als Plattierungswerkstoff für nahtlose, pressplattierte Verbundrohre .....	103
A 8	Martensitischer Stahl X 5 CrNi 13 4 .....	105
A 9	Nickellegierung NiCr 29 Fe .....	107
A 10	Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen....	109
A 11	Vergütungsstähle nach DIN EN 10269 für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen; ergänzende Festlegungen zu DIN EN 10269 .....	112

#### A 1 Stahl 20 MnMoNi 5 5

##### A 1.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 1 legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen und der physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung des Stahls 20 MnMoNi 5 5 für die im Geltungsbereich der Abschnitte 4 bis 17 und 29 genannten Erzeugnisformen fest:

- a) Nahtlose Hohlteile, geschmiedet oder gewalzt (Abschnitt 4)
- b) Nahtlose Hohlteile für Stutzen, geschmiedet, gewalzt oder gepresst (Abschnitt 5)
- c) Geschmiedete Platten für Rohrböden (Abschnitt 6)
- d) Bleche (Abschnitt 7)
- e) Aus Blechen gekümpelte, gepresste, gebogene oder gerollte Erzeugnisse (Abschnitt 8)
- f) Gerade Rohrformstücke (Abschnitt 9)
- g) Nahtlose geschmiedete Hohlteile für Hauptkühlmittelpumpengehäuse (Abschnitt 10)
- h) Druckführende geschmiedete Armaturengehäuse (Abschnitt 11)
- i) Geschmiedete Platten (Abschnitt 12)
- j) Aus geschmiedeten Platten warm gekümpelte oder gepresste Erzeugnisse (Abschnitt 13)
- k) Geschmiedete oder gewalzte Stäbe (Abschnitt 14)
- l) Hohlgebohrte oder hohlgeschmiedete Teile aus geschmiedeten oder gewalzten Stäben (Abschnitt 15)

- m) Nahtlose Rohre für Rohrleitungen (Abschnitt 16)
  - n) Nahtlose Rohrbogen für Rohrleitungen (Abschnitt 17)
  - o) Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen für integrale Anschlüsse der druckführenden Umschließung (Abschnitt 29)
- (2) Abweichungen von diesen Festlegungen sind zulässig, wenn der Sachverständige sie im Gutachten bestätigt.

##### A 1.2 Herstellung des Werkstoffs

(1) Der Werkstoff 20 MnMoNi 5 5 ist ein feinkörnig erschmolzener Vergütungsstahl mit kennzeichnenden Warmfestigkeitseigenschaften.

(2) Der Werkstoff soll im Elektrolichtbogenofen oder nach dem Sauerstoffaufblasverfahren erschmolzen und vakuumentgast werden. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

##### A 1.3 Anforderungen

###### A 1.3.1 Chemische Analysen

Für den Werkstoff gilt die in **Tabelle A 1-1** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

###### A 1.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

###### A 1.3.2.1 Allgemeines

(1) Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endzustand des Bauteils nach der Wärmebehandlung.

(2) Bei den Abnahmeprüfungen sind die Eigenschaften entsprechend den Festlegungen der Abschnitte 4 bis 17 an simulierend spannungsarmgeglühten und an mitlaufenden Probenabschnitten nachzuweisen. Die nachfolgenden Werte gelten für die in den Abschnitten 4 bis 17 festgelegten Probenentnahmeorte, Probenlagen und Probenrichtungen.

(3) Für Erzeugnisformen im Anwendungsbereich der Abschnitte 4 bis 6 sowie 10 bis 13 sind bei Vergütungswanddicken von 220 bis 320 mm Unterschreitungen der Mindestwerte von  $R_{p0,2}$  und  $R_m$  bis zu 10 % in Wanddickenmitte gegenüber den festgelegten Probenentnahmeorten zulässig, bei Vergütungswanddicken größer 320 mm bis zu 20 %, sofern in Wanddickenmitte bei einer Prüftemperatur von 80 °C die Schlagenergie größer 68 J und die seitliche Breitung größer 0,9 mm ist. Eine Prüfung in Wanddickenmitte kommt jedoch nur in Betracht, wenn im Laufe der Fertigung nach Abschnitt 3.3.6 z. B. ausreichend große Butzenstücke aus Durchdringungen anfallen, die zur Entnahme von Hohlbohrkernen geeignet sind. Der Prüfumfang ist mit dem Sachverständigen festzulegen.

#### Hinweis:

Bei Vergütungswanddicken bis 200 mm für die Erzeugnisformen nach den Abschnitten 7, 8, 9, 15, 16 und 17, bis 220 mm für die Erzeugnisformen nach den Abschnitten 4, 10, 11, 12, 13 und 14, und schließlich bis 230 mm für die Erzeugnisformen nach Abschnitt 5 hat die Begutachtung ergeben, dass die geforderten Werte der Eigenschaften über den gesamten Querschnitt einhaltbar sind.

#### A 1.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

(1) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 1-2** festgelegt.

(2) Das Streckgrenzenverhältnis soll 0,8 nicht überschreiten.

(3) Für Erzeugnisformen nach den Abschnitten 9, 16 und 17 mit einer Vergütungswanddicke gleich oder kleiner als 70 mm ist ein Streckgrenzenverhältnis bis 0,85 zulässig.

(4) Für Erzeugnisformen nach den Abschnitten 7 und 8 ist im Bereich der Vergütungswanddicke von größer 30 mm bis kleiner als oder gleich 70 mm bei der Wasservergütung ein Streckgrenzenverhältnis bis 0,85 zulässig.

(5) Die für die verschiedenen Probenentnahmeorte desselben Ergebnisses mit Proben gleicher Lage und Richtung ermittelten Werte der Zugfestigkeit dürfen nicht mehr als 80 N/mm<sup>2</sup> voneinander abweichen.

#### A 1.3.2.3 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 1-3** festgelegt.

#### A 1.3.2.4 Kerbschlagbiegeversuch

(1) Die Werte für die Schlagenergie sind in **Tabelle A 1-4** festgelegt und gelten für den Grundwerkstoff und unter Berücksichtigung der Abschnitte A 1.4.1 und A 1.5.1 auch für die Wärmeeinflusszone von Schweißnähten in Bauteilen.

#### Hinweis:

Weitere Anforderungen an die Schlagenergie von Querproben sind in den ergebnisformbezogenen Abschnitten festgelegt.

(2) Für die Erzeugnisformen nach den Abschnitten 7 und 8 gilt zusätzlich:

Liegen die Werte der Schlagenergie bei einer Temperatur von 0 °C für die Probenentnahmetiefe T/4 im Bereich größer als 41 J und kleiner als oder gleich 51 J als Mittelwert oder größer als 34 J und kleiner als oder gleich 41 J als Einzelwert, so ist die Schlagenergie zusätzlich in der Probenentnahmetiefe T/2 zu ermitteln, wobei T die Vergütungswanddicke ist.

#### A 1.3.2.5 Spröbruch-Übergangstemperatur

(1) Für den Fallgewichtsversuch nach Pellini ist die Probenform P2 nach SEP 1325 zu wählen.

(2) Die NDT-Temperatur für den kernnahen Bereich ist in Abschnitt 3.2.4.2 festgelegt.

#### A 1.3.3 Korngröße

Nach dem Vergüten muss für die Korngröße eine Kennzahl von mindestens 5 nach DIN EN ISO 643 erreicht werden.

#### A 1.3.4 Physikalische Eigenschaften

Die Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind im **Anhang AP** angegeben.

#### A 1.4 Wärmebehandlung

##### A 1.4.1 Vergüten

#### Hinweis:

Die angegebenen Temperaturen sind Stücktemperaturen.

(1) Für die Erzeugnisformen nach den Abschnitten 7 und 8, für gepresste nahtlose Rohre nach Abschnitt 16 und daraus hergestellte Rohrbogen nach Abschnitt 17 gilt:

Vergüten	
Härten	Anlassen
870 °C bis 930 °C	630 °C bis 690 °C

Für die übrigen Erzeugnisformen gemäß Abschnitt A 1.1 gilt:

Vergüten	
Härten	Anlassen
870 °C bis 940 °C	630 °C bis 680 °C

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt A 1.3.2 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteils eingehalten werden.

#### A 1.4.2 Wärmebehandlung während und nach dem Verarbeiten

(1) Das letzte Spannungsarmglühen soll bei 580 °C bis 620 °C mit anschließender Abkühlung im Ofen oder an ruhender Luft durchgeführt werden.

(2) Werden Zwischenglühungen erforderlich, so dürfen diese bei 550 °C durchgeführt werden.

#### Hinweis:

Beachte auch Fußnote 2 in Tabelle A 1-1.

(3) Die Spannungsarmglühtemperatur soll unterhalb der niedrigsten Anlasstemperatur der für ein Bauteil verwendeten Ergebnisse oder der hieraus gefertigten Bauteile liegen.

(4) Bei der Festlegung der Glühtemperatur, der Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit und der Haltedauer sind die sich beim Glühen ergebenden möglichen Änderungen der Werkstoffeigenschaften zu berücksichtigen, wobei auch Plattierungen mit in Betracht zu ziehen sind (Korrosionsbeständigkeit, Duktilität).

#### A 1.5 Weiterverarbeitung

##### A 1.5.1 Schweißen

(1) Die Ergebnisse sind im begutachteten Abmessungsbereich nach folgenden Verfahren schmelzschweißbar:

- a) Verbindungs- und Auftragschweißen
  - aa) Metall-Lichtbogenschweißen mit basisch umhüllten Elektroden,
  - ab) Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern,
  - ac) Schweißen nach dem WIG-Verfahren mit Schweißzusätzen,
- b) Plattierungsschweißen
  - ba) Metall-Lichtbogenschweißen mit basisch umhüllten Elektroden oder Mischtypen,
  - bb) Unterpulver-Bandschweißen mit basischen Pulvern oder Mischpulvern,
  - bc) Unterpulver-Drahtverfahren,
  - bd) Plasma-Plattierungen,
  - be) MIG-Plattierungen,
  - bf) WIG-Plattierungen.

(2) Die Vorwärm-, Zwischenlagen- oder Arbeitstemperatur beträgt je nach Werkstückdicke 150 °C bis 250 °C; beim Schweißplattieren je nach Werkstückdicke und Verfahren 120 °C bis 180 °C.

(3) Die Schweißbedingungen gelten für die Verbindungsschweißung im Fülllagenbereich für Abkühlzeiten  $t_{8/5}$  zwischen 7 und 25 s.

Hinweis:

Zusammenhang zwischen Schweißdaten und  $t_{8/5}$  siehe Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 088.

(4) Bei Verwendung basisch umhüllter Stabelektroden oder Schweißpulver mit basischer Charakteristik ist folgender Gehalt an diffusilem Wasserstoff einzuhalten:

- 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).

(5) Das Bauteil ist aus der Schweißwärme einer Nachwärmung von gleich oder größer als 2 Stunden bei rund 280 °C zu unterziehen, sofern nicht aus der Schweißwärme bereits die Spannungsarmglühung vorgenommen wird.

(6) Bei den Erzeugnisformen nach den Abschnitten 4 bis 6 und 10 bis 14 darf auf die Wasserstoffarmglühung nach dem Schweißplattieren verzichtet werden, wenn in dem zu plattierenden Bereich eine Wanddicke von kleiner als oder gleich 100 mm, bei Erzeugnisformen nach den Abschnitten 9 und 15 im ungestörten zylindrischen Teil eine Wanddicke von 70 mm nicht überschritten wird. In diesem Fall ist das Werkstück nach dem Schweißplattieren längere Zeit auf Mindestvorwärmtemperatur zu halten und erst dann verzögert abzukühlen, sofern nicht aus der Schweißwärme eine Spannungsarmglühung nach Abschnitt A 1.4.2 erfolgt.

(7) Bei den Erzeugnissen nach den Abschnitten 16 und 17 darf auf die Wasserstoffarmglühung nach dem Schweißplattieren verzichtet werden, wenn in dem zu plattierenden Bereich eine Wanddicke von 70 mm nicht überschritten wird. In diesem Fall ist das Werkstück nach dem Schweißplattieren längere Zeit auf Mindestvorwärmtemperatur zu halten und erst dann verzögert abzukühlen, sofern nicht aus der Schweißwärme eine Spannungsarmglühung nach Abschnitt A 1.4.2 erfolgt.

(8) Bei den Erzeugnisformen nach den Abschnitten 7 und 8 ist das Bauteil nach dem Schweißplattieren einer verzögerten

Abkühlung aus der Schweißwärme heraus zu unterziehen. Voraussetzung dabei ist, dass keine Seigerungszone angeschnitten sind und plattiert wurden. Sind Seigerungszone zu plattieren, so ist eine Nachwärmung entsprechend der Verbindungsschweißung gemäß (5) durchzuführen.

(9) Abweichungen von den oben angeführten Festlegungen, z. B. Absenkung der Vorwärmtemperatur beim Schweißplattieren, Verkürzung der Nachwärmdauer oder Erniedrigung der Nachwärmtemperatur, sind zulässig, wenn dafür eine Verfahrens- oder Arbeitsprüfung nach KTA 3201.3 durchgeführt wurde.

(10) Unabhängig von Schweißverfahren und Wanddicke ist nach dem Schweißen ein Spannungsarmglühen nach Abschnitt A 1.4.2 erforderlich.

#### A 1.5.2 Thermisches Trennen

(1) Vor dem Brennschneiden ist auf 150 °C bis 300 °C vorzuwärmen. Es wird empfohlen, das Vorwärmen im Ofen durchzuführen, damit eine gleichmäßige Temperaturverteilung (Durchwärmung) erreicht wird.

(2) Wird das Vorwärmen örtlich durchgeführt, muss die angewärmte Zone groß genug sein, damit eine ausreichende Durchwärmung gegeben ist. Die Vorwärmtemperatur ist während des gesamten Schneidevorganges aufrechtzuerhalten.

#### A 1.5.3 Umformen

##### A 1.5.3.1 Warmumformen

Warmumformungen sollen unter Berücksichtigung der Angaben des Herstellers

- a) für die Erzeugnisformen nach den Abschnitten 4 bis 6 und 9 bis 15 bei 750 °C bis 1250 °C,
- b) für die Erzeugnisformen nach den Abschnitten 7, 8, 16 und 17 bei 700 °C bis 1100 °C gegebenenfalls auch mit erweitertem Temperaturbereich, durchgeführt werden. Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten sowie Haltedauer sind nach den Festlegungen des Werkstoffherstellers zu wählen. Nach dem Warmumformen ist eine Vergütungsbehandlung durchzuführen.

##### A 1.5.3.2 Kaltumformen

(1) Beim Kaltumformen der Erzeugnisformen nach den Abschnitten 7, 8, 16 und 17 soll die Temperatur 20 °C nicht unterschreiten. Abweichungen sind mit dem Sachverständigen festzulegen.

(2) Nach Kaltumformen mit Umformgraden kleiner als oder gleich 2 % ist keine Wärmebehandlung erforderlich. Nach Kaltumformungen mit Kaltumformgraden zwischen 2 % und kleiner als oder gleich 5 % ist ein Spannungsarmglühen durchzuführen. Beim Kaltumformen mit Kaltumformgraden von größer als 5 % ist eine erneute Vergütungsbehandlung erforderlich.

#### A 1.6 Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 sind unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches in den VdTÜV-Werkstoffblättern 401/1 bis 401/3 aufgeführt.



Nachweis an		Massenanteile in %						
		C 1)	Si	Mn	P 2)	S	Cr	Mo
Schmelze 3) 4)	min.	0,17	0,15	1,20	—	—	—	0,40
	max.	0,23	0,30	1,50	0,012	0,008	0,20	0,55
Stück 3) 4)	min.	0,15	0,10	1,15	—	—	—	0,40
	max.	0,25	0,35	1,55	0,012 5)	0,012 5)	0,20	0,55 5)
Nachweis an		Massenanteile in %						
		Ni	Al <sub>ges</sub>	Cu 2)	V	Sn	N <sub>ges</sub>	As
Schmelze 3) 4)	min.	0,50	0,010	—	—	—	—	—
	max.	0,80	0,040	0,12	0,020	0,011	0,013	0,025
Stück 3) 4)	min.	0,45	0,010	—	—	—	—	—
	max.	0,85	0,050	0,12 5)	0,020	0,011 5)	0,013 5)	0,025

1) Für Erzeugnisformen nach den Abschnitten 16 und 17 mit Wanddicken  $\leq 30$  mm sind Kohlenstoffgehalte nach der Schmelzenanalyse von 0,14 bis 0,18 % und nach der Stückanalyse von 0,12 bis 0,20 % zulässig.

2) Für Teile im kernnahen Bereich ist der Cu-Anteil auf max. 0,10 % zu beschränken, für Phosphor sind niedrigere Anteile anzustreben.

3) Bei Verwendung für den Reaktordruckbehälter dürfen die Anteile an Tantal und Kobalt sowohl nach der Schmelzenanalyse wie auch nach der Stückanalyse je 0,030 % nicht übersteigen.

4) Falls die angegebenen Grenzanteile nach der Schmelzenanalyse überschritten werden, sind die Grenzanteile der Stückanalyse maßgebend.

5) Werden diese Werte überschritten und Anteile 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 zu prüfen, ob WEZ-Simulationsversuche und gegebenenfalls Tangentialschliffuntersuchungen notwendig sind. Ist im Rahmen der Weiterverarbeitung eine Zwischenglühlung bei 550 °C vorgesehen, so ist die Zulässigkeit dieser Glüh Temperatur im Rahmen der vorgenannten Versuche/Untersuchungen nachzuweisen. Prüfungsumfang und -durchführung sind mit dem Sachverständigen festzulegen.

**Tabelle A 1-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse für die unterschiedlichen Erzeugnisformen des Stahls 20 MnMoNi 5 5

Erzeugnisform nach den Abschnitten	Probenrichtung 1)	Vergütungswanddicke in mm	0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.	Einschnürung Z	
						Einzelwert in % min.	Mittelwert aus drei Proben in % min.
4 bis 6 und 10 bis 14	längs, quer	$\leq 650$ 2)	390	560 bis 700	19	45	—
	senkrecht	$\leq 650$ 2)	390	560 bis 770	—	35	45
9 3), 15, 16 4) und 17 4)	längs, quer	$> 15$ bis $\leq 150$	430	570 bis 710	19	45	—
		$> 150$ bis $\leq 200$	390	560 bis 700			
	senkrecht	$> 15$ bis $\leq 150$	430	570 bis 710	—	35	45
		$> 150$ bis $\leq 200$	390	560 bis 700			
7 und 8	längs, quer 5)	$> 30$ bis $\leq 70$	450	590 bis 730	18	45	—
		$> 70$ bis $\leq 150$	430	570 bis 710	18	45	—
		$> 150$ bis $\leq 200$	390	560 bis 700	18	45	—
	senkrecht	$> 30$ bis $\leq 200$	—	—	—	35	45

1) Es gelten die Definitionen nach Abschnitt 3.3.2

2) Für die Erzeugnisformen nach Abschnitt 6 sowie Abschnitt 10 gelten die Werte bis zu einer Vergütungswanddicke  $\leq 1000$  mm.

3) Unabhängig von der Vergütungswanddicke des Stützenbereichs gelten für diesen die gleichen Anforderungen wie an dem Rohrschnitt.

4) Die angegebenen Abmessungsbereiche gelten für geschmiedete Rohre. Für gewalzte und gepresste Rohre gelten die Werte für Vergütungswanddicken von  $> 15$  bis  $\leq 100$  mm oder  $> 100$  mm bis  $\leq 200$  mm.

5) Die angegebenen Werte für die 0,2%-Dehngrenze, die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung gelten auch für die Probenrichtung senkrecht bei Erzeugnisformen nach Abschnitt 8 mit einer Vergütungswanddicke größer als 120 mm

**Tabelle A 1-2:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur für die unterschiedlichen Erzeugnisformen des Stahls 20 MnMoNi 5 5

Erzeugnisform nach Abschnitt	Probenrichtung <sup>1)</sup>	Temperatur in °C	0,2 %-Dehngrenze R <sub>p0,2</sub> in N/mm <sup>2</sup> min.		Zugfestigkeit R <sub>m</sub> in N/mm <sup>2</sup> min.		Bruchdehnung A in % min.		
			Vergütungswanddicke ≤ 400 mm						
5	längs, quer, senkrecht <sup>2)</sup>	100	370		520		16		
		200	360		505		16		
		300	350		505		15		
		350	343		505		14		
		375	330		505		14		
		400 <sup>3)</sup>	320		490		14		
			Vergütungswanddicke in mm						
			≤ 320	> 320 bis ≤ 650 <sup>4)</sup>	≤ 650 <sup>4)</sup>		≤ 320	> 320 bis ≤ 650 <sup>4)</sup>	
4, 6 und 10 bis 14	längs, quer, senkrecht <sup>2)</sup>	100	370	370	520		17	16	
		200	360	350	505		16	16	
		300	350	330	505		16	15	
		350	343	314	505		16	14	
		375	330	300	505		16	14	
		400 <sup>3)</sup>	320	290	490		16	14	
			Vergütungswanddicke in mm						
			> 15 bis ≤ 150	> 150 bis ≤ 200	≥ 15 bis ≤ 150	> 150 bis ≤ 200	> 15 bis ≤ 200		
9 <sup>5)</sup> , 15, 16 <sup>6)</sup> und 17 <sup>6)</sup>	längs, quer, senkrecht <sup>2)</sup>	100	412	370	530	530	16		
		200	392	360	513	510	16		
		300	371	350	513	510	16		
		350	363	343	513	510	16		
		375	358	330	505	505	16		
		400 <sup>3)</sup>	(353) <sup>7)</sup>	(320) <sup>7)</sup>	(500) <sup>7)</sup>	(500) <sup>7)</sup>	16		
			Vergütungswanddicke in mm						
			≥ 30 bis ≤ 70	> 70 bis ≤ 150	> 150 bis ≤ 200	≥ 30 bis ≤ 70	> 70 bis ≤ 150	> 150 bis ≤ 200	≥ 30 bis ≤ 200
7, 8	längs, quer	100	431	412	382	550	530	520	17
		200	412	392	371	530	510	505	16
		300	392	371	353	530	510	505	16
		350	382	363	343	530	510	505	16
		375	377	358	338	530	505	505	16
		400 <sup>3)</sup>	371	353	333	530	500	490	16

<sup>1)</sup> Es gelten die Definitionen nach Abschnitt 3.3.2.  
<sup>2)</sup> Für die senkrechte Probenrichtung gelten nur die spezifizierten Werte für R<sub>p0,2</sub> und R<sub>m</sub>.  
<sup>3)</sup> Bei Einsatz des Stahles bei Temperaturen oberhalb 375 °C sind ergänzende Untersuchungen zur Ermittlung der Zeitstandfestigkeit durchzuführen.  
<sup>4)</sup> Für die Erzeugnisformen nach Abschnitt 6 sowie Abschnitt 10 gelten die Werte bis zu einer Vergütungswanddicke ≤ 1000 mm.  
<sup>5)</sup> Unabhängig von der Vergütungswanddicke des Stützenbereichs gelten für diesen die gleichen Anforderungen wie an den Rohrabschnitt.  
<sup>6)</sup> Die angegebenen Abmessungsbereiche gelten für geschmiedete Rohre. Für gewalzte und gepresste Rohre gelten die Werte für Vergütungswanddicken > 15 bis ≤ 100 mm oder > 100 bis ≤ 200 mm.  
<sup>7)</sup> Die in Klammern angegebenen Werte bedürfen noch der statistischen Absicherung.

**Tabelle A 1-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen für die unterschiedlichen Erzeugnisformen des Stahls 20 MnMoNi 5 5

Probenrichtung	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J	
	Einzelwert	Mittelwert aus drei Proben
quer	34 <sup>1)</sup>	41 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Falls bei Rohren aufgrund der Abmessung der Erzeugnisformen anstelle von Querproben Längsproben entnommen werden müssen, dürfen der kleinste Einzelwert der Schlagenergie 45 J und der Mittelwert aus drei Proben 55 J nicht unterschreiten.

**Tabelle A 1-4:** Mindestwerte der Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch bei 0 °C für die unterschiedlichen Erzeugnisformen des Stahls 20 MnMoNi 5 5

## A 2 Austenitischer Stahl X 2 NiCrAlTi 32 20

### A 2.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 2 legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen und physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung des austenitischen Stahls X 2 NiCrAlTi 32 20 mit geringer Kaltverfestigung für die im Geltungsbereich des Abschnitts 18 genannten Erzeugnisformen fest:

Dampferzeugerheizrohre (Abschnitt 18)

(2) Abweichungen von diesen Festlegungen sind zulässig, wenn der Sachverständige sie im Gutachten bestätigt.

### A 2.2 Herstellung des Werkstoffs

(1) Der Werkstoff soll im Elektrolichtbogenofen erschmolzen und gegebenenfalls zusätzlich nach dem AOD-Verfahren oder nach dem Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren behandelt werden. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(2) Die Rohre werden im lösungsgeglühten Zustand mit geringer Kaltverfestigung geliefert.

### A 2.3 Anforderungen

#### A 2.3.1 Chemische Analysen

Für den Werkstoff gilt die in **Tabelle A 2-1** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

#### A 2.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

##### A 2.3.2.1 Allgemeines

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Lieferzustand.

##### A 2.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur und bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 2-2** festgelegt.

##### A 2.3.2.3 Aufweitversuch

Die Rohre müssen den Anforderungen des Aufweitversuchs nach Abschnitt 18 entsprechen.

### A 2.3.3 Korngröße

Für die Korngröße muss eine Kennzahl von mindestens 7 nach DIN EN ISO 643 erreicht werden.

### A 2.3.4 Physikalische Eigenschaften

Die Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind im **Anhang AP** angegeben.

### A 2.3.5 Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

(1) Im sensibilisierend geglühten Zustand muss der Stahl unter den Prüfbedingungen nach DIN EN ISO 3651-2 gegen interkristalline Korrosion beständig sein.

(2) Die Sensibilisierungsglühung ist wie folgt durchzuführen: Aufheizen auf 650 °C in höchstens 1,5 Minuten, Haltezeit bei 650 °C 5 Minuten, Abschrecken in Wasser.

### A 2.4 Wärmebehandlung

Das Lösungsglühen ist zwischen 980 °C und 1050 °C unter Schutzgas (auch bei der Abkühlung) durchzuführen.

### A 2.5 Weiterverarbeitung

#### A 2.5.1 Einschweißen der Rohre

Das Einschweißen ist nach dem Wolfram-Inert-Gas-Verfahren mit oder ohne Schweißzusätze und ohne Vorwärmung durchzuführen.

#### A 2.5.2 Biegen

Die Rohre werden kaltgebogen. Die Biegeradien müssen mindestens das 4,5fache des Rohraußendurchmessers betragen.

#### A 2.5.3 Wärmebehandlung

(1) Eine Wärmebehandlung darf weder nach dem Biegen noch nach dem Einschweißen stattfinden.

(2) Im Zuge von Behälterglühungen darf die Temperatur 400 °C nicht überschreiten.

### A 2.6 Werkstoffbegutachtung

Der Hersteller hat eine Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereichs nachzuweisen.

Massenanteile in %													
	C	Si	Mn	P <sup>1)</sup>	S	Al <sub>ges</sub>	Co	Cr	Cu	N <sup>1)</sup>	Ni	Ti <sup>2)</sup>	Fe
min.	—	0,3	0,4	—	—	0,15	—	20,0	—	—	32,0	—	—
max.	0,03	0,7	1,0	0,020	0,015	0,45	0,06	23,0	0,75	0,030	35,0	0,60	Rest

<sup>1)</sup> Bei geringfügiger Überschreitung eines der beiden Werte ist die Summe der Gehalte an Phosphor und Stickstoff maßgebend. Diese muss kleiner sein als 0,050 %.

<sup>2)</sup> Stabilisierungsverhältnis:  $Ti \geq 12 \cdot \%C$  und  $Ti \geq 8 \cdot (\%C + \%N)$ .

**Tabelle A 2-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse des Stahls X 2 NiCrAlTi 32 20

Temperatur in °C	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.
Raumtemperatur	335 bis 470	570 bis 700	30
100	325	550	25
200	315	525	20
300	305	505	20
350	295	495	20
400	285	485	20

**Tabelle A 2-2:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen des Stahls X 2 NiCrAlTi 32 20

### A 3 Nichtrostende austenitische Walz- und Schmiedestähle X 6 CrNiTi 18 10 S, X 6 CrNiNb 18 10 S und X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S

#### A 3.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 3 legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung der nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle X 6 CrNiTi 18 10 S, X 6 CrNiNb 18 10 S und X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S für die im Geltungsbereich der Abschnitte 22 bis 24 und 30 genannten Erzeugnisformen fest:

- Blech, Platten, Stäbe und Schmiedestücke (Abschnitt 22)
- Nahtlose Rohre (Abschnitt 23)
- Nahtlose Rohrbögen (Abschnitt 24)
- Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen für integrale Anschlüsse der druckführenden Umschließung (Abschnitt 30)

(2) Abweichungen von diesen Festlegungen sind zulässig, wenn der Sachverständige sie im Gutachten bestätigt.

#### A 3.2 Herstellung der Werkstoffe

Die Stähle sollen im Elektrolichtbogenofen erschmolzen und gegebenenfalls nach dem AOD- oder VOD-Verfahren nachbehandelt oder im Vakuum oder nach dem ESU-Verfahren umgeschmolzen werden. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

#### A 3.3 Anforderungen

##### A 3.3.1 Chemische Analysen

(1) Für die Stähle gelten die in den **Tabellen A 3-1 und A 3-2** wiedergegebenen chemischen Zusammensetzungen nach der Schmelzen- und Stückanalyse. Bei der Stückanalyse ist zusätzlich der Stickstoffgehalt auszuweisen.

(2) Bei Teilen, an denen im Verlauf der Weiterverarbeitung geschweißt wird, dürfen die eingeräumten Erleichterungen bezüglich der Korngröße sowie die Spannen der zulässigen Gehalte an Niob und Schwefel nach oben hin nicht gleichzeitig voll ausgenutzt werden.

##### A 3.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

###### A 3.3.2.1 Allgemeines

(1) Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den endwärmebehandelten Zustand.

(2) Die nachfolgenden Festlegungen gelten für die in den Abschnitten 22 bis 24 festgelegten Probenentnahmeorte, Probenlagen und Probenrichtungen.

(3) Die nachfolgend aufgeführten Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften gelten für die in den **Tabellen A 3-3 und A 3-4** in Abhängigkeit von der Stahlsorte und der Erzeugnisform genannten Abmessungsbereiche.

##### A 3.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in den **Tabellen A 3-3 und A 3-4** festgelegt.

##### A 3.3.2.3 Zugversuche bei erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in den **Tabellen A 3-5 bis A 3-7** festgelegt.

##### A 3.3.2.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Werte für die Schlagenergie bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 3-8** festgelegt.

##### A 3.3.3 Physikalische Eigenschaften

Die Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften sind im **Anhang AP** angegeben.

##### A 3.4 Wärmebehandlung

Die Erzeugnisse sind bei 1020 °C bis 1100 °C lösungsglühen und anschließend in Wasser oder möglichst schnell an Luft abzuschrecken. Für die Wärmebehandlung nach der Weiterverarbeitung gilt Abschnitt A 3.5.

##### A 3.5 Weiterverarbeitung

###### A 3.5.1 Schweißen

(1) Die Stähle sind nach folgenden Verfahren schweißbar:

- Metall-Lichtbogenschweißen mit umhüllten Elektroden,
- Unterpulverschweißen,
- Schweißen nach dem WIG-Verfahren mit und ohne Schweißzusatz
- Plasmaschweißen,
- Elektronenstrahlschweißen.

(2) Ein Vorwärmen ist nicht erforderlich.

(3) Die Zwischenlagen- oder Arbeitstemperatur darf höchstens 200 °C betragen.

(4) Die Erzeugnisse werden im Allgemeinen nach dem Schweißen nicht spannungsarmgeglüht. Sind in Sonderfällen Glühungen notwendig, sind diese so durchzuführen, dass die Werte der Schlagenergie im geglühten Zustand gemäß **Tabelle A 3-8** eingehalten und die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nicht beeinträchtigt wird.

#### A 3.5.2 Thermisches Trennen

Thermisches Trennen ist bei geeigneten Arbeitsbedingungen, z. B. unter Anwendung von Pulver, Schutzgas oder Plasma, auszuführen. Randzonen, die durch das Trennen nachteilig verändert wurden, sind abzuarbeiten.

#### A 3.5.3 Warmumformen

(1) Stäbe und Schmiedestücke nach Abschnitt 22 sollen bei Temperaturen zwischen 850 °C und 1100 °C, alle übrigen Erzeugnisformen bei Temperaturen zwischen 750 °C und 1150 °C warmumgeformt werden. Nach dem Warmumformen sind die Erzeugnisse grundsätzlich im unteren Bereich der Temperaturspanne nach Abschnitt A 3.4 lösungszuglügen und anschließend in Wasser oder möglichst schnell an Luft abzuschrecken. Sind die Erzeugnisse vorher schon einmal lösungsgeglüht worden, soll die untere Grenze der Spanne der nach Abschnitt A 3.4 anzuwendenden Lösungsglühtemperaturen bei Erzeugnissen aus Stählen, die nicht mit Molybdän legiert sind, auf 980 °C, und bei Erzeugnissen aus Stählen, die mit 2,0 bis 2,5 % Molybdän legiert sind, auf 1000 °C abgesenkt werden.

(2) Auf das Lösungsglühen nach dem Warmumformen darf verzichtet werden, wenn durch andere Maßnahmen sichergestellt ist, dass der Zustand der fertigen Erzeugnisse dem lösungsgeglühten und abgeschreckten Zustand nach Abschnitt A 3.4 hinsichtlich der Gebrauchseigenschaften, z. B. der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der Korrosionsbeständigkeit, gleichwertig ist. Ein Verzicht auf das Lösungsglühen kommt nach Begutachtung des Verfahrens durch den Sachverständigen in folgenden Fällen in Betracht:

- a) Bei Erzeugnissen, die vor dem Warmumformen nicht im Lieferzustand nach Abschnitt A 3.4 vorgelegen haben, darf auf das Lösungsglühen nach dem Warmumformen verzichtet werden, wenn die vier folgenden Bedingungen gemeinsam erfüllt sind:
  - aa) Die Erzeugnisse müssen insgesamt auf die festgelegten Warmumformtemperaturen erwärmt werden.
  - ab) Die Anfangsumformtemperatur muss größer sein als 1020 °C.
  - ac) Die Endumformtemperatur muss größer sein als 850 °C.
  - ad) Die Erzeugnisse müssen nach dem Umformen entsprechend Abschnitt A 3.4 abgekühlt werden.
- b) Bei Erzeugnissen, die vor dem Warmumformen im Lieferzustand nach Abschnitt A 3.4 vorgelegen haben, darf auf das Lösungsglühen nach dem Warmumformen verzichtet werden, wenn die zwei folgenden Bedingungen gemeinsam erfüllt sind:
  - ba) Die Endumformtemperatur muss größer sein als 850 °C.
  - bb) Die Erzeugnisse müssen nach dem Umformen entsprechend Abschnitt A 3.4 abgekühlt werden.

Hinweis:

Im Gegensatz zum Vorgehen unter a) ist die Anfangsumformtemperatur bei Erzeugnissen, die vor dem Umformen

im Lieferzustand nach Abschnitt A 3.4 vorgelegen haben, freigestellt.

- c) Bei Erzeugnissen aus Stählen, die nicht mit Molybdän legiert wurden und die vor dem Warmumformen im Lieferzustand nach Abschnitt A 3.4 vorgelegen haben, darf das Lösungsglühen nach dem Warmumformen durch ein Stabilglühen bei 900 °C ± 20 K ersetzt werden, wenn nach dem Stabilglühen an Luft abgekühlt wird.

(3) Örtlich warmumgeformte Erzeugnisse sind insgesamt lösungszuglügen und abzuschrecken. Bei örtlichen Warmumformungen mit reproduzierbarem Ergebnis darf der Sachverständige im Rahmen der Begutachtung des Verfahrens andere Festlegungen treffen, wenn

- a) die Erzeugnisse zuvor im Lieferzustand nach Abschnitt A 3.4 oder im zusätzlich stabilgeglühten Zustand vorgelegen haben und
- b) die Erzeugnisse nach dem Umformen entsprechend Abschnitt A 3.4 abgekühlt wurden.

Dabei soll die Endumformtemperatur größer als 850 °C sein.

#### A 3.5.4 Kaltumformen

(1) Die Stähle sind für eine Kaltumformung geeignet. Dabei ist zu beachten, dass durch eine Kaltumformung die Eigenschaften verändert werden. Nach einem Kaltumformen ist daher grundsätzlich eine Wärmebehandlung nach Abschnitt A 3.4 erforderlich.

(2) Wenn die Erzeugnisse vor dem Kaltumformen im Wärmebehandlungszustand nach Abschnitt A 3.4 oder einem gleichwertigen Zustand (siehe A 3.5.3 (2) und (3)) vorgelegen haben, sind Kaltumformungen gleich oder kleiner als 5 % oder Richten mit vergleichbarem Umformgrad auch ohne anschließende Wärmebehandlung nach Abschnitt A 3.4 zulässig, sofern keine anderen Festlegungen getroffen wurden.

(3) Kaltumformungen größer als 5 % bis gleich oder kleiner als 10 % ohne anschließende Wärmebehandlung nach Abschnitt A 3.4 sind nur nach Begutachtung des Verfahrens durch den Sachverständigen und mit Zustimmung des Bestellers zulässig.

(4) Für Kaltbiegungen aus Rohren größer als DN 50 bis gleich oder kleiner als DN 150 mit unverformten Enden darf die Wärmebehandlung entfallen, wenn im Rahmen der Verfahrensbegutachtung nachgewiesen wurde, dass nach dem Biegen die Bruchdehnung A einen Wert von 15 % und die Gleichmaßdehnung einen Wert von etwa 5 % nicht unterschreiten wird. Für die übrigen mechanisch-technologischen Eigenschaften 0,2%-Dehngrenze, 1,0%-Dehngrenze, Zugfestigkeit sowie Schlagenergie gelten dabei die Mindestanforderungen für das Ausgangsrohr.

(5) Im Bereich von Kaltbiegungen sind Warmarbeiten wie Warmrichten oder Schweißen nicht zulässig. Bei anderen Arbeiten in diesem Bereich ist auf den kaltverformten Zustand Rücksicht zu nehmen.

#### A 3.6 Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 sind unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches für die Erzeugnisformen Stäbe und Schmiedestücke im VdTÜV-Werkstoffblatt 451 aufgeführt.

Stahlsorte	Massenanteile in %										
	C	Si	Mn	P	S <sup>1)</sup>	Co	Cr	Mo	Nb <sup>1) 2)</sup>	Ni	Ti <sup>3)</sup>
X 6 CrNiTi 18 10 S	min.	—	—	—	—	—	17,0	—	—	9,0	5 • C
	max.	0,06	1,0	2,0	0,035	0,015	0,2	19,0	—	—	12,0
X 6 CrNiNb 18 10 S <sup>4)</sup>	min.	—	—	—	—	—	17,0 <sup>4)</sup>	—	10 • C	9,0	—
	max.	0,04 <sup>4)</sup>	1,0 <sup>4)</sup>	2,0	0,035 <sup>4)</sup>	0,015 <sup>4)</sup>	0,2	19,0	—	0,65 <sup>4)</sup>	12,0
X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S	min.	—	—	—	—	—	16,5	2,0	—	10,5	5 • C
	max.	0,06	1,0	2,0	0,035	0,015	0,2	18,5	2,5	—	13,5

1) Siehe auch Abschnitt A 3.3.1.  
2) Für Teile, die nach dem Schweißen gegläht werden (siehe Abschnitt A 3.5):  $13 \cdot C \leq Nb \leq 0,65 \%$ .  
3) Für Teile, die nach dem Schweißen gegläht werden (siehe Abschnitt A 3.5):  $8 \cdot C \leq Ti \leq 0,7 \%$ .  
4) Bei Verwendung für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedwasserreaktoren, die mit Reaktorwasser (Betriebstemperatur  $T \geq 200 \text{ }^\circ\text{C}$  im Dauerbetrieb) in Berührung stehen, gelten folgende Grenzwerte:  
 $C \leq 0,03 \%$   
 $Si \leq 0,5 \%$   
 $P \leq 0,025 \%$   
 $S \leq 0,010 \%$   
 $18,0 \% \leq Cr \leq 19,0 \%$   
 $13 \cdot C \leq Nb \leq 0,65 \%$

**Tabelle A 3-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse für die nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle

Element	Zulässige Abweichung <sup>1)</sup> (Massenanteil) in %
Kohlenstoff	+ 0,01
Phosphor	+ 0,005
Schwefel	+ 0,005
Silizium	+ 0,05
Mangan	+ 0,04
Chrom	± 0,20
Molybdän	± 0,10
Nickel	± 0,15
Kobalt	+ 0,05
Titan	± 0,05
Niob	± 0,05

1) Werden bei einer Schmelze mehrere Stückanalysen durchgeführt und ergeben sich dabei Abweichungen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse von den zulässigen Spannen für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse, so dürfen für ein bestimmtes Element entweder nur Überschreitungen des Höchstwertes oder nur Unterschreitungen des Mindestwertes gemäß **Tabelle A 3-1** auftreten, nicht jedoch bei einer Schmelze beides gleichzeitig.

**Tabelle A 3-2:** Zulässige Abweichungen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse von den Grenzwerten der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse für die nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle

Stahlsorte	Erzeugnisform <sup>2)</sup>			0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	1%-Dehngrenze $R_{p1,0}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.	
	Blech <sup>1)</sup>	Stäbe	Schmiedestücke und Platten				Probenrichtung	
	Maßgebende Abmessungen						längs	quer oder tangential
X 6 CrNiTi 18 10 S	≤ 75	—	—	200	235	500 bis 730	—	35
	—	≤ 400	≤ 275	190	225		40	
X 6 CrNiNb 18 10 S	≤ 75	—	—	205	240	510 bis 740	—	
	—	≤ 900	≤ 600				40	
X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S	≤ 75	—	—	210	245	500 bis 730	—	
	—	≤ 400	≤ 275				40	

1) Für Bleche in Dicken > 50 bis ≤ 75 mm müssen die Werte noch überprüft werden.  
2) Lösungsgeglühter und abgeschreckter Zustand.

**Tabelle A 3-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften der nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle für die Erzeugnisformen Blech, Stab, Schmiedestück und Platte im Zugversuch bei Raumtemperatur

Stahlsorte	Wanddicke in mm	Fertigungsverfahren und Wärmebehandlungszustand	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	1%-Dehngrenze $R_{p1,0}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.	
						Probenrichtung längs	quer oder tangential
X 6 CrNiTi 18 10 S	≤ 50	warmgefertigt, lösungsgeglüht und abgeschreckt	180	215	460 bis 680	35	30
		kaltgefertigt, lösungsgeglüht und abgeschreckt <sup>1)</sup>	200	235	500 bis 730	30	
X 6 CrNiNb 18 10 S	≤ 50	warm- oder kaltgefertigt, lösungsgeglüht und abgeschreckt	205	240	510 bis 740	30	
X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S	≤ 50	warmgefertigt, lösungsgeglüht und abgeschreckt	190	225	490 bis 690	35	
		kaltgefertigt, lösungsgeglüht und abgeschreckt <sup>1)</sup>	210	245	500 bis 730	30	

1) Für Berechnungszwecke sind grundsätzlich die Festigkeitskennwerte für den warmgefertigten Zustand zu verwenden. Die Festigkeitskennwerte für den kaltgefertigten Zustand dürfen nur dann verwendet werden, wenn sichergestellt ist, dass kaltgefertigte Rohre geliefert werden. Rohre ≥ DN 200 sind im Allgemeinen nur im warmgefertigten Zustand lieferbar. Für kaltgefertigte Rohrbogen dürfen die Kennwerte für den kaltgefertigten Zustand nur dann verwendet werden, wenn auch die Ausgangsrohre kaltgefertigt worden sind.

**Tabelle A 3-4:** Mechanisch-technologische Eigenschaften der nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle für die Erzeugnisformen Rohre und Rohrbögen im Zugversuch bei Raumtemperatur

Stahlsorte <sup>1)</sup>	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.								1%-Dehngrenze $R_{p1,0}$ in N/mm <sup>2</sup> min.							
	bei Temperatur in °C															
	50	100	150	200	250	300	350	400	50	100	150	200	250	300	350	400
X 6 CrNiTi 18 10 S	180	166	157	147	137	126	120	115	212	198	185	175	165	157	151	146
X 6 CrNiNb 18 10 S	191	177	167	157	147	136	130	125	226	211	196	186	177	167	161	156
X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S	202	185	177	167	157	145	140	135	234	218	206	196	186	175	169	164

1) Lösungsgeglühter und abgeschreckter Zustand. Abmessungsgrenzen gemäß **Tabelle A 3-3**.

**Tabelle A 3-5:** Mechanisch-technologische Eigenschaften der nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle für die Erzeugnisformen, Blech, Stab, Schmiedestück und Platte im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen (0,2 %- und 1% -Dehngrenze)

Stahlsorte <sup>1)</sup>	Fertigungsverfahren und Wärmebehandlungszustand <sup>2)</sup>	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.								1%-Dehngrenze $R_{p1,0}$ in N/mm <sup>2</sup> min.							
		bei Temperatur in °C															
		50	100	150	200	250	300	350	400	50	100	150	200	250	300	350	400
X 6 CrNiTi 18 10 S	WLA	162	147	132	118	108	100	94	89	201	181	162	147	137	127	121	116
	KLA <sup>3)</sup>	190	176	167	157	147	136	130	125	222	208	195	185	175	167	161	156
X 6 CrNiNb 18 10 S	WLA oder KLA	191	177	167	157	147	136	130	125	226	211	196	186	177	167	161	156
X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S	WLA	182	166	152	137	127	118	113	108	217	199	181	167	157	145	139	135
	KLA <sup>3)</sup>	202	185	177	167	157	145	140	135	234	218	206	196	186	175	169	164

1) Wanddicken gleich oder kleiner als 50 mm.  
2) WLA: warmgefertigt, lösungsgeglüht und abgeschreckt  
KLA: kaltgefertigt, lösungsgeglüht und abgeschreckt  
3) Für Berechnungszwecke sind grundsätzlich die Festigkeitskennwerte für den warmgefertigten Zustand zu verwenden. Die Festigkeitskennwerte für den kaltgefertigten Zustand dürfen nur dann verwendet werden, wenn sichergestellt ist, dass kaltgefertigte Rohre geliefert werden. Rohre ≥ DN 200 sind im Allgemeinen nur im warmgefertigten Zustand lieferbar. Für kaltgefertigte Rohrbogen dürfen die Kennwerte für den kaltgefertigten Zustand nur dann verwendet werden, wenn auch die Ausgangsrohre kaltgefertigt worden sind.

**Tabelle A 3-6:** Mechanisch-technologische Eigenschaften der nichtrostenden austenitischen Stähle für die Erzeugnisformen, Rohre und Rohrbögen im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen (0,2 %- und 1%-Dehngrenze)

Stahlsorte <sup>1)</sup>	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup> min.				
	bei Temperatur in °C				
	200	250	300	350	400
X 6 CrNiTi 18 10 S	370	360	350	335	320
X 6 CrNiNb 18 10 S	370	360	350	335	320
X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S	390	380	370	355	340

<sup>1)</sup> Lösungsgeglühter und abgeschreckter Zustand.

**Tabelle A 3-7:** Mechanisch-technologische Eigenschaften der nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle für die unterschiedlichen Erzeugnisformen im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen (Zugfestigkeit)

Wärmebehandlungszustand	Probenrichtung	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J	
		Mittelwert aus 3 Proben min.	Kleinster Einzelwert min.
lösungsgeglüht und abgeschreckt	längs	100	90
	quer oder tangential	70	60
geglüht (siehe Abschnitt A 3.5)	längs	85	60
	quer oder tangential	55	40

**Tabelle A 3-8:** Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch bei Raumtemperatur der nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle für die unterschiedlichen Erzeugnisformen

## A 4 Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7

### A 4.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 4 legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen und physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung der Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7 für die in den Geltungsbereichen der Abschnitte 25 und 26 genannten Erzeugnisformen fest:

- Hauptkühlmittelpumpengehäuse aus ferritischem Stahlguss (Abschnitt 25)
- Armaturengehäuse aus ferritischem Stahlguss (Abschnitt 26)

(2) Abweichungen von diesen Festlegungen sind zulässig, wenn der Sachverständige sie im Gutachten bestätigt (siehe Abschnitt 2.2.2 (4)).

### A 4.2 Herstellung des Werkstoffs

(1) Die Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7 ist ein Vergütungsstahl mit kennzeichnenden Warmfestigkeitseigenschaften.

(2) Der Werkstoff soll im Elektrolichtbogenofen, im Elektroinduktionsofen oder nach dem AOD-Verfahren erschmolzen werden. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

### A 4.3 Anforderungen

#### A 4.3.1 Chemische Analysen

Für die Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7 gilt die in **Tabelle A 4-1** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

#### Hinweis:

Die aus den Tabellenwerten abzuleitenden Unterschiede zwischen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse und der Schmelzenanalyse sind zum Teil kleiner, als aufgrund der metallurgischen Zusammenhänge erwartet werden darf. 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.

### A 4.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

#### A 4.3.2.1 Allgemeines

(1) Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endzustand des Bauteils nach der Wärmebehandlung.

(2) Bei den Abnahmeprüfungen sind die Eigenschaften entsprechend den Festlegungen der Abschnitte 25 und 26 an vergüteten und simulierend spannungsarmgeglühten und an mitlaufenden Probenabschnitten nachzuweisen. Die nachfolgenden Werte gelten für die in den Abschnitten 25 und 26 festgelegten Probenentnahmeorte und Probenlagen.

(3) Für Vergütungswanddicken gleich oder kleiner als 300 mm sind die Anforderungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften über den ganzen Querschnitt einhaltbar. Für Vergütungswanddicken größer als 300 mm sind bei Pumpengehäusen Unterschreitungen der Mindestwerte von  $R_{p0,2}$  und  $R_m$  bis zu 20 % in Wanddickenmitte gegenüber den festgelegten Probenentnahmeorten zulässig, sofern in Wanddickenmitte bei einer Prüftemperatur von 80 °C die Schlagenergie gleich oder größer als 68 J und die seitliche Breitung gleich oder größer als 0,9 mm sind. Ein Nachweis kommt jedoch nur dann in Betracht, wenn Angussproben gemäß der Definition in den Abschnitten 25 und 26, d.h. entsprechend der maßgeblichen Wanddicke, mit Dicken über 300 mm vorliegen.

#### A 4.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

(1) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 4-2** festgelegt.

(2) Die Werte der Bruchdehnung sind informativ anzugeben. Das Streckgrenzenverhältnis soll 0,80 nicht überschreiten.



**A 4.3.2.3 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen**

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugverfahren bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 4-3** festgelegt.

**A 4.3.2.4 Kerbschlagbiegeversuch**

Die Mindestwerte der Schlagenergie in **Tabelle A 4-4** gelten für den Grundwerkstoff und unter Berücksichtigung der Abschnitte A 4.4.1 und A 4.5.1 auch für die Wärmeeinflusszone von Schweißnähten in Bauteilen.

**A 4.3.2.5 Sprödbbruch-Übergangstemperatur**

Für den Fallgewichtsversuch nach Pellini ist die Probenform P2 nach SEP 1325 zu wählen.

**A 4.3.3 Korngröße**

Nach dem Vergüten muss für die Korngröße eine Kennzahl von mindestens 5 nach DIN EN ISO 643 erreicht werden.

**A 4.3.4 Physikalische Eigenschaften**

Im **Anhang AP** sind die Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften angegeben.

**A 4.4 Wärmebehandlung**

Hinweis:

Die angegebenen Temperaturen sind Stücktemperaturen.

**A 4.4.1 Vergüten**

(1) Die Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7 ist einer doppelten Wasservergütung zu unterziehen.

Vergüten	
Härten	Anlassen
800 °C bis 950 °C	650 °C bis 700 °C

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt A 4.3.2 unter Beachtung der nachfolgenden Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteils eingehalten werden.

**A 4.4.2 Wärmebehandlung nach dem Schweißen****A 4.4.2.1 Vergütete Schweißungen**

Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen sind nach der ersten Vergütung gemäß Abschnitt A 4.4.1 durchzuführen. Nach dem Schweißen ist erneut zu vergüten, sofern nicht nach Abschnitt A 4.4.2.2 verfahren wird.

**A 4.4.2.2 Spannungsarmgeglühte Schweißungen**

(1) Kleine, nach der Doppelvergütung anfallende Fertigungsschweißungen sind anschließend spannungsarmzuglühn (siehe Abschnitt A 4.4.2.3).

(2) Schweißungen, die nur nach dem Doppelvergüten der Gussstücke durchgeführt werden können, sind um zwei Lagen überhöht zu schweißen. Sie sind anschließend gemäß Abschnitt A 4.4.2.3 spannungsarmzuglühn.

(3) Verbindungsschweißungen zwischen Gussstücken und gewalzten oder geschmiedeten Erzeugnisformen dürfen nach dem Doppelvergüten der Gussstücke durchgeführt werden. Nach dem Schweißen sind die Verbindungen gemäß Abschnitt A 4.4.2.3 spannungsarmzuglühn.

(4) Verbindungsschweißungen, die auf der Baustelle gefertigt werden, sind spannungsarmzuglühn. Dabei sind die Festlegungen von KTA 3201.3 zu beachten.

(5) Falls die Teile nach dem Schweißen nicht mehr vergütet, sondern nur noch spannungsarmgeglüht werden, ist auf die zerstörungsfreie Prüfbarkeit bei wiederkehrenden Prüfungen zu achten.

**A 4.4.2.3 Spannungsarmglühung**

(1) Das letzte Spannungsarmglühn soll bei 580 °C bis 620 °C mit anschließender Abkühlung im Ofen oder an ruhender Luft durchgeführt werden.

(2) Werden Zwischenglühungen erforderlich, so dürfen diese bei 550 °C durchgeführt werden.

Hinweis:

Beachte auch Fußnote 1 in **Tabelle A 4-1**.

(3) Bei Festlegung der Glühtemperatur, der Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit und der Haltedauer sind die sich beim Glühn ergebenden möglichen Änderungen der Werkstoffeigenschaften zu berücksichtigen, wobei auch Plattierungen mit in Betracht zu ziehen sind (Korrosionsbeständigkeit, Zähigkeit).

**A 4.5 Weiterverarbeitung****A 4.5.1 Schweißen**

(1) Die Gussstücke sind im begutachteten Abmessungsbereich nach folgenden Verfahren schmelzschweißbar:

- a) Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen:
  - aa) Metall-Lichtbogenschweißen mit basisch umhüllten Elektroden,
  - ab) Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern.
- b) Plattierungsschweißungen:
  - ba) Metall-Lichtbogenschweißen mit basisch umhüllten Elektroden oder Mischtypen,
  - bb) Unterpulver-Bandschweißen mit basischen Pulvern oder Mischpulvern.

(2) Die Vorwärm-, Zwischenlagen- oder Arbeitstemperatur beträgt je nach Werkstoffdicke 150 °C bis 250 °C; beim Schweißplattieren wird als obere Grenze 180 °C empfohlen. Die Schweißbedingungen gelten für die Verbindungsschweißung im Fülllagenbereich für Abkühlzeiten  $t_{8/5}$  zwischen 7 und 25 s.

Hinweis:

Zusammenhang zwischen Schweißdaten und  $t_{8/5}$  siehe SEW 088.

(3) Bei Verwendung basisch umhüllter Stabelektroden oder Schweißpulver mit basischer Charakteristik ist folgender Gehalt an diffusiblem Wasserstoff einzuhalten:

- 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) Das Bauteil ist aus der Schweißwärme einer Nachwärme von gleich oder größer als 2 Stunden bei rund 280 °C zu unterziehen (Wasserstoffarmglühung), sofern nicht aus der Schweißwärme bereits die Wärmenachbehandlung vorgenommen wird.

(5) Auf die Wasserstoffarmglühung nach dem Schweißplattieren darf verzichtet werden, wenn für den zu plattierenden Bereich Seigerungsfreiheit (z. B. durch Baumann-Abdrucke) nachgewiesen wird. In diesem Fall ist aus der Schweißwärme heraus verzögert abzukühlen, sofern nicht aus der Schweißwärme ein Spannungsarmglühn nach Abschnitt A 4.4.2.3 erfolgt.

(6) Abweichungen von den oben angeführten Festlegungen, z. B. Verkürzung der Nachwärmdauer oder Erniedrigung der Nachwärmtemperatur, sind zulässig, wenn dafür eine Verfahrens- oder Arbeitsprüfung nach KTA 3201.3 durchgeführt wurde.

#### A 4.5.2 Thermisches Trennen und Ausfugen

(1) Vor dem thermischen Trennen und Ausfugen ist auf 150 °C bis 300 °C vorzuwärmen. Es wird empfohlen, das Vorwärmen im Ofen durchzuführen, damit eine gleichmäßige Temperaturverteilung (Durchwärmung) erreicht wird.

(2) Wird das Vorwärmen örtlich durchgeführt, muss die angewärmte Zone groß genug sein, damit eine ausreichende Durchwärmung gegeben ist. Die Vorwärmtemperatur ist während des gesamten Trenn- und Ausfugevorganges aufrechtzuerhalten.

#### A 4.6 Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 sind unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches im VdTÜV-Werkstoffblatt 381 aufgeführt.

Nachweis an	Massenanteile in %													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al <sub>ges</sub>	Cu	V	Sn	N <sub>ges</sub>	As
Schmelze	min.	0,17	0,30	0,70	—	—	0,30	0,40	0,60	0,020	—	—	—	—
	max.	0,23	0,50	1,10	0,012	0,010	0,50	0,60	1,10	0,050	0,12	0,02	0,011	0,015
Stück 1)	min.	0,16	0,25	0,70	—	—	0,30	0,40	0,60	0,020	—	—	—	—
	max.	0,23	0,50	1,20	0,012 <sup>2)</sup>	0,012 <sup>2)</sup>	0,50	0,60 <sup>2)</sup>	1,10	0,050	0,12 <sup>2)</sup>	0,02	0,011 <sup>2)</sup>	0,015 <sup>2)</sup>

1) Siehe Hinweis in Abschnitt A 4.3.1.  
 2) Werden diese Begrenzungen überschritten und Anteile in den Stückanalysen bis zu P ≤ 0,015 %, S ≤ 0,015 %, Mo ≤ 0,63 %, Cu ≤ 0,18 %, Sn ≤ 0,016 % und N<sub>ges</sub> ≤ 0,015 % in Anspruch genommen, so sind bis auf weiteres WEZ-Simulationsversuche und gegebenenfalls Tangentialschliffuntersuchungen durchzuführen. Ist im Rahmen der Weiterverarbeitung eine Zwischenglühlung bei 550 °C vorgesehen, so ist die Zulässigkeit dieser Glühtemperatur im Rahmen der vorgenannten Versuche/Untersuchungen nachzuweisen. Prüfumfang und -durchführung sind mit dem Sachverständigen festzulegen.

**Tabelle A 4-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse für die unterschiedlichen Erzeugnisformen der Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7

Maßgebende Wanddicke in mm	0,2%-Dehngrenze R <sub>p0,2</sub> in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.
≤ 300	390	570 bis 735	16

**Tabelle A 4-2:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur für die unterschiedlichen Erzeugnisformen der Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7

Temperatur in °C	0,2%-Dehngrenze R <sub>p0,2</sub> in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> in N/mm <sup>2</sup> min.	Bruchdehnung A in % min.
100	370	570	16
200	360	550	15
250	350	535	14
300	345	520	13
350	343	490	12
375	338	475	11
400 <sup>1)</sup>	333	455	11

1) Bei Einsatz des Stahles bei Temperaturen oberhalb 375 °C sind ergänzende Untersuchungen zur Ermittlung der Zeitstandfestigkeit durchzuführen.

**Tabelle A 4-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen für die unterschiedlichen Erzeugnisformen der Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7

	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J		Hochlage <sup>2)</sup> der Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J
	bei 0 °C min.	bei 33 °C <sup>1)</sup> min.	min.
Mittelwert aus 3 Proben	41	—	—
Einzelwert	34	68	100

<sup>1)</sup> Auf Vereinbarung in der Bestellung gilt diese Anforderung auch bei tieferer Temperatur, jedoch nicht unterhalb 10 °C.  
<sup>2)</sup> Geprüft wird im Allgemeinen bei 80 °C.

**Tabelle A 4-4:** Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch für die unterschiedlichen Erzeugnisformen der Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7

## A 5 Warmfester Stahlguss GS-C 25 S

### Hinweis:

Bei den folgenden Festlegungen handelt es sich um vorläufige Angaben, da die ergänzende Begutachtung hinsichtlich der Einhaltung der Anforderungen die über die Anforderungen an die Stahlgussorte GS-C 25 nach DIN 17245 hinausgehen, nicht abgeschlossen wurde.

### A 5.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 5 legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen und physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung von Gussstücken der Stahlgussorte GS-C 25 S mit maßgebenden Wanddicken bis 100 mm für die im Geltungsbereich des Abschnittes 26 genannte Erzeugnisform fest:

Armaturengehäuse aus ferritischem Stahlguss  
(Abschnitt 26)

(2) Abweichungen von diesen Festlegungen sind zulässig, wenn der Sachverständige sie im Gutachten bestätigt.

### A 5.2 Herstellung des Werkstoffes

(1) Die Stahlgussorte GS-C 25 S ist ein warmfester Vergütungsstahl.

(2) Die Stahlgussorte GS-C 25 S soll im Elektrolichtbogenofen, im Elektro-Induktionsofen oder nach dem AOD-Verfahren erschmolzen werden. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

### A 5.3 Anforderungen

#### A 5.3.1 Chemische Analysen

Für die Stahlgussorte GS-C 25 S gilt die in **Tabelle A 5-1** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

### Hinweis:

Die aus den Tabellenwerten abzuleitenden Unterschiede zwischen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse und der Schmelzenanalyse sind zum Teil kleiner, als aufgrund der metallurgischen Zusammenhänge erwartet werden darf. Der Grund liegt darin, dass hier die Grenzwerte für die chemische Zusammensetzung nach der Stückanalyse nur auf den bei der Begutachtung erfassten Schmelzen beruhen.

#### A 5.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

##### A 5.3.2.1 Allgemeines

(1) Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endzustand des Bauteils nach der Wärmebehandlung.

(2) Bei den Abnahmeprüfungen sind die Eigenschaften entsprechend den Festlegungen des Abschnitts 26 an simulierend spannungsarmgeglühten Probenabschnitten nachzuweisen. Die nachfolgenden Werte gelten für die im Abschnitt 26 festgelegten Probenentnahmeorte und Probenlagen.

(3) Für Vergütungswanddicken größer als 100 mm sind bei Armaturengehäusen Unterschreitungen der Mindestwerte von R<sub>p0,2</sub> und R<sub>m</sub> bis zu 10 % in Wanddickenmitte gegenüber den festgelegten Probenentnahmeorten zulässig, sofern in Wanddickenmitte bei einer Prüftemperatur von 80 °C die Schlagenergie gleich oder größer als 68 J und die seitliche Breitung gleich oder größer als 0,9 mm sind. Ein Nachweis kommt jedoch nur in Betracht, wenn Angussproben gemäß der Definition im Abschnitt 26, d.h. entsprechend der maßgebenden Wanddicke, mit Dicken über 100 mm vorliegen.

##### A 5.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

(1) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 5-2** festgelegt.

(2) Die Werte der Brucheinschnürung sind nur informativ anzugeben.

##### A 5.3.2.3 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 5-3** festgelegt.

##### A 5.3.2.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Mindestwerte der Schlagenergie in **Tabelle A 5-4** gelten für den Grundwerkstoff und unter Berücksichtigung der Abschnitte A 5.4.1 und A 5.5.1 auch für die Wärmeeinflusszone von Schweißnähten in Bauteilen.

##### A 5.3.2.5 Sprödbbruch-Übergangstemperatur

Für den Fallgewichtsversuch nach Pellini ist die Probenform P2 nach SEP 1325 zu wählen.

##### A 5.3.3 Korngröße

Nach dem Vergüten muss die Kennzahl für die Korngröße gleich oder größer als 5 nach DIN EN ISO 643 sein.

##### A 5.3.4 Physikalische Eigenschaften

Im **Anhang AP** sind Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften angegeben.

**A 5.4 Wärmebehandlung**

Hinweis:

Die angegebenen Temperaturen sind Stücktemperaturen.

**A 5.4.1 Vergüten**

(1) Die Stahlgussorte GS-C 25 S muss einer Flüssigkeitsvergütung unterzogen werden.

Vergüten	
Härten	Anlassen
900 °C bis 940 °C	650 °C bis 700 °C

(2) Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der chemischen Zusammensetzung von Hersteller und Verarbeiter so festzulegen, dass die mechanisch-technologische Eigenschaften nach Abschnitt A 5.3.2 unter Beachtung nachfolgender Wärmebehandlungen für den Endzustand des Gesamtbauteiles eingehalten werden.

**A 5.4.2 Wärmebehandlung während und nach dem Verarbeiten****A 5.4.2.1 Vergütete Schweißungen**

Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen sind nach der ersten Vergütung gemäß Abschnitt A 5.4.1 durchzuführen. Nach dem Schweißen ist erneut zu vergüten, sofern nicht nach Abschnitt A 5.4.2.2 verfahren wird.

**A 5.4.2.2 Spannungsarmgeglühte Schweißungen**

(1) Kleine, nach der Doppelvergütung anfallende Fertigungsschweißungen sind anschließend spannungsarmzuglügen (siehe Abschnitt A 5.4.2.3).

(2) Verbindungsschweißungen zwischen Gussstücken und gewalzten oder geschmiedeten Erzeugnisformen dürfen nach dem Doppelvergüten der Gussstücke durchgeführt werden. Nach dem Schweißen sind die Verbindungen gemäß Abschnitt A 5.4.2.3 spannungsarmzuglügen.

(3) Verbindungsschweißungen, die auf der Baustelle gefertigt werden, sind spannungsarmzuglügen. Dabei sind die Festlegungen in KTA 3201.3 zu beachten.

(4) Schweißungen, die nur nach dem Doppelvergüten der Gussstücke durchgeführt werden können, sind um zwei Lagen überhöht zu schweißen. Sie sind anschließend gemäß Abschnitt A 5.4.2.3 spannungsarmzuglügen.

(5) Falls die Teile nach dem Schweißen nicht mehr vergütet, sondern nur noch spannungsarmgeglüht werden, ist auf die zerstörungsfreie Prüfbarkeit bei den wiederkehrenden Prüfungen zu achten.

**A 5.4.2.3 Spannungsarmglühen**

(1) Die Spannungsarmglühtemperatur soll 580 °C bis 620 °C betragen.

(2) Bei Festlegung der Glühtemperatur, der Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit und der Haltedauer sind die sich beim Glühen ergebenden möglichen Änderungen der Werkstoffigenschaften zu berücksichtigen.

**A 5.5 Weiterverarbeitung****A 5.5.1 Schweißen**

(1) Die Gussstücke sind nach folgenden Verfahren schmelzschweißbar (Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen):

- Metall-Lichtbogenschweißen mit basisch umhüllten Elektroden,
- Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern.

(2) Die Vorwärm-, Zwischenlagen- oder Arbeitstemperatur beträgt je nach Werkstoffdicke 100 °C bis 250 °C; bei Vorliegen ausreichender Erfahrung kann auf das Vorwärmen verzichtet werden.

(3) Als Schweißzusätze und -hilfsstoffe sind grundsätzlich wasserstoffkontrollierte basisch umhüllte Stabelektroden oder vergleichbare basische Schweißpulver für das UP-Schweißen zugelassen, die erforderlichenfalls nach den Angaben der Schweißzusatzwerkstoffhersteller getrocknet werden müssen. Das Bauteil ist aus der Schweißwärme einer Nachwärmung von mindestens 2 Stunden bei rund 280 °C zu unterziehen, sofern nicht aus der Schweißwärme bereits die Spannungsarmglühung vorgenommen wird. Eine Wasserstoffarmglühung ist nicht erforderlich, wenn das Bauteil vor dem Schweißen vorgewärmt wurde.

(4) Abweichungen von den oben angeführten Festlegungen, z. B. Anwendung anderer Schweißverfahren, müssen mit dem Hersteller vereinbart und mit dem Sachverständigen festgelegt werden. Dabei sind die Wanddicke und die Art der Zusatzwerkstoffe, die Art des Bauteiles und die bisherigen Erfahrungen zu berücksichtigen. Es muss der Nachweis geführt werden, dass keine Schädigungen, z. B. der Schweißverbindung, durch diese Abweichungen auftreten.

**A 5.5.2 Thermisches Trennen und Ausfugen**

(1) Vor dem thermischen Trennen und Ausfugen ist auf 100 °C bis 300 °C vorzuwärmen. Es wird empfohlen, das Vorwärmen im Ofen durchzuführen, damit eine gleichmäßige Temperaturverteilung (Durchwärmung) erreicht wird.

(2) Wird das Vorwärmen örtlich durchgeführt, muss die angewärmte Zone groß genug sein, damit eine ausreichende Durchwärmung gegeben ist. Die Vorwärmtemperatur ist während des gesamten Trenn- und Ausfugevorganges aufrechtzuerhalten.

**A 5.6 Werkstoffbegutachtung**

Der Hersteller hat eine Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereichs nachzuweisen.

Nachweis an	Massenanteile in %										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al <sub>ges</sub>	Cu	V	N <sub>ges</sub>	
Schmelze	min.	0,18	0,30	0,50	—	—	—	0,020	—	—	—
	max.	0,22	0,60	1,10	0,015	0,010	0,30	0,070	0,18	0,02	0,015
Stück <sup>1)</sup>	min.	0,18	0,30	0,50	—	—	—	0,020	—	—	—
	max.	0,22	0,60	1,10	0,015	0,012	0,30	0,070	0,18	0,02	0,015

<sup>1)</sup> Siehe Hinweis in Abschnitt A 5.3.1.

**Tabelle A 5-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse für die Stahlgussorte GS-C 25 S

Maßgebende Wanddicke in mm	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Bruchdehnung A in % min.
≤ 100	245	440 bis 590	22

**Tabelle A 5-2:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur für die Stahlgussorte GS-C 25 S

Temperatur in °C	0,2%-Dehngrenze <sup>1)</sup> $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit <sup>1)</sup> $R_m$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Bruchdehnung <sup>1)</sup> A in % min.
100	(205)	(410)	(21)
200	175	(400)	(20)
250	(160)	(400)	(19)
300	145	(390)	(18)
350	135	(375)	(20)
400	(130)	(355)	(25)

<sup>1)</sup> Die in Klammern angegebenen Werte bedürfen noch der statistischen Absicherung.

**Tabelle A 5-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen für die Stahlgussorte GS-C 25 S

	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J		Hochlage <sup>2)</sup> der Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J min.
	bei 0 °C min.	bei 33 °C <sup>1)</sup> min.	
Mittelwert aus 3 Proben	41	—	—
Einzelwert	34	68	100

<sup>1)</sup> Auf Vereinbarung in der Bestellung gilt diese Anforderung auch bei tieferer Temperatur, jedoch nicht unterhalb +5 °C.

<sup>2)</sup> Geprüft wird im Allgemeinen bei 80 °C.

**Tabelle A 5-4:** Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch für die Stahlgussorte GS-C 25 S

## A 6 Austenitischer Stahlguss G-X 5 CrNiNb 18 9 S

### A 6.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 6 legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen und physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung der Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S für die im Geltungsbereich des Abschnitts 27 genannten Erzeugnisformen fest:

Armaturengehäuse aus austenitischem Stahlguss (Abschnitt 27)

(2) Abweichungen von diesen Festlegungen sind zulässig, wenn der Sachverständige sie im Gutachten bestätigt.

### A 6.2 Herstellung des Werkstoffes

Die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S soll im Elektrolitbogenofen, Elektro-Induktionsofen oder nach dem AOD-Verfahren erschmolzen werden. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

### A 6.3 Anforderungen

#### A 6.3.1 Chemische Analysen

Für die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S gilt die in **Tabelle A 6-1** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

### A 6.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

#### A 6.3.2.1 Allgemeines

- (1) Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endzustand des Bauteils nach der Wärmebehandlung.
- (2) Die nachfolgenden Werte gelten für die nach Abschnitt 27 festgelegten Probenentnahmeorte und Probenlagen.

#### A 6.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 6-2** festgelegt.

Hinweis:

Bei den im Geltungsbereich des Abschnitts 27 üblichen maßgebenden Wanddicken von rund 150 mm können die Anforderungen an die Festigkeitseigenschaften über den ganzen Querschnitt eingehalten werden.

#### A 6.3.2.3 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 6-3** festgelegt.

#### A 6.3.2.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Mindestwerte der Schlagenergie in **Tabelle A 6-4** gelten für den Grundwerkstoff und unter Berücksichtigung der Ab-

schnitte A 6.4. 1 und A 6.4.2 auch für die Wärmeeinflusszone von Schweißnähten in Bauteilen.

### A 6.3.3 Physikalische Eigenschaften

Im **Anhang AP** sind Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften angegeben.

### A 6.3.4 Korrosionsbeständigkeit

Im sensibilisierend geglühten Zustand (650 °C; 30 min) muss die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S unter den Prüfbedingungen nach DIN EN ISO 3651-2 gegen interkristalline Korrosion beständig sein.

### A 6.4 Wärmebehandlung

Hinweis:

Die angegebenen Temperaturen sind Stücktemperaturen.

#### A 6.4.1 Lösungsglühen

Die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S ist einem Lösungsglühen bei 1050 °C bis 1100 °C zu unterziehen und anschließend in Wasser abzuschrecken.

#### A 6.4.2 Wärmebehandlung während und nach dem Verarbeiten

(1) Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen werden an Gussstücken im lösungsgeglühten und abgeschreckten Zustand durchgeführt. Sie sollen danach erneut lösungsgeglüht und abgeschreckt werden.

(2) Verbindungsschweißungen zwischen Gussstücken und gewalzten oder geschmiedeten Erzeugnissen dürfen nach dem letzten Lösungsglühen der Gussstücke durchgeführt werden und bedürfen danach keiner weiteren Wärmebehandlung.

(3) Bei kleineren Fertigungsschweißungen darf auf ein erneutes Lösungsglühen und Abschrecken verzichtet werden (siehe Abschnitt 27)

(4) Der Werkstoff wird nach dem Schweißen nicht spannungsarmgeglüht.

### A 6.5 Weiterverarbeitung

#### A 6.5.1 Schweißen

(1) Die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S ist im angewendeten Abmessungsbereich nach folgendem Verfahren schmelzschweißbar:

- Metall-Lichtbogenschweißen mit basisch umhüllten Elektroden,
- Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern,
- Schutzgasschweißen mit oder ohne Schweißzusätze (WIG, MIG).

(2) Der Werkstoff wird ohne Vorwärmung geschweißt.

(3) Die Zwischenlagen- oder Arbeitstemperaturen betragen höchstens 200 °C.

#### A 6.5.2 Thermisches Trennen und Ausfugen

Der Werkstoff wird ohne Vorwärmung thermisch getrennt und ausgefugt.

#### A 6.6 Werkstoffbegutachtung

Der Hersteller hat eine Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereichs nachzuweisen.

Nachweis an	Massenanteile in %										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	Co	
Schmelze	min.	—	—	—	—	—	18,0	9,0	—	8 • C	—
	max.	0,06	1,50	1,50	0,020	0,010	20,0	11,0	0,50	0,65	0,2
Stück <sup>1)</sup>	min.	—	—	—	—	—	18,0	9,0	—	8 • C	—
	max.	0,06	1,50	1,50	0,020	0,010	20,0	11,0	0,50	0,65	0,2

<sup>1)</sup> Siehe Hinweis in Abschnitt A 4.3.1.

**Tabelle A 6-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse für die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S

Maßgebende Wanddicke in mm	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	1%-Dehngrenze $R_{p1,0}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.
≤ 150	175	200	440 bis 640	20

**Tabelle A 6-2:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur für die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S

Temperatur in °C	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	1%-Dehngrenze <sup>1)</sup> $R_{p1,0}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Bruchdehnung A in % min.
100	150	175	400	20
200	130	155	360	21
250	125	150	345	21
300	120	145	330	22
350	115	140	325	22
400	110	130	300	25

1) Zur Möglichkeit der Verwendung der Mindestwerte der 1%-Dehngrenze für die Festigkeitsberechnung siehe KTA 3201.2.

**Tabelle A 6-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen für die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S

	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J min.
Mittelwert aus 3 Proben	80
Einzelwert	70

**Tabelle A 6-4:** Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch bei 20 °C für die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S

## A 7 Vergüteter Feinkornbaustahl als Grundwerkstoff und nichtrostender austenitischer Stahl als Plattierungswerkstoff für nahtlose, pressplattierte Verbundrohre

### A 7.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 7 legt Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen Eigenschaften und der Weiterverarbeitung für die im Geltungsbereich des Abschnitts 19 genannten Bauteile aus mit Aluminium beruhigtem Feinkornbaustahl als Grundwerkstoff und nichtrostendem austenitischem Stahl als Plattierungswerkstoff fest:

Nahtlose, pressplattierte Verbundrohre (Abschnitt 19).

(2) Abweichungen von diesen Festlegungen sind zulässig, wenn der Sachverständige sie im Gutachten bestätigt.

### A 7.2 Herstellung des Werkstoffs

(1) Der Grundwerkstoff ist ein mit Aluminium beruhigter Feinkornbaustahl. Die Wanddicke des Grundwerkstoffes beträgt 10 bis 30 mm. Der Plattierungswerkstoff ist ein nichtrostender austenitischer Stahl.

(2) Die Stähle sollen im Elektrolichtbogenofen erschmolzen werden und dürfen nach dem AOD- oder VOD-Verfahren nachbehandelt werden. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(3) Die Verbundrohre werden im vergüteten und spannungsarmgeglühten Zustand ausgeliefert.

### A 7.3 Anforderungen

#### A 7.3.1 Chemische Analysen

Für die chemische Zusammensetzung des Grundwerkstoffes und des Plattierungswerkstoffes gilt die in den **Tabellen A 7-1 und A 7-2** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

### A 7.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

#### A 7.3.2.1 Allgemeines

(1) Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Endzustand des Bauteils nach der letzten Wärmebehandlung.

(2) Bei den Abnahmeprüfungen sind die Eigenschaften an simulierend spannungsarmgeglühten Probenabschnitten nachzuweisen (siehe Abschnitt A 7.4.3). Die folgenden Werte gelten für die im Abschnitt 19 festgelegten Probenentnahmorte und Probenrichtungen.

#### A 7.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 7-3** festgelegt.

#### A 7.3.2.3 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 7-4** festgelegt.

#### A 7.3.2.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Mindestwerte der Schlagenergie sind in **Tabelle A 7-5** festgelegt.

#### A 7.3.2.5 Ringfaltversuch

(1) Bei Ringfaltversuch nach DIN EN ISO 8492 sind die Proben oder Rohrenden so weit zusammendrücken, dass ein bestimmter Abstand H zwischen den beiden Druckplatten erreicht wird. Für diesen Abstand H in mm gilt:

$$H = \frac{(1 + 0,07) \cdot s}{0,07 + \frac{s}{d_a}}$$

dabei ist s die Wanddicke in mm und  $d_a$  der äußere Durchmesser in mm.

(2) Der Ringfaltversuch darf bis zum Bruch oder Anbruch ausgeführt werden, um das Bruchgefüge beurteilen zu können. Maßgebend ist jedoch, dass der vorgeschriebene Plattenabstand ohne Anrisse erreicht wird.

#### A 7.3.2.6 Prüfung auf Bindung der Plattierung

Im Seitenbiegeversuch nach DIN EN ISO 5173 ist an Axialproben mit Aufлагewerkstoff bei einem Biegedorndurchmesser  $D = 4 \cdot a$  ( $a$ : Probendicke) ein Biegewinkel von 180 Grad zu erreichen.

#### A 7.3.3 Korngröße

Im Lieferzustand muss für den Grundwerkstoff eine Kennzahl für die Ferritkorngröße gleich oder größer als 5 nach DIN EN ISO 643 erreicht werden.

#### A 7.3.4 Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

(1) Die Oberfläche des Plattierungswerkstoffes muss unter den vorgesehenen Verarbeitungsbedingungen, insbesondere nach dem Schweißen oder nach einer Wärmebehandlung, bis zu einer Tiefe von 1,5 mm gegen interkristalline Korrosion bei der Prüfung nach DIN EN ISO 3651-2 beständig sein.

(2) Zur Sensibilisierung sind die Bedingungen nach Abschnitt A 7.4.3 anzuwenden, sofern bei der Bestellung nichts anderes vereinbart wurde.

#### A 7.4 Wärmebehandlung

Hinweis:

Die angegebenen Temperaturen sind Stücktemperaturen.

##### A 7.4.1 Vergüten und Spannungsarmglühen (Lieferzustand)

Vergüten		Spannungsarmglühen <sup>1)</sup>
Härten	Anlassen	
900 °C bis 950 °C Abkühlen in Wasser	640 °C bis 690 °C Abkühlen an Luft	565 °C bis 595 °C
<sup>1)</sup> Nach dem Richten der Rohre		

##### A 7.4.2 Spannungsarmglühen nach dem Schweißen

Falls nach dem Schweißen konstruktionsbedingt ein Spannungsarmglühen erforderlich ist, ist dieses im Temperaturbereich 550 °C bis 600 °C durchzuführen.

Art des Nachweises	Massenanteile in % <sup>1)</sup>						
	C	Si	Mn	P	S	Al	
Schmelzenanalyse	min.	0,15	0,20	1,25	—	—	0,010
	max.	0,20	0,40	1,60	0,020	0,015	0,030
Stückanalyse	min.	0,13	0,18	1,20	—	—	0,005
	max.	0,22	0,42	1,65	0,020	0,015	0,040

<sup>1)</sup> Die Elemente N, Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Ti und V dürfen nicht als Legierungselemente zugesetzt werden. Im Gütenachweis sind die Anteile an diesen Elementen nach der Schmelzenanalyse anzugeben.

**Tabelle A 7-1:** Chemische Zusammensetzung des Grundwerkstoffes nach der Schmelzen- und Stückanalyse für nahtlose, pressplattierte Verbundrohre

Art des Nachweises	Massenanteile in %									
	C	Si	Mn	P	S	N <sup>1)</sup>	Cr	Mo <sup>1)</sup>	Ni	Nb
Schmelzenanalyse	min.	—	—	—	—	—	17,0	—	9,0	13 • C
	max.	0,040	1,00	2,00	0,030	0,030	—	19,0	—	12,0
Stückanalyse	min.	—	—	—	—	—	16,8	—	8,85	13 • C
	max.	0,050	1,05	2,04	0,035	0,035	—	19,2	—	12,15

<sup>1)</sup> Die Elemente N und Mo dürfen nicht als Legierungselemente zugesetzt werden. Im Gütenachweise sind die Anteile an diesen Elementen nach der Schmelzenanalyse anzugeben.

**Tabelle A 7-2:** Chemische Zusammensetzung des Plattierungswerkstoffes nach der Schmelzen- und Stückanalyse für nahtlose, pressplattierte Verbundrohre

#### A 7.4.3 Simulierende Wärmebehandlung

(1) Sofern vom Besteller keine anderen Angaben gemacht werden, sind die Probenabschnitte für die Abnahmeprüfungen wie folgt simulierend zu glühen:

- Aufheizen auf 590 °C ± 10 K, Haltedauer 5 h,
- Abkühlen auf 500 °C ± 10 K,
- Aufheizen auf 590 °C ± 10 K, Haltedauer 5 h,
- Abkühlen.

(2) Die Aufheiz- oder Abkühlgeschwindigkeit oberhalb 300 °C soll rund 50 K/h betragen.

#### A 7.5 Weiterverarbeitung

##### A 7.5.1 Schweißen

(1) Die Anwendung folgender Schweißverfahren gilt für den Grundwerkstoff und den Plattierungswerkstoff als begutachtet:

- Metall-Lichtbogenschweißen,
- Schutzgasschweißen mit Schweißzusätzen.

(2) Die Vorwärm- und Arbeitstemperatur soll mindestens 120 °C betragen, die Zwischenlagentemperatur soll 200 °C nicht überschreiten.

(3) Zum Schweißen der Nahtwurzel im Bereich der Plattierungsschicht ist ein Vorwärmen nicht erforderlich.

##### A 7.5.2 Thermisches Trennen

Thermisches Trennen ist nicht vorgesehen.

##### A 7.5.3 Umformen

Ein Umformen bei der Weiterverarbeitung ist nicht vorgesehen.

#### A 7.6 Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 sind unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches im VdTÜV-Werkstoffblatt 439 aufgeführt.



0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.
345	500 bis 650	25

**Tabelle A 7-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch an Längsproben bei Raumtemperatur am Grundwerkstoff für nahtlose, pressplattierte Verbundrohre.

	Temperatur T						
	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C
0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	310	305	295	295	295	295	295
Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup> min.	—	—	—	—	—	470	—

**Tabelle A 7-4:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch an Längsproben bei erhöhter Temperatur am Grundwerkstoff für nahtlose, pressplattierte Verbundrohre

Probenform	Probenrichtung	Schlagenergie $KV_2$ (kleinster Einzelwert) in J min.	Seitliche Breitung (kleinster Einzelwert) in mm min.
Charpy-V	quer	41	0,6
	längs	160	1,5

**Tabelle A 7-5:** Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch und seitliche Breitung bei 20 °C am Grundwerkstoff für nahtlose, pressplattierte Verbundrohre

## A 8 Martensitischer Stahl X 5 CrNi 13 4

### A 8.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 8 legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung des Stahls X 5 CrNi 13 4 für die im Geltungsbereich des Abschnitts 28 genannten Erzeugnisformen fest:

Stäbe und Schmiedestücke  
(Abschnitt 28)

(2) Die höchste zulässige Auslegungstemperatur ist 350 °C, die höchste zulässige Dauerbetriebstemperatur ist 300 °C.

(3) Abweichungen von diesen Festlegungen sind zulässig, wenn der Sachverständige diese im Gutachten bestätigt.

### A 8.2 Herstellung des Werkstoffs

Der Werkstoff soll im Elektrolichtbogenofen erschmolzen und nach dem AOD-, VOD- oder ESU-Verfahren nachbehandelt werden. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

### A 8.3 Anforderungen

#### A 8.3.1 Chemische Analysen

Für den Werkstoff gilt die in **Tabelle A 8-1** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

### A 8.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

#### A 8.3.2.1 Allgemeines

(1) Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den vergüteten oder den vergüteten und spannungsarmgeglühten Zustand.

(2) Die nachfolgenden Festlegungen gelten für die im Abschnitt 28 festgelegten Probenentnahmeorte und Probenlagen.

(3) Die nachfolgend aufgeführten Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften gelten für die in **Tabelle A 8-2** genannten Abmessungsbereiche.

#### A 8.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

(1) Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 8-2** festgelegt.

(2) Das Streckgrenzenverhältnis soll 0,90 nicht überschreiten.

#### A 8.3.2.3 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 8-3** festgelegt.

#### A 8.3.2.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Mindestwerte der Schlagenergie bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 8-4** festgelegt.

**A 8.3.3** Physikalische Eigenschaften

Die Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind im **Anhang AP** angegeben.

**A 8.4** Wärmebehandlung

Hinweis:

Die angegebenen Temperaturen sind Stücktemperaturen.

Vergüten	
Härten	Anlassen
950 °C bis 1050 °C	560 °C bis 600 °C
Haltezeit mindestens 1 h nach der Durchwärmung des Teils	Haltezeit mindestens 8 h nach der Durchwärmung des Teils; bei mehrmaligem Anlassen gilt die Gesamthaltezeitdauer.
Abkühlung an Luft oder in Öl	Abkühlung im Ofen oder an der Luft

**A 8.5** Weiterverarbeitung**A 8.5.1** Schweißen

(1) Die Anwendung folgender Schweißverfahren gilt als begutachtet:

- a) Metall-Lichtbogenschweißen mit kalkbasisch umhüllten Elektroden,

- b) Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern,

- c) Schweißen nach dem WIG-Verfahren mit und ohne Schweißzusätze,

- d) Plasmaschweißen.

(2) Ein Vorwärmen auf 150 °C bis 200 °C ist erforderlich. Die Zwischenlagentemperatur darf 350 °C nicht überschreiten.

(3) Nach dem Schweißen ist eine Wärmebehandlung erforderlich.

(4) Die Wärmebehandlung darf erfolgen als

- a) Anlassen entsprechend Abschnitt A 8.4 oder als

- b) Spannungsarmglühen im Temperaturbereich 530 °C bis 570 °C jedoch nicht oberhalb der tatsächlich angewendeten Anlasstemperatur. Die Glühdauer beträgt mindestens 4 Stunden. Anschließend ist im Ofen abzukühlen.

**A 8.5.2** Umformen

Ein Warmumformen beim Weiterverarbeiter ist nicht vorgesehen.

**A 8.6** Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 sind unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches im VdTÜV-Werkstoffblatt 395/3 aufgeführt.

Nachweis an		Massenanteile in %									
		C	Si	Mn	P	S	N	Co	Cr	Mo	Ni
Schmelze	min.	—	—	—	—	—	0,020	—	12,6	0,30	3,50
	max.	0,050	0,60	1,00	0,030	0,015	—	0,20	13,9	0,70	4,50
Stück	min.	—	—	—	—	—	0,015	—	12,5	0,25	3,45
	max.	0,060	0,65	1,05	0,035	0,018	—	0,23	14,0	0,75	4,60

**Tabelle A 8-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse des Stahls X 5 CrNi 13 4

Erzeugnisform	Abmessung		Probenrichtung	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.	Brucheinschnürung Z in % min.
	Durchmesser in mm	Wanddicke in mm					
Stäbe	≤ 160	—	quer	685	780 bis 980	15	40
			längs				
Schmiedestücke	> 160 bis ≤ 400	—	quer	635	780 bis 980	15	
			quer/tangential				
Das Verhältnis $\frac{R_{p0,2}}{R_m}$ soll den Wert 0,90 nicht überschreiten.							

**Tabelle A 8-2:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur des Stahls X 5 CrNi 13 4

Erzeugnisform	Abmessung		Probenrichtung	Prüftemperatur in °C	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup> min.
	Durchmesser in mm	Wanddicke in mm				
Stäbe	≤ 160	—	quer und längs	100	650	745
				150	635	730
				200	620	715
				250	605	700
				300	590	685
				350	575	670
Stäbe	> 160 bis ≤ 400	—	quer	100	600	695
				150	585	680
				200	570	665
Schmiedestücke	—	≤ 750	quer/tangential	250	555	650
				300	540	635
				350	525	620

**Tabelle A 8-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen des Stahls X 5 CrNi 13 4

Erzeugnisform	Abmessung		Probenrichtung	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J	
	Durchmesser in mm	Wanddicke in mm		Mittelwert aus drei Proben min.	Einzelwert min.
Stäbe	≤ 160	—	quer	70	50
			längs	90	70
	> 160 bis ≤ 400	—	quer	70	50
Schmiedestücke	—	≤ 750	quer/ tangential	70	50

**Tabelle A 8-4:** Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch bei Raumtemperatur des Stahls X 5 CrNi 13 4

## A 9 Nickellegierung NiCr 29 Fe

### A 9.1 Geltungsbereich

Der Abschnitt A 9 legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen und physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung der Nickellegierung NiCr 29 Fe für die im Geltungsbereich der Abschnitte 18 und 22 genannte Erzeugnisformen fest:

- Dampferzeugerheizrohre (Abschnitt 18),
- Stäbe (Abschnitt 22).

### A 9.2 Herstellung des Werkstoffs

(1) Der Werkstoff soll im Elektrolichtbogenofen erschmolzen werden, gegebenenfalls mit zusätzlicher Behandlung im AOD-Konverter oder durch Elektro-Schlacke-Umschmelzen. Bei Anwendung anderer Verfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

(2) Die Rohre und Stäbe sind im stabilisierungsgeglühten Zustand zu liefern.

### A 9.3 Anforderungen

#### A 9.3.1 Chemische Analysen

Für die Nickellegierung NiCr 29 Fe gilt die in den **Tabellen A 9-1** und **A 9-2** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

### A 9.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

#### A 9.3.2.1 Allgemeines

Die Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften gelten für den Lieferzustand.

#### A 9.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur und bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 9-3** festgelegt.

#### A 9.3.2.3 Kerbschlagbiegeversuch bei Stäben

Je Probenentnahmeort ist ein Satz Kerbschlagproben nach Abschnitt 3.3.7.3 (3) bei 20 °C zu prüfen. Die Kennwerte sind in **Tabelle A 9-4** festgelegt.

#### A 9.3.2.4 Aufweitversuch bei Rohren

Die Rohre müssen den Anforderungen des Aufweitversuchs nach Abschnitt 18 entsprechen.

### A 9.3.3 Metallographische Untersuchungen

(1) Für die Korngröße muss bei Stäben eine Kennzahl gleich oder größer als 4 und bei Rohren gleich oder größer als 7 nach DIN EN ISO 643 erreicht werden.

(2) Die Korngrenzen müssen kontinuierlich mit Karbiden belegt sein.

#### A 9.3.4 Prüfung auf Korrosionsbeständigkeit

Je Schmelze und Wärmebehandlungslos ist eine Probe gemäß ASTM A262 Methode B auf Korrosionsbeständigkeit zu prüfen.

Der maximal zulässige Gewichtsverlust beträgt 0,4 mm/a.

#### A 9.3.5 Physikalische Eigenschaften

Die Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind im **Anhang AP** angegeben.

#### A 9.4 Wärmebehandlung

(1) Das Lösungsglühen hat bei 1070 °C bis 1120 °C zu erfolgen. Bei Rohren haben das Glühen und das Abkühlen im Schutzgas zu erfolgen. Bei Stäben hat das Abkühlen in Luft oder schneller zu erfolgen.

(2) Das nachfolgende Stabilisierungsglühen hat bei 700 °C bis 730 °C mit einer Toleranz von  $\pm 10$  K bei der gewählten Temperatur zu erfolgen. Die Dauer des Stabilisierungsglühens muss mindestens 10 h betragen. Das Glühen und das Abkühlen haben bei Rohren im Schutzgas zu erfolgen.

(3) Bei Wärmebehandlungen ist Abschnitt A 9.5.3 zu beachten.

Hinweis:

Für diesen Wärmebehandlungszustand ist international die Bezeichnung „Thermal Treatment (TT)“ gebräuchlich.

#### A 9.5 Weiterverarbeitung

##### A 9.5.1 Einschweißen der Rohre

Das Einschweißen ist nach dem Wolfram-Inertgas-Verfahren mit oder ohne Schweißzusätze durchzuführen. Ein Vorwärmen ist nicht erforderlich. Abschnitt A 9.5.3 ist zu beachten.

##### A 9.5.2 Biegen der Rohre

(1) Ein Kaltbiegen der Rohre ist zulässig.

(2) Nach einem Kaltbiegen ist bei Biegeradien von 300 mm und kleiner eine erneute stabilisierende Wärmebehandlung mit einer Dauer von mindestens 2 h durchzuführen.

##### A 9.5.3 Sondermaßnahmen bei der Verarbeitung

(1) Der Werkstoff ist oberhalb 400 °C empfindlich gegen Schwefel. Daher muss vor dem Schweißen nach jeder Wärmebehandlung die Oberfläche sorgfältig gereinigt werden (Öl- und Fettrückstände, Fingerabdrücke, Farb- und sonstige Kennzeichnungen, Verunreinigungen aus der Luft u.a.).

(2) Die schwefelfreie Ofenatmosphäre darf leicht reduzierend oder neutral eingestellt sein.

(3) Falls Schwefelfreiheit nicht sichergestellt ist, muss schwach oxidierend geglüht werden. Ein Pendeln zwischen oxidierenden und reduzierenden Bedingungen ist zu vermeiden.

#### A 9.6 Werkstoffbegutachtung

Der Hersteller hat eine Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereichs nachzuweisen.

Nachweis an		Massenanteile in %							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Fe
Schmelze	min.	0,015	—	—	—	—	28,5	58,0	9,0
	max.	0,025	0,50	0,50	0,015	0,010	31,0	62,0	11,0
Stück	min.	0,010	—	—	—	—	28,2	57,65	8,9
	max.	0,035	0,53	0,53	0,020	0,013	31,3	62,45	11,15
Nachweis an		Massenanteile in %							
		Nb <sup>1)</sup>	Ti	Cu	Co	Al	B	Mo	N
Schmelze	min.	—	—	—	—	—	—	—	—
	max.	0,10	0,40	0,10	0,06	0,40	0,005	0,20	0,050
Stück	min.	—	—	—	—	—	—	—	—
	max.	0,15	0,43	0,12	0,07	0,45	0,007	0,23	0,060

<sup>1)</sup> einschließlich Ta

**Tabelle A 9-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse für Dampferzeugerheizrohre aus der Nickellegierung NiCr 29 Fe

Nachweis an		Massenanteile in %							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Fe
Schmelze	min.	0,015	—	—	—	—	28,0	58,0	8,0
	max.	0,040	0,50	0,50	0,015	0,010	31,0	62,0	11,0
Stück	min.	0,010	—	—	—	—	27,7	57,65	7,9
	max.	0,050	0,53	0,53	0,020	0,013	31,3	62,45	11,15
Nachweis an		Massenanteile in %							
		Nb <sup>1)</sup>	Ti	Cu	Co	Al	B	Mo	N
Schmelze	min.	—	—	—	—	—	—	—	—
	max.	0,10	0,50	0,50	0,20	0,50	0,007	0,20	0,050
Stück	min.	—	—	—	—	—	—	—	—
	max.	0,15	0,53	0,53	0,22	0,55	0,009	0,23	0,060

<sup>1)</sup> einschließlich Ta

**Tabelle A 9-2:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse für Stäbe aus der Nickellegierung NiCr 29 Fe

Temperatur	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup>			Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup>		Bruchdehnung A in %	
	Rohre		Stäbe min.	Rohre min.	Stäbe min.	Rohre min.	Stäbe min.
	min.	max.					
Raumtemperatur	276	379	220	586	586	30	30
350 °C	217	—	160	551	480	—	—

**Tabelle A 9-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen der Nickellegierung NiCr 29 Fe

Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J Mittelwert aus drei Proben min.	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J Einzelwert min.
125	90

**Tabelle A 9-4:** Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch bei Raumtemperatur bei Stäben der Nickellegierung NiCr 29 Fe

## A 10 Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen

### A 10.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 10 legt Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen und der physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung der Stähle für die im Geltungsbereich der Abschnitte 20 und 21 genannten Erzeugnisformen fest:

- Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Schrauben, Muttern und Scheiben (Abmessungen größer als M 130)
  - Stäbe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen (Abmessungen kleiner als oder gleich M 130) (Abschnitt 21).
- (2) Diese Festlegungen gelten sowohl für geschmiedete Stäbe und Ringe wie für die aus den Stäben und Ringen durch Zerspanen hergestellten Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen.

### A 10.2 Herstellung der Stähle

- Die Stähle sind Vergütungsstähle mit festgelegten Mindestwerten der Warmfestigkeitseigenschaften.
- Die Stähle sind im Elektrolichtbogenofen oder nach dem Sauerstoffblas-Verfahren zu erschmelzen und pfannenmetallurgisch nachzubehandeln oder im Vakuum oder nach dem Elektroschlack-Umschmelzverfahren umzuschmelzen. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.
- Die Stähle werden im vergüteten Zustand oder im vergüteten und spannungsarmgeglühten Zustand ausgeliefert.

### A 10.3 Anforderungen

#### A 10.3.1 Chemische Analysen

- Für die Stähle gilt die in **Tabelle A 10-1** wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse.
- Für die zulässigen Abweichungen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse von den Grenzwerten der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse gelten die Festlegungen in **Tabelle A 10-2**.

### A 10.3.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften

#### A 10.3.2.1 Allgemeines

Die mechanisch-technologischen Eigenschaften gelten für den Lieferzustand nach Abschnitt A 10.2 (3). Die Werte gelten für Stäbe und Ringe für die in den Abschnitten 20 und 21 festgelegten Probenformen, Probenlagen und Probenrichtungen.

#### A 10.3.2.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur sind in **Tabelle A 10-3** festgelegt.

#### A 10.3.2.3 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen sind in **Tabelle A 10-4** festgelegt.

#### A 10.3.2.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Werte für die Schlagenergie sind in **Tabelle A 10-5** festgelegt.

#### A 10.3.3 Physikalische Eigenschaften

Die Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften sind im **Anhang AP** angegeben.

#### A 10.4 Wärmebehandlung

Die Festlegungen für die Wärmebehandlungen enthält **Tabelle A 10-6**.

#### A 10.5 Weiterverarbeitung

Es darf nur eine spanende Bearbeitung erfolgen.

Hinweis:

Ein Warm- oder Kaltumformen (Gewinderollen gilt nicht als Kaltumformen) ist nicht vorgesehen.

#### A 10.6 Werkstoffbegutachtung

Hersteller der Stähle 20 NiCrMo 14 5 und 26 NiCrMo 14 6 mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.2.2 sind unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereichs in den VdTÜV-Werkstoffblättern 337 und 390 aufgeführt.

Werkstoff	Massenanteile in %										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Al <sub>ges</sub>	
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	0,15	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 <sup>1)</sup>	0,050
34 CrNiMo 6 S	min.	0,30	0,15	0,40	—	—	1,40	0,15	1,40	—	2)
	max.	0,38	0,40	0,70	0,020	0,010	1,70	0,35	1,70	—	

1) Werte > 0,08 bis ≤ 0,12 % dürfen im Rahmen eines Einzelgutachtens zugelassen werden.  
2) Der Aluminiumanteil ist nicht spezifiziert.

**Tabelle A 10-1:** Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse der Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen

Element	Zulässige Abweichung <sup>1)</sup> der Werte nach der Stückanalyse Massenanteil 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 <sup>2)</sup>
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 Spannen für die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse, so dürfen für ein bestimmtes Element entweder nur Überschreitungen des Höchstwertes oder nur Unterschreitungen des Mindestwertes gemäß **Tabelle A 10-1** auftreten, nicht jedoch bei einer Schmelze beides gleichzeitig.  
2) Bei zulässigen Nickelanteilen von 2,00 bis 4,00 % nach der Schmelzenanalyse sind Abweichungen der Werte nach der Stückanalyse von ± 0,07 % zulässig.

**Tabelle A 10-2:** Zulässige Abweichungen der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse von den Grenzwerten der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse

Stahlsorte	Durchmesser (Stäbe) in mm	Probenrichtung	0,2%-Dehngrenze R <sub>p0,2</sub> in N/mm <sup>2</sup> min.	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> in N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung A in % min.	Brucheinschnürung Z in % min.
20 NiCrMo 14 5 (I)	≤ 130	längs	940	1040 bis 1240	14	55
20 NiCrMo 14 5 (II)	≤ 130	längs	980	1080 bis 1280	14	55
26 NiCrMo 14 6	≤ 130	längs	940	1040 bis 1240	14	50
	> 130 bis ≤ 380	längs oder tangential	885	1030 bis 1230	14	45
34 CrNiMo 6 S	≤ 130	längs	830	930 bis 1130	16	45
	> 130 bis ≤ 380	längs oder tangential	735	835 bis 980	16	45

**Tabelle A 10-3:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur für Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen

Stahlsorte	Durchmesser (Stäbe) in mm	Probenrichtung	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ in N/mm <sup>2</sup> min.		Zugfestigkeit $R_m$ in N/mm <sup>2</sup> min.		Bruchdehnung A in % min.		Brucheinschnürung Z in % min.	
			bei der Temperatur in °C							
			300	350	300	350	300	350	300	350
20 NiCrMo 14 5 (I)	≤ 130	längs	785	735	860	840	14	14	55	55
20 NiCrMo 14 5 (II)	≤ 130	längs	830	785	900	880	14	14	55	55
26 NiCrMo 14 6	≤ 380	längs oder tangential <sup>1)</sup>	790	785	860	820	14	14	45	45
34 CrNiMo 6 S	≤ 380	längs oder tangential <sup>1)</sup>	630	560	760	735	16	16	45	45

<sup>1)</sup> Bei Abmessungen gleich oder kleiner als 130 mm Durchmesser gelten die Werte nur für die Probenrichtung längs.

**Tabelle A 10-4:** Mechanisch-technologische Eigenschaften im Zugversuch bei erhöhten Temperaturen für die Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen

Stahlsorte	Durchmesser (Stäbe) in mm	Probenrichtung	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J		Seitliche Breitung in mm Einzelwert min.
			Mittelwert aus 3 Proben min.	Einzelwert min.	
			20 NiCrMo 14 5 (I)	≤ 130	
20 NiCrMo 14 5 (II)	≤ 130	längs	76	61	0,65
26 NiCrMo 14 6	≤ 380	längs oder tangential <sup>1)</sup>	72	61	0,65
34 CrNiMo 6 S	≤ 380	längs oder tangential <sup>1)</sup>	76	61	0,65

<sup>1)</sup> Bei Abmessungen gleich oder kleiner als 130 mm Durchmesser gelten die Werte nur für die Probenrichtung längs.

**Tabelle A 10-5:** Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch bei 20 °C für Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen

Stahlsorte	Temperaturbereich für Austenitisieren in °C	Abkühlmittel	Temperatur	
			für Anlassen <sup>1)</sup> in °C	für Spannungsarmglühen in °C
20 NiCrMo 14 5 (I)	840 bis 900	Wasser oder Öl	520 bis 600	430 bis 470
20 NiCrMo 14 5 (II)			500 bis 580	
26 NiCrMo 14 6	840 bis 870	Wasser oder Öl	530 bis 580	450 bis 500
34 CrNiMo 6 S	820 bis 870	Wasser oder Öl	550 bis 640	450 bis 500

<sup>1)</sup> Die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit, die Temperaturen sowie die Haltedauer sind in Abhängigkeit von den Abmessungen und der chemischen Zusammensetzung vom Hersteller so festzulegen, dass die Anforderungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften nach Abschnitt A 10.3.2 eingehalten werden.

**Tabelle A 10-6:** Festlegungen für die Wärmebehandlungen der Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen

## A 11 Vergütungsstähle nach DIN EN 10269 für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen; ergänzende Festlegungen zu DIN EN 10269

### A 11.1 Geltungsbereich

(1) Der Abschnitt A 11 gilt ergänzend zu DIN EN 10269 für die in **Tabelle A 11-1** genannten Stahlsorten bei Verwendung für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen nach Abschnitt 21.

(2) Die Festlegungen gelten für gewalzte oder geschmiedete Stäbe und für die daraus hergestellten Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen.

### A 11.2 Abmessungsgrenzen

Die in **Tabelle A 11-1** aufgeführten Stahlsorten dürfen bis zu den dort genannten Abmessungen verwendet werden.

### A 11.3 Kerbschlagbiegeversuch

Die im Kerbschlagbiegeversuch unter Berücksichtigung der Forderungen bei 20 °C mit Längsproben nachzuweisenden Werte der Schlagenergie und der seitlichen Breitung sind in **Tabelle A 11-1** angegeben.

### A 11.4 Zugversuch bei erhöhten Temperaturen

Die im Zugversuch bei 300 °C und 350 °C nachzuweisenden Werte der Zugfestigkeit sind in **Tabelle A 11-1** angegeben.

### A 11.5 Werkstoffbegutachtung

Die in Abschnitt 2.2.2 geforderte Begutachtung gilt für die in **Tabelle A 11-1** genannten Stahlsorten nach DIN EN 10269 unter Berücksichtigung der Festlegungen in **Tabelle A 11-1** für den Anwendungszweck nach Abschnitt A 11.1 aufgrund ihrer Bewährung als erbracht.

Stahlsorte nach DIN EN 10269	Grenzen der zulässigen Abmessungen Durchmesser in mm	Schlagenergie KV <sub>2</sub> in J		Seitliche Breitung in mm	Zugfestigkeit R <sub>m</sub> in N/mm <sup>2</sup>		
		bei Raumtemperatur (Längsproben)			mind.	mind.	
		Mittelwert mind.	Einzelwert mind.	Einzelwert mind.		bei der Temperatur 300 °C	350 °C
C35E+QT	≤ 60	55	42	0,65	400	390	
25CrMo4	≤ 100	60	42	0,65	460	440	
21CrMoV5-7	≤ 100	63	52	0,65	590	560	

**Tabelle A 11-1:** Grenzen der zulässigen Abmessungen und ergänzende Festlegungen für Stähle nach DIN EN 10269 für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen

## Anhang AP

### Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften

#### AP 1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Anhaltsangaben über

- die Dichte,
- den dynamischen Elastizitätsmodul,
- den mittleren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten,
- die mittlere spezifische Wärmekapazität und
- die Wärmeleitfähigkeit

für die in den Abschnitten A 1 bis A 12 genannten Werkstoffe.

#### AP 2 Kennwerte

##### AP 2.1 Allgemeines

Die in den Tabellen aufgeführten Kennwerte der physikalischen Eigenschaften sind Anhaltsangaben, die auf der Grundlage von Messungen an einzelnen Schmelzen und von Literaturangaben [3] zusammengestellt sind.

##### AP 2.2 Ermittlung der Kennwerte

Für die Ermittlung der hier genannten Kennwerte physikalischer Eigenschaften gibt es z.Z. 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 zu den **Tabellen AP-1 bis AP-10** sind dem Schrifttum [3] entnommen. Sie machen eine Aussage über die durchschnittliche Streubandbreite der dort erfassten Messwerte.



	Temperatur T in °C					
	20	100	200	300	350	400
Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup>	7,86	—	—	—	—	—
Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	211	206	199	192	—	184
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> zwischen 20 °C und T in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	—	12,7	13,2	13,6	—	14,0
Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	44	44	43	41	—	39
Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> zwischen 20 °C und T in Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	—	0,46	0,49	0,51	0,52	0,53
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 3,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .						

**Tabelle AP-1:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften für die unterschiedlichen Erzeugnisformen des Stahls 20 MnMoNi 5 5

	Temperatur T in °C					
	20	100	200	300	350	400
Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup>	7,94	—	—	—	—	—
Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	197	191	184	177	—	170
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> zwischen 20 °C und T in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	—	15,4	16,0	16,5	—	16,8
Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	11,8	13,0	14,5	16,1	—	17,6
Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> zwischen 20 °C und T in Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	—	0,48	0,50	0,52	—	0,53
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 1,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> bei austenitischen Stählen.						

**Tabelle AP-2:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften des Stahls X 2 NiCrAlTi 32 20

Stahlsorte	Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> bei 20 °C	Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/m <sup>2</sup> bei der Temperatur T in °C					Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> zwischen 20 °C und der Temperatur T in °C				Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> bei der Temperatur T in °C					Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> in J g <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> zwischen 20 °C und der Temperatur T in °C				
		20	100	200	300	400	100	200	300	400	20	100	200	300	400	100	200	300	350	400
		X6 CrNiTi 18 10 S	7,9						16,0	16,5	17,0	17,5								
X6 CrNiNb 18 10 S	7,9	200	194	186	179	172	16,0	16,5	17,0	17,5	15,0	16,0	17,0	19,0	20,0	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52
X6 CrNiMoTi 17 12 2 S	8,0						16,5	17,5	18,0	18,5										
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 1,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .																				

**Tabelle AP-3:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften der nichtrostenden austenitischen Walz- und Schmiedestähle

	Temperatur T in °C					
	20	100	200	300	350	400
Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup>	7,86	—	—	—	—	—
Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	210	203	194	185	—	175
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> zwischen 20 °C und T in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	—	12,6	13,9	14,8	—	14,9
Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> zwischen 20 °C und T in Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	—	0,46	0,49	0,51	0,52	0,53
Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	38	37	34	32	—	—
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 3,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .						

**Tabelle AP-4:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften für die unterschiedlichen Erzeugnisformen der Stahlgussorte GS-18 NiMoCr 3 7

	Temperatur T in °C					
	20	100	200	300	350	400
Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup>	7,83	—	—	—	—	—
Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	211	204	196	186	—	177
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> zwischen 20 °C und T in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	—	12,2	12,9	13,4	—	13,9
Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	43	43	42	41	—	39
Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> zwischen 20 °C und T in Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	—	0,46	0,49	0,51	0,52	0,53
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 3,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .						

**Tabelle AP-5:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften für die Stahlgussorte GS-C 25 S

	Temperatur T in °C					
	20	100	200	300	350	400
Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup>	7,93	—	—	—	—	—
Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	200	194	186	179	—	172
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> zwischen 20 °C und T in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	—	16,0	17,0	17,0	—	18,0
Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	15	16	17	19	—	20
Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> zwischen 20 °C und T in Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	—	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 1,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .						

**Tabelle AP-6:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften für die Stahlgussorte G-X 5 CrNiNb 18 9 S

	Temperatur T in °C					
	20	100	200	300	350	400
Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup>	7,70	—	—	—	—	—
Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	200	195	185	175	172	170
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> zwischen 20 °C und T in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	—	10,5	11,0	12,0	—	12,5
Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	25	—	—	—	—	—
Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> zwischen 20 °C und T in Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	0,46	—	—	—	—	—
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 3,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .						

**Tabelle AP-7:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften des Stahls X 5 CrNi 13 4

	Temperatur T in °C					
	20	100	200	300	350	400
Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup>	8,19	—	—	—	—	—
Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	211	206	201	195	192	189
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> zwischen 20 °C und T in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	—	14,1	14,3	14,6	14,7	14,8
Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	12,0	13,5	15,3	17,3	18,2	19,1
Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> zwischen 20 °C und T in Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	0,45	0,47	0,49	0,51	0,52	0,53
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 1,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .						

**Tabelle AP-8:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften der Nickellegierung NiCr 29 Fe

Stahlsorte	Dichte <sup>1)</sup> in 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> bei 20 °C	Dynamischer Elastizitätsmodul <sup>2)</sup> in 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> bei der Temperatur T in °C						Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient <sup>3)</sup> in 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> zwischen 20 °C und der Temperatur T in °C					Wärmeleitfähigkeit <sup>5)</sup> in Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> bei der Temperatur T in °C					Mittlere spezifische Wärmekapazität <sup>4)</sup> in Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> zwischen 20 °C und der Temperatur T in °C						
		20	100	200	300	350	400	100	200	300	350	400	20	100	200	300	350	400	100	200	300	350	400	
		20 NiCrMo 14 5	7,84	205	200	191	182	—	—	11,2	11,6	12,1	12,2	—	29	30	31	31	—	31	0,46	0,49	0,51	0,52
26 NiCrMo 14 6	11,2	11,6								12,1	12,2	—	29	30	31	31	—	31						
34 CrNiMo 6 S	12,5	13,2								13,7	—	14,2	34	36	37	37	—	36						
<sup>1)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,05 · 10 <sup>6</sup> g/m <sup>3</sup> . <sup>2)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 5 · 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,8 · 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>4)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 0,01 Jg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> . <sup>5)</sup> Durchschnittliche Streubandbreite gemessener Werte ± 3,5 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .																								

**Tabelle AP-9:** Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften für Vergütungsstähle für Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Dehnhülsen

## Anhang B

### Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen

B 1	Allgemeines.....	117
B 2	Begriffe, Kurzzeichen, Formeln.....	117
B 2.1	Begriffe.....	117
B 2.2	Kurzzeichen.....	117
B 2.3	Formeln.....	117
B 3	Anforderungen an den Prüfgegenstand.....	118
B 4	Anforderungen an das Prüfsystem.....	118
B 4.1	Prüfausrüstung.....	118
B 4.2	Kalibrierkörper, Vergleichskörper und Bezugsreflektoren.....	119
B 5	Optimierung der Prüftechnik bei der Ultraschallprüfung austenitischer Stähle oder Nickellegierungen.....	120
B 6	Einstellung des Prüfsystems.....	120
B 6.1	Entfernungsjustierung.....	120
B 6.2	Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der AVG-Methode.....	120
B 6.3	Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Vergleichskörper- und Bezugslinienmethode.....	121
B 6.4	Korrekturen bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit.....	122
B 6.5	Einstellung des Ultraschallgerätes.....	122
B 7	Kriechwellentechnik.....	124
B 7.1	Beschreibung des Verfahrens.....	124
B 7.2	Vergleichskörper.....	124
B 7.3	Einstellung der Prüfempfindlichkeit.....	124
B 7.4	Anpassen der Prüfköpfe.....	125
B 8	Wellenumwandlungstechnik I (sekundäre Kriechwelle).....	125
B 8.1	Beschreibung des Verfahrens.....	125
B 8.2	Prüfkopf.....	126
B 8.3	Entfernungsjustierung.....	126
B 8.4	Einstellung der Prüfempfindlichkeit.....	126
B 8.5	Korrekturen bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit.....	126
B 8.6	Prüfdurchführung.....	127
B 9	Wellenumwandlungstechnik II (LLT-Technik).....	128
B 9.1	Allgemeines.....	128
B 9.2	Prüfköpfe, Prüfzonen, Vergleichskörper, LLT-Empfindlichkeitsdiagramme.....	128
B 9.3	Entfernungsjustierung.....	128
B 9.4	Einstellung der Prüfempfindlichkeit.....	128
B 9.5	Transferkorrektur.....	129
B 9.6	Prüfdurchführung.....	129
B 10	Prüfdurchführung.....	129
B 10.1	Überlappung.....	129
B 10.2	Abtastgeschwindigkeit.....	129
B 10.3	Einstellung und Kontrolle des Prüfsystems.....	129
B 11	Beschreibung der Anzeigen.....	131
B 11.1	Echohöhe.....	131
B 11.2	Anzeigenausdehnung.....	131
B 11.3	Formbedingte Anzeigen.....	132

**B 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.

**B 2 Begriffe, Kurzzeichen, Formeln****B 2.1 Begriffe**

Es gelten die Festlegungen nach DIN EN ISO 5577.

**B 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 <sub>LLT</sub>	Verkürzter Projektionsabstand bei der LLT-Technik	mm
AVG	Abstand/Verstärkung/Größe	—
$\alpha_{LW}$	Einschallwinkel der Longitudinalwelle	Grad
$\alpha_{TW}$	Auftreffwinkel der Transversalwelle an der Kontaktfläche des Prüfgegenstandes	Grad
C	Erforderliche Breite des Vergleichskörpers	mm
c <sub>LW</sub>	Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwelle	m/s
c <sub>TW</sub>	Schallgeschwindigkeit der Transversalwelle	m/s
D <sub>eff</sub>	Effektive Schwingerabmessung gemäß Prüfkopfdatenblatt	mm
D <sub>FBB</sub>	Durchmesser der Flachbodenbohrung	mm
D <sub>Kon</sub>	Durchmesser der Kontaktfläche eines Senkrechtprüfkopfes	mm
D <sub>KSR</sub>	Durchmesser des Kreisscheibenreflektors	mm
D <sub>Q</sub>	Effektive Schwingerabmessung quer zur Einschallrichtung	mm
D <sub>S-6dB</sub>	Schallbündelbreite für 6 dB-Abfall des Schalldruckes bezogen auf den Zentralstrahl	mm
D <sub>S-20dB</sub>	Schallbündelbreite für 20 dB-Abfall des Schalldruckes bezogen auf den Zentralstrahl	mm
D <sub>Z</sub>	Durchmesser der Querbohrung	mm
d	Krümmungsdurchmesser der Kontaktfläche am Prüfgegenstand	mm
d <sub>ref</sub>	Krümmungsdurchmesser der Gegenfläche am Prüfgegenstand	mm
$\Delta f$	Bandbreite (Differenz zwischen oberer und unterer Grenzfrequenz), bezogen auf den 3 dB-Abfall	MHz
$\Delta_{SE}$	Abstand der Schalleintrittspunkte	mm
ES	Empfangsschwinger	—

Kurzzeichen	Größe oder Bezeichnung	Einheit
f <sub>N</sub>	Nennfrequenz	MHz
$\phi_{LW}$	Auftreffwinkel der Longitudinalwelle auf den Reflektor	Grad
$\phi_{TW}$	Reflexionswinkel der Transversalwelle am Reflektor	Grad
G	Auf den effektiven Schwingerdurchmesser bezogener Reflektordurchmesser	—
G <sub>K</sub>	Geräteverstärkung bei Einstellung der Justierreflektoranzeige auf Kennhöhe am Bildschirm	dB
G <sub>T</sub>	Geräteverstärkung bei Einstellung der Durchschallungsanzeige auf Kennhöhe am Bildschirm	dB
$\bar{G}_T$	Arithmetischer Mittelwert von G <sub>T</sub> -Werten	dB
G <sub>R</sub>	Geräteverstärkung für die Registrierungsschwelle	dB
$\gamma_6$	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
$\kappa$	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	—
$\lambda$	Wellenlänge	mm
N	Nahfeldlänge	mm
NE1; NE2	Nebenechos bei der Prüfung mit Wellenumwandlungstechnik	—
n	Anzahl der Einzelmesswerte	—
p	Projektionsabstand im ganzen Sprung	mm
p'	Projektionsabstand bei der Prüfung mit Wellenumwandlungstechnik bei Optimierung eines Nebenechos	mm
p''	Projektionsabstand bei der Prüfung mit Wellenumwandlungstechnik bei Optimierung des Hauptechos	mm
R <sub>a</sub>	arithmetischer Mittelwert der Profildordinaten (Mittenrauwert) R <sub>a</sub> nach DIN EN ISO 4287	$\mu$ m
R <sub>L</sub>	Registrierlänge	mm
R <sub>LK</sub>	Korrigierte Registrierlänge	mm
S (mit und ohne Index)	Schallweg	mm
SEL	Sender-Empfänger-Longitudinalwellen	—
SE	Sender - Empfänger	—
SS	Sendeschwinger	—
s	Wanddicke, Nennwanddicke	mm
s <sub>i</sub>	Dicke des Vergleichskörpers	mm

Kurzzeichen	Größe oder Bezeichnung	Einheit
S/N	Signal-Rausch-Verhältnis ist das Amplitudenverhältnis des Ultraschallechos eines Reflektors zum Rauschpegel (Der Rauschpegel ist der 95 %-Wert der Summenhäufigkeit der Echohöhen der Rauschanzeigen, ermittelt im fehlerfreien Prüfbereich).	—
TLL	„Trans-Long-Long“-Wellenumwandlung	—
TW	Transversalwelle	—
V	Verstärkung im allgemeinen AVG-Diagramm	dB
$Y_{FBB}$	Reflektortiefenlage	mm
$Y_s$	Abstand der Prüfbereichsmitte von der Kontaktfläche	mm
$Z_H$	Tiefenbereich der Prüfzone	mm
$\Delta V$	Empfindlichkeitskorrektur	dB
$\Delta V_K$	Auf einen bestimmten Schallweg bezogene Schallschwächungskorrektur	dB
$\Delta V_{koppl}$	Ankopplungskorrektur	dB
$\Delta V_{LLT}$	Echohöhenunterschied zwischen Bezugshöhe der Stirnfläche und dem Maximum der Empfindlichkeitskurve	dB
$\Delta V_S$	Divergenzkorrektur der Rückwandechokurve	dB
$\Delta V^{\sim}$	Verstärkungskorrektur zur Berücksichtigung von Transferschwankungen	dB
$\Delta V_T$	Transferkorrektur	dB
$\Delta V_Z$	Verstärkungskorrektur zur Berücksichtigung unterschiedlicher Schallwege bei Anschaltung einer Zylinderbohrung	dB

### B 2.3 Formeln

Die zu berechnenden Größen sind nach folgenden Gleichungen zu ermitteln:

- a) Erforderliche Breite des Vergleichskörpers

$$C \geq D_{S-20dB} \quad (B-1)$$

- b) Die auf den 20 dB-Echohöhenabfall bezogene Schallbündelbreite  $D_{S-20dB}$ :

$$D_{S-20dB} = 2 \cdot \lambda \cdot \frac{S}{D_Q} \quad (B-2)$$

- c) Umrechnung der Echohöhe von Querbohrungen in die Echohöhe von Kreisscheibenreflektoren:

$$D_{KSR} = \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\pi}} \cdot \lambda \cdot \sqrt{D_Z \cdot S} \quad (B-3)$$

wobei  $S > 1,5 \cdot N$  und  $D_Z > 1,5 \cdot \lambda$ .

- d) Der auf den 6 dB-Echohöhenabfall bezogene Schallbündeldurchmesser  $D_{S-6dB}$ :

$$D_{S-6dB} = 2 \cdot S \cdot \tan \gamma_6 \quad (B-4)$$

- e) Mittelwert der Geräteverstärkung  $\bar{G}_T$ :

$$\bar{G}_T = \frac{\sum G_T}{n} = \frac{\text{Summe der Einzelwerte}}{\text{Anzahl der Einzelwerte}} \quad (B-5)$$

- f) Korrigierte Registrierlänge  $R_{LK}$ :

$$R_{LK} = R_L - D_{S-6dB} \cdot \left( 1 - \frac{D_{S-6dB}}{R_L} \right) \quad (B-6)$$

- g) Schallweg ohne Seitenwandeneinfluss

$$S = \frac{s \cdot D_{eff}}{2 \cdot \lambda} \quad (B-7)$$

- h) Verstärkungskorrektur  $\Delta V^{\sim}$ :

$$\Delta V^{\sim} = 1,7 \cdot \sqrt{\frac{\sum G_T^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum G_T)^2}{n-1}} \quad (B-8)$$

oder

$$\Delta V^{\sim} = 1,7 \cdot \sqrt{\frac{\sum (G_T - \bar{G}_T)^2}{n-1}} \quad (B-9)$$

- i) Empfindlichkeitskorrektur  $\Delta V_Z$ :

$$\Delta V_Z = 30 \cdot \lg \frac{S_2}{S_1} \quad (B-10)$$

- k) Resultierende Geräteempfindlichkeit zur Einstellung der Registrierschwelle

$$G_R = G_K + \Delta V_T + \Delta V^{\sim} \quad (B-11)$$

mit

$$\Delta V_T = \Delta V_{koppl} + \Delta V_K \quad (B-12)$$

- l) Nullpunktverschiebung bei SEL-Prüfköpfen

$$S = 1,5 \cdot s + a \quad (B-13)$$

- m) Schallaufweg bis zur Prüfbereichsmitte bei LLT-Prüfköpfen

$$S_{Just} = S_{LW} + 2 \cdot S_{TW} \quad (B-14)$$

$$\text{mit } S_{LW} = \frac{2 \cdot s - Y_s}{\cos \alpha_{LW}} \quad (B-15)$$

$$\text{und } S_{TW} = \frac{Y_s}{\cos \alpha_{TW}} \quad (B-16)$$

oder in der Näherung für Stahl

$$S_{Just} = 2 \cdot \frac{s + Y_s}{\cos \alpha_{LW}} \quad (B-17)$$

## B 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 (Mittennennwert)  $R_a$  nach DIN EN ISO 4287 darf auf den zu prüfenden Flächen einen Wert von 20  $\mu\text{m}$  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  $\cdot$  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.

## B 4 Anforderungen an das Prüfsystem

### B 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 (Registriereschwelle) im zu prüfenden Bereich sicherstellen.

Hinweis:

Im Allgemeinen werden bei Nennwanddicken gleich oder kleiner als 40 mm eine Nennfrequenz von 4 MHz und eine Schwingergöße  $D_Q$  von etwa 10 mm und bei Nennwanddicken größer als 40 mm eine Nennfrequenz von 2 MHz und eine Schwingergöße  $D_Q$  von etwa 20 mm angewendet.

(5) Senkrechtprüfköpfe sind so auszuwählen, dass der Abstand zwischen den Kontaktflächen des Prüfkopfes und des Prüfgegenstandes nicht mehr als 0,5 mm ( $D_{Kon} < \sqrt{2d}$ ) beträgt. Durch die Verwendung von Schutzfolien kann die Ankopplung von Einschwinger-Senkrechtprüfköpfen verbessert werden.

(6) Die Kontaktflächen von Transversalwellen-Winkelprüfköpfen sind

a) bei der Einschallung in konkave Kontaktflächen des Prüfgegenstandes immer anzupassen, es sei denn, aufgrund sehr großer Krümmungsradien kann eine ausreichende Ankopplung erreicht werden.

b) bei der Einschallung in konvexe Kontaktflächen des Prüfgegenstandes anzupassen, wenn entsprechend **Bild B-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.

#### **B 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 Schwingergöße quer zur Einschallrichtung ( $D_Q$ ). Bei Schallwegen von  $S$  größer als die doppelte Nahfeldlänge ist die Schallbündelbreite  $D_{S-20dB}$  am Ort des Reflektors maßgebend. In diesem Fall ergibt sich die Breite des Vergleichskörpers nach folgender Formel:

$$C \geq 2 \cdot \lambda \cdot \frac{S_{max}}{D_Q}$$

Ausgenommen sind Vergleichskörper für die Prüfung an Stäben in axialer Richtung für den Bereich des Seitenwandeneinflusses. In diesem Fall ist die Breite des Vergleichskörpers gleich der Breite des Prüfgegenstands.

ad) Die Abmessungen der Kontaktfläche des Prüfgegenstands sollen größer sein als die 1,5fache Abmessung der Kontaktfläche des Prüfkopfes.

ae) Die Lage der Bezugsreflektoren im Vergleichskörper muss so gewählt werden, dass sich deren Echos nicht gegenseitig stören und nicht mit Kantenechos verwechselt werden können.

b) für den verwendeten Bezugsreflektor:

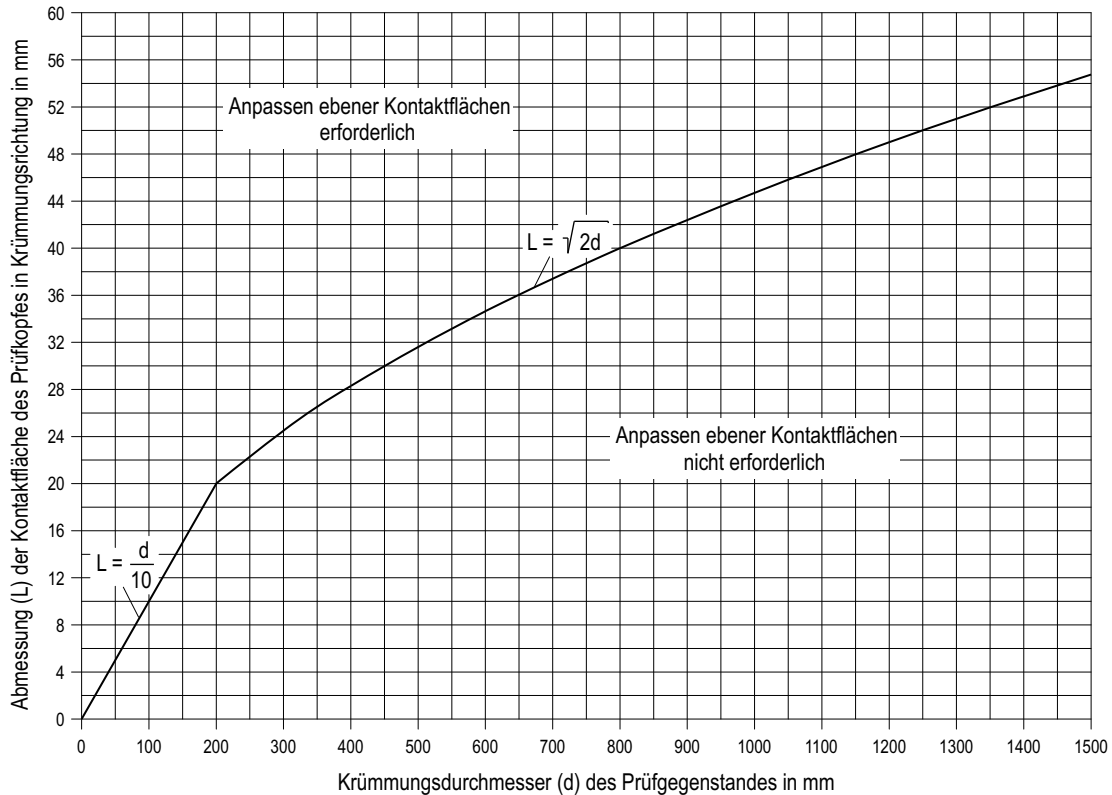
ba) Die Rückwände sollen eben und senkrecht zum Hauptstrahl orientiert sein sowie Abmessungen haben, die größer sind als die Schallbündelbreite  $D_{S-20dB}$ , jedoch nicht kleiner als die Schwingerabmessung.

bb) Querbohrungen sollen senkrecht zum Hauptstrahl und parallel zur Kontaktfläche verlaufen. Die Länge der Querbohrungen soll größer sein als die Schallbündelbreite  $D_{S-20dB}$ , jedoch nicht kleiner als die Schwingerabmessung. Der Durchmesser soll 3 mm betragen.

bc) Die Böden von Flachbodenbohrungen sollen bei der Einkopftechnik senkrecht zum Hauptstrahl verlaufen. Hiervon ausgenommen sind Regelungen für die Verwendung von Flachbodenbohrungen bei der Wellenumwandlungstechnik II und der Kriechwellentechnik.

bd) Die Nuten müssen einen rechteckigen Querschnitt aufweisen. Die Nutflanken müssen senkrecht zur Oberfläche stehen. Die Nuten sollen eine Breite gleich oder kleiner als 1,0 mm und, sofern ergebnisformspezifisch nicht anders geregelt, eine Tiefe von 1,0 mm haben. Die akustisch wirksame Länge der Nuten soll 20 mm betragen.

be) Falls die Echohöhen von Querbohrungen in die Echohöhen von  $D_{KSR}$  umgerechnet werden sollen, ist die Gleichung B-3 zu beachten.



**Bild B-1:** Anpassbedingungen für ebene Kontaktflächen von Winkelprüfköpfen bei Einschallung in konvexe Kontaktflächen des Prüfgegenstandes

### B 5 Optimierung der Prüftechnik bei der Ultraschallprüfung austenitischer Stähle oder Nickellegierungen

(1) Zur Einhaltung eines ausreichenden Abstandes (mindestens 6 dB) der Registrierschwelle zum Rauschpegel ist die Prüftechnik zu optimieren, z. B. durch folgende Maßnahmen:

- Einsatz von Prüfköpfen mit niedrigerer Nennfrequenz,
- Einsatz von frequenzselektiven Prüfgeräten,
- Einsatz von Prüfköpfen mit Kompositschwingern und dafür geeigneten Prüfgeräten,
- Anwendung von Longitudinalwellen für die Schrägeinschallung,
- elektrodynamisch angeregte Oberflächenwellen und horizontal polarisierte Transversalwellen.

(2) Sofern die Optimierung der Prüftechnik gemäß (1) zu keinem ausreichenden Signal-Rausch-Verhältnis führt, sind Prüftechniken mit einer bildhaften Darstellung des Prüfergebnisses einzusetzen, die eine Bewertung ermöglichen, z. B.

- Sektor- und Verbundabtastung mit gesteuerten Gruppenstrahlern (Phased Arrays),
- mechanisierte Prüftechniken, z. B. in Verbindung mit ALOK (Amplituden-Laufzeit-Ortskurven).

### B 6 Einstellung des Prüfsystems

Hinweis:

Festlegungen für die Einstellung des Prüfsystems bei Anwendung von Wellenumwandlungs- und Kriechwellentechniken sind in den Abschnitten B 7 bis B 9 getroffen.

#### B 6.1 Entfernungsjustierung

(1) Für die Einstellung des Justierbereiches sollen der Kalibrierkörper Nr. 1, der Kalibrierkörper Nr. 2, der Prüfgegen-

stand oder ein Vergleichskörper (z. B. nach **Bild B-2**) verwendet werden.

Die Einstellung des Justierbereiches ist durch eine Ortung von bekannten Reflektoren zu überprüfen.

(2) Bei anzupassenden Prüfköpfen darf die Entfernungsjustierung zunächst mit einem nicht angepassten Prüfkopf auf einem ebenen Kalibrier- oder Vergleichskörper erfolgen. Anschließend muss der angepasste Prüfkopf auf einem geeignet geformten Vergleichskörper positioniert werden, der mindestens einen Reflektor bei bekannter Justierstrecke aufweist. Mittels dieses Reflektors ist eine Nullpunkt Korrektur vorzunehmen.

(3) Bei Longitudinalwellen-Winkelprüfköpfen ist eine Voreinstellung des Justierbereiches mit Hilfe eines Senkrechtprüfkopfes an den Kalibrierkörpern Nr. 1 oder Nr. 2, am Prüfgegenstand oder am Vergleichskörper vorzunehmen. Zur Berücksichtigung der Vorlaufstrecke ist anschließend eine Nullpunkt Korrektur mit dem Winkelprüfkopf durchzuführen.

#### B 6.2 Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der AVG-Methode

##### B 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:

- Der auswertbare Schallweg beginnt bei Einzelschwingerprüfköpfen näherungsweise bei  $S = 0,7 \cdot N$  und bei SE- sowie fokussierenden Prüfköpfen mit Beginn des Fokusbereichs.
- Bei Vorliegen eines Seitenwandeneinflusses darf die AVG-Methode nur bis zum im Abschnitt B 2.3 Gleichung B-7 angegebenen Schallweg angewendet werden.
- Die AVG-Methode ist bei der Schrägeinschallung nur bei Wanddicken größer als  $5 \cdot \lambda$  anwendbar.
- Bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit sind prüfkopf-spezifische AVG-Diagramme für Kreisscheibenreflektoren zu verwenden.
- Bei bedämpften Prüfköpfen darf die AVG-Methode nur dann angewendet werden, wenn das Verhältnis der Bandbreite ( $\Delta f$ ) zur Nennfrequenz kleiner als 0,75 ist.

### B 6.2.2 Anzuwendende Bezugsreflektoren

(1) Die Bestimmung der Bezugshöhe hat an Bezugsreflektoren unter Erfüllung folgender Bedingungen zu erfolgen:

- Für Senkrechtprüfköpfe ist der Bezugsreflektor
    - die Rückwand des Prüfgegenstandes, sofern die Rückwand die Anforderungen gemäß Abschnitt B 4.2 (2) ba erfüllt,
    - die Rückwand eines Vergleichskörpers, sofern die Rückwand die Anforderungen gemäß Abschnitt B 4.2 (2) ba erfüllt,
    - die Rückwand der 25 mm-Dicke des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder die Rückwand der 12,5 mm-Dicke des Kalibrierkörpers Nr. 2,
    - eine Quer- oder Flachbodenbohrung.
  - Für Winkelprüfköpfe ist der Bezugsreflektor
    - der Kreisbogen R100 des Kalibrierkörpers Nr. 1,
    - der Kreisbogen R25 des Kalibrierkörpers Nr. 2 unter Berücksichtigung der bekannten oder ermittelten prüfkopfspezifischen Korrekturwerte,
    - eine Quer- oder Flachbodenbohrung.
- (2) Der Durchmesser einer Flachbodenbohrung ( $D_{\text{FBB}}$ ) entspricht dem Durchmesser des Kreisscheibenreflektors ( $D_{\text{KSR}}$ ), sofern die Bedingung  $D_{\text{FBB}} > 1,5 \cdot \lambda$  erfüllt wird.
- (3) Für die Umrechnung der Echohöhe einer Querbohrung in die Echohöhe eines Kreisscheibenreflektors ist die Gleichung B-3 zu verwenden.

### B 6.3 Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Vergleichskörper- und Bezugslinienmethode

#### B 6.3.1 Vergleichskörpermethode

- 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.
- 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 B-2**) ist die kleinere Echohöhe als Bezugshöhe zu verwenden.

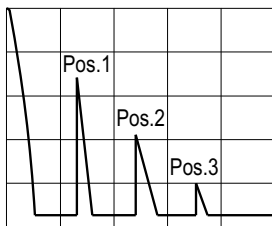
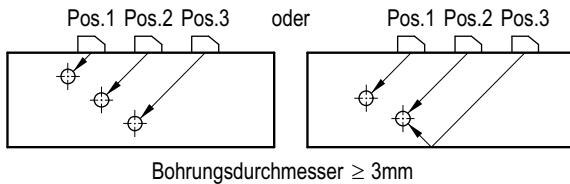
Wanddicke oder Nennwanddicke des Prüfgegenstands in mm	Seitenansicht des Vergleichskörpers
$s \leq 10$	
$10 < s \leq 15$	
$15 < s \leq 20$	
$20 < s \leq 40$	
$40 < s \leq 80$	
$s > 80$	

**Bild B-2:** Vergleichskörper zur Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei der Schrägeinschallung

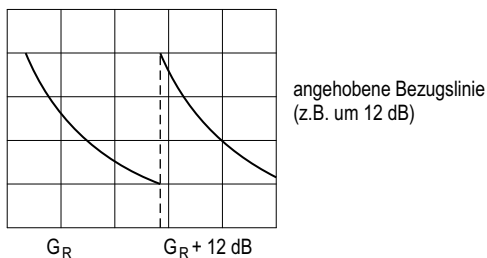
#### B 6.3.2 Bezugslinienmethode

- 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 B-2**) oder mit Hilfe von Bezugsreflektoren im Prüfgegenstand in unterschiedlicher Entfernung empfohlen. Für die Anforderungen an die Bezugsreflektoren gilt Abschnitt B 4.2 (2) b).
- Die Bezugslinie ist über mindestens drei Echoanzeigen der Bezugsreflektoren (z. B. Querbohrungen) aus unterschiedlichen Entfernungen des Prüfkopfes zu erzeugen (siehe **Bild B-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 B-4** gestuft werden.



**Bild B-3:** Erzeugen von Bezugshöhen von Querbohrungen aus unterschiedlichen Entfernungen des Prüfkopfes für die Schrägeinschallung



**Bild B-4:** Gestufte Bezugslinie

## B 6.4 Korrekturen bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit

### B 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 B-5** mittels Durchschallung am Vergleichskörper und am Prüfgegenstand ermittelt werden.
- (3) Zur Berücksichtigung der Transferkorrektur bei der Schrägeinschallung soll  $\Delta V_T$  aus der V- oder W-Durchschallung verwendet werden. Überschreitet  $\Delta V_T$  den Wert um mehr als 2 dB, ist die nach B 6.2 oder B 6.3 eingestellte Prüfempfindlichkeit um die erhaltenen Werte zu korrigieren. Bei  $\Delta V_T$ -Werten gleich oder kleiner als 2 dB sind diese bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit pauschal mit 2 dB zu berücksichtigen.

### B 6.4.2 Bestimmung der Schallschwächung

- (1) Die Schallschwächung soll bei der Senkrechteinschallung nach **Bild B-6** und bei der Schrägeinschallung nach **Bild B-7** jeweils bei gleicher Kennhöhe unter Berücksichtigung von  $\Delta V_S$  ermittelt werden.
- (2) Die gesonderte Bestimmung der Schallschwächung darf entfallen, wenn sie über einen schallwegunabhängigen, kon-

stanten Zuschlag (z. B. über die Transferkorrektur gemäß B 6.4.1) berücksichtigt wird.

### B 6.4.3 Ankopplungs- und Schallschwächungsschwankungen

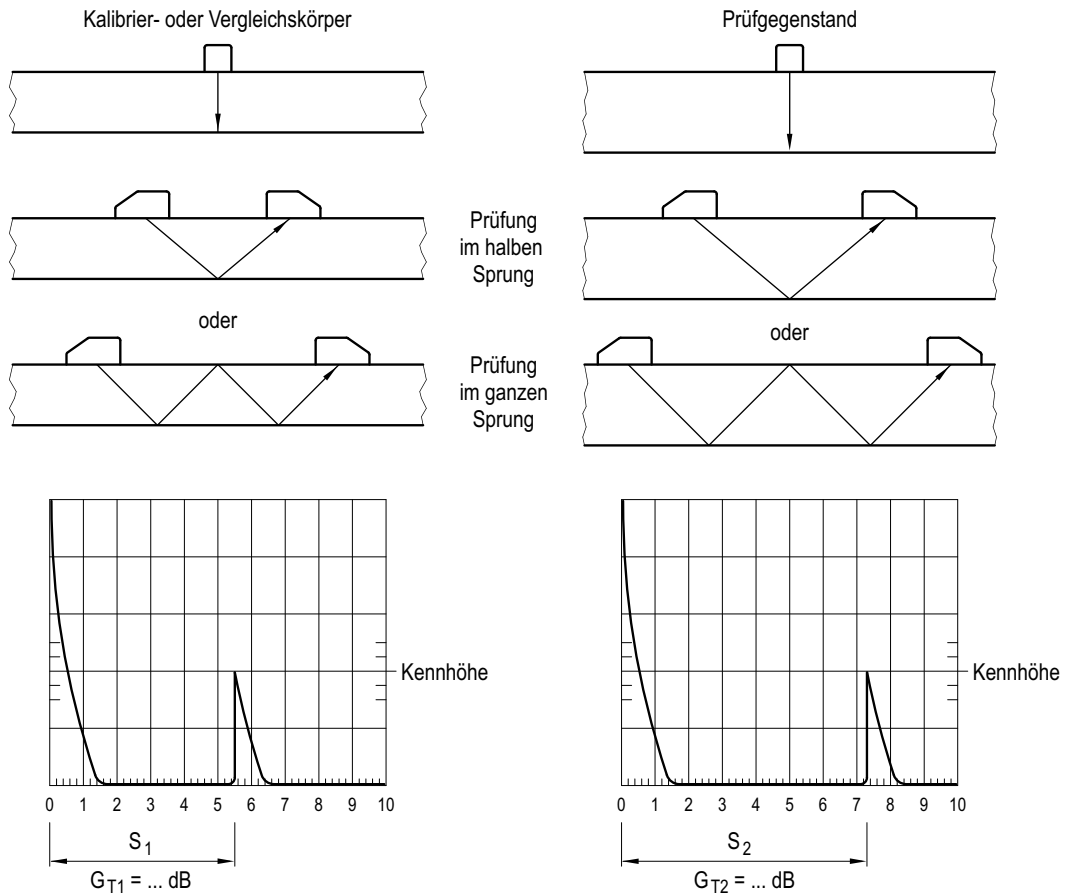
- (1) Für die Transferkorrektur ist der Mittelwert aus den Durchschallungswerten am Prüfgegenstand zu verwenden, sofern die Schwankungsbreite 6 dB nicht überschreitet. Ergibt sich eine größere Schwankungsbreite als 6 dB, ist für die Transferkorrektur der Mittelwert aus 20 Durchschallungswerten zuzüglich eines gemäß Abschnitt B 2.3 h) zu berechnenden Zuschlags  $\Delta V \sim = 1,7 \cdot \text{Standardabweichung}$  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.

### B 6.4.4 Berücksichtigung der Korrekturen

- (1) Unter Berücksichtigung der vorstehenden Korrekturen ergibt sich die resultierende Geräteempfindlichkeit zur Einstellung der Registrierschwelle gemäß Gleichung B-11.
- (2) Wird die Schallschwächung schallwegabhängig berücksichtigt, erfolgt dies mit dem in  $\Delta V_T$  enthaltenen Schwächungsanteil  $\Delta V_K$  gemäß **Bild B-8** bei Anwendung der AVG-Methode oder gemäß **Bild B-9** bei Anwendung der Bezugslinienmethode.
- (3) Ist es nicht erforderlich, die Schallschwächung schallwegabhängig zu berücksichtigen, so enthält  $\Delta V_T$  einen schallwegunabhängigen, konstanten Anteil für die Schallschwächung  $\Delta V_K$ .
- (4) Ist eine zusätzliche Korrektur zur Berücksichtigung größerer Schwankungen gemäß Abschnitt B 6.4.3 erforderlich, so hat dies über  $\Delta V \sim$  zu erfolgen. Andernfalls entfällt der Korrekturwert  $\Delta V \sim$  in Gleichung B-11.

## B 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 Sendepuls 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 B 6.4 ist die Geräteverstärkung so einzustellen, dass alle über der Registrierschwelle liegenden Echos am Ende des jeweiligen Justierbereiches mindestens 20 % der Bildschirmhöhe erreichen.



$$\Delta V_T = G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_S$$

Transferkorrektur bei der Senkrechteinschallung und bei der Schrägeinschallung [dB]

$$\Delta V_S = V_{S2} - V_{S1}$$

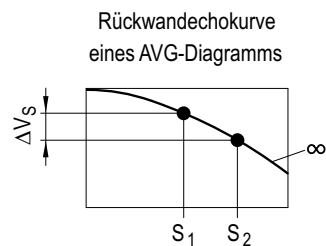
Divergenzkorrektur der Rückwandeckkurve eines AVG-Diagramms

$V_{S1}$  = Verstärkungswert für das Durchschallungsecho am Kalibrier- oder Vergleichskörper auf Bezugshöhe [dB]

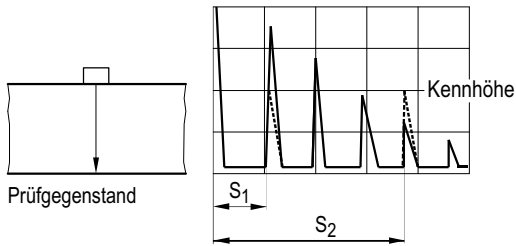
$V_{S2}$  = Verstärkungswert für das Durchschallungsecho am Prüfgegenstand auf Bezugshöhe [dB]

$G_{T1}$  = Geräteverstärkung für das Durchschallungsecho am Kalibrier- oder Vergleichskörper [dB]

$G_{T2}$  = Geräteverstärkung für das Durchschallungsecho am Prüfgegenstand [dB]



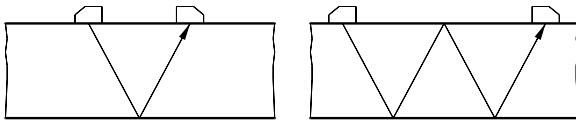
**Bild B-5:** Bestimmung der Transferkorrektur bei der Senkrechteinschallung und bei der Schrägeinschallung in V- oder W-Durchschallung



$$\kappa = \frac{G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_S}{2 \cdot (S_2 - S_1)} \text{ [dB/mm]}$$

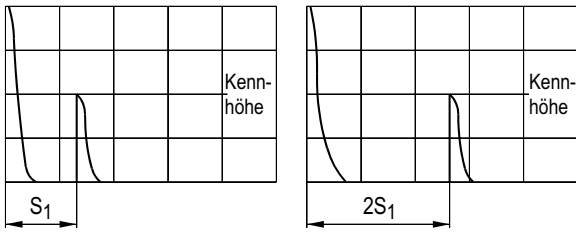
$G_{T1} = \dots \text{ dB}$   
 $G_{T2} = \dots \text{ dB}$

**Bild B-6:** Bestimmung der Schallschwächung bei der Senkrechteinschallung (Beispiel)



V-Durchschallung am Prüfgegenstand

W-Durchschallung am Prüfgegenstand

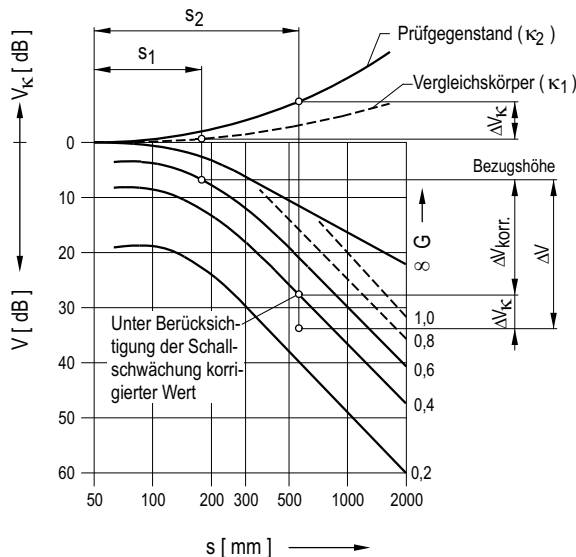


$G_{T1} = \dots \text{ dB}$

$G_{T2} = \dots \text{ dB}$

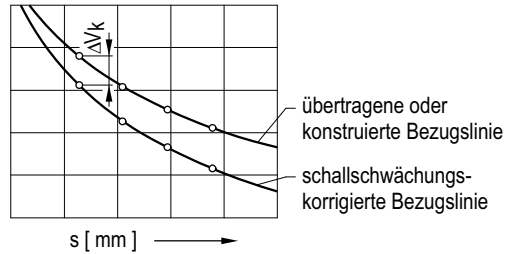
$$\kappa = \frac{G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_S}{2 \cdot S_1} \text{ [dB/mm]}$$

**Bild B-7:** Bestimmung der Schallschwächung bei der Schrägeinschallung



$$\Delta V_{\kappa} = 2 \cdot (S_2 \cdot \kappa_2 - S_1 \cdot \kappa_1) \text{ [dB]}$$

**Bild B-8:** Berücksichtigung der Schallschwächung im AVG-Diagramm für den Fall  $\kappa_2 > \kappa_1$  (Beispiel)



$$\Delta V_{\kappa} = 2 \cdot S \cdot (\kappa_2 - \kappa_1) \text{ [dB]}$$

**Bild B-9:** Berücksichtigung der Schallschwächung bei der Bezugslinien-Methode für den Fall  $\kappa_2 > \kappa_1$  (Beispiel)

## B 7 Kriechwellentechnik

### B 7.1 Beschreibung des Verfahrens

(1) Longitudinalwellenprüfköpfe mit Einschallwinkeln von üblicherweise 75 Grad bis 80 Grad erzeugen neben einer steil einfallenden Transversalwelle zusätzlich zur longitudinalen Hauptwelle eine sich parallel zur Kontaktfläche ausbreitende Longitudinalwelle (primäre Kriechwelle).

(2) Durch die Ausbreitung der primären Kriechwelle entlang der Kontaktfläche werden ständig Transversalwellen abgestrahlt, so dass die Intensität der Kriechwelle mit dem Schallweg rasch abfällt. Beispielsweise liegt der Fokusabstand bei SE-Kriechwellenprüfköpfen mit Schwingerabmessungen von  $D_0 \approx 6 \text{ mm} \cdot 13 \text{ mm}$  bei ca. 10 mm, wodurch ein nutzbares Schallbündel von ca. 20 mm Länge gegeben ist.

(3) Wenn die primäre Kriechwelle aus geometrischen Gründen, z. B. bei Anschweißnähten, in das Volumen eintaucht, breitet sie sich als normale Longitudinalwelle ohne Abstrahlung aus. Dadurch ergeben sich größere nutzbare Schallwege von 30 mm bis ca. 50 mm.

### B 7.2 Vergleichskörper

(1) Für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit von Kriechwellenprüfköpfen sind

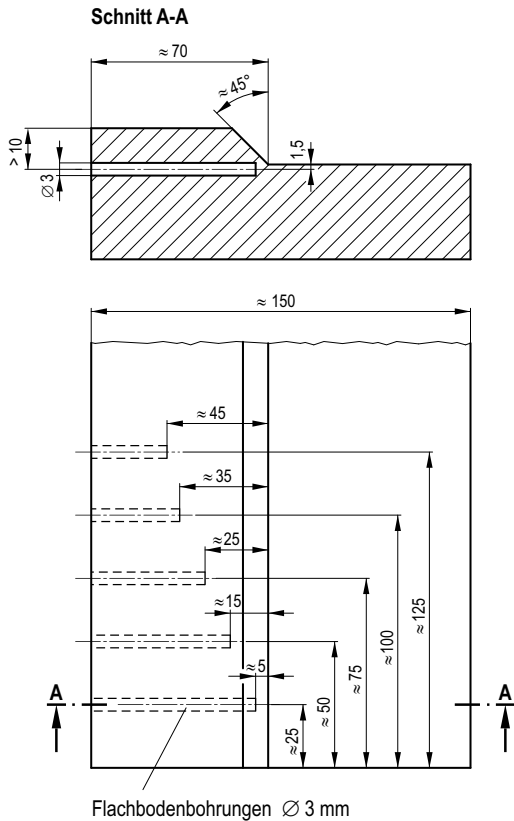
- zur Prüfung von Anschweißnähten oder Auftragschweißungen Vergleichskörper gemäß **Bild B-10** zu verwenden, in dem in gleichmäßigen Abständen von ca. 5 mm bis 10 mm bis zum maximal nutzbaren Schallweg verteilt Flachbodenbohrungen mit einem Durchmesser von 3 mm vorhanden sein müssen,
- zur Prüfung von oberflächennahen Bereichen Vergleichskörper gemäß **Bild B-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.

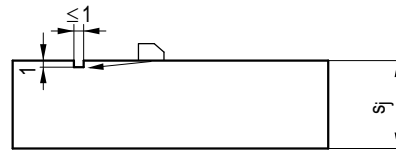
### B 7.3 Einstellung der Prüfempfindlichkeit

(1) Für die Prüfung von Anschweißnähten oder Auftragschweißungen ist eine Bezugslinie nach den zutreffenden Vorgaben des Abschnittes B 6.3 durch Anschalten der entsprechenden Flachbodenbohrungen im Vergleichskörper nach Abschnitt B 7.2 (1) a) zu erzeugen.

(2) Für die Prüfung von oberflächennahen Bereichen ist die Bezugsechohöhe gleich der Amplitude des Bezugsreflektors nach Abschnitt B 7.2 (1) b).



**Bild B-10:** Vergleichskörper für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der Kriechwellentechnik (primäre Kriechwelle)  
Flachbodenbohrungen  $\varnothing$  3 mm



**Bild B-11:** Vergleichskörper für die Einstellung der Prüfempfindlichkeit bei Anwendung der Kriechwellentechnik (primäre Kriechwelle) zur Prüfung von oberflächennahen Bereichen

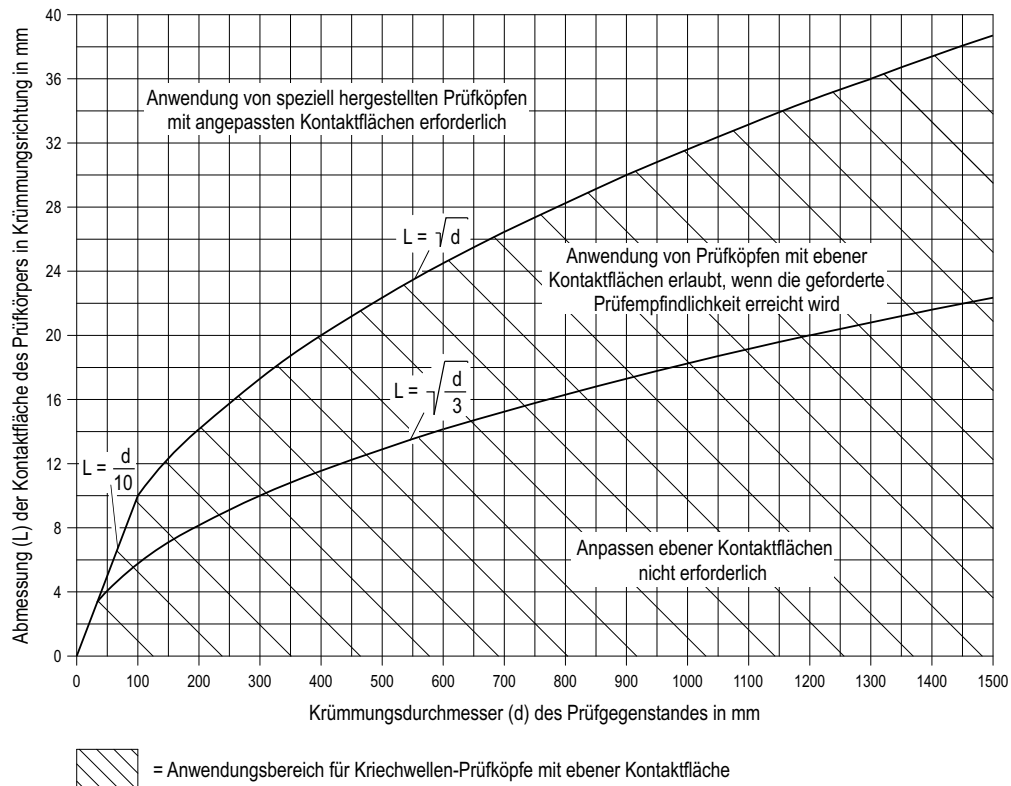
**B 7.4 Anpassen der Prüfköpfe**

- (1) Bei der Prüfung auf konvex gekrümmter Kontaktfläche des Prüfgegenstandes hat die Auswahl des Prüfkopfes nach **Bild B-12** zu erfolgen.
- (2) Bei der Prüfung auf konkav gekrümmter Kontaktfläche des Prüfgegenstandes sind spezielle Prüfköpfe mit jeweils angepassten Kontaktflächen zu verwenden.

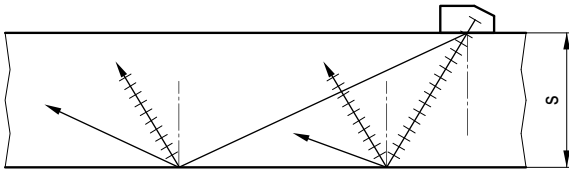
**B 8 Wellenumwandlungstechnik I (sekundäre Kriechwelle)**

**B 8.1 Beschreibung des Verfahrens**

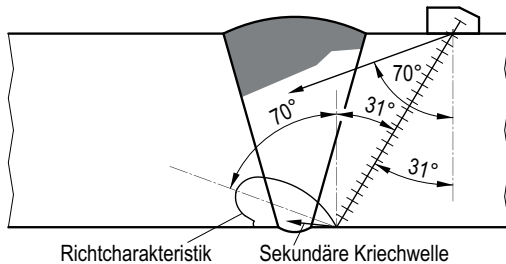
- (1) Das Prinzip der Reflexion mit Wellenumwandlung bei Einschallung mit einem Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf ist in **Bild B-13** dargestellt. Bei Stählen erfolgt beim Auftreffen von Transversalwellen auf eine Gegenfläche unter einem Winkel kleiner als 33 Grad neben der Reflexion der Transversalwelle 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 B-14**).



**Bild B-12:** Anwendungsbereiche für Kriechwellen-Prüfköpfe mit und ohne Anpassung der Kontaktfläche bei der Prüfung auf konvex gekrümmten Kontaktflächen des Prüfgegenstandes



**Bild B-13:** Reflexion mit Wellenumwandlung beim Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf



**Bild B-14:** Prüfung des innenoberflächennahen Bereiches von Schweißnähten mit sekundären Kriechwellen

(2) Die sekundäre Kriechwelle wird infolge ihrer oberflächennahen geradlinigen Ausbreitung z. B. dazu benutzt, den Wurzelbereich einer Schweißnaht zu erfassen, ohne vom Wurzeldurchgang wesentlich beeinflusst zu werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass

- die Intensität der sekundären Kriechwelle - bedingt durch die permanente Abstrahlung von Transversalwellen - mit dem Schallweg rasch abfällt,
- Unregelmäßigkeiten (z. B. Kanten, Kerben) im Wurzelbereich die sekundäre Kriechwelle beeinträchtigen können.

(3) Bei der Einschallung mit dem Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf an Prüfgegenständen mit parallelen Oberflächen werden Nebenechos erzeugt, die mit NE1 und NE2 bezeichnet werden (**Bild B-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 B-16**).

**Hinweis:**

Hervorgerufen durch die beim Eintritt des Schalls in den Prüfgegenstand gleichzeitig entstehende Transversalwelle können formbedingte Anzeigen auftreten, da die sehr steil einfallende Transversalwelle besonders empfindlich auf Unregelmäßigkeiten der prüfkopffernen Oberfläche (z. B. Körnerschläge, Kennzeichnungen) und auf Formabweichungen reagiert. Deshalb sind besonders wichtig:

- die Beachtung der Prüfkopfposition in Bezug auf die Schweißnahtmitte,
- die Kenntnis der Schallgeschwindigkeiten und des damit verbundenen Einschallwinkels der Transversalwelle,
- die Kenntnis über die unterschiedlichen Echodynamiken.

Bei exakter Zuordnung der Anzeige zur Schweißnaht und bei Berücksichtigung der Tatsache, dass ein Reflektor - im Gegensatz zur begleitenden Transversalwelle - bei direkter Anschallung mit Longitudinalwellen von 70 Grad eine große Dynamik bewirkt, ist die Unterscheidung von solchen Störanzeigen und eigentlichen Fehlern möglich.

Eine sinnvolle Prüfung mit sekundären Kriechwellen nach (2) und (3) beginnt ab Wanddicken größer als 15 mm. Bei Wanddicken größer als 8 mm und gleich oder kleiner als 20 mm erfolgt

die Prüfung mit Longitudinalwellenprüfköpfen (Typ 70 Grad SEL). Das Vorhandensein des HE und der NE weist darauf hin, dass die Schallwellen an tieferen Materialtrennungen reflektiert werden. Anzeigen von Wurzelkerben geringerer Tiefe werden von tiefen Fehlern durch das Ausbleiben der NE unterschieden (**Bild B-16**).

## B 8.2 Prüfkopf

(1) Es werden Einschlinger-Longitudinalwellen- oder SE-Longitudinalwellen-Winkelprüfköpfe mit Einschallwinkeln von 70 Grad eingesetzt, sofern die Prüfung an Gegenständen mit parallelen Oberflächen erfolgt.

(2) Bei der Prüfung an Gegenständen mit nicht parallelen Oberflächen sind Prüfköpfe mit Einschallwinkeln zu verwenden, bei denen der Auftreffwinkel der Transversalwelle auf die Gegenfläche ca. 31 Grad beträgt.

**Hinweis:**

Für die Auswahl des Prüfkopfes sind die zu prüfende Wanddicke, die Nennfrequenz und Schwingerabmessung sowie die sich von unterschiedlich tiefen Nuten ergebenden Echohöhen des Echos NE2 maßgebend.

## B 8.3 Entfernungsjustierung

(1) Die Voreinstellung des Justierbereiches hat gemäß Abschnitt B 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 B-15**). Das Echo NE2 ist durch Verschieben des Prüfkopfes zu optimieren. An der Kontaktpfäche 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.

## B 8.4 Einstellung der Prüfeempfindlichkeit

(1) Die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit ist an einem Vergleichskörper vorzunehmen.

(2) Zur Erzeugung einer Bezugshöhe sind Nuten gemäß Abschnitt B 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 B 8.1 (4) hat die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit an entsprechenden Nuten mit rechteckigem Querschnitt mit Longitudinalwellen zu erfolgen. Registrierschwelle ist die Bezugshöhe 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.

## B 8.5 Korrekturen bei der Einstellung der Prüfeempfindlichkeit

### B 8.5.1 Transferkorrektur

Der Unterschied der akustischen Eigenschaften zwischen dem argleichen Vergleichskörper und dem Prüfgegenstand

ist zu ermitteln und bei der Prüfung zu berücksichtigen. Dies darf durch eine pauschale Transfermessung erfolgen.

**B 8.5.2** Schweißgutbedingte Schallschwächungskorrektur

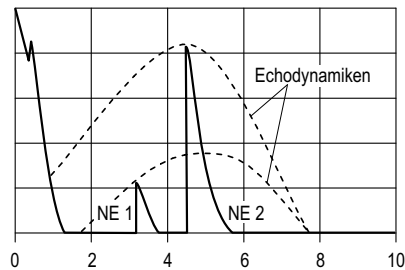
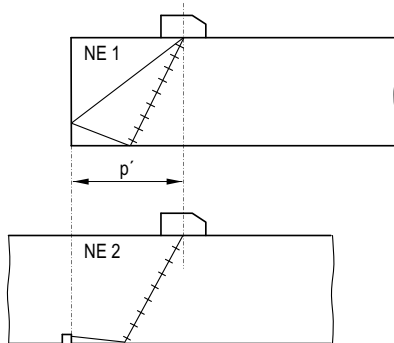
Empfindlichkeitsunterschiede, hervorgerufen durch das Schweißgut, sind in geeigneter Weise zu ermitteln und zu berücksichtigen.

**B 8.6** Prüfdurchführung

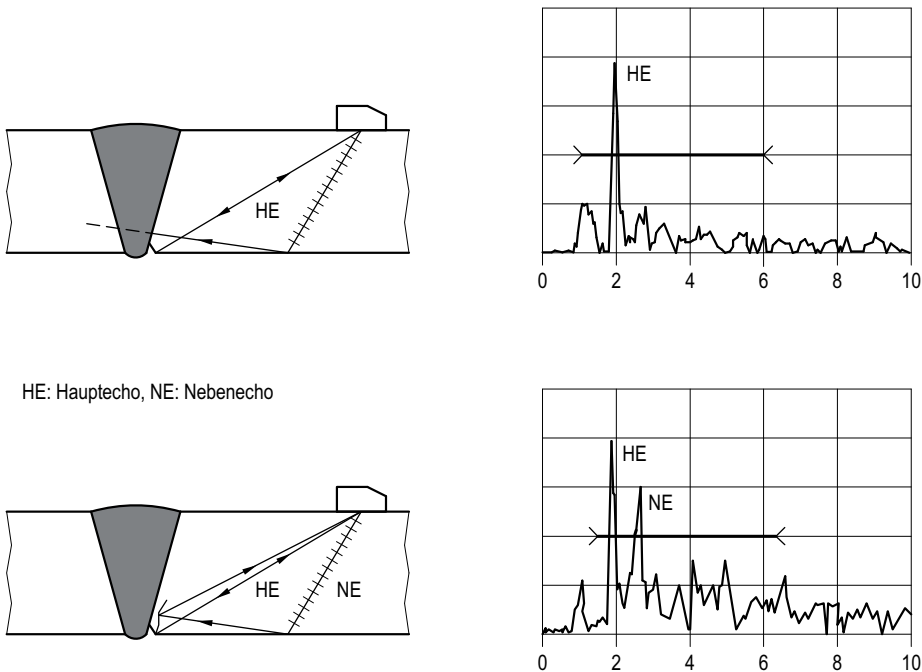
- (1) Entfernungsjustierung nach den Vorgaben gemäß Abschnitt B 8.3
  - a) Vorjustierung mit Senkrechprüfkopf
  - b) Nullpunktkorrektur mit Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf am R100 des Kalibrierkörpers Nr. 1

- c) Bestimmung des Schallaustrittspunktes, sofern am Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf erforderlich
- (2) Einstellung der Prüfempfindlichkeit nach den Vorgaben gemäß Abschnitt B 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 B-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 B-15:** Schallfeldgeometrien bei der Umwandlung von Transversalwellen



**Bild B-16:** Prüfung von Komponenten mit Nennwanddicken größer als 8 mm und gleich oder kleiner als 20 mm mittels Longitudinalwellen (Prüfkopf 70 Grad SEL)

## B 9 Wellenumwandlungstechnik II (LLT-Technik)

### B 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 B-17** dargestellt. Der Sendeschwinger erzeugt eine Longitudinalwelle mit einem Winkel  $\alpha_{LW}$ , 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  $\alpha_{TW}$  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.

### B 9.2 Prüfköpfe, Prüfzonen, Vergleichskörper, LLT-Empfindlichkeitsdiagramme

#### B 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.

#### B 9.2.2 Prüfköpfe und Prüfzonen

##### B 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  $\alpha_{LW}$ , den Auftreffwinkel  $\alpha_{TW}$  und durch die Anordnung der Schwinger bestimmt.

(2) Die Höhe der Prüfzone wird durch den Tiefenbereich ( $Z_{H_a}$ ,  $Z_{H_b}$ , **Bild B-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 B-17**) abgenommen hat. Die Prüfzonenhöhe hängt von der Wanddicke, der Nennfrequenz und den Abmessungen des Sende- und des Empfangsschwingers ab.

##### B 9.2.2.2 Prüfzonenaufteilung

(1) Die Prüfzonen müssen das zu prüfende Volumen abdecken, die Prüfzonen müssen sich überlappen.

Hinweis:

Das zu prüfende Volumen umfasst im Allgemeinen den „nicht oberflächennahen Bereich“ ab 10 mm Tiefe von der prüfkopfernen und von der prüfkopfnahen Oberfläche.

(2) Die Prüfzonenaufteilung darf auf Basis prüfkopfspezifischer Datenblätter abgeschätzt werden. Liegen keine prüfkopfspezifischen Datenblätter vor, sind Lage und Abmessung der Prüfzonen durch Messung mit den ausgewählten Prüfköpfen an Vergleichskörpern mit Flachbodenbohrungen zu bestimmen.

### B 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 B-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.

### B 9.2.4 Erstellung von LLT-Empfindlichkeitsdiagrammen

(1) Mit Hilfe eines Empfindlichkeitsdiagramms lässt sich die Justierung der Prüfeempfindlichkeit vereinfachen.

(2) Die Diagramme sind durch Messungen an Flachbodenbohrungen des Vergleichskörpers nach Abschnitt B 9.2.3 für die jeweilige Prüfzone zu erstellen. Die an den Flachbodenbohrungen gemessenen Echohöhen werden über der Tiefenlage ( $Y_{FBB}$ , **Bild B-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  $\Delta V_{LLT}$ .

(3) Zur Erzeugung eines Tiefenmaßstabes ist die Reflektortiefenlage über dem Schalllaufweg in einem weiteren Diagramm aufzutragen (siehe **Bild B-19**). Hierzu sind mindestens drei stirnseitig in den Vergleichskörper eingebrachte Flachbodenbohrungen erforderlich.

### B 9.3 Entfernungsjustierung

(1) Der jeweilige LLT-Prüfkopf ist so zu betreiben, dass zunächst nur der Empfangsschwinger im Impulsehobetrieb für Transversalwellen arbeitet. Die Entfernungsjustierung ist am 100 mm-Kreisbogen des Kalibrierkörpers Nr. 1 vorzunehmen. Die Justierung ist so durchzuführen, dass der Schalllaufweg bis zur Prüfzonenmitte in der Mitte des Justierbereichs ( $S_{Just}$ ) liegt. Dieser ist gemäß den Gleichungen B-14 bis B-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 B 9.2.4 ermittelt wurde, zu benutzen.

### B 9.4 Einstellung der Prüfeempfindlichkeit

#### B 9.4.1 Allgemeines

(1) Die Einstellung der Prüfeempfindlichkeit 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 Prüfeempfindlichkeit sind der Zonenrandzuschlag und die Transferkorrektur zu berücksichtigen.



### B 9.4.2 Einstellung an Endflächen senkrecht zur Kontaktfläche des Prüfgegenstandes (Stirnflächen)

(1) Für diese Art der Einstellung müssen prüfkopfspezifische LLT-Empfindlichkeitsdiagramme gemäß Abschnitt B 9.2.4 vorliegen.

(2) Bei der Einstellung der Prüfempfindlichkeit ist für die Prüfzonenmitte ( $Y_s$ ) der Wert  $\Delta V_{LLT}$  aus dem prüfkopfspezifischen LLT-Empfindlichkeitsdiagramm (siehe **Bild B-18**) zu entnehmen und um 6 dB für den Zonenrand zu erhöhen. Die Einstellung ist mit Hilfe von Flachbodenbohrungen zu überprüfen.

### B 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.

### B 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.

### B 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 B-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.

## B 10 Prüfdurchführung

### B 10.1 Überlappung

Zur Sicherstellung einer vollständigen Prüfung muss der Abstand zwischen zwei benachbarten Prüfspuren im Prüfvolumen kleiner sein als die Schallbündelbreite  $D_{B-6dB}$  quer zur Prüfrichtung.

### B 10.2 Abtastgeschwindigkeit

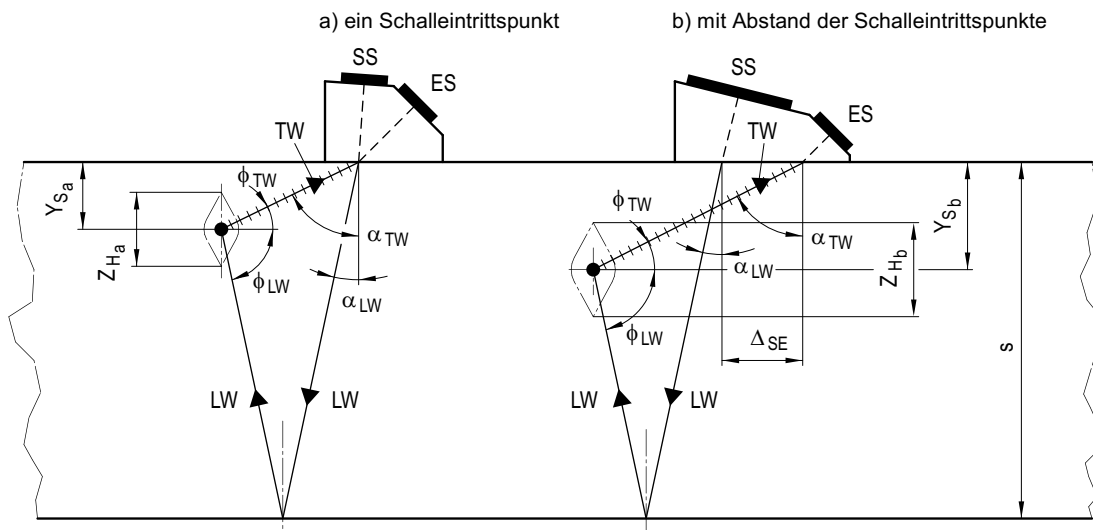
Bei der Wahl der Abtastgeschwindigkeit muss die Impulsfolgefrequenz, die Fähigkeit des Prüfers, Signale zu erkennen und die des Prüfgerätes, Signale aufzuzeichnen, berücksichtigt werden.

Bei der manuellen Prüfung sollte eine Abtastgeschwindigkeit von 150 mm/s nicht überschritten werden.

### B 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) Ergebnisse zu den vorhergehenden Kontrollen Abweichungen, sind alle nach der letzten Kontrolle ohne Abweichung durchgeführten Prüfungen mit entsprechend korrigierten Einstellungen zu wiederholen.

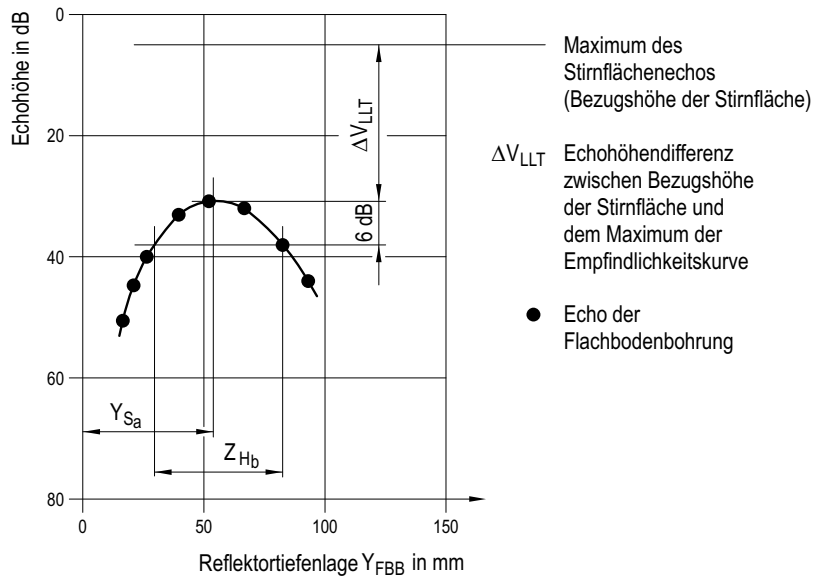
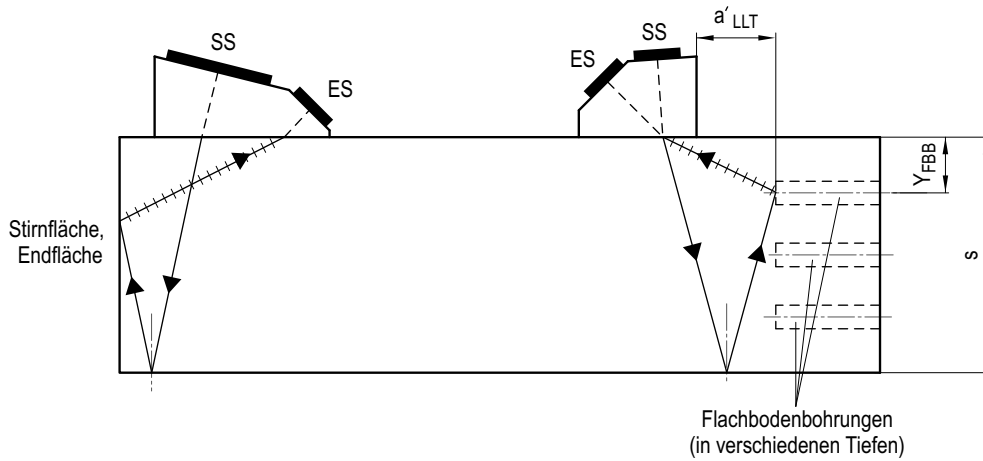


$$\alpha_{TW} = \arccos \left( \frac{c_{TW}}{c_{LW}} \cdot \cos \alpha_{LW} \right)$$

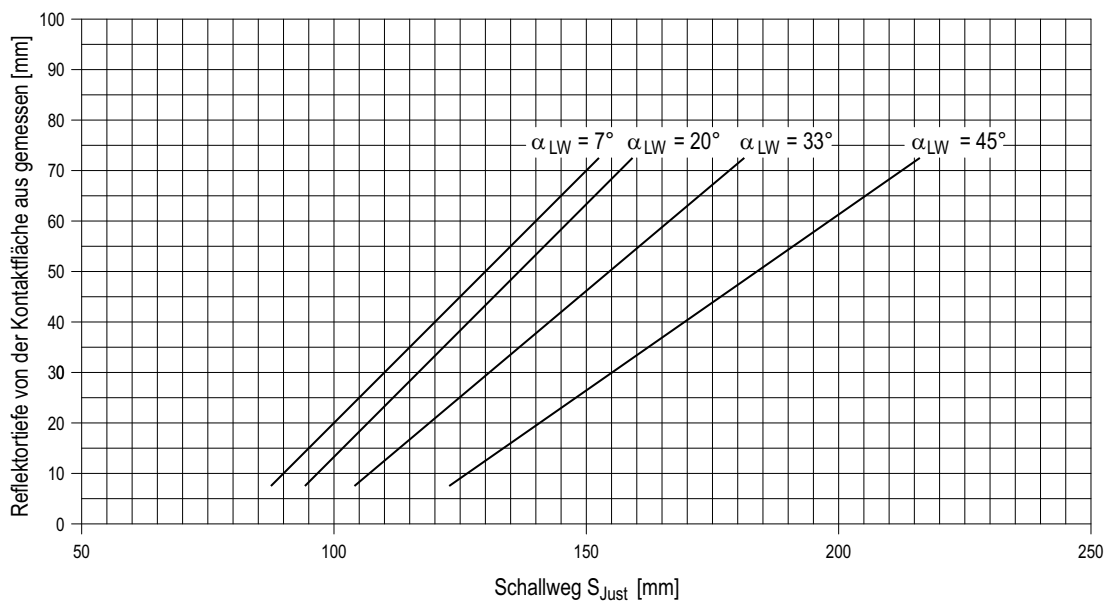
$$Y_{Sa}, Y_{Sb} = \frac{2s \cdot \tan \alpha_{LW} + \Delta_{SE}}{\tan \alpha_{TW} + \tan \alpha_{LW}}$$

$Z_{Ha}, Z_{Hb}$ : Tiefenzone

**Bild B-17:** Prinzip der LLT-Technik



**Bild B-18:** Beispiel für ein LLT-Empfindlichkeitsdiagramm



**Bild B-19:** Beispiel für LLT-Reflektortiefenmaßstäbe

## B 11 Beschreibung der Anzeigen

### B 11.1 Echohöhe

Die maximale Echohöhe einer Anzeige ist bezogen auf die jeweils gültige Registerschwelle in dB anzugeben.

Hinweis:

Die Reproduzierbarkeit der Echohöhenbestimmung beträgt im Allgemeinen  $\pm 3$  dB.

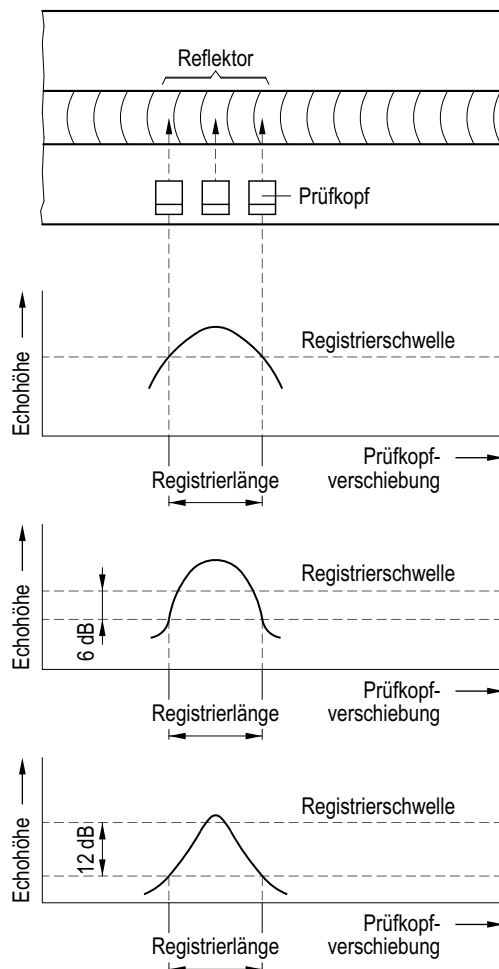
### B 11.2 Anzeigenausdehnung

#### B 11.2.1 Allgemeine Forderungen

Anzeigenlängen gleich oder größer als 10 mm sind auszumessen. Kürzere Anzeigenlängen sind als „< 10“ zu protokollieren.

#### B 11.2.2 Bestimmung der Registrierlänge bei festgelegter Registerschwelle

Die Ausdehnung eines Reflektors (siehe **Bild B-20**) ist durch die Verschiebestrecke des Prüfkopfes gegeben. Diese Verschiebestrecke wird dadurch begrenzt, dass das Echo die Registerschwelle 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 Registerschwelle zum Rauschpegel ist dabei zu protokollieren.



**Bild B-20:** Bestimmung der Registrierlänge

### B 11.2.3 Bestimmung der Halbwertslänge

Bei der Ausmessung der Halbwertslänge von Anzeigen sind die zugehörigen Prüfkopfverschiebungen bei Echohöhenabfällen von 6 dB zur Maximaechohöhe zu bestimmen. Dabei sind bei SE-Prüfköpfen die akustische Trennebene und bei linienfokussierenden Prüfköpfen der Linienfokus senkrecht zur Ausdehnungsrichtung der Anzeige auszurichten.

#### B 11.2.4 Methoden zur genaueren Bestimmung der Anzeigenlänge

Die Bestimmung der Anzeigenlänge darf durch eine der in den Abschnitten B 11.2.4.1 bis B 11.2.4.4 beschriebenen Korrekturen oder durch Untersuchungen gemäß Abschnitt B 11.2.5 optimiert werden.

##### B 11.2.4.1 Korrektur bei gekrümmten Oberflächen

Bei gekrümmten Oberflächen ist in der ermittelten Tiefenlage die Länge mathematisch oder grafisch zu korrigieren.

##### B 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.

##### B 11.2.4.3 Berücksichtigung der Schallbündelbreite

(1) Die Schallbündelbreite  $D_{S-6dB}$  ist am Ort des Reflektors zu ermitteln. Ist die gemessene Anzeigenlänge größer als diese Schallbündelbreite, gilt als Anzeigenlänge die korrigierte Registrierlänge nach Gleichung B-6.

(2) Diese Schallbündelbreite ist entweder rechnerisch oder experimentell zu ermitteln.

(3) Rechnerisch ist sie nach der Gleichung B-4 zu ermitteln, wenn Prüfköpfe verwendet werden, deren Kontaktfläche nicht angepasst ist. Bei der Schrägeinschallung ist für  $\gamma_6$  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 B 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.

##### B 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 Prüfrastrer mehrere Echodynamiken vom Reflektor aufgenommen werden. Der Rasterabstand ist dabei kleiner als der Durchmesser des Fokusschlauches des Prüfkopfes zu wählen.

### B 11.2.5 Einsatz von zusätzlichen Ultraschallprüftechniken zur Bestimmung der Anzeigenausdehnung

Sollen zur genaueren Bestimmung der Anzeigenausdehnung (Länge oder Tiefe) zusätzliche Ultraschallprüftechniken angewendet werden, sind die verfahrenstechnischen Anforderungen in einer Prüfanweisung festzulegen.

Hinweis:

Beispiele für Ultraschallprüftechniken zur genaueren Ermittlung der Anzeigenausdehnung sind:

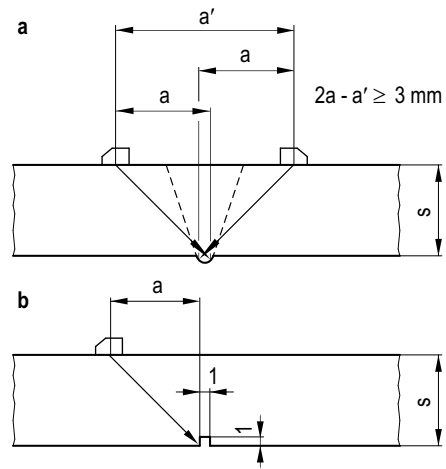
- Synthetische Apertur Fokussierungstechnik (SAFT),
- Beugungslaufzeitverfahren (TOFD),
- Rissspitzensignalverfahren,
- Echotomographie.

### B 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 B-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 B-21 b**). Ergibt sich hierbei, dass die Projektionsabstände der entsprechen-

den 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 B-21:** Nachweis von formbedingten Anzeigen aus dem Wurzelbereich einseitig geschweißter Nähte

## Anhang C

### Durchführung von Oberflächenprüfungen mittels Magnetpulver- und Eindringprüfung

#### C 1 Allgemeines

##### C 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.

##### C 1.2 Betrachtungsbedingungen

- (1) Die Betrachtungsbedingungen nach DIN EN ISO 3059 sind einzuhalten. Darüber hinaus sind die Festlegungen gemäß (2) bis (5) zu beachten.
- (2) Die Augen des Prüfers müssen mindestens 5 Minuten Zeit haben, sich an die Lichtverhältnisse zu gewöhnen.
- (3) Zur besseren Fehlererkennbarkeit ist durch Verwendung geeigneter Mittel (z. B. fluoreszierender Prüfmittel oder Auftragen einer dünnen, den Untergrund gerade bedeckenden Farbschicht) bei der Magnetpulverprüfung für einen ausreichenden Kontrast zu sorgen. Zur Kontrastverbesserung darf bei der Eindringprüfung bei Verwendung von fluoreszierenden Farbeindringmitteln zusätzlich UV-A-Strahlung eingesetzt werden.
- (4) Bei der Inspektion soll der Betrachtungswinkel nicht mehr als 30 Grad von der Oberflächennormalen abweichen. Bei der Betrachtung soll der Abstand zur Prüffläche etwa 300 mm betragen.
- (5) Für die Inspektion sind Hilfsmittel (z. B. Vergrößerungsgläser, kontrastverbessernde Brillen, Spiegel) zulässig.

##### C 1.3 Nachreinigung

Nach Abschluss der Prüfung sind die Bauteile von Rückständen des Prüfmittels sachgemäß zu reinigen.

#### C 2 Magnetpulverprüfung

##### C 2.1 Verfahren und Durchführung

Die Magnetpulverprüfung ist nach DIN EN ISO 9934-1 mit den nachfolgenden Festlegungen durchzuführen.

##### C 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

##### C 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.

##### C 2.1.3 Magnetisierungsrichtung

Jede Stelle der Oberfläche ist unter zwei verschiedenen Magnetisierungsrichtungen zu prüfen, die um etwa 90 Grad versetzt sein sollen.

##### C 2.1.4 Feldstärke

- (1) Die Tangentialfeldstärke an der Oberfläche soll im Fall einer Wechselstrommagnetisierung mindestens 2 kA/m betragen und darf 6,5 kA/m nicht überschreiten.

Hinweis:

- a) Die erforderliche magnetische Flussdichte in der Oberfläche des Prüfgegenstandes von mindestens 1 Tesla wird in niedrig legierten oder kohlenstoffarmen unlegierten Stählen mit hoher relativer Permeabilität bereits mit einer Tangentialfeldstärke von 2 kA/m erreicht.
- b) Bei anderen Stählen mit niedrigerer Permeabilität kann eine höhere Feldstärke erforderlich sein.
- c) Bei zu hoher Magnetisierung können durch gefügebundene 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.

##### C 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

##### C 2.2 Prüfmittel

Es sind nach DIN EN ISO 9934-2 mustergeprüfte Prüfmittel zu verwenden. Der Nachweis ist dem Sachverständigen vorzulegen.

**C 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 Schwebelage gehalten wird. Durch geeignete vormagnetisierte Kontrollkörper ist vor und während der Prüfung die Pulver-Suspension stichprobenweise zu überprüfen.

**C 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.

**C 2.3 Prüfgeräte**

Die Prüfgeräte müssen den Anforderungen von DIN EN ISO 9934-3 entsprechen.

**C 3 Eindringprüfung****C 3.1 Prüfsystem**

(1) Vorzugsweise sind Farbeindringmittel zu verwenden. Es dürfen auch fluoreszierende Eindringmittel oder fluoreszierende Farbeindringmittel eingesetzt werden.

(2) Als Zwischenreiniger dürfen entweder Lösemittel oder Wasser oder beide in Kombination miteinander verwendet werden.

(3) Es dürfen nur Nassentwickler angewendet werden, die als Trägerflüssigkeit Lösemittel besitzen. Trockenentwickler sind nur in Verbindung mit elektrostatischer Aufbringung auf die Prüffläche zulässig.

(4) Für das Prüfsystem ist mindestens die Empfindlichkeitsklasse „hochempfindlich“ nach DIN EN ISO 3452-2 einzuhalten.

(5) Die Eignung des Prüfsystems (Eindringmittel, Zwischenreiniger und Entwickler) ist durch eine Musterprüfung nach DIN EN ISO 3452-2 nachzuweisen. Der Nachweis ist dem Sachverständigen vorzulegen.

(6) Eindringmittel in Prüfanlagen und teilgebrauchten offenen Behältern (ausgenommen Aerosolbehälter) sind durch den Anwender mit dem Kontrollkörper 2 nach DIN EN ISO 3452-3 zu überwachen. Hierbei dürfen Eindringdauer und Entwicklungsdauer maximal nur die für die Prüfung festgelegten Mindestzeiten betragen. Die erreichte Prüfeempfindlichkeit ist zu protokollieren.

**C 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 sollte 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 D****Verfahren zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes****D 1 Anwendungsbereich**

Der Anhang legt Einzelheiten zu den in Abschnitt 3.3.7.5 (1) genannten Verfahren zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes der Erzeugnisse fest.

**D 2 Metallographische Ermittlung bei Gusstücken 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 Schliifffläche soll mindestens 10 mm · 10 mm betragen.

(2) Die Auswertung ist bei 100facher Vergrößerung durchzuführen.

(3) Eine repräsentative Stelle der Schliifffläche 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 angewandt werden.

(5) Im Prüfbericht sind anzugeben:

- Probenform, -abmessung und -richtung sowie der Probenentnahmeort,
- Wärmebehandlungszustand,
- Deltaferritgehalt in %.

Dem Prüfbericht ist die Gefügeaufnahme beizufügen.

**D 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 Schlißfläche 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:

- Probenform, -abmessung und -richtung sowie der Probenentnahmeort,
- Istwerte der Schweißparameter,
- Deltaferritgehalt in %.

Dem Prüfbericht ist die Gefügeaufnahme mit Angabe des Bestimmungsortes beizufügen.

#### D 4 Metallographische Ermittlung bei Schweißgut (im Rahmen der Verfahrens- und Arbeitsprüfung 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:

- Probenentnahmeort,
- Wärmebehandlungszustand,
- Deltaferritgehalt in %.

(7) Dem Prüfbericht sind die Übersichtsaufnahmen nach (2) und die Gefügeaufnahmen nach (5) beizufügen. In der Über-

sichtsaufnahme ist die Lage der Bereiche nach (5) zu kennzeichnen.

#### D 5 Rechnerische Abschätzung nach De Long

Hinweis:

Zur rechnerischen Abschätzung des Deltaferritgehaltes wird **Bild D-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

$$Ni_E = \% Ni + 30 \cdot (\% C + \% N) + 0,5 \cdot \% Mn \quad (D-1)$$

und der Wert des Chrom-Äquivalentes  $Cr_E$  nach der Beziehung

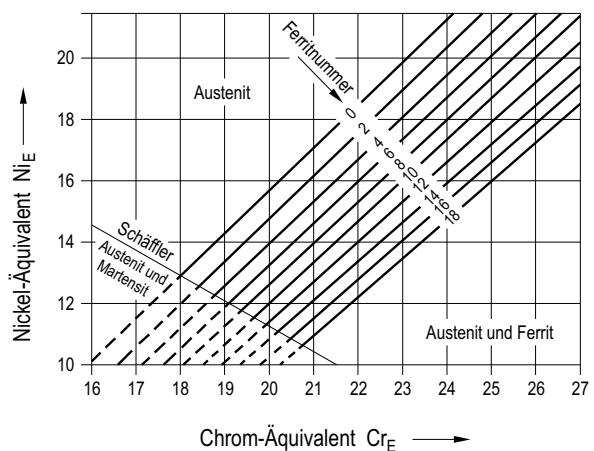
$$Cr_E = \% Cr + \% Mo + 1,5 \cdot \% Si + 0,5 \cdot \% Nb \quad (D-2)$$

zu errechnen.

(2) Die errechneten Werte des Nickel-Äquivalentes und des Chrom-Äquivalentes sind die Koordinatenwerte eines Punktes im **Bild D-1**. Die zugehörige Ferritnummer ist aus dem Bild abzulesen. Gegebenenfalls ist zwischen zwei Linien konstanter Ferritnummern zu interpolieren.

(3) Zur Dokumentation der rechnerischen Abschätzung sind anzugeben:

- die chemische Zusammensetzung des Grundwerkstoffes,
- der Wert des Nickel-Äquivalentes,
- der Wert des Chrom-Äquivalentes,
- der Deltaferritgehalt als Ferritnummer.



**Bild D-1:** Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und den Ferritnummern von aufgeschmolzenem Grundwerkstoff oder Schweißgut (nach W. T. De Long [2])

## **Anhang E**

### **Formblätter**

Formblätter E-1 a bis c	Deckblätter
Formblatt E-2	Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan
Formblatt E-3	Wärmebehandlungsplan
Formblatt E 4	Anhang



Hersteller:		Auftrags-Nr.:		Bestell-Nr.:		
Anlage/Projekt:		<b>Deckblatt</b>		Seite:		
		DBL-Nr.:		von:		
1 Komponente: Gegenstand: KKS/AKZ: Typ, Antrieb, DN: Identnummer:			Komp.-Spezifikation: Klasse: Einzelteilgruppe EG:			
2 Inhaltsverzeichnis für Vorprüfunterlagen		3 Revisionstabelle der Dokumente der Rubrik 2				
Vorprüfunterlagen Nr.		Seite: von - bis	Rev. 01/a Seite Nr.	Rev. 02/b Seite Nr.	Rev. 03/c Seite Nr.	
<input type="checkbox"/> Deckblatt DBL						
<input type="checkbox"/> Zeichnung ZG						
<input type="checkbox"/> Werkstoffliste WL						
<input type="checkbox"/> Schweißstellenliste STL						
<input type="checkbox"/> Prüffolgeplan PFP						
<input type="checkbox"/> Schweißplan SP						
<input type="checkbox"/> Wärmebehandlungsplan WBP						
<input type="checkbox"/> Werkstoffprüf- und Proben- entnahmeplan WPP						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/> Auslegungsberechnung						
<input type="checkbox"/> Spannungsanalyse						
4 Hersteller:					Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG	
Geprüft						
Rev.	Datum	Erstellt von	QST	Grund der Revision		Freigabe
00						
01						
02						
03						
04						



Hersteller:		Auftrags-Nr.:		Bestell-Nr.:		
Anlage/Projekt:		<b>Deckblatt</b>			Seite:	
		DBL-Nr.:			von:	
<b>MUSTER</b>						
Hersteller:					Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AtG	
		Geprüft				
Rev.	Datum	Erstellt von	QST	Grund der Revision	Freigabe	
00						
01						
02						
03						
04						

Formblatt E-1c: Deckblatt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																														
Prüf- Nr.	Anforderungen nach	Beschreibung	Anzahl je Prüfeinheit	Proben- abmessungen	Prüftem- peratur in °C	Probenlage	Proben- kennzeichnung	Prüfung durch	Nachweis- schlussel	Doku- ablage	Durchführungs- vermerk	Nachweise	Bemerkungen	Hersteller:																														
														Anlage/Projekt:																														
														Komponente:																														
														Spezifikation:																														
														Klasse:																														
														KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN:																														
														Zeichnungs-Nr.:																														
														WL-Nr.:																														
														Auftrags-Nr.:																														
														Bestell-Nr.:																														
														Werk-Nr./Index-Nr. 1):																														
														PFP-Nr. 1):																														
														SP-Nr.:																														
<b>MUSTER</b>																																												
<b>(16) Hersteller:</b>																																												
<b>Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan</b>																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Rev.</td> <td style="width: 15%;">Datum</td> <td style="width: 20%;">Erstellt von</td> <td style="width: 20%;">Geprüft OST</td> <td style="width: 35%;">Dokumentationsfreigabe</td> </tr> <tr> <td>00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AIG</td> </tr> <tr> <td>01</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Hersteller</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Sachverständiger</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>04</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1) nur für Rohleitungen, Armaturen und Pumpen</td> </tr> </table>															Rev.	Datum	Erstellt von	Geprüft OST	Dokumentationsfreigabe	00				Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AIG	01				Hersteller	02				Sachverständiger	03					04				1) nur für Rohleitungen, Armaturen und Pumpen
Rev.	Datum	Erstellt von	Geprüft OST	Dokumentationsfreigabe																																								
00				Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AIG																																								
01				Hersteller																																								
02				Sachverständiger																																								
03																																												
04				1) nur für Rohleitungen, Armaturen und Pumpen																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Grund der Revision</td> <td style="width: 15%;">Freigabe</td> <td style="width: 20%;">Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AIG</td> <td style="width: 55%;">Seite: von:</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>															Grund der Revision	Freigabe	Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AIG	Seite: von:																										
Grund der Revision	Freigabe	Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AIG	Seite: von:																																									

Formblatt E-2: Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan

Skizze 1	Prüf-Nr. 2	Wärmehandlungsdiagramm 3	Mithlaufende Grundwerkstoff- und Arbeitsprüfstücke 4	5
MUSTER				
Hersteller: Anlage/Projekt: Komponente: KKS/AKZ/Typ, Antrieb, DN: Spezifikation: Klasse: Auftrags-Nr.: Bestell-Nr.: Zeichnungs-Nr.: Werk-Nr./Index-Nr. 1): PFP/WPP-Nr. 1): SP-Nr. 1): WL-Nr.:				
<b>Wärmebehandlungsplan</b>				
WBP-Nr.:				
Seite: von:				
1) Nur für Rohleitungen, Armaturen, Pumpen				

Rev.	Datum	Erstellt von	Geprüft QST	Grund der Revision	Freigabe	Prüfmerk des Sachverständigen gemäß § 20 ATG
00						
01						
02						
03						
04						

1

**MUSTER**

2		Hersteller:		Geprüft QST:		Grund der Revision		Freigabe		Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AIG		Anlage/Projekt:	
Rev.	Datum:	Erstellt von:		Geprüft QST:		Grund der Revision		Freigabe		Prüfvermerk des Sachverständigen gemäß § 20 AIG		Komponente:	
00												<b>Anhang</b> zu:	
01												Seite:	
02												von:	
03													
04													

## 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	(2013-11)	Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung
KTA 1404	(2013-11)	Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken
KTA 1408.1	(2015-11)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 1: Eignungsprüfung
KTA 1408.2	(2015-11)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 2: Herstellung
KTA 1408.3	(2015-11)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 3: Verarbeitung
KTA 3201.2	(2013-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3201.3	(2007-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 3: Herstellung
KTA 3201.4	(2016-11)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung
KTA 3203	(2001-06)	Überwachung des Bestrahlungsverhaltens von Werkstoffen der Reaktordruckbehälter von Leichtwasserreaktoren
KTA 3205.1	(2002-06)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 1: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für Primärkreis-komponenten in Leichtwasserreaktoren
KTA 3206	(2014-11)	Nachweise zum Bruchausschluss für druckführende Komponenten in Kernkraftwerken
KTA 3211.1	(2015-11)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen
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 377	(2015-12)	Stahl und Stahlerzeugnisse - Lage und Vorbereitung von Probenabschnitten und Proben für mechanische Prüfungen (ISO 377:2013, korrigierte Fassung); Deutsche Fassung EN ISO 377:2013
DIN EN ISO 643	(2013-05)	Stahl - Mikrophotographische Bestimmung der erkennbaren Korngröße (ISO 643:2012); Deutsche Fassung EN ISO 643:2012
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 1559-1	(2011-05)	Gießereiwesen - Technische Lieferbedingungen - Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 1559-1:2011
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 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 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 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 10028-1	(2009-07)	Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 10028-1:2007+A1:2009
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 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 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 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 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 12543-1	(1999-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung - Teil 1: Scan-Verfahren; Deutsche Fassung EN 12543-1:1999
DIN EN 12543-2	(2008-10)	Zerstörungsfreie Prüfung - Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung - Teil 2: Radiographisches Lochkamera-Verfahren; Deutsche Fassung EN 12543-2:2008
DIN EN 12543-3	(1999-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung - Teil 3: Radiographisches Schlitzkamera-Verfahren; Deutsche Fassung EN 12543-3:1999
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: Komplett Prüfausrüstung - Deutsche Fassung EN 12668-3:2013
DIN EN 12680-2	(2003-06)	Gießereiewesen - Ultraschallprüfung - Teil 2: Stahlgussstücke für hoch beanspruchte Bauteile; Deutsche Fassung EN 12680-2:2003
DIN EN 12681	(2003-06)	Gießereiewesen - Durchstrahlungsprüfung; Deutsche Fassung EN 12681:2003
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 11699-2	(2012-01)	Zerstörungsfreie Prüfung - Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 2: Kontrolle der Filmverarbeitung mit Hilfe von Referenzwerten (ISO 11699-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 11699-2:2011
DIN 17245	(1987-12)	Warmfester ferritischer Stahlguss; Technische Lieferbedingungen

DIN EN ISO 18265	(2014-02)	Metallische Werkstoffe - Umwertung von Härtewerten (ISO 18265:2013); Deutsche Fassung EN ISO 18265:2013
DIN EN ISO 19232-1	(2013-12)	Zerstörungsfreie Prüfung - Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen - Teil 1: Ermittlung der Bildgütezah mit Draht-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 19232-1:2013
DIN EN ISO 19232-3	(2014-02)	Zerstörungsfreie Prüfung - Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen - Teil 3: Bildgüteklassen (ISO 19232-3:2013); Deutsche Fassung EN ISO 19232-3:2013
DIN 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
AD 2000-Merkblatt HP 3	(2014-11)	Schweißaufsicht, Schweißer
AD 2000-Merkblatt W 5	(2009-03)	Stahlguss
SEP 1325	(1982-12)	Fallgewichtsversuch nach W.S. Pellini
SEW 088	(1993-10)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, Richtlinien für die Verarbeitung, besonders für das Schmelzschweißen (enthält Beiblatt 1 und Beiblatt 2)
VdTÜV-Werkstoffblatt 337	(2008-06)	Warmfester Stahl 20 NiCrMo 14 5 I und 20 NiCrMo 14 5 II für Schrauben und Muttern; Werkstoff-Nr. 1.6772
VdTÜV-Werkstoffblatt 381	(2001-06)	Warmfester vergüteter Stahlguss, GS-18 NiMoCr 3 7, Werkstoff-Nr. 1.6761
VdTÜV-Werkstoffblatt 390	(1997-06)	Höherfester Stahl für Schrauben und Muttern, 26 NiCrMo 14 6, Werkstoff-Nr. 1.6958
VdTÜV-Werkstoffblatt 395/3	(2010-09)	Schweißgeeigneter martensitischer Walz- und Schmiedestahl, X3CrNiMo13-4; Werkstoff-Nr. 1.4313; Form- und Stabstahl, Schmiedeerzeugnis
VdTÜV-Werkstoffblatt 401/1	(2000-09)	Warmfester Vergütungsstahl, 20 MnMoNi 5 5, Werkstoff-Nr. 1.6310
VdTÜV-Werkstoffblatt 401/2	(2011-03)	Warmfester Vergütungsstahl, 20 MnMoNi 5 5, Werkstoff-Nr. 1.6310; Nahtlos gepresstes Rohr
VdTÜV-Werkstoffblatt 401/3	(2011-03)	Warmfester Vergütungsstahl, 20 MnMoNi 5 5, Werkstoff-Nr. 1.6310; Schmiedestück, Stabstahl
VdTÜV-Werkstoffblatt 439	(2001-09)	Vergüteter Feinkornbaustahl, preßplattiert mit Nb- stabilisiertem austenitischen Stahl
VdTÜV-Werkstoffblatt 451	(2005-06)	Austenitischer Schmiedestahl, X 6 CrNiTi 18 10 S, Werkstoff-Nr. 1.4533, X 6 CrNiNb 18 10 S, Werkstoff-Nr. 1.4553, X 6 CrNiMoTi 17 12 2 S, Werkstoff-Nr. 1.4579
ASTM A262	(2015)	ASTM A262-15, Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015
ASTM E1921	(2017)	ASTM E1921-17a, Standard Test Method for Determination of Reference Temperature, T <sub>0</sub> , for Ferritic Steels in the Transition Range, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017

### 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

## Anhang G (informativ)

### Änderungen gegenüber der Fassung 1998-06 und Erläuterungen

#### G 1 Änderungsschwerpunkte

- (1) Die normativen Verweise wurden an den aktuellen Stand der Normen angepasst.
- (2) Die Anforderungen an die Qualifizierung und Zertifizierung der Prüfaufsicht und der Prüfer sowie die Anforderungen an die zerstörungsfreien Prüfungen wurden an den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik angepasst.
- (3) Die in der bisherigen Regelfassung KTA 3201.1 (1998-06) enthaltenen Festlegungen zu Erzeugnisformen und Bauteilen, die durch Formschweißen hergestellt werden, wurden gestrichen (Abschnitt 29, Anhang A 10, Tabelle AP-9). Erläuterungen hierzu siehe Abschnitt G 2 (30).
- (4) Die in der bisherigen Regelfassung KTA 3201.1 (1998-06) enthaltenen Festlegungen zur Nickellegierung NiCr 15 Fe (Alloy 600) wurden gestrichen (Abschnitt 18, Anhang A 9, Tabelle AP-8). Erläuterungen hierzu siehe Abschnitt G 2 (17).
- (5) Festlegungen zu den Erzeugnisformen Dampferzeugerheizrohre und Stäbe aus der Nickellegierung NiCr 29 Fe (Alloy 690) wurden neu aufgenommen (Abschnitte 18 und 22, Anhang A9, Tabelle AP-8).

#### G 2 Erläuterungen zu Änderungen gegenüber der Fassung 1998-06

- (1) Der Abschnitt „Grundlagen“ wurde in Absatz 1 an die für alle KTA-Regeln verbindliche Formulierung angepasst. Im Absatz 2 wurden Vorgaben aus den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) sowie den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ ergänzt und ein Verweis auf andere Regeln des KTA aufgenommen.
- (2) Im Abschnitt 2 „Allgemeine Grundsätze und Begriffe“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:
  - a) Es wurde ein Unterabschnitt 2.1 „Begriffe“ neu aufgenommen, in dem - basierend auf den in anderen Regeln des KTA definierten Begriffen - die für das Verständnis der Regel wesentlichen Begriffe zusammengefasst wurden.
  - b) Die Festlegungen zur Begutachtung der Werkstoffe im Abschnitt 2.2.2 wurden in den Absätzen 3 und 4 so präzisiert, dass auch die Herstellung durch einen nicht in den Beiblättern der im Anhang A genannten VdTÜV-Werkstoffblätter aufgeführten Hersteller erfasst wird.
  - c) Im Abschnitt 2.5 (8) wurden Anforderungen an das Personal, das Besichtigungen durchführt, aufgenommen.
  - d) Die Anforderungen an das Personal, das zerstörungsfreie Prüfungen durchführt, wurden aktualisiert und präzisiert (Abschnitte 2.5 (9) bis (11)).
  - e) Die Anforderungen an das Schweißpersonal wurden unter Berücksichtigung der aktuellen Normen so festgelegt, dass sie den bisher geltenden Anforderungen entsprechen (Abschnitt 2.5 (13)).
  - f) Der letzte Satz des Abschnitts 2.6.1 (2) wurde in den Abschnitt 2.6.4.2.4 (1) verschoben, da er eine Anforderung an die Durchführung der Vorprüfung darstellt.
  - g) Die Anforderungen an Prüfanweisungen für zerstörungsfreie Prüfungen im Abschnitt 2.6.4.2.6 wurden gleichlaufend mit anderen aktuellen Regeln des KTA formuliert.
  - h) Im Abschnitt 2.6.4.4 „Gültigkeitsdauer“ wurde der bisherige Absatz 2 in den Absatz 1 integriert.
  - i) Im Abschnitt 2.8 „Prüfung und Nachweis der Güteeigenschaften der Werkstoffe“ wurde übereinstimmend mit anderen Regeln des KTA ergänzt, dass Abnahmeprüfzeugnisse 3.2 nach DIN EN 10204 von dem nach § 20 AtG zu-

gezogenen Sachverständigen bestätigt oder ausgestellt werden müssen.

- j) Im Abschnitt 2.9 wurde der Absatz 3 gestrichen, weil die hier enthaltene Beschreibung des Begriffs „Reparatur“ nicht eindeutig ist, der Begriff „Reparatur“ im KTA-Regelwerk nicht definiert und eine Definition auch nicht erforderlich ist. Im neuen Absatz 4 wurde klargestellt, dass Fertigungsschweißungen an Gussstücken keine Reparaturen im Sinne dieser Regel sind. Außerdem erfolgte eine redaktionelle Überarbeitung des Abschnitts 2.9.
  - k) Die Tabelle 2-2 wurde redaktionell überarbeitet. Hierbei wurde die Zeile „Sichtprüfung“ gestrichen, da KTA 3201.1 keine Anforderungen an Sichtprüfungen enthält und für die Besichtigung gemäß Abschnitt 3.3.7.10 kein Kurzzeichen existiert.
- (3) Im Abschnitt 3 „Allgemeingültige Festlegungen für Werkstoffe und ihre Prüfungen“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:
- a) Im Abschnitt 3.2.4.2 (2) wurde „ferritische Vergütungsstähle“ durch „ferritische Stähle“ und im nachfolgenden Hinweis „ferritische Vergütungsstähle“ durch „Vergütungsstähle“ ersetzt, weil KTA 3201.1 auch Anforderungen an martensitische Stähle und an Stähle mit Zwischenstufengefüge enthält.
  - b) Im Abschnitt 3.2.4.2 (6) wurde eine Festlegung zur ergänzenden Verwendung der Referenztemperatur  $T_0$  nach ASTM E1921 aufgenommen. Weitergehende Festlegungen werden nicht für erforderlich gehalten, da sich die Probenanzahl aus der Norm ergibt, die Probenlage analog zur Probenlage der NDT-Proben ist und für die Festlegung von Mindestwerten der  $RT_{T_0}$  gegenwärtig keine regelfähige Basis vorliegt.
  - c) Der bisherige Absatz 12 des Abschnitts 3.2.4.2 sowie der Absatz 4.3.2.2.1 (6), die die Ermittlung von Kennwerten des Zähigkeitsverhaltens (z.B. des  $K_{IC}$ -Wertes) zur Einbeziehung in die Sprödbbruchbetrachtungen forderten, wurden gestrichen. Diese Anforderung ist nicht mehr notwendig, weil
    - ca) sie ausschließlich die Stähle 22 NiMoCr 37 und 20 MnMoNi 5 5 betreffen würde, für die jedoch die untere Grenzkurve der zu erwartenden Werte bekannt ist,
    - cb) nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik die Referenztemperatur  $T_0$  nach ASTM E1921 zur Positionierung der Bruchzähigkeitskurve verwendet wird und Sprödbbruchbetrachtungen auf dieser Basis erfolgen.
  - d) Die Festlegungen zu Anlauffarben und zu ferritischen Verunreinigungen in 3.2.4.3 (3) wurden unter Berücksichtigung der für die Herstellung in KTA 3201.3 vorgesehenen Anforderungen präzisiert.
  - e) Im Abschnitt 3.2.4.3 (4) wurde der letzte Satz gestrichen, weil die Eigenschaften der Schweißverbindung zum Zeitpunkt der Erzeugnisformherstellung nicht bekannt sind. Der gestrichene Satz stellte eine Ausnahmeregelung dar. Über die Zulässigkeit von Abweichungen gegenüber den in 3.2.4.3 (4) enthaltenen Anforderungen kann nur im Einzelfall entschieden werden.
  - f) In der Überschrift des Abschnitts 3.2.4.4 wurde „Stäbe und Ringe“ gestrichen und die Überschrift der linken Spalte der Tabelle im Abschnitt 3.2.4.4 in „Maßgebliche Dicke“ geändert. Die Anforderungen betreffen die Stähle und sind unabhängig davon, ob diese als Stab oder als Ring vorliegen.
  - g) Im Abschnitt 3.2.6 wurde ergänzt, dass Ausführungsart und Oberflächenbeschaffenheit der Erzeugnisse im Rahmen der Bestellung vorzugeben sind.

- h) Im Abschnitt 3.3.1 wurde ein Hinweis zum Vorgehen bei Erzeugnisformen für Komponenten aufgenommen, für die ein Nachweis zum Bruchausschluss zu erbringen ist.
- i) Die Anforderungen im Abschnitt 3.3.7 wurden an die aktuellen Normen angepasst. Zusätzlich wurden folgende Änderungen vorgenommen:
- Bei den Anforderungen an die Härteprüfung wurden die Normen DIN EN ISO 6506-4 und DIN EN ISO 6507-4 ergänzt, da die in diesen Normen geregelten Tabellen zur Bestimmung der Härte heranzuziehen sind.
- Beim Zugversuch darf nach Wahl des Herstellers entweder das Verfahren A oder das Verfahren B nach DIN EN ISO 6892-1 oder DIN EN ISO 6892-2 angewendet werden, wobei bei Anwendung des Verfahrens A die in der Norm empfohlenen Dehngeschwindigkeiten verwendet werden sollen, um eine hinreichende Vergleichbarkeit der ermittelten Kennwerte sicherzustellen.
- Es wurde klargestellt, dass zum Nachweis der Brucherscheinung in Dickenrichtung Zugversuche gemäß DIN EN 10164 durchzuführen sind.
- Im Abschnitt 3.3.7.3 (6) „Technologische Prüfungen“ wurde die unter e) aufgeführte Prüfung „Bördelversuch“ gestrichen, weil diese Prüfung im Anwendungsbereich der KTA 3201.1 nicht zum Einsatz kommt.
- Im Abschnitt 3.3.7.5 (5) „Ermittlung des Deltaferritgehaltes“ wurde ergänzt, dass Befunde bei der Farbeindringprüfung der Blindraupe mittels einer metallographischen Untersuchung zu bewerten sind.
- Im Abschnitt 3.3.7.6 wurde ergänzt, dass die Prüfung der Korrosionsbeständigkeit nichtrostender austenitischer Stähle im sensibilisierend geglühten Zustand (650 °C; 30 min) nach DIN EN ISO 3651-2 Verfahren A zu erfolgen hat. Im Absatz 2 wurde eine Anforderung zur Prüfung von Nickellegierungen neu aufgenommen.
- Im Abschnitt 3.3.7.7 wurde der Hinweis gestrichen, da der vorhandene Verweis auf KTA 3203 ausreicht.
- Für Verwechslungsprüfungen wurde festgelegt, dass diese mit einem spektrometrischen Verfahren durchzuführen sind.
- Im Abschnitt 3.3.7.10 wurden Anforderungen an die Besichtigung der Erzeugnisse bei der Abnahme ergänzt.
- j) Der Abschnitt 3.3.8 wurde an die aktuellen Normen und den Stand der Technik angepasst, wobei folgende wesentliche Änderungen vorgenommen wurden:
- Die Einschränkung auf manuelle zerstörungsfreie Prüfungen wurde gestrichen. Allgemeine Anforderungen an mechanisierte und automatisierte Prüfungen wurden im Abschnitt 3.3.8.3.4 aufgenommen.
- Die Begriffe wurden durchgängig an KTA 3211.3 (2012-11) angepasst. Anstelle des Begriffs „Bewertungsmaßstäbe“ wird - wie für Fertigungsprüfungen in allen aktuellen Regeln des KTA - der Begriff „Zulässigkeitskriterien“ verwendet.
- Der Abschnitt 3.3.8 wurde - einschließlich der Struktur des Abschnitts - unter Beibehaltung der für den Primärkreis spezifischen Anforderungen durch Übernahme des Abschnitts 11.1 (außer 11.1.1 und 11.1.3) aus KTA 3211.1 (2015-11) aktualisiert.
- Es reicht für DFU-Komponenten nicht aus, wenn nur die zugängliche Oberfläche geprüft wird. Die Anforderung in 3.3.8.1 (5) wurde deshalb geändert. Es wird darauf hingewiesen, dass die Oberflächenprüfung auch mit anderen Prüfverfahren als MT oder PT erfolgen kann.
- Die Anforderungen an die Oberflächen im Abschnitt 3.3.8.2 wurden übereinstimmend mit den anderen aktuellen Regeln des KTA formuliert.
- Anforderungen, die sowohl im Abschnitt 3.3.8 als auch im Anhang B geregelt sind, wurden im Abschnitt 3.3.8 durch Verweise auf Anhang B ersetzt.

- (4) Im Abschnitt 4 „Nahtlose Hohlteile, geschmiedet oder gewalzt“ erfolgte eine Anpassung der Begriffe an die aktuellen Normen und an einigen Stellen eine redaktionelle Überarbeitung.
- (5) Im Abschnitt 5 „Nahtlose Hohlteile für Stützen, geschmiedet, gewalzt, gepresst“ wurden neben einer Anpassung der Begriffe an die aktuellen Normen und redaktionellen Verbesserungen folgende Änderungen vorgenommen:
- a) Im Abschnitt 5.4.2.1 wurden die Festlegungen zu Schallschwächungsmessungen derart präzisiert, dass ein Verweis auf Abschnitt B 6.4.2 ergänzt und die mögliche Reduzierung der Messungen für die Schrägeinschallung auf die Hälfte festgelegt wird. Dieselbe Formulierung für die Durchführung der Schallschwächungsmessungen wurde auch in die Abschnitte 6.4.2.1, 7.4.2.2, 9.4.2.1, 11.4.2.1.3, 12.4.2.1 und 13.4.2.1 aufgenommen.
- b) Im Abschnitt 5.4.2.2 (2) wurde „oder zur Erfassung des gesamten Prüfbereichs“ ergänzt, da dies neben der Prüfempfindlichkeit ein Kriterium für die gegebenenfalls notwendige Prüfung von beiden Oberflächen darstellt.
- c) Die Tabellen 5-4 und 5-5 wurden aus KTA 3211.3 (2012-11) übernommen, wobei
- ba) die Formulierung zur Anzeigenhäufigkeit nochmals aktualisiert wurde,
- bb) in Tabelle 5-4 wurde der Begriff „Karbonitridzeilen“ durch den zutreffenderen Begriff „Karbide oder Nitride“ ersetzt; diese Präzisierung wird gleichlautend in den Regeln KTA 3204, KTA 3201.1 und KTA 3211.1 vorgenommen, um eine einheitliche Formulierung der Zulässigkeitskriterien für die Eindringprüfung in diesen KTA-Regeln sicherzustellen.
- (6) Im Abschnitt 6 „Geschmiedete Platten für Rohrböden“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:
- a) Der bisher verwendete Begriff „einteilige Platten“ wurde durchgängig durch „Platten“ ersetzt.
- b) Im Bild 6-2 und in Tabelle 6-1 wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen, im Bild der Tabelle 6-1 zusätzlich Fehler korrigiert.
- c) Im Abschnitt 6.4.2.4 wurde der Absatz 3 gestrichen. Es reicht die Festlegung im Abschnitt 6.4.2.3 aus, dass die Prüfung von beiden Stirnflächen aus durchzuführen ist.
- d) Der Abschnitt 6.4.2.5.2 wurde besser strukturiert (neue Überschriften). Außerdem wurde der unklare Begriff „örtliche Reflexionsstellen“ gestrichen und es wurde die Festlegung zu „bereichsartig auftretenden Echoanzeigen“ gestrichen, da größere Anzeigen bereits mit den festgelegten zulässigen Längen erfasst sind.
- (7) In den Abschnitten 7 „Bleche“ und 8 „Aus Blechen gekümpelte, gepresste, gebogene oder gerollte Erzeugnisse“ wurden alle Festlegungen gestrichen, die Vergütungswanddicken größer als 200 mm betreffen. Diese Einschränkung entspricht den Festlegungen in den Tabellen A 1-2 und A 1-3 und ist ohne praktische Auswirkungen, da diese Erzeugnisformen in deutschen Anlagen nur mit Vergütungswanddicken gleich oder kleiner als 200 mm eingesetzt wurden. Im Abschnitt 7 wurden außerdem folgende Änderungen vorgenommen:
- a) Der bisher als Hinweis zum Abschnitt 7.3.2.2.3 formulierte Text wurde in den Absatz 1 dieses Abschnitts eingearbeitet, da es sich um eine Anforderung handelt.
- b) Der Abschnitt 7.4 wurde an einigen Stellen präzisiert, wobei die Festlegungen in Tabelle 7-1 an den Stand der Technik angepasst und die Zulässigkeitskriterien auf Basis von DIN EN 10160 festgelegt wurden.
- c) Im Abschnitt 7.4.2.1 wurde der letzte Satz gestrichen, weil im Abschnitt 8.4 jetzt eine obligatorische Ultraschallprüfung am Ausgangsblech gefordert wird.
- (8) Im Abschnitt 8 wurden außer der unter (7) erläuterten Streichung aller Festlegungen, die Vergütungswanddicken

größer als 200 mm betreffen, folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Im Abschnitt 8.4 „Zerstörungsfreie Prüfungen“ wurde die bisher optionale Ultraschallprüfung des Ausgangsblechs entsprechend dem Stand der Technik als obligatorische Prüfung festgelegt.
- b) An mehreren Stellen wurden redaktionelle Verbesserungen und der Klarstellung dienende Präzisierungen vorgenommen.

(9) In den Abschnitten 9 „Gerade Rohrformstücke“ und 10 „Nahtlose geschmiedete Hohlteile für Hauptkühlmittelpumpengehäuse“ wurden redaktionelle Verbesserungen und der Klarstellung dienende Präzisierungen vorgenommen.

(10) Im Abschnitt 11 „Geschmiedete Armaturengehäuse“ wurde der Titel vereinfacht sowie redaktionelle Verbesserungen und der Klarstellung dienende Präzisierungen vorgenommen. Außerdem wurde im bisherigen Abschnitt 11.3.1 der Absatz 1 gestrichen, der eine im Einzelfall festzulegende Ausnahmeregelung beinhaltete. Die übrigen Sätze des bisherigen Abschnitts 11.3.1 wurden als neuer Absatz 3 in den Abschnitt 11.3.2.1 verschoben und präzisiert.

(11) Im Abschnitt 12 „Geschmiedete Platten“ wurden neben redaktionellen Verbesserungen folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Der bisher verwendete Begriff „ebene Platten“ wurde durchgängig durch „Platten“ ersetzt.
- b) Im Abschnitt 12.4.2.1 wurde die Formulierung zur Reduzierung der Anzahl der Messungen für die Schrägeinschallung präzisiert.
- c) Die Festlegungen zu Registrierschwellen im Abschnitt 12.4.2.3 wurden vereinfacht.
- d) Das Bild 12-1 wurde redaktionell verbessert und die Senkrechteinschallung von der Mantelfläche wurde im neu aufgenommenen Bild 12-2 dargestellt.

(12) Im Abschnitt 13 „Aus geschmiedeten Platten warm gekümpelte oder gepresste Erzeugnisse“ wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen. Im Abschnitt 13.4.2.1 wurde außerdem die Formulierung zur Reduzierung der Anzahl der Messungen für die Schrägeinschallung präzisiert.

(13) Im Abschnitt 14 „Geschmiedete oder gewalzte Stäbe“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Der Titel des Abschnitts wurde vereinfacht, da die Anforderungen für beliebige Stäbe gelten.
- b) Im Abschnitt 14.4.2 „Ultraschallprüfung“ wurden auf Basis der Festlegungen im Abschnitt 22 dieser Regel sowie im Abschnitt 11.4 der KTA 3211.1 Anforderungen an die pauschale und an die gezielte Ultraschallprüfung aufgenommen.

(14) Im Abschnitt 15 „Hohlgebohrte oder hohlgeschmiedete Teile aus geschmiedeten oder gewalzten Stäben“ wurden der Klarstellung dienende Präzisierungen vorgenommen.

(15) In den Überschriften der Abschnitte 16 und 17 wurde der nicht erforderliche Zusatz „für Rohrleitungen“ gestrichen. Die Anforderungen an die zerstörungsfreien Prüfungen in den Abschnitten 16.4 und 17.4 wurden wie folgt aktualisiert:

- a) Die Prüfung oberflächennaher Bereiche auf Längs- und Querfehler und die Prüfung auf dopplungsartige Fehler wurden basierend auf den aktuellen Normen festgelegt, wobei die Zulässigkeitskriterien den bisher für die Prüfung gemäß SEP 1915, SEP 1918 bzw. SEP 1919 festgelegten Anforderungen entsprechen.
- b) Analog zu den Festlegungen in KTA 3201.3 und KTA 3211.3 wurden Festlegungen zur Prüfung des Mittenbereiches der Rohrwand mit  $s > 20$  mm auf Längs- und Querfehler neu aufgenommen, um die Ultraschallprüfung jedes Volumenelementes sicherzustellen.

- c) Bei Rohrbogen darf anstelle der Ultraschallprüfung mit Schrägeinschallung bei Wanddicken kleiner als oder gleich 15 mm ersatzweise eine Durchstrahlungsprüfung durchgeführt werden, wobei eine Kombination von Ultraschall- und Durchstrahlungsprüfung zulässig ist. Anforderungen an die Durchstrahlungsprüfung wurden neu aufgenommen.

(16) Im Abschnitt 18 „Dampferzeugerheizrohre“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Nickellegierung NiCr 15 Fe wurde hier und im Anhang A 9 gestrichen, da die Verwendung dieser Legierung für Dampferzeugerheizrohre nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht und zukünftig nicht zum Einsatz kommen wird. Stattdessen wurde die Nickellegierung NiCr 29 Fe neu aufgenommen und die Anforderungen in mehreren Abschnitten entsprechend angepasst.

- b) Im Abschnitt 18.4 „Zerstörungsfreie Prüfungen“ wurde der Sägezahn-Vergleichsreflektor durch eine Rechtecknut in Anlehnung an die Festlegungen im Bericht EPRI TR-016743-V2R1 „Guidelines for PWR Steam Generator Tubing Specifications and Repair“ ersetzt.

In einer Untersuchung mit unterschiedlichen Testfehlern und für die Prüfaufgabe typischen Prüftechniken wurde die Prüfempfindlichkeit bei Verwendung der Vergleichsnuten gemäß 18.4.2 (1) im Vergleich zu den Sägezahn-Vergleichsreflektoren gemäß KTA 3201.1 Fassung 1998-06 analysiert. Die Untersuchungsergebnisse sind in folgendem Bericht zusammengestellt:

*Krüger A., Gruhne B.:*

*Ultraschall- und Wirbelstromprüfung an Testrohren aus Incoloy 800, Bericht Nr. KTA-15-01 vom 15.02.2016*

Die Untersuchung ergab, dass die Reflektivität der Sägezahn-Vergleichsreflektoren im Vergleich zu den Rechtecknuten gemäß 18.4.2 (1) bei der Prüfung auf längs orientierte Fehler kleiner ist. Um bei Verwendung der Rechtecknuten eine vergleichbare Prüfempfindlichkeit wie bei Verwendung der Sägezahn-Vergleichsreflektoren gemäß KTA 3201.1 Fassung 1998-06 sicherzustellen, wurde die Breite der Nut auf 0,12 mm begrenzt und für die Prüfung auf längs orientierte Fehler ein Empfindlichkeitszuschlag von 6 dB festgelegt. Für die Prüfung auf quer orientierte Fehler ist ein Zuschlag nicht erforderlich.

Eine zusätzliche Durchführung der im Bericht EPRI TR-016743-V2R1 aufgeführten Wirbelstromprüfung wird nicht für erforderlich gehalten, weil aus sicherheitstechnischer Sicht die Durchführung einer Ultraschallprüfung mit den festgelegten Anforderungen ausreichend ist.

(17) Im Abschnitt 19 „Nahtlose pressplattierte Verbundrohre“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Im Abschnitt 19.3.3 wurden Anforderungen an die alternativ zur Beizscheibenprüfung mögliche Ultraschallprüfung aufgenommen.
- a) Die Anforderungen an die Ultraschallprüfung im Abschnitt 19.4.2 wurden präzisiert.
- c) Im Abschnitt 19.4.3 wurden Anforderungen an die Durchführung der Oberflächenprüfung mittels Ultraschall oder Wirbelstrom neu aufgenommen.

(18) Im Abschnitt 20 „Stäbe und Ringe für Schrauben, Muttern und Scheiben sowie Schrauben, Muttern und Scheiben (Abmessungen größer als M 130)“ wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen. Im Abschnitt 20.5.3 wurde die Wirbelstromprüfung alternativ zur Magnetpulverprüfung am Schraubenschaft und zur Farbeindringprüfung in den Gewinden zugelassen. Hinsichtlich der Zulässigkeitskriterien wird auf die Tabellen 5-4 und 5-5 verwiesen, wobei Anzeigen, die auf Risse oder rissähnliche Fehler schließen lassen, weiterhin nicht zulässig sind.

(19) Im Abschnitt 21 „Stäbe für Schrauben, Muttern, Scheiben und Dehnhülsen sowie die daraus hergestellten fertigen

Erzeugnisformen (Abmessungen gleich oder kleiner als M 130)“ wurde die Überschrift vereinfacht und redaktionelle Verbesserungen vorgenommen.

(20) In den Abschnitten 22, 23 und 24 wurden für Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Einschränkung für Erzeugnisformen und Komponenten von Siedewasserreaktoren wurde an die Formulierung in KTA 3201.3 angepasst.
- b) Der Stickstoffgehalt ist immer auszuweisen, um eine regelwerkskonforme rechnerische Bestimmung des Deltaferritgehalts sicherzustellen. Die Festlegungen in den Abschnitten 22.3.2.1 (2), 23.3.2.1 (2) und 24.3.3.2.1.2 (2) werden entsprechend geändert.
- c) Die bisherigen Absätze 23.4 (2) und 24.4 (2), die für titanstabilisierte austenitische Stähle mit Zustimmung des Sachverständigen größere Anzeigenlängen als 6 mm zuließen, wenn die von nichtmetallischen Einschlüssen verursacht waren, wurden gestrichen. Eine im Einvernehmen mit dem Sachverständigen festzulegende Tolerierung von Anzeigen stellt eine Einzelfallentscheidung dar, die nicht in KTA 3201.1 zu regeln ist.
- d) Die bisherigen Abschnitte 22.5, 23.9 und 24.3.3.3 wurden gestrichen, da sie aufgrund der neu aufgenommenen Verweise auf die Prüfdurchführung gemäß den zutreffenden Unterabschnitten des Abschnitt 3.3.7 nicht mehr erforderlich sind.

(21) Im Abschnitt 22 „Bleche, Platten, Stäbe und Schmiedestücke aus nichtrostenden austenitischen Stählen sowie Stäbe aus Nickellegierungen“ wurden zusätzlich zu den in (20) genannten folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anforderungen an Stäbe aus der Nickellegierung NiCr 29 Fe gemäß dem Anhang A 9 wurden neu aufgenommen.
- b) Die Anforderungen an die Ultraschallprüfung im Abschnitt 22.4.2 wurden präzisiert. Hierbei wurden die Zulässigkeitskriterien für Schmiedestücke, Stäbe und Platten auf Basis von DIN EN 10228-4 formuliert und an den aktuellen Stand der Technik angepasst. Dadurch ergeben sich teilweise Verschärfungen gegenüber den bisher in KTA 3201.1 enthaltenen Anforderungen.

(22) Im Abschnitt 23 „Nahtlose Rohre aus nichtrostenden austenitischen Stählen“ wurden zusätzlich zu den in (20) genannten folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Festlegungen zur Ermittlung der Schallschwächung und der Transferkorrektur im Abschnitt 23.4 wurden präzisiert.
- b) Bei den Festlegungen im Abschnitt 23.7 wurden die wesentlichen Prüfanforderungen für den Innendruckversuch mit Wasser aus DIN EN 10216-5 übernommen.

(23) Im Abschnitt 24 „Nahtlose Rohrbogen aus nichtrostenden austenitischen Stählen“ wurden zusätzlich zu den in (20) genannten folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Im Abschnitt 24.1 wurde die Beschränkung auf Außendurchmesser gleich oder größer als 80 mm gestrichen. Diese Einschränkung ist nicht erforderlich, da der Anwendungsbereich der gesamten Regel auf größer DN 50 beschränkt ist.
- b) An mehreren Stellen wurden Vereinfachungen und Präzisierungen vorgenommen.

(24) Da der Stahlguss GS-18 NiMoCr 3 7 gemäß Anhang A 4 nur für Hauptkühlmittelpumpengehäuse und für Armaturengehäuse in Betracht kommt, wurden die Überschrift des Abschnitts 25 und die Formulierung im Abschnitt 25.1 entsprechend geändert sowie die Formulierung im Abschnitt A 4.1 mit den Überschriften der Abschnitte 25 und 26 in Übereinstimmung gebracht.

(25) In den Abschnitten 25, 26 und 27 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Festlegungen zur Erläuterung der Gießtechnik wurden an den aktuellen Stand der Technik angepasst.
- b) Die bisher in mehreren Abschnitten enthaltene Festlegung, dass grundsätzlich die Anforderungen an Verbindungsschweißungen gemäß KTA 3201.3 gelten, wurde als übergeordnete Anforderung in die Abschnitte 25.4.1, 26.4.1 und 27.4.1 aufgenommen. Als Folge wurden die nicht mehr erforderlichen Verweise auf KTA 3201.3 in mehreren Unterabschnitten gestrichen.
- c) Die Definition der größeren Fertigungsschweißung wurde übereinstimmend mit den bisherigen Festlegungen in den Regeltext aufgenommen, weil die aktuelle Norm DIN EN 10213-1 eine bei größeren Wanddicken weniger strenge Definition enthält und die bisher geltenden strengeren Anforderungen beibehalten werden sollen.
- d) Die im Rahmen von Verfahrens- und Arbeitsprüfungen anzuwendende Kerblage bei der Ermittlung der Schlagenergie im Kerbschlagbiegeversuch wurde übereinstimmend mit KTA 3201.3 festgelegt.
- e) Die bisher in den Abschnitten 25.6.3.1 und 27.6.3.1 festgelegten Anforderungen an die Oberflächengüte wurden aktualisiert und in den Abschnitt 3.3.8.2 verschoben.
- f) Festlegungen zu den anzuwendenden Prüfverfahren wurden gestrichen, da sie aufgrund der neu aufgenommenen Verweise auf die Prüfdurchführung gemäß den zutreffenden Unterabschnitten des Abschnitt 3.3.7 nicht mehr erforderlich sind.
- g) Beim Innendruckversuch wurde der Verweis auf die 2015-05 ersatzlos zurückgezogene Norm DIN 50104 (1983-11) beibehalten, da keine Nachfolgenorm existiert.

(26) In den Abschnitten 25 „Hauptkühlmittelpumpengehäuse aus ferritischem Stahlguss“ und 26 „Armaturengehäuse aus ferritischem Stahlguss“ wurden zusätzlich zu den in (25) genannten folgende Änderungen vorgenommen:

- a) In Tabelle 25-2 wurde in der Spalte „Probenart“ die Angabe der Normen gestrichen, da die Festlegungen im Abschnitt 3.3.7 ausreichen. Bei den in dieser Tabelle festgelegten Zugversuchen bei Raumtemperatur wurde auf eine Vorgabe der Probenform verzichtet. Ein Verweis auf die Norm DIN EN ISO 4136 ist nicht erforderlich, da die Probenlage aus dem Bild 25-2/II eindeutig hervorgeht. Für den Makroschliff wird - wie in KTA 3201.3 - ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 gefordert. Die bisher in den Abschnitten 25.4.2.2.2 (2) a) und 26.4.2.2.2 (2) a) enthaltenen ergänzenden Festlegungen wurden im Regeltext gestrichen und als Fußnoten in Tabelle 25-2 aufgenommen. Die keiner Anforderung zugeordnete Fußnote 3 in Tabelle 25-2 wurde gestrichen.
- b) Die Tabelle 25-2 wurde redaktionell überarbeitet und in Tabelle 25-3 wurden die bereits in Tabelle 25-2 angegebenen Normen gestrichen.
- c) Die Anforderungen an die zerstörungsfreien Prüfungen im Abschnitt 25.6 wurden basierend auf den Festlegungen in KTA 3211.1 (2015-11) an den Stand von Wissenschaft und Technik angepasst. Bei den Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung von Armaturengehäusen im Abschnitt 26.6 wurde zusätzlich zum Verweis auf Abschnitt 25.6 eine Festlegung zur Anwendung der Übersichtsaufnahme gemäß DIN EN 12681, Bild 7, aufgenommen, die Stahlgussteile mit einem äußeren Durchmesser kleiner als oder gleich 200 mm betrifft.
- d) Die Bilder 26-1 und 26-2 sowie die Tabellen 26-1 und 26-2 wurden gestrichen und durch einen Verweis auf die entsprechenden und identischen Bilder und Tabellen des Abschnitts 25 ersetzt.
- e) In 26.4.2.3, in 26.4.3.1 (3) a), in 26.4.3.1 (3) b), in 26.4.3.2 (1) und in 26.5.1 (9) wurde „normalgeglüht“ gestrichen,

weil weder im Anhang A4 noch im Anhang A5 ein normalgeglühter Stahl aufgeführt ist.

(27) Im Abschnitt 27 „Armaturengehäuse aus austenitischem Stahlguss“ wurden zusätzlich zu den in (25) genannten folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Im Abschnitt 27.2 (3) wurde die bisher fehlende Obergrenze des anzustrebenden Deltaferritgehalts mit 12 % festgelegt.
- b) Die bisher im Abschnitt 27.2 (4) festgelegte Anforderung zur IK-Beständigkeit wurde gestrichen, da die Festlegungen im Anhang A6 (Abschnitt A 6.3.4) ausreichend und präziser sind.
- c) Die Struktur des Abschnitts 27.4 wurde an die Abschnitte 25.4 und 26.4 angepasst.
- d) Die Tabellen 27-2 und 27-3 wurden analog zu den Tabellen 25-2 und 25-3 redaktionell überarbeitet. Die bisher in 27.4.2.2.3 (1) und in 27.4.3.1 (3) a) enthaltenen ergänzenden Festlegungen wurden gestrichen und als Fußnote in Tabelle 27-2 aufgenommen. Für den Kerbschlagbiegeversuch wurde in den Tabellen 27-2 und 27-3 unter Berücksichtigung der jetzt definierten Raumtemperatur anstelle der bisher geforderten 20 °C „Raumtemperatur“ als Prüftemperatur festgelegt.
- e) Im Abschnitt 27.6.3.1 wurde neu aufgenommen, dass Bereiche, in denen Warmrisse auftreten können, einer gezielten Durchstrahlungsprüfung zu unterziehen sind.

(28) Im Abschnitt 28 „Stäbe und Schmiedestücke aus nichtrostendem martensitischem Stahl“ wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen.

(29) Der in der Regelfassung KTA 3201.1 (1998-06) enthaltene Abschnitt 29 „Erzeugnisformen und Bauteile hergestellt durch Formschweißen“ wird nicht mehr für erforderlich gehalten und wurde deshalb gestrichen. In den bestehenden deutschen Anlagen wurden keine mittels Formschweißen hergestellten Erzeugnisformen eingesetzt. Das Formschweißen ist nicht für die Herstellung von Erzeugnisformen vorgesehen, kann aber für Reparaturen in Betracht kommen. Die Anwendung des Formschweißens für Reparaturen ist nicht Gegenstand der Regel KTA 3201.1, sondern hat gemäß den Festlegungen in Abschnitt 5.6 der Regel KTA 3201.3 zu erfolgen.

(30) In den Abschnitten 29 „Erzeugnisformen aus ferritischen Stählen für integrale Anschlüsse der druckführenden Umschließung“ und 30 „Erzeugnisformen aus austenitischen Stählen für integrale Anschlüsse der druckführenden Umschließung“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Im Abschnitt 29.2 wurde ein Verweis auf die jeweils zutreffenden Festlegungen der Abschnitte 4, 7, 12, 14 oder 15 aufgenommen. Damit wurde klargestellt, dass die Anforderungen für Erzeugnisformen aus dem Werkstoff 20 MnMoNi 5 5 gelten.
- b) Im Abschnitt 30.2 wurde ein Verweis auf die zutreffenden Festlegungen des Abschnitts 22 aufgenommen. Damit wurde klargestellt, dass für integrale Anschlüsse aus austenitischen Stählen die Anforderungen gemäß Anhang A 3 gelten.
- c) Im Abschnitt 30.3.1 wurde aufgenommen, dass die Stückanalyse gemäß Abschnitt 22.3.2.1 (2) durchzuführen ist. Die Festlegung zur Stückanalyse fehlte bisher, obwohl gemäß Abschnitt 30.3.3 auch nach dem bisherigen Regeltext eine Stückanalyse gefordert war.
- d) Es wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen.

(31) Der Anhang A „Werkstoffkennndaten“ wurde an den aktuellen Stand der Normen angepasst und redaktionell überarbeitet. Außerdem wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Anhang A 1

Der Hinweis zu Abschnitt A 1.3.1 und die bisherige Fußnote 3 in Tabelle A 1-1 wurden gestrichen, da die Fußnoten 4 und 5 in Tabelle A 1-1 ausreichend sind.

Die Angaben zur Vergütung in A 1.4.1 (1) wurden durch Übernahme der Formulierung aus dem VdTÜV-Werkstoffblatt 401/2 auf gepresste nahtlose Rohre nach Abschnitt 16 und daraus hergestellte Rohrbogen nach Abschnitt 17 erweitert.

Der Absatz A 1.5.1 (9) wurde durch Aufnahme eines Verweises auf eine Verfahrens- oder Arbeitsprüfung nach KTA 3201.3 vereinfacht. Außerdem wurden die als Beispiel genannten Abweichungen auf solche Beispiele beschränkt, die keine neue Begutachtung erfordern.

Im Abschnitt A 1.5.3.2 wurde ergänzt, dass nach Kaltumformen mit Umformgraden  $\leq 2\%$  keine Wärmebehandlung erforderlich ist. Der zweite Satz dieses Absatzes (Verzicht auf das Spannungsarmglühen) wurde gestrichen, weil diese Festlegung im Einzelfall zu treffen und somit nicht Gegenstand einer Regelung in KTA 3201.1 ist.

In Tabelle A 1-2 wurde für Erzeugnisformen nach den Abschnitten 4 bis 6 und 10 bis 14 die auch bisher schon in Tabelle A 1-3 angegebene Vergütungswanddicke ergänzt. Die Vergütungswanddicke für Erzeugnisformen nach den Abschnitten 7 und 8 wurde übereinstimmend mit den neuen Festlegungen in diesen Abschnitten auf 200 mm beschränkt. Außerdem wurden zwecks Anpassung an das VdTÜV-Werkstoffblatt 401/3 die Fußnoten 2 und 5 neu aufgenommen.

In Tabelle A 1-3 wurden die Angaben zur Zugfestigkeit an das VdTÜV-Werkstoffblatt 401/2 angepasst und die Klammern in der letzten Zeile gestrichen.

b) Anhang A 2

Im Abschnitt A 2.6 wurde der Verweis auf das inzwischen zurückgezogene VdTÜV-Werkstoffblatt 474 gestrichen und stattdessen eine sachgerechte Anforderung zur Werkstoffbegutachtung aufgenommen.

c) Anhang A 3

Die Festlegungen zum Warmumformen austenitischer Stähle im Abschnitt A 3.5.3 (1) wurden an das VdTÜV-Werkstoffblatt 451 angepasst. Außerdem wurde klargestellt, dass die Erzeugnisse „grundsätzlich“ lösungszuglühn sind. Die Abweichung vom Grundsatz ist in (2) geregelt.

In A 3.5.4 (1) wurde klargestellt, dass eine Wärmebehandlung „grundsätzlich“ erforderlich ist. Die Abweichung vom Grundsatz ist in (4) geregelt.

Der Absatz 3.5.4 (6) (Kaltbiegen von Rohren > DN 150) wurde gestrichen, weil diese Festlegung im Einzelfall zu treffen und somit nicht Gegenstand einer Regelung in KTA 3201.1 ist.

In Tabelle A 3-1 wurde der bisher geforderte Nachweis des Borgehalts gestrichen, weil Bor nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik keinen Einfluss auf die Beständigkeit austenitischer Stähle gegen interkristalline Spannungsrissskorrosion hat.

Der bisher in Tabelle A 3-1 geforderte Nachweis von Stickstoff wurde in den Abschnitt A 3.3.1 verschoben.

In Tabelle A 3-2 wurde die Formulierung der Fußnote 1 an die Formulierung in den aktuellen Normen (z. B. DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-5) angepasst und dadurch verständlicher gestaltet.

In Tabelle A 3-7 wurde die Fußnote 2 gestrichen, weil das VdTÜV-Werkstoffblatt 451 keine Einschränkung der  $R_m$ -Werte vorsieht.

d) Im Anhang A 4 wurden neben der Anpassung an die aktuellen Normen redaktionelle Verbesserungen vorgenommen.

e) Anhang A 5

Im Abschnitt A 5.5.2 wurde die in A 4.5.2 enthaltene Formulierung übernommen, wobei der untere Wert der Vorwärmtemperatur für den Stahlguss GS-C 25 S auf 100 °C festgelegt wurde.

- Im Abschnitt A 5.6 wurde eine sachgerechte Anforderung zur Werkstoffbegutachtung aufgenommen.
- f) Im Anhang A 6 wurde neben einigen redaktionellen Verbesserungen eine sachgerechte Anforderung zur Werkstoffbegutachtung in den Abschnitt A 6.6 aufgenommen.
- g) Anhang A 7  
Die nicht mit Anforderungen belegten Abschnitte A 7.3.2.5 und A 7.3.4 wurden gestrichen.  
Die Angabe zu  $R_{p0,2}$  bei 400 °C in Tabelle A 7-4 wurde an das VdTÜV-Werkstoffblatt 439 angepasst.  
Im Abschnitt A 5.6 wurde eine sachgerechte Anforderung zur Werkstoffbegutachtung aufgenommen.
- h) Im Anhang A 8 wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen.
- i) Der bisherige Anhang A 9 für die Nickellegierung NiCr 15 Fe wurde gestrichen, da diese Legierung nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht und zukünftig nicht zum Einsatz kommen wird.  
Im neuen Anhang A 9 wurden Anforderungen an die Nickellegierung NiCr 29 Fe neu aufgenommen.  
Für Dampferzeugerheizrohre aus NiCr 29 Fe wurden die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung übereinstimmend mit den Empfehlungen im Bericht EPRI TR-016743-V2R1 „Guidelines for PWR Steam Generator Tubing Specifications and Repair“ festgelegt, wobei der Schwefelgehalt übereinstimmend mit dem französischen Regelwerk RCC-M und der für die Werkstoffeigenschaften nicht relevante Kobaltgehalt entsprechend den aktuellen Lieferungen festgelegt wurde. Die Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften von Dampferzeugerheizrohren aus NiCr 29 Fe wurden für Raumtemperatur ebenfalls übereinstimmend mit den Empfehlungen im Bericht EPRI TR-016743-V2R1 formuliert. Bei den Werten für 350 °C wurden die Berechnungswerte des ASME BPVC (Section II, Part D, Table U und Table Y-1) in KTA 3201.1 aufgenommen.  
Für Stäbe aus NiCr 29 Fe wurden die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung auf Basis der Festlegungen in ASME BPVC (Section II, ASME-SB 166) formuliert, wobei bei den Elementen Kohlenstoff, Chrom, Schwefel und Eisen die im französischen Regelwerk RCC-M (M 4109) enthaltenen strengeren Anforderungen übernommen und die weder in ASME-SB 166 noch im RCC-M spezifizierten Grenzwerte für Niob, Bor, Molybdän und Stickstoff übereinstimmend mit KTA 3204 (Tabelle W-2) festgelegt wurden. Die Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften von Stäben wurden basierend auf den existierenden Einzelgutachten festgelegt.
- j) Der in der Regelfassung KTA 3201.1 (1998-06) enthaltene Anhang A 10 für formgeschweißte oder formgeschmolzene Werkstoffe wurde gestrichen, siehe (29).
- k) Im Anhang A 10 „... ergänzende Festlegungen zu DIN EN 10269“ wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen. Außerdem wurde die Fußnote 1 in Tabelle A 10-2 an die Formulierung in den aktuellen Normen (z. B. DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-5) angepasst und dadurch verständlicher gestaltet.
- l) Die ergänzenden Festlegungen im Anhang A 11 wurden bezogen auf DIN EN 10269 formuliert. Beim Stahl 25CrMo4, der als Ersatz für den in DIN EN 10269 entfallenen Stahl 24 CrMo 5 aufgenommen wurde, musste die Abmessungsgrenze auf 100 mm reduziert werden, um die Anforderungen gemäß Abschnitt 3.2.4.4 nicht zu verletzen.
- (32) Im Anhang AP „Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften“ wurden folgende Änderungen vorgenommen:
- a) In Tabelle AP-3 wurden die ursprünglich aus DIN 17440 übernommenen Werte für den mittleren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten durch die in der aktuellen Norm DIN EN 10088-1 enthaltenen Werte ersetzt. Zusätzlich wurde auch der Wert für die Dichte an die in DIN EN 10088-1 angegebenen Werte angepasst.
- b) In Tabelle AP-7 wurden die Angaben zur Dichte und zum Elastizitätsmodul des Stahls X 5 CrNi 13 4 an die in DIN EN 10088-1 angegebenen Werte angepasst.
- c) In Tabelle AP-8 wurden die Anhaltswerte der physikalischen Eigenschaften der Nickellegierung NiCr 29 Fe neu aufgenommen.
- d) Die in der Regelfassung KTA 3201.1 (1998-06) enthaltene Tabelle AP-9 für formgeschweißte oder formgeschmolzene Werkstoffe wurde gestrichen, siehe (29).
- (33) Die Anhänge B „Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen“ und C „Durchführung von Oberflächenprüfungen nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren“ wurden aus KTA 3211.3 (2012-11) übernommen und aktualisiert.
- (34) Der Anhang D „Verfahren zur Ermittlung des Deltaferritgehaltes“ wurde hinsichtlich der Probenabmessungen an AVS D 63/50 vom 04.06.2012 angepasst und an mehreren Stellen mit KTA 3211.1 (2015-11) in Übereinstimmung gebracht.
- (35) Im Anhang E „Formblätter“ wurden die für KTA 3201.1 zutreffenden Aktualisierungen aus KTA 3211.3 übernommen.
- (36) An zahlreichen Stellen der Regel wurden redaktionelle Verbesserungen und Präzisierungen vorgenommen. Abschnittsübergreifend wurden dabei insbesondere folgende Änderungen vorgenommen:
- a) Es erfolgte eine Anpassung an den aktuellen Stand der Normen.
- b) Anforderungen, die gleiche Sachverhalte betreffen, wurden in allen erzeugnisformbezogenen Abschnitten gleich formuliert.
- c) Nicht eindeutige Formulierungen (z. B. „im Allgemeinen“, „grundsätzlich“ ohne Angabe der Bedingungen für ein zulässiges Abweichen vom Grundsatz) wurden überprüft und - soweit erforderlich - präzisiert oder gestrichen.
- d) Zur Vermeidung von bisher zum Teil widersprüchlichen Angaben bezüglich der nachzuweisenden Elemente wurde bei den Festlegungen zur chemischen Analyse einheitlich auf die Angaben in den jeweils zutreffenden Tabellen des Anhangs A verwiesen.