

KTA 3401.1

Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl

Teil 1: Werkstoffe und Erzeugnisformen

veröffentlicht im BAnz Nr. 37a vom 22. Februar 1989

Frühere Fassungen der Regel:

(06/80), veröffentlicht im BAnz Nr. 187a vom 07. 10.1980

(11/82), veröffentlicht im BAnz Nr. 69a vom 13. 04.1983

Die nachfolgend wiedergegebene Regel wurde im Auftrag des Kerntechnischen Ausschusses von der Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (AD-Verbände) unter Federführung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) vorbereitet.

Inhalt

	Seite
Grundlagen	3
1 Anwendungsbereich.....	3
2 Allgemeine Grundsätze.....	3
2.1 Auswahl der Werkstoffe und ihre Begutachtung.....	3
2.2 Schweißzusätze und -hilfsstoffe.....	4
2.3 Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung.....	4
2.4 Forderungen an den Hersteller	4
2.5 Herstellungs- und Vorprüfungsunterlagen	4
2.6 Fertigungsüberwachung durch den Hersteller.....	5
2.7 Fertigungsüberwachung durch den Sachverständigen.....	5
2.8 Prüfung und Nachweis der Qualitätsmerkmale.....	5
2.9 Nachbesserungen und Reparaturen.....	5
2.10 Kennwerte für die Berechnung	5
3 Allgemeingültige Festlegungen für Werkstoffe und ihre Prüfungen.....	5
3.1 Zulässige Werkstoffe	5
3.2 Forderungen an die Werkstoffe	5
3.3 Prüfung der Werkstoffe.....	6
3.4 Wiederholung von Prüfungen	9
3.5 Kennzeichnung.....	9
3.6 Nachweis der Qualitätsmerkmale	9
4 Bleche aus unlegierten und legierten Stählen für drucktragende Teile	9
4.1 Werkstoffe und allgemeine Forderungen.....	9
4.2 Zusätzliche Forderungen	9
4.3 Prüfung.....	9
4.4 Besichtigung und Maßprüfung.....	10
4.5 Kennzeichnung.....	10
4.6 Nachweis der Qualitätsmerkmale	11
5 Aus Blechen unlegierter und legierter Stähle geformte Werkstücke für drucktragende Teile	11
5.1 Werkstoffe und allgemeine Forderungen.....	11
5.2 Zusätzliche Forderungen	11
5.3 Prüfung.....	11
5.4 Besichtigung und Maßprüfung.....	12
5.5 Kennzeichnung.....	12
5.6 Nachweis der Qualitätsmerkmale	12

6	Nahtlose Hohlkörper für Stutzen und Flansche aus unlegierten und legierten Stählen	12
6.1	Anwendungsbereich	12
6.2	Werkstoffe und allgemeine Forderungen	12
6.3	Zusätzliche Forderungen.....	12
6.4	Prüfung	12
6.5	Besichtigung und Maßprüfung	13
6.6	Kennzeichnung	14
6.7	Nachweis der Qualitätsmerkmale	14
7	Aus Blechen unlegierter und legierter Stähle geschweißte Stutzen	14
7.1	Allgemeine Festlegungen	14
7.2	Werkstoffe und allgemeine Forderungen	14
7.3	Zusätzliche Forderungen.....	14
7.4	Prüfung	14
7.5	Besichtigung und Maßprüfung	15
7.6	Kennzeichnung	15
7.7	Nachweis der Qualitätsmerkmale	16
8	Stabstahl für Schrauben und Muttern sowie Schrauben und Muttern.....	16
8.1	Anwendungsbereich	16
8.2	Werkstoffe.....	16
8.3	Schrauben und Muttern, die zerspanend aus Stäben vergüteter ferritischer Stähle hergestellt werden	19
8.4	Schrauben und Muttern, die aus Stäben ferritischer Stähle warm- oder kaltformgebend gefertigt und anschließend vergütet werden	20
8.5	Schrauben und Muttern der Festigkeitsklassen nach DIN/ISO 898 Teile 1 und 2 sowie DIN 267 Teile 4 und 11 (Tabelle 8-1).....	20
8.6	Kennzeichnung	21
8.7	Nachweis der Qualitätsmerkmale	21
9	Stabstahl für hochfeste Schrauben und Muttern sowie hochfeste Schrauben und Muttern für gleitfeste Schraubenverbindungen.....	21
9.1	Anwendungsbereich	21
9.2	Werkstoffe und allgemeine Forderungen	21
9.3	Ultraschallprüfung der Stäbe	23
9.4	Prüfung vergüteter Stäbe für Schrauben und Muttern	23
9.5	Prüfung von Schrauben und Muttern aus Stäben vergüteter Stähle, durch Zerspanung hergestellt	24
9.6	Prüfung von Schrauben, aus Stäben durch Warmanschlagen des Kopfes hergestellt und anschließend vergütet	24
9.7	Prüfung von Muttern, aus Stäben durch Warmumformen hergestellt und anschließend vergütet	25
9.8	Kennzeichnung	26
9.9	Nachweis der Qualitätsmerkmale	26
10	Flachstahl für Scheiben sowie Scheiben für gleitfeste Schraubenverbindungen.....	26
10.1	Anwendungsbereich	26
10.2	Werkstoff und allgemeine Forderungen	26
10.3	Prüfumfang.....	26
10.4	Kennzeichnung	26
10.5	Nachweis der Qualitätsmerkmale	26
	Anhang A: Werkstoffkennndaten	28
	Anhang B: Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen	40
	Anhang C: Durchführung von Oberflächenrißprüfungen nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren	47
	Anhang D: Ermittlung der seitlichen Breitung im Kerbschlagbiegeversuch	49
	Anhang E: Bestimmungen, auf die In dieser Regel verwiesen wird	50
	Stichwortverzeichnis	52

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 kerntechnischer Anlagen (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz) getroffen ist, um die im Atomgesetz und in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Schutzziele zu erreichen.

(2) Für Kernkraftwerke sind diese Schutzziele näher konkretisiert in den „Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke“ des BMU.

(3) Dem Reaktorsicherheitsbehälter fällt die Aufgabe zu, den zugrundezulegenden Druck- und Temperaturbelastungen, die bei Störfällen mit Freisetzung radioaktiver Stoffe innerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters, insbesondere bei den zu unterstellenden Leckquerschnitten an der Hauptkühlmittelleitung, auftreten können, so standzuhalten, daß eine unzulässige Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung verhindert wird. Deswegen ist der Reaktorsicherheitsbehälter einschließlich aller Durchführungen und Kühleinrichtungen, soweit ihre Funktion zur Beherrschung der Störfallfolgen notwendig ist, so zu gestalten und auszulegen, daß er unter Einhaltung der zugrundegelegten Leckrate den statischen, dynamischen und thermischen Belastungen standhält, die im Zusammenhang mit oben genannten Störfällen und ihren Folgen auftreten können. Dem Reaktorsicherheitsbehälter fällt weiterhin die Aufgabe der Lüftungsführung während des Normalbetriebs zu.

(4) Der Reaktorsicherheitsbehälter wird z.B. als technisch gasdichte Stahlkugel konzipiert, in die die erforderlichen Rohr- und Kabeldurchführungen sowie Schleusen eingefügt sind.

(5) Damit diese Art von Reaktorsicherheitsbehältern diese Aufgabe erfüllen kann, werden technische und organisatorische Maßnahmen in 4 Regelteilen behandelt.

(6) Der hier vorliegende Teil regelt die Forderungen an die Werkstoffe und Erzeugnisformen des Reaktorsicherheitsbehälters.

1 Anwendungsbereich

Diese Regel gilt für Werkstoffe und Erzeugnisformen für Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl für ortsfeste Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren einschließlich der mit dem Reaktorsicherheitsbehälter fest verbundenen Stützen und für drucktragende Teile von Schleusen.

2 Allgemeine Grundsätze

2.1 Auswahl der Werkstoffe und ihre Begutachtung

(1) Die Werkstoffe müssen gemäß dem Verwendungszweck gewählt werden, wobei die mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen zu berücksichtigen sind. Besondere Aufmerksamkeit ist der Sicherheit gegen Spröbruch unter Berücksichtigung der Betriebs- und Beanspruchungsverhältnisse zu widmen.

Hinweis:

Die Wahl des Werkstoffs, soweit dieser für den vorgesehenen Verwendungszweck zulässig ist, erfolgt im allgemeinen durch den Besteller, gegebenenfalls nach Rücksprache mit dem Werkstoffhersteller.

(2) Es dürfen nur begutachtete Werkstoffe eingesetzt werden.

(3) Die Begutachtung der Werkstoffe hinsichtlich ihrer den oben genannten Beanspruchungen entsprechenden Eigenschaften und der Verarbeitung hat durch den Sachverständigen und im Rahmen der Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Zustimmung im Einzelfall durch die oberste Bauaufsichtsbehörde oder die von ihr beauftragte Behörde zu erfolgen. Eine einmal vorgenommene Begutachtung gilt für den jeweiligen Hersteller unter Beachtung des Geltungsbereiches.

Hinweis:

Soweit nicht anders festgelegt, ist in dieser Regel mit Sachverständigem stets der Sachverständige nach § 20 Atomgesetz gemeint.

(4) 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 ausreichend sicheren Einhaltung der geforderten Qualitätsmerkmale soll möglichst durch eine mathematisch-statistische Auswertung vorliegender Untersuchungsergebnisse gestützt werden. Beteiligen sich an der Herstellung mehrere Werke, ist dies in der Werkstoffbegutachtung zu berücksichtigen. Im Rahmen der Begutachtung sind

- a) Erschmelzungsart,
- b) chemische Zusammensetzung,
- c) Erzeugnisform,
- d) Lieferzustand,
- e) mechanisch-technologische Eigenschaften,
- f) Verarbeitbarkeit,
- g) Anwendungsbereich,
- h) Art und Umfang der Prüfung,
- i) Prüfbescheinigung,
- k) Kennzeichnung

zu beurteilen oder festzulegen.

(5) Die in Anhang A aufgeführten Werkstoffe gelten aufgrund ihrer eingehenden und vollständigen Prüfung sowie ihrer Bewährung als zulässig.

(6) Werkstoffe für Erzeugnisformen der Abschnitte 8 bis 10 sind hinsichtlich Art und Umfang der Begutachtungsprüfungen wie Stähle für überwachungsbedürftige Druckbehälter außerhalb des Bereiches der Kerntechnik zu begutachten. Sofern diese Werkstoffe zur Verwendung für überwachungsbedürftige Druckbehälter außerhalb des Bereiches der Kerntechnik schon zulässig sind, gelten sie als begutachtet.

(7) Sonstige Werkstoffe sind zulässig, sofern ihre Eignung durch ein erstmaliges Werkstoffgutachten des Sachverständigen nachgewiesen wurde und eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung vorliegt oder die oberste Bauaufsichtsbehörde oder eine von ihr beauftragte Behörde eine Zustimmung im Einzelfall erteilt hat.

(8) Soll ein Werkstoff über den Rahmen des Anwendungsbereichs einer erstmaligen Begutachtung hinaus verwendet werden, so ist ein ergänzendes Gutachten des Sachverständigen erforderlich. Im Einzelfall kann ein Einzelgutachten für den erweiterten Anwendungsbereich erstellt werden. Das gleiche gilt für einen sonstigen Werkstoff, der in einem Einzelfall verwendet werden soll. Ein Einzelgutachten für einen Werkstoff ist auf den begutachteten Hersteller und gleicharti-

ge Anwendungsfälle zu begrenzen. Das Einzelgutachten muß im Abnahmeprüfzeugnis erwähnt sein.

(9) Kommen neuartige, bei der erstmaligen Begutachtung nicht erfaßte Herstellungsverfahren (z.B. Erschmelzungs-, Gieß- und Umformverfahren) zur Anwendung, ist ihre Gleichwertigkeit mit den bei der Erstbegutachtung erfaßten Verfahren durch ein ergänzendes Gutachten des Sachverständigen nachzuweisen.

(10) Werden an den Werkstoffen Schweißungen vorgenommen, müssen die Werkstoffe schweißgeeignet sein. Die Schweißeignung ist in einem Gutachten des Sachverständigen zu bestätigen. Die beim Schweißen gegebenenfalls zu beachtenden besonderen Bedingungen müssen im Gutachten des Sachverständigen angegeben werden.

2.2 Schweißzusätze und -hilfsstoffe

Für Schweißzusätze und -hilfsstoffe gelten die Festlegungen in KTA 1408.

2.3 Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung

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

2.4 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 in ihren 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 der Klasse 1 DIN 51 220 entsprechen und nach DIN 51 300 untersucht sein. Die Untersuchungsberichte nach DIN 51 300 sind dem Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen.

(3) Werden Prüfeinrichtungen anderer Stellen in Anspruch genommen, 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 nach (1) bis (4) müssen Auflistungen über erforderliche Arbeitsanweisungen vorliegen.

(6) Der Hersteller hat durch Qualitätsüberwachung mit entsprechenden Aufzeichnungen die sachgemäße Herstellung und Erarbeitung 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) Die Prüfaufsicht für die zerstörungsfreie Prüfung muß dem Herstellerwerk angehören. Sie muß von der Fertigung unabhängig sein und muß dem Sachverständigen benannt werden.

(9) Die Prüfer für die zerstörungsfreien Prüfungen sollen dem Herstellerwerk angehören. Sie müssen die von ihnen durchzuführenden Prüfungen beherrschen. Dies ist dem Sachverständigen durch die Prüfaufsicht anhand der Prüfpraxis, der internen Ausbildung oder durch entsprechende Zeugnisse über externe Prüfungen nachzuweisen.

(10) Betriebsfremde Prüfer dürfen bei Anwendung der Ultraschallprüfung und der Oberflächenrißprüfung nur zusätzlich zu Prüfern des Herstellerwerkes Prüfarbeiten durchführen.

(11) Die Prüfaufsicht ist für die Anwendung des Prüfverfahrens gemäß den Regelungen in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten und für die Einzelheiten der Prüfdurchführung gemäß den hierfür maßgebenden Regelungen zuständig. Sie setzt die Prüfer ein. Dies gilt auch bei Einsatz von betriebsfremden Personen. Die Prüfaufsicht hat die Ergebnisse zu beurteilen und den Prüfbericht zu unterzeichnen.

(12) Der Werkssachverständige muß dem Herstellerwerk angehören. Name und Prüfstempel des Werkssachverständigen müssen dem zuständigen Sachverständigen bekannt sein.

(13) Soweit im Rahmen der Herstellung an den Erzeugnisformen geschweißt wird, gelten die Festlegungen nach KTA 3401.3.

(14) Alle festgestellten Abweichungen von den Qualitätsforderungen sind der dazu 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 Werkssachverständigen, der Prüfaufsicht, des Prüfpersonals und der Qualitätsstelle sowie gegebenenfalls der Schweißaufsicht müssen schriftlich festgelegt sein.

(17) Vor Aufnahme der Fertigung prüft der Sachverständige, ob die Festlegungen nach (1) bis (16) erfüllt sind. Die Erfüllung der Festlegungen ist vom Sachverständigen schriftlich zu bestätigen. Die Prüfung wird in Zeitabständen von etwa ein bis zwei Jahren wiederholt, sofern sich der Sachverständige nicht auf andere Weise überzeugen kann, daß die Forderungen auch weiterhin erfüllt sind.

2.5 Herstellungs- und Vorprüfungsunterlagen

(1) Vom Hersteller sind im Rahmen seines Qualitätssicherungssystems erforderliche projekt- und erzeugnisformbezogene Herstellungsunterlagen zu erstellen. Hierbei dürfen auch ganz oder teilweise standardisierte Unterlagen verwendet werden.

(2) Falls für besondere Erzeugnisformen die Probenentnahme in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten nicht eindeutig festgelegt ist, sind Werkstoffprüf- und Probenentnahmepläne dem Sachverständigen zur Vorprüfung vorzulegen.

(3) Für geschweißte Stutzen nach Abschnitt 7 gilt KTA 3401.3.

2.6 Fertigungsüberwachung durch den Hersteller

(1) Während der Herstellung der Erzeugnisformen - von der Erschmelzung bis zur Auslieferung - ist eine Fertigungsüberwachung mit betriebsüblichen Aufschreibungen durch eine von der Fertigung unabhängige Qualitätsstelle des Herstellers durchzuführen.

(2) Die begleitende Fertigungsüberwachung hat zu erfassen:

- a) Überprüfung der Erfüllung der Voraussetzungen für eine sach- und vorschriftengerechte Herstellung gemäß den nachfolgenden Festlegungen.
- b) Überwachung und Durchführung der in dieser Regel vorgesehenen Prüfungen mit Bestätigungen in Protokollen und Bescheinigungen.

(3) Werden im Zuge der Herstellung Abweichungen festgestellt ist vom Hersteller ein Abweichungsbericht zu erstellen, in dem die Abweichungen zu beschreiben und die weitere Vorgehensweise (Behebung oder Tolerierung) mit entsprechender Begründung anzugeben ist. Der Abweichungsbericht ist dem Sachverständigen zur Prüfung vorzulegen und mit der Stellungnahme des Sachverständigen den Qualitätsnachweisen beizufügen.

Hinweis:

Eine Abweichung liegt vor, wenn bei der festgestellten Ist-Beschaffenheit vorgegebene Grenzwerte (Toleranzgrenzen) der Soll-Beschaffenheit nicht eingehalten werden.

2.7 Fertigungsüberwachung durch den Sachverständigen

(1) Der Sachverständige soll sich stichprobenweise von der Fertigungsüberwachung durch den Hersteller überzeugen.

(2) Der Sachverständige ist berechtigt, den Herstellungsvorgängen beizuwohnen. Der Herstellungsablauf soll dabei nicht beeinträchtigt werden. Dem Sachverständigen sind hierfür die Herstellungsunterlagen im erforderlichen Umfang zugänglich zu machen.

2.8 Prüfung und Nachweis der Qualitätsmerkmale

(1) Maßgebend für die Prüfung und den Nachweis der Qualitätsmerkmale sind die Festlegungen in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten.

(2) Die geforderten Qualitätsmerkmale sind durch Prüfungen festzustellen und durch Bescheinigung über Werkstoffprüfungen nach DIN 50 049 nachzuweisen. Sie müssen

- a) die Prüfgrundlagen und Forderungen,
 - b) die Prüfbedingungen,
 - c) die Ergebnisse der Prüfungen
 - d) den Namen des Prüfers
- enthalten.

(3) Die Werkstoffe sollen im Herstellerwerk geprüft werden.

(4) Die Werkstoffe sind nach den Festlegungen des Abschnitts 3.5 zu kennzeichnen. Der vollständige Wortlaut der Kennzeichnung ist in der Bescheinigung nach DIN 50 049 anzugeben.

2.9 Nachbesserungen und Reparaturen

(1) Als Nachbesserungen und Reparaturen gelten alle Fertigungsschritte, die zum Erreichen der spezifizierten Qualität erforderlich sind und die bei der Erstfertigung nicht vorgesehen waren.

(2) Nachbesserungen und Reparaturen bedürfen der Zustimmung des Sachverständigen. Die Gründe für Nachbesserungen und Reparaturen sind zu ermitteln und dem Sachverständigen mitzuteilen. Dabei ist abzuwägen, inwieweit eine vorgesehene Nachbesserung oder Reparatur gegenüber einem Belassen der Abweichung sicherheitstechnische Vor- oder Nachteile bringt. Vor Durchführung der Nachbesserungen und Reparaturen sind die dazu notwendigen Maßnahmen und Prüfungen im Abweichungsbericht schriftlich festzulegen und die Zustimmung des Sachverständigen einzuholen.

2.10 Kennwerte für die Berechnung

Die für die Festigkeitsberechnung maßgebenden Werkstoffkennwerte sind dem Anhang A zu entnehmen. Bei sonstigen Werkstoffen sind sie dem erstmaligen Werkstoffgutachten des Sachverständigen zu entnehmen.

3 Allgemeingültige Festlegungen für Werkstoffe und ihre Prüfungen

3.1 Zulässige Werkstoffe

Zulässig sind Werkstoffe, die den Festlegungen nach Abschnitt 2 genügen.

3.2 Forderungen an die Werkstoffe

3.2.1 Allgemeines

(1) Die in Anhang A oder im Werkstoffgutachten des Sachverständigen genannten Forderungen an die Qualitätsmerkmale gelten für den Endzustand bei der Bau- und Druckprüfung.

(2) Bei den vorangehenden Abnahmeprüfungen an den Werkstoffen oder Erzeugnisformen sind die Qualitätsmerkmale an ausreichend großen Probenabschnitten in dem Wärmebehandlungszustand nach Abschnitt 3.3.6 nachzuweisen.

3.2.2 Wärmebehandlung

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

(2) Die Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlungstemperatur über die Erzeugnisform ist sicherzustellen. Alle Aufzeichnungen sind für den Sachverständigen zur Einsichtnahme bereitzuhalten.

(3) Falls Erzeugnisformen aus vergüteten Stählen im Laufe der Fertigung nach dem letzten Vergüten weitere Wärmebehandlungen erfahren, müssen die bei diesen Wärmebehandlungen angewendeten Temperaturen unterhalb der Anlaßtemperatur beim letzten Vergüten bleiben.

3.2.3 Werkstoffeigenschaften

(1) Die zur Verwendung kommenden Werkstoffe sollen ein feinkörniges Gefüge aufweisen.

(2) Der Nachweis ausreichender Sprödbrechtsicherheit ist im Rahmen der Begutachtung zu erbringen. Er wird bei der Abnahmeprüfung anhand von Kerbschlagbiegeversuchen geführt, wenn im Rahmen der Werkstoffbegutachtung festgestellt wurde, daß über die in den erzeugnisformbezogenen

Abschnitten festgelegten Prüfungen hinaus keine weiteren Untersuchungen notwendig sind.

(3) Die Stähle sowie die Schweißzusätze und -hilfsstoffe für innendruckbeanspruchte Bauteile, ausgenommen Schrauben, Muttern und Scheiben nach den Abschnitten 8 bis 10, müssen so beschaffen sein, daß für Grundwerkstoff, Wärmeeinflußzone und Schweißgut jede im Kerbschlagbiegeversuch bei der vorgesehenen niedrigsten Beanspruchungstemperatur geprüfte ISO-V-Kerbschlagprobe nicht weniger als 68 J Kerbschlagarbeit und mindestens 0,9 mm seitliche Breitung aufweist. Darüber hinaus muß die Kerbschlagarbeit des Grundwerkstoffes in der Hochlage mindestens 100 J (niedrigster Einzelwert) betragen.

3.2.4 Innenfehler und Oberflächenfehler

Die Erzeugnisformen müssen in dem Maße frei von Innenfehlern und Oberflächenfehlern sein, wie es in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten festgelegt ist.

Hinweis:

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

3.2.5 Oberflächenzustand

Der Oberflächenzustand muß den Prüfanforderungen der zerstörungsfreien Prüfungen bei der Herstellung und bei den wiederkehrenden Prüfungen genügen. Einzelheiten sind in Abschnitt 3.3.8 angegeben.

3.2.6 Weiterverarbeitung

Für die Weiterverarbeitung der Werkstoffe einschließlich der Prüfungen gelten die Festlegungen in KTA 3401.3.

3.3 Prüfung der Werkstoffe

3.3.1 Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan

Soweit ein Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan erforderlich ist, müssen in diesem die in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten vorgeschriebenen Prüfungen enthalten sein. In diesem Plan ist im Rahmen der Vorprüfung festzulegen, zu welchem Zeitpunkt der Fertigung die vorgeschriebenen Prüfungen durchgeführt werden sollen.

3.3.2 Bezeichnung der Probenrichtung in den Erzeugnisformen

Für die Richtung der Proben in den Erzeugnisformen sollen folgende Bezeichnungen verwendet werden (Bilder 3-1 und 3-2):

a) Bezeichnung der Proben nach der Richtung zum Faserverlauf:

Längsproben (L):

Probenlängsachse parallel zur Hauptstreckrichtung (parallel zum Faserverlauf); bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse parallel zur Hauptstauchrichtung.

Querproben (Q):

Probenlängsachse senkrecht zur Hauptstreckrichtung und senkrecht zur Hauptstauchrichtung (quer zum Faserverlauf); bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse parallel zur Hauptstauchrichtung.

Senkrechtproben (S):

Probenlängsachse parallel zur Hauptstauchrichtung, bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse in Hauptstreckrichtung.

b) Bezeichnung der Proben nach der Richtung zur Erzeugnisformgestalt:

Axialproben (A):

Probenlängsachse parallel zur Rotationssymmetrieachse; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse senkrecht zur zylindrischen Oberfläche.

Tangentialproben (T):

Probenlängsachse in Umfangsrichtung; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse senkrecht zur zylindrischen Oberfläche.

Radialproben (R):

Probenlängsachse senkrecht zur zylindrischen Oberfläche; bei Kerbschlagproben liegt die Kerbachse parallel zur Rotationssymmetrieachse.

3.3.3 Lage der Proben in den Erzeugnisformen (Entnahmetiefe)

(1) 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.

(2) Weitere Einzelheiten werden in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten festgelegt.

3.3.4 Größe der Probenabschnitte

(1) Für die Probenentnahme sind so große Probenabschnitte vorzusehen, daß außer zum Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften genügend Werkstoff für Ersatzproben sowie Reservematerial zur Verfügung steht.

(2) Wird für zusätzliche Untersuchungen, z.B. für Arbeitsprüfungen, weiteres Probenmaterial benötigt, so sind bei der Bestellung Menge und Abmessungen der zusätzlichen Werkstoffabschnitte anzugeben.

1 Senkrechtprobe

2 Längsprobe

3 Querprobe

HSR Hauptstreckrichtung

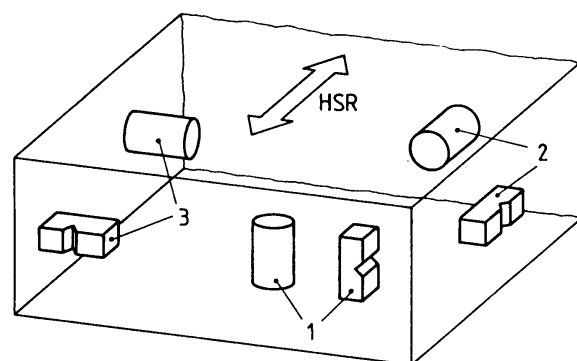
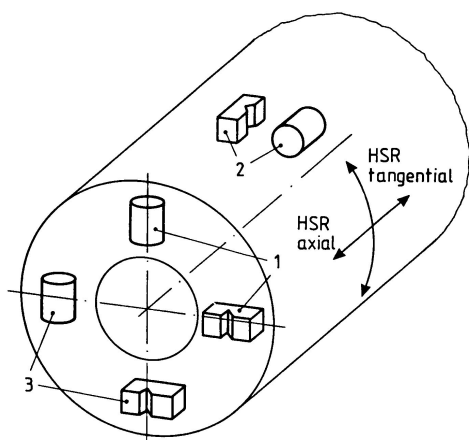


Bild 3-1: Bezeichnung der Probenrichtungen bei Flacherzeugnissen



Probe Nr.	Probenrichtung bezogen auf		
	Erzeugnisgestalt	Hauptstreckrichtung	
		tangential	axial
1	radial	senkrecht	senkrecht
2	axial	quer	quer
3	tangential	längs	längs

Bild 3-2: Bezeichnung der Probenrichtungen bei rotativ-symmetrischen Bauteilen.

(3) Beim Abtrennen der Probenabschnitte müssen Verformungen und Erwärmungen, die die Prüfergebnisse beeinflussen können, vermieden werden. Bei Benutzung von Scheren oder Schneidbrennern muß eine ausreichende Bearbeitungszugabe vorgesehen werden.

3.3.5 Kennzeichnung der Proben, der Probenabschnitte und des Reservematerials sowie gegebenenfalls der zusätzlichen Werkstoffabschnitte

(1) Für die Abnahmeprüfungen sind die Probenabschnitte vor der Entnahme aus der Erzeugnisform sowie die Proben vor der Entnahme aus dem Probenabschnitt durch den mit der Abnahmeprüfung beauftragten Sachverständigen leserlich und eindeutig zu stempeln. Die Kennzeichnung der Proben muß eine genaue Zuordnung ihrer Lage in der Erzeugnisform gestatten (z.B. Maßzeichnung).

(2) Das Reservematerial und die gegebenenfalls zusätzlichen Werkstoffabschnitte sind in gleicher Weise zu kennzeichnen.

3.3.6 Wärmebehandlungszustände der Proben

(1) Die Proben müssen in demselben Wärmebehandlungszustand wie die fertigen Erzeugnisformen vorliegen.

(2) Die Prüfungen sind in diesem Zustand oder im simulierend spannungsarmgeglühten Zustand, soweit dies in den nachfolgenden Abschnitten festgelegt ist, durchzuführen.

(3) Bei simulierendem Spannungsarmglühen darf die Glühdauer aller bei der Weiterverarbeitung zu erwartenden Spannungsarmglühungen zu nur einer Simulationsglühung zusammengefaßt werden. Etwaige Reparaturschweißungen mit nachfolgendem Spannungsarmglühen müssen berücksichtigt werden. Einzelheiten sind in den nachfolgenden Abschnitten geregelt.

3.3.7 Prüfungen und anzuwendende Prüfverfahren

3.3.7.1 Chemische Analyse

(1) Die Schmelzenanalysen und Stückanalysen sind auf die in den nachfolgenden ergebnisformbezogenen Abschnitten, im Anhang A oder im Werkstoffgutachten des Sachverständigen für den betreffenden Werkstoff angegebenen Elemente durchzuführen.

(2) Bei Erzeugnisformen aus elektro-schlackeumgeschmolzenen Blöcken ist die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse an jedem Block zu ermitteln. Der Nachweis der chemischen Zusammensetzung nach der Stückanalyse entfällt dann.

(3) Die chemische Zusammensetzung ist mittels Prüfverfahren nach dem Handbuch für das Eisenhüttenlaboratorium [1] mit Probenentnahme und Probenvorbereitung nach SEP 1805 zu ermitteln.

3.3.7.2 Härteprüfung

(1) Soweit es in den nachfolgenden werkstoff- und ergebnisformbezogenen Abschnitten verlangt wird, ist bei Erzeugnisformen aus vergüteten Stählen vor der Weiterverarbeitung durch Härteprüfungen die Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung nachzuweisen.

(2) Die Härteprüfungen sind nach DIN 50 133 oder DIN 50 351 durchzuführen.

3.3.7.3 Mechanisch-technologische Prüfungen

3.3.7.3.1 Allgemeines

Sollen mechanisch-technologische Eigenschaften bei Erzeugnisformen aus elektro-schlackeumgeschmolzenen Blöcken schmelzenweise nachgewiesen werden, gilt die Mutter-schmelze als Schmelze.

3.3.7.3.2 Zugversuch

(1) Gemäß den Festlegungen in den nachfolgenden ergebnisformbezogenen Abschnitten sind Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Brucheinschnürung zu bestimmen.

(2) Der Zugversuch ist nach DIN 50 145 mit einer Probenform nach DIN 50 125 durchzuführen.

(3) Der Zugversuch an Senkrechtproben zur Ermittlung der Brucheinschnürung ist nach DIN 50 145 mit einer Probenform nach SEL 096 durchzuführen. Der Prüfquerschnitt der Senkrechtproben soll die Wanddickenmitte erfassen.

3.3.7.3.3 Kerbschlagbiegeversuch

(1) Der Kerbschlagbiegeversuch ist nach DIN 50 115 an ISO-V-Proben durchzuführen. Grundsätzlich werden Probensätze aus je drei Proben geprüft. Die Einzelwerte und der Mittelwert sind anzugeben. Zum Nachweis der Kerbschlagarbeit sind ISO-V-Proben bei denjenigen Prüftemperaturen zu prüfen, die in den nachfolgenden ergebnisformbezogenen Abschnitten festgelegt sind.

(2) Bei ferritischen Stählen sind darüber hinaus die seitliche Breitung und der Anteil an matter Bruchfläche nach Anhang D zu ermitteln.

3.3.7.3.4 Nachweis der Kerbschlagarbeit in der Hochlage

(1) Gemäß den Festlegungen in den nachfolgenden erzeugnisformbezogenen Abschnitten ist nachzuweisen, daß die Forderungen an die Kerbschlagarbeit in der Hochlage erfüllt werden.

(2) Geprüft wird ein Probensatz aus drei ISO-V-Proben. Üblich ist die Prüftemperatur 80 °C. Die Prüfung darf entfallen, wenn schon bei einer niedrigeren Prüftemperatur der Nachweis erbracht wird, daß die Forderungen erfüllt werden.

3.3.7.4 Metallographische Prüfungen

(1) Zur Ermittlung der Korngröße sind Schliffbildaufnahmen des Gefüges mit einer linearen Vergrößerung anzufertigen, die eine eindeutige Beurteilung zulassen (im allgemeinen 100:1).

(2) Die Korngrößen-Kennzahl ist nach Euronorm 103 zu ermitteln.

(3) Wird die Bestimmung der Korngröße von Erzeugnisformen mit bainitischem oder ferritisch-bainitischem Gefüge gefordert, ist die Korngrößen-Kennzahl nur für den Anteil an polygonalem Ferrit zu ermitteln.

3.3.7.5 Verwechslungsprüfung

Verwechslungsprüfungen sind nach einem geeigneten Verfahren, z.B. durch eine halbquantitative Spektralanalyse, durchzuführen. Der Vergleich der Kennzeichnung ist nicht ausreichend. Bei Teilen, die einer Stückanalyse unterzogen wurden, wird diese als Verwechslungsprüfung anerkannt.

3.3.7.6 Maßprüfung

(1) Nach der Fertigstellung sind alle Erzeugnisformen einer Maßprüfung zu unterziehen.

(2) Die ermittelten Maße sind in eine Ist-Maßzeichnung oder in ein Ist-Maßprotokoll einzutragen. Hiervon ausgenommen sind die Erzeugnisformen nach den Abschnitten 8 bis 10.

3.3.7.7 Besichtigung

Alle Erzeugnisformen sind bei der Abnahmeprüfung einer Sichtprüfung auf ihre äußere Beschaffenheit hin zu unterziehen.

3.3.8 Zerstörungsfreie Prüfungen

3.3.8.1 Allgemeines

(1) Art, Umfang und Zeitpunkt der Prüfungen sind in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten festgelegt.

(2) Für die Ultraschall- und Oberflächenrißprüfungen gelten die allgemeinen Festlegungen der Anhänge B und C.

(3) Die zerstörungsfreie Prüfung soll beim Erzeugnisformhersteller nach der letzten Umformung und Wärmebehandlung durchgeführt werden, sofern in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten nicht abweichende Forderungen gestellt werden.

3.3.8.2 Verfahrenstechnische Festlegungen

3.3.8.2.1 Ultraschallprüfungen

Hinweis:

Für die Ultraschallprüfung gelten die Begriffe nach DIN 54 119.

(1) Der Mittenrauhwert R_a nach DIN 4762 Teil 1 der Prüffläche soll in Abhängigkeit vom Verfahren der Oberflächenbearbeitung die nachstehenden Werte nicht überschreiten:

	max. R_a
gewalzte oder geschliffene Oberflächen	20 μm
spanabhebend bearbeitete Oberflächen	16 μm

(2) Die Einschallrichtungen sind in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten festgelegt.

(3) Die zu registrierenden Echohöhen sind entsprechend der Erzeugnisform und deren Abmessungen in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten festgelegt. Bei Überschreitung der zulässigen Befunde oder bei Anhäufung von Reflektoren, deren Abstände kleiner als der effektive Schwingerdurchmesser sind, ist zwischen Erzeugnisformhersteller und Sachverständigem das weitere Vorgehen zu verabreden.

(4) Die Empfindlichkeitsjustierung erfolgt nach den Festlegungen in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten. 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 Störuntergrund sichtbar wird. Der Bewertung ist die vorgeschriebene Prüfempfindlichkeitsjustierung zugrunde zu legen.

3.3.8.2.2 Oberflächenrißprüfung

Der Mittenrauhwert R_a nach DIN 4762 Teil 1 der Prüffläche soll in Abhängigkeit vom Verfahren der Oberflächenbearbeitung die nachstehenden Werte nicht überschreiten.

	max. R_a
gewalzte oder geschliffene Oberflächen	20 μm
spanabhebend bearbeitete Oberflächen	10 μm

3.3.8.3 Organisation der zerstörungsfreien Prüfungen

3.3.8.3.1 Prüfungen durch den Hersteller

Der Hersteller hat alle zerstörungsfreien Prüfungen in dem nach den Festlegungen dieser Regel vorgesehenen Umfang durchzuführen und nachzuweisen.

3.3.8.3.2 Prüfungen durch den Sachverständigen

(1) Der Sachverständige hat die zerstörungsfreien Prüfungen in dem nach den Festlegungen dieser Regel vorgesehenen Umfang durchzuführen oder daran teilzunehmen und die Ergebnisse zu beurteilen.

(2) An den im allgemeinen durch den Hersteller durchzuführenden Oberflächenrißprüfungen braucht der Sachverständige nur teilzunehmen. Die manuellen Ultraschallprüfungen sind unabhängig von den Prüfungen des Herstellers vom Sachverständigen durchzuführen. Bei Verwendung von Einrichtungen zur mechanisierten oder teilautomatischen Prüfung hat der Sachverständige stichprobenweise an den Prüfungen teilzunehmen und hierbei die Empfindlichkeitsjustierungen und die bei der erstmaligen Begutachtung nach

Abschnitt 2.4 festgelegte Durchführung des Verfahrens zu Kontrollieren.

- (3) Hat der Sachverständige an den vom Hersteller durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen teilgenommen, bestätigt er dies in den Nachweisen des Herstellers.
- (4) Hat der Sachverständige eigene Prüfungen durchgeführt, kontrolliert er die Prüfergebnisse des Herstellers auf Übereinstimmung unter Berücksichtigung der prüftechnischen Toleranzen. Bei Übereinstimmung bestätigt er dies in den Nachweisen des Herstellers.
- (5) Werden bei der Ultraschallprüfung wesentliche Unterschiede zwischen den Prüfergebnissen des Herstellers und des Sachverständigen festgestellt, sind vom Sachverständigen und vom Hersteller gemeinsam zusätzliche Prüfungen durchzuführen und zu protokollieren.

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 auszuschneiden. 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, darf erneut wärmebehandelt werden, worauf die Prüfeinheit erneut zur Prüfung vorzustellen ist.
- (4) Der Ursache für das ungenügende Ergebnis der ersten Prüfung ist nachzugehen.

3.5 Kennzeichnung

Alle Erzeugnisformen sind deutlich und dauerhaft sowie möglichst kerbfrei zu kennzeichnen, so daß jederzeit eine eindeutige Zuordnung der Bescheinigungen über Materialprüfungen möglich ist. Weitere Einzelheiten werden in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten geregelt.

3.6 Nachweis der Qualitätsmerkmale

(1) Sofern in den erzeugnisformbezogenen Abschnitten keine abweichenden Regelungen getroffen werden, sind mit Abnahmeprüfzeugnis B nach DIN 50 049 zu belegen:

- a) die Erschmelzungsart,
- b) die Ergebnisse der chemischen Analysen,
- c) die Ergebnisse der Härteprüfung,
- d) die Ergebnisse der metallographischen Prüfungen
- e) die Ergebnisse der Verwechslungsprüfungen,
- f) die Wärmebehandlung der Erzeugnisformen und gegebenenfalls die simulierende Wärmebehandlung der Probenabschnitte unter Angabe von Glüh-temperatur und Glüh-dauer und
- g) der vollständige Wortlaut der Kennzeichnung.

(2) Mit Abnahmeprüfzeugnis C nach DIN 50 049 sind zu belegen:

- a) die Ergebnisse der mechanisch-technologischen Prüfungen,
- b) die Ergebnisse der Maßprüfung,
- c) das Ergebnis der Oberflächenbesichtigung.

(3) Die Prüfergebnisse der durch den Hersteller allein oder gemeinsam mit dem Sachverständigen durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen werden Bestandteil der Abnahmeprüfzeugnisse B nach DIN 50 049.

(4) Die Abnahmeprüfzeugnisse B nach DIN 50 049 werden Bestandteil der Abnahmeprüfzeugnisse C nach DIN 50 049.

4 Bleche aus unlegierten und legierten Stählen für drucktragende Teile

4.1 Werkstoffe und allgemeine Forderungen

Zulässig sind die nach Abschnitt 2 begutachteten Stähle. Die Forderungen an diese Stähle sind im Anhang A.1 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

4.2 Zusätzliche Forderungen

Werden die Bleche im Zuge der Weiterverarbeitung, aufgenommen durch das Anschweigen von Halteeisen, senkrecht zur Erzeugnisformoberfläche beansprucht, muß die Bruch-einschnürung an Senkrechtproben als Mittelwert aus drei Einzelproben mindestens 35 % betragen, wobei kein Einzelwert unter 25 % liegen darf.

4.3 Prüfung

4.3.1 Allgemeines

Für Bleche, die im Zuge der Weiterverarbeitung spannungs-armgeglüht werden, sind die vorgeschriebenen Kennwerte an simulierend spannungsarmgeglühten Proben nachzuweisen.

4.3.2 Probenentnahme

(1) Die Proben für die Stückanalyse sind den Probenabschnitten für die mechanisch-technologischen Prüfungen zu entnehmen.

(2) Für die Prüfung der mechanisch-technologischen Eigenschaften müssen die Probenabschnitte so entnommen werden, daß die Ausarbeitung von Querproben möglich ist.

(3) Die Probenabschnitte sind den Walztafeln in einem Viertel der Erzeugnisformbreite zu entnehmen, und zwar bei gelieferten Erzeugnisformlängen von gleich oder kleiner als 7 m je Walztafel von einem Ende der Walztafel, bei gelieferten Erzeugnisformlängen von mehr als 7 m je Walztafel von beiden Enden der Walztafel. Der Abstand zwischen dem zur Wärmebehandlung begradigten Walztafelende und dem Prüfquerschnitt der Proben soll bei flüssigkeitsvergüteten Walztafeln mindestens gleich der halben Erzeugnisformdicke sein.

(4) Senkrechtproben zum Nachweis der Brucheinschnürung sind aus der Mitte der Walztafelenden zu entnehmen. Ist die Entnahme solcher Probenabschnitte erforderlich, dürfen die Proben, die am leichten Walztafelende für die übrigen mechanisch-technologischen Prüfungen zu entnehmen sind, dem gleichen Probenabschnitt entnommen werden.

(5) Für den Zugversuch bei Raumtemperatur sind bei Walztafeln mit einer Dicke gleich oder kleiner als 40 mm Flachproben der vollen Erzeugnisformdicke und bei Blechen mit einer Dicke von größer als 40 mm Flachproben nach dem einseitigen Abarbeiten der Probenabschnitte auf die größte prüfbare Dicke, die aber mindestens 40 mm betragen soll zu entnehmen.

(6) Für den Zugversuch bei Auslegungstemperatur sind Rundproben mit einem Probendurchmesser von 10 bis 20 mm so zu entnehmen, daß die Probenachse in einem Abstand von einem Viertel der Blechdicke von der Walzoberfläche liegt.

(7) Bei den Proben für den Kerbschlagbiegeversuch ist bei Walztafeln mit einer Dicke von gleich oder kleiner als 40 mm eine Probenseite möglichst nahe an die Walzoberfläche und bei Blechen mit einer Dicke von mehr als 40 mm die Probenachse in einen Abstand von einem Viertel der Blechdicke von der Walzoberfläche zu legen.

4.3.3 Prüfumfang

4.3.3.1 Chemische Analyse

4.3.3.1.1 Schmelzenanalyse

Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

4.3.3.1.2 Stückanalyse

Je Schmelze ist an zwei Walztafeln eine Stückanalyse durchzuführen.

4.3.3.2 Mechanisch-technologische Prüfungen

4.3.3.2.1 Zugversuch

(1) Bei Raumtemperatur ist je Walztafel und Probenentnahmeort eine Querprobe im Zugversuch zu prüfen.

(2) Bei Auslegungstemperatur ist je Schmelze und dreißig Tonnen oder einer kleineren zur Prüfung vorgelegten Menge eine Querprobe zum Nachweis der 0,2 %-Dehngrenze zu prüfen. Falls Kopf- und Fußende bekannt sind, sollen die Proben vom Fußende entnommen werden.

4.3.3.2.2 Kerbschlagbiegeversuch

Bei der vorgesehenen niedrigsten Beanspruchungstemperatur sind je Probenentnahmeort drei ISO-V-Proben im Kerbschlagbiegeversuch zu prüfen.

4.3.3.2.3 Nachweis der Kerbschlagarbeit in der Hochlage

Je Probenentnahmeort ist an drei ISO-V-Proben nachzuweisen, daß die Forderung an die Kerbschlagarbeit in der Hochlage erfüllt wird.

4.3.3.2.4 Beanspruchung in Dickenrichtung

Falls nach Abschnitt 4.2 Forderungen an die Brucheinschnürung von Senkrechtproben gestellt werden, sind bei Raumtemperatur je Walztafel drei Senkrechtproben aus der Mitte eines Endes, möglichst des Kopfes, im Zugversuch zu prüfen. Dies ist dem Hersteller bei der Bestellung bekanntzugeben.

4.3.3.3 Verwechslungsprüfung

An jeder Walztafel oder an jedem Blech ist eine Prüfung zur Vermeidung von Werkstoffverwechslungen durchzuführen.

4.3.3.4 Ultraschallprüfung

(1) Jedes Blech ist im Lieferzustand vom Hersteller mit Ultraschall nach Stahl-Eisen-Lieferbedingung 072 zu prüfen. Sofern nicht mit automatisierten Prüfanlagen geprüft wird, sind 10 % der Lieferung zusätzlich vom Sachverständigen zu prüfen.

(2) Bei der Flächenprüfung ist die Prüfung nach einem Raster mit einer Seitenlänge von 20 cm oder nach einem System von geraden Prüflinien, die in einem Abstand von 10 cm parallel zueinander verlaufen, oder nach einem System von sinusförmigen Prüflinien, deren Oszillationsbreite und halbe Oszillationswellenlänge jeweils z.B. 20 cm betragen, angemessen.

(3) Es gelten die Forderungen der Klasse 3 nach Stahl-Eisen-Lieferbedingung 072.

(4) Für Schweißnahtbereiche einschließlich der Bereiche von DHV-Naht-Anschlüssen sind die Festlegungen des Abschnittes 5.3.3.4 (2) zu beachten.

4.4 Besichtigung und Maßprüfung

(1) Im Lieferzustand sind alle Bleche durch eine Besichtigung auf Oberflächenbeschaffenheit und durch eine Maßprüfung auf Maßgenauigkeit zu prüfen.

(2) Oberflächenfehler sind durch Schleifen zu beseitigen. Die rechnerisch erforderliche Wanddicke darf dabei nicht unterschritten werden.

(3) Eine Beseitigung von Fehlern durch Schweißen darf nur im Einvernehmen mit dem Sachverständigen vorgenommen werden.

4.5 Kennzeichnung

(1) Jedes Blech ist unter Beachtung von Abschnitt 3.5 mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

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

(2) Die Kennzeichnung ist quer zur Hauptwalzrichtung anzubringen.

4.6 Nachweis der Qualitätsmerkmale

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.6.

5 Aus Blechen unlegierter und legierter Stähle geformte Werkstücke für drucktragende Teile

5.1 Werkstoffe und allgemeine Forderungen

Zulässig sind die nach Abschnitt 2 begutachteten Stähle. Die Forderungen an diese Stähle sind im Anhang A.1 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

5.2 Zusätzliche Forderungen

Werden die Werkstücke im Zuge der Weiterverarbeitung, ausgenommen durch das Anschweißen von Halteeisen, senkrecht zur Erzeugnisformoberfläche beansprucht, muß die Brucheinschnürung an Senkrechtproben als Mittelwert aus drei Einzelproben mindestens 35 % betragen, wobei kein Einzelwert unter 25 % liegen darf.

5.3 Prüfung

5.3.1 Allgemeines

Für Werkstücke, die im Zuge der Weiterverarbeitung spannungsarmgeglüht werden, sind die vorgeschriebenen Kennwerte an simulierend spannungsarmgeglühten Proben nachzuweisen.

5.3.2 Probenentnahme

(1) Die Proben für die Stückanalyse sind den Probenabschnitten für die mechanisch-technologischen Prüfungen zu entnehmen.

(2) Für die Prüfung der mechanisch-technologischen Eigenschaften müssen die Probenabschnitte so entnommen werden, daß die Ausarbeitung von Querproben möglich ist. Bei Böden und ähnlichen Teilen sind Abweichungen bis zu 20 Grad von der theoretischen Querrichtung zulässig. Ist das nicht einzuhalten, ist mit dem Sachverständigen eine andere Probenrichtung zu vereinbaren.

(3) Die Probenabschnitte sind in einem Viertel der Werkstückbreite zu entnehmen. Von jedem Werkstück ist bei Werkstücken mit einer Länge oder einem Durchmesser gleich oder kleiner als 4 m von einem Ende, bei Werkstücken mit einer Länge oder einem Durchmesser von mehr als 4 m von beiden Enden ein Probenabschnitt zu entnehmen. Der Abstand zwischen dem zur Wärmebehandlung begradigten Werkstückende und dem Prüfquerschnitt der Proben soll bei flüssigkeitsvergüteten Werkstücken mindestens gleich der halben Erzeugnisformdicke sein.

(4) Senkrechtproben zum Nachweis der Brucheinschnürung sind bei Böden aus dem gleichen Probenabschnitt zu entnehmen, aus dem die Proben für die übrigen mechanisch-technologischen Prüfungen entnommen werden. Bei Segmenten sind die betreffenden Probenabschnitte aus dem mittleren Bereich, bezogen auf die Breite des Werkstücks, zu entnehmen. Ist die Entnahme solcher Probenabschnitte erforderlich, dürfen die Proben, die am gleichen Segmentende für die übrigen mechanisch-technologischen Prüfungen zu entnehmen sind, dem gleichen Probenabschnitt entnommen werden.

(5) Für den Zugversuch bei Raumtemperatur sind bei Werkstücken mit einer Wanddicke gleich oder kleiner als 40

mm möglichst Flachproben der vollen Erzeugnisformdicke und bei Werkstücken mit einer Wanddicke größer als 40 mm Flachproben nach dem einseitigen Abarbeiten der Probenabschnitte auf die größte prüfbare Dicke, die aber mindestens 40 mm betragen soll, zu entnehmen. Ist die Entnahme von Flachproben nicht möglich, sind Rundproben mit einem Durchmesser von 10 bis 20 mm, deren Achse möglichst im Abstand eines Viertels der Erzeugnisformdicke von der Oberfläche liegt, zu entnehmen. Bei Erzeugnisformdicken, die einen Probendurchmesser von 10 mm nicht zulassen, ist der größtmögliche Durchmesser zu wählen.

(6) Für den Zugversuch bei Auslegungstemperatur sind Rundproben mit einem Probendurchmesser von 10 bis 20 mm so zu entnehmen, daß die Probenachse möglichst in einem Abstand eines Viertels der Erzeugnisformdicke von der Oberfläche liegt.

(7) Bei den Proben für den Kerbschlagbiegeversuch ist bei Werkstücken mit einer Wanddicke gleich oder kleiner als 40 mm eine Probenseite möglichst nahe an die Walzoberfläche und bei Werkstücken mit einer Wanddicke größer als 40 mm die Probenachse möglichst in einem Abstand von einem Viertel der Erzeugnisformdicke von der Oberfläche zu legen.

5.3.3 Prüfumfang

5.3.3.1 Chemische Analyse

5.3.3.1.1 Schmelzenanalyse

Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

5.3.3.1.2 Stückanalyse

Je Schmelze ist an zwei Werkstücken aus verschiedenen Walztafeln eine Stückanalyse durchzuführen, sofern die chemische Analyse nicht an der Walztafel nachgewiesen wurde.

5.3.3.2 Mechanisch-technologische Prüfungen

5.3.3.2.1 Zugversuch

(1) Bei Raumtemperatur ist je Werkstück und Probenentnahmeort eine Querprobe im Zugversuch zu prüfen.

(2) Bei Auslegungstemperatur ist je Schmelze an zwei Werkstücken je eine Querprobe zum Nachweis der 0,2%-Dehngrenze zu prüfen.

5.3.3.2.2 Kerbschlagbiegeversuch

Bei der vorgesehenen niedrigsten Beanspruchungstemperatur sind je Probenentnahmeort drei ISO-V-Proben im Kerbschlagbiegeversuch zu prüfen.

5.3.3.2.3 Nachweis der Kerbschlagarbeit in der Hochlage

Je Probenentnahmeort ist an drei ISO-V-Proben nachzuweisen, daß die Forderungen an die Kerbschlagarbeit in der Hochlage erfüllt werden.

5.3.3.2.4 Beanspruchung in Dickenrichtung

Falls nach Abschnitt 5.2 Forderungen an die Brucheinschnürung von Senkrechtproben gestellt werden und die Einhaltung dieser Forderungen nicht an der Ausgangswalztafel nachgewiesen wurde, sind je Werkstück an einem Probenentnahmeort drei Senkrechtproben im Zugversuch bei

Raumtemperatur zu prüfen. Dies ist dem Blechhersteller bei der Bestellung bekanntzugeben.

5.3.3.3 Verwechslungsprüfung

An jedem Werkstück ist eine Prüfung zur Vermeidung von Werkstoffverwechslungen durchzuführen.

5.3.3.4 Ultraschallprüfung

(1) Wurden die Ausgangsbleche nicht nach Abschnitt 4.3.3.4 mit Ultraschall geprüft, hat diese Prüfung am umgeformten Werkstück zu erfolgen.

(2) Die Schweißnahtbereiche sind mit Ultraschall zu prüfen. Soweit Fugenflanken angearbeitet werden, hat die Prüfung vor dem Anarbeiten zu erfolgen. Die Durchführung und Beurteilung hat nach Maßgabe des Weiterverarbeiters durch den Hersteller oder Weiterverarbeiter zu erfolgen.

5.4 Besichtigung und Maßprüfung

(1) Im Lieferzustand sind alle Werkstücke durch Besichtigung auf Oberflächenbeschaffenheit und durch Maßprüfung auf Formhaltigkeit und Maßgenauigkeit zu prüfen. Die Prüfung der Wanddicke hat an mindestens 10 Stellen, die gleichmäßig über das Werkstück verteilt sind, zu erfolgen.

(2) Oberflächenfehler sind durch Schleifen zu beseitigen. Die rechnerisch erforderliche Wanddicke darf dabei nicht unterschritten werden.

(3) Eine Beseitigung von Fehlern durch Schweißen darf nur im Einvernehmen mit dem Sachverständigen vorgenommen werden.

5.5 Kennzeichnung

(1) Jedes Werkstück ist unter Beachtung von Abschnitt 3.5 mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

- a) Zeichen des Herstellers,
- b) Stahlsorte,
- c) Schmelzenummer,
- d) Probennummer,
- e) Zeichen des Sachverständigen.

(2) Die Kennzeichnung ist quer zur Hauptwalzrichtung der Ausgangswalztafel anzubringen.

5.6 Nachweis der Qualitätsmerkmale

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.6.

6 Nahtlose Hohlkörper für Stutzen und Flansche aus unlegierten und legierten Stählen

6.1 Anwendungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt nur für nahtlose Hohlkörper für Stutzen, Flansche und ringförmige Werkstücke, die unmittelbar in die tragenden Wandungen des Reaktorsicherheitsbehälters eingeschweißt sind.

(2) Dieser Abschnitt gilt nicht für Vorschweißflansche und Flansche, die aus Blech hergestellt werden.

6.2 Werkstoffe und allgemeine Forderungen

Zulässig sind die nach Abschnitt 2 begutachteten Stähle. Die Forderungen an diese Stähle sind im Anhang A.1 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

6.3 Zusätzliche Forderungen

Werden die aus den Hohlkörpern hergestellten Werkstücke im Zuge der Weiterverarbeitung, ausgenommen durch Anschweißen von Halteeisen, senkrecht zur Werkstückoberfläche beansprucht (z.B. durchgesteckte Stutzen), muß die Brucheinschnürung an Senkrechtpuben als Mittelwert aus drei Einzelproben mindestens 35 % betragen, wobei kein Einzelwert unter 25 % liegen darf.

6.4 Prüfung

6.4.1 Allgemeines

Für Erzeugnisformen, die im Zuge der Weiterverarbeitung spannungsarmgeglüht werden, sind die vorgeschriebenen Kennwerte an simulierend spannungsarmgeglühten Proben nachzuweisen.

6.4.2 Probenentnahme

(1) Die Zahl und Lage richtet sich nach der Länge der Hohlkörper bei der maßgeblichen Wärmebehandlung (Normalglühen, Vergüten), verringert um die Länge der Probenabschnitte, und nach dem größten inneren Nenndurchmesser D_i der daraus herzustellenden Fertigteile.

(2) Hohlkörper mit einer Länge von 2000 mm oder kleiner werden an einer Stirnseite geprüft, und zwar bei

- a) $D_i \leq 500$ mm an einem Probenentnahmeort,
- b) $D_i > 500$ bis ≤ 2000 mm an zwei um 180 Grad versetzten Probenentnahmeorten,
- c) $D_i > 2000$ mm an drei um 120 Grad versetzten Probenentnahmeorten.

(3) Hohlkörper mit einer Länge von mehr als 2000 mm werden an beiden Stirnseiten geprüft, und zwar bei

- a) $D_i \leq 500$ mm je Stirnseite an einem Probenentnahmeort, wobei der Probenentnahmeort auf der gegenüberliegenden Stirnseite um 180 Grad versetzt ist,
- b) $D_i > 500$ bis ≤ 2000 mm je Stirnseite an zwei um 180 Grad versetzten Probenentnahmeorten
- c) $D_i > 2000$ mm je Stirnseite an drei um 120 Grad versetzten Probenentnahmeorten.

(4) Die Proben sind als Querproben so zu entnehmen, daß die Probenachse möglichst im Abstand eines Viertels der Erzeugnisformdicke unterhalb der Oberfläche und der Prüfquerschnitt bei flüssigkeitsvergüteten Hohlkörpern im Abstand der halben Erzeugnisformdicke von der Stirnfläche liegt.

(5) Bei einem inneren Nenndurchmesser der Fertigteile unter etwa 200 mm dürfen Axialproben als Längsproben entnommen werden, die je nach Abmessung auch die ganze Wanddicke erfassen dürfen.

(6) Für den Zugversuch bei Raumtemperatur oder Auslegungstemperatur sind Rundproben mit einem Durchmesser

von 10 bis 20 mm zu entnehmen. Bei Erzeugnisformdicken, die einen Probendurchmesser von 10 mm nicht zulassen, ist der größtmögliche Durchmesser zu wählen.

(7) Senkrechtproben zum Nachweis der Brucheinschnürung sind aus dem gleichen Probenabschnitt zu entnehmen, aus dem die Proben für die übrigen mechanisch-technologischen Prüfungen entnommen werden.

6.4.3 Prüfumfang

6.4.3.1 Chemische Analyse

6.4.3.1.1 Schmelzenanalyse

Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

6.4.3.1.2 Stückanalyse

Je Schmelze ist an zwei getrennt hergestellten Hohlkörpern eine Stückanalyse durchzuführen.

6.4.3.2 Mechanisch-technologische Prüfungen

6.4.3.2.1 Zugversuch

(1) Bei Raumtemperatur ist je Hohlkörper und Probenentnahmeort eine Probe im Zugversuch zu prüfen.

(2) Bei Auslegungstemperatur ist je Schmelze und Wärmebehandlungslos eine Probe zum Nachweis der 0,2%-Dehngrenze zu prüfen.

6.4.3.2.2 Kerbschlagbiegeversuch

Bei der vorgesehenen niedrigsten Beanspruchungstemperatur sind je Probenentnahmeort drei ISO-V-Proben im Kerbschlagbiegeversuch zu prüfen.

6.4.3.2.3 Nachweis der Kerbschlagarbeit in der Hochlage

Je Probeentnahmeort ist an drei ISO-V-Proben nachzuweisen, daß die Forderungen an die Kerbschlagarbeit in der Hochlage erfüllt werden.

6.4.3.2.4 Beanspruchung in Dickenrichtung

Falls nach Abschnitt 6.3 Forderungen an die Brucheinschnürung von Senkrechtproben gestellt werden, sind bei Raumtemperatur je Hohlkörper an einem Probenentnahmeort einer Stirnseite drei Senkrechtproben im Zugversuch zu prüfen. Dies ist dem Hersteller bei der Bestellung bekanntzugeben.

6.4.3.3 Verwechslungsprüfung

An jedem Werkstück ist eine Prüfung zur Vermeidung von Werkstoffverwechslungen durchzuführen.

6.4.3.4 Zerstörungsfreie Prüfungen

6.4.3.4.1 Ultraschallprüfung

(1) Jeder geschmiedete Hohlkörper oder gewalzte Ring sowie jedes geschmiedete (nahtlose) Rohr ist im Lieferzustand vom Hersteller durch Ultraschall nach SEP 1921, Prüfgruppe 3, zu prüfen. Dabei sind alle Echoanzeigen zu registrieren, die einem Durchmesser eines Kreisscheibenreflektors von 3 mm oder größer entsprechen. Die Anzeigen dürfen die Forderungen

gen der Größenklasse C nicht überschreiten. Bezogen auf die äußere Oberfläche des Prüfstücks darf die Häufigkeit von Anzeigenstellen je m² örtlich die Häufigkeitsklasse c und, über die Gesamtfläche des Prüfstücks errechnet, die Häufigkeitsklasse d nicht überschreiten. Zusätzlich ist eine Ultraschallprüfung in beiden Umfangrichtungen mittels Schrägeinschallung durchzuführen. Anzeigen aus der Schrägeinschallung dürfen die Forderungen der Größenklasse D nach SEP 1921 nicht überschreiten. Wenn die Prüfung mit Senkrechteinschallung in axialer Richtung nicht möglich ist, muß sie durch zwei entgegengesetzte Schrägeinschallungen ersetzt werden. Dabei ist sicherzustellen, daß das gesamte im Endzustand verbleibende Volumen bis zur Innenoberfläche des Hohlkörpers erfaßt wird.

(2) Hohlkörper aus nahtlosen Rohren sind vom Hersteller nach SEP 1915 auf Längsfehler, bei Innendurchmessern größer als 133 mm zusätzlich nach SEP 1918 auf Querfehler zu prüfen.

(3) Im Rahmen der Abnahmeprüfung sind 10 % der Werkstücke mindestens aber ein Werkstück, durch den Sachverständigen zu prüfen.

6.4.3.4.2 Oberflächenrißprüfung

(1) An jedem Werkstück ist im endbearbeiteten Zustand an der Außenseite und, bei Nennweiten größer als 50 mm soweit möglich, auch an der Innenfläche vom Hersteller eine Oberflächenrißprüfung durchzuführen. Bei Innendurchmessern unter 600 mm ist die Oberflächenrißprüfung an der Innenoberfläche soweit durchzuführen, wie die Innenoberfläche von den Enden aus zugänglich ist, mindestens jedoch auf einer Länge gleich dem Innendurchmesser.

(2) Im Rahmen der Abnahmeprüfung sind 10% der Werkstücke, mindestens aber ein Werkstück, durch den Sachverständigen zu prüfen.

(3) Bei der Oberflächenrißprüfung sind Anzeigen, die auf Risse oder rißähnliche Fehler schließen lassen, nicht zulässig. Anzeigen bis 6 mm Länge sind dann zulässig, wenn es sich nachweislich um nichtmetallische Einschlüsse handelt.

(4) Bei der Eindringprüfung sind Anzeigenstellen zulässig, deren tatsächliche Ausdehnung unter 1,5 mm liegt und deren Anzeigenbild sich nach einer Stunde Entwicklungszeit nicht wesentlich verändert.

(5) Die Häufigkeit zulässiger Anzeigenstellen darf örtlich bis zu höchstens 10 Stück je Quadratdezimeter betragen. Bei größerer Ausdehnung oder Häufigkeit sind diese Stellen auszubessern, oder es sind vom Hersteller im Einvernehmen mit dem Sachverständigen Untersuchungen durchzuführen, die eine Entscheidung über die Verwendbarkeit ermöglichen.

6.5 Besichtigung und Maßprüfung

(1) Im Lieferzustand sind sämtliche Werkstücke durch eine Besichtigung auf Oberflächenbeschaffenheit und durch eine Maßprüfung auf Formhaltigkeit und Maßgenauigkeit zu prüfen.

(2) Örtliche Oberflächenfehler, die kerb- oder rißähnlichen Charakter haben, sind durch Schleifen zu beseitigen. Die rechnerisch erforderliche Wanddicke darf dabei nicht unterschritten werden. Die beschliffenen Stellen sind einer Oberflächenrißprüfung zu unterziehen.

(3) Eine Beseitigung von Fehlern durch Schweißen darf nur im Einvernehmen mit dem Sachverständigen vorgenommen werden.

6.6 Kennzeichnung

Jedes Werkstück ist unter Beachtung von Abschnitt 3.5 mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

- Zeichen des Herstellers,
- Stahlsorte,
- Schmelznummer,
- Probennummer,
- Zeichen des Sachverständigen.

6.7 Nachweis der Qualitätsmerkmale

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.6.

7 Aus Blechen unlegierter und legierter Stähle geschweißte Stutzen

7.1 Allgemeine Festlegungen

Das Herstellen der Werkstücke und Arbeitsproben, das Oberflächenrißprüfen der Schweißfugenflanken, als zerstörungsfreie Prüfen der Werkstückschweißnähte und das zerstörungsfreie und zerstörende Prüfen der Arbeitsproben sowie das Ausstellen der Bescheinigungen über die Ergebnisse dieser Prüfungen hat nach den jeweiligen Festlegungen in KTA 3401.3 zu erfolgen.

7.2 Werkstoffe und allgemeine Forderungen

Zugelassen sind die nach Abschnitt 2 begutachteten Stähle. Die Forderungen an diese Stähle sind im Anhang A.1 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

7.3 Zusätzliche Forderungen

Werden die Werkstücke im Zuge der Weiterverarbeitung, ausgenommen durch das Anschweißen von Halteeisen, senkrecht zur zylindrischen Oberfläche beansprucht (z.B. durchgesteckte Stutzen), muß die Bruch einschnürung an Senkrechtproben als Mittelwert aus drei Einzelproben mindestens 35 % betragen, wobei kein Einzelwert unter 25 % liegen darf.

7.4 Prüfung

7.4.1 Allgemeines

(1) Für Werkstücke, die im Zuge der Weiterverarbeitung spannungsarmgeglüht werden, sind die vorgeschriebenen Kennwerte an simulierend spannungsarmgeglühten Proben nachzuweisen.

(2) Die Ausgangsbleche sind in dem Wärmebehandlungszustand zu prüfen, wie er sich entsprechend dem nach Tabelle 7-1 gewählten Fertigungsablauf ergibt.

7.4.2 Prüfung der Ausgangsbleche

Unter Beachtung der Abschnitte 7.3 und 7.4.1 sowie Tabelle 7-1 sind die Ausgangsbleche nach Abschnitt 4.3 zu prüfen.

Fall	Fertigungsablauf	Prüfung der mechanischen Eigenschaften für das fertige Teil	Ausgangsblech	
			Anlieferungszustand	Prüfung
1	Kaltrollen Schweißen Spannungsarmglühen	Schweißverbindung an der Arbeitsprobe	normalgeglüht oder vergütet	Ausgangsblech mit zusätzlich simulierend spannungsarmgeglühten Proben
2	Warmrollen Wärmebehandeln ¹⁾ Schweißen Spannungsarmglühen	Grundwerkstoff am Werkstück (Probenring) oder an getrennten Probenabschnitt	Fall a: normalgeglüht oder vergütet	Fall a: Ausgangsblech mit zusätzlich simulierend spannungsarmgeglühten Proben
3	Kaltrollen Wärmebehandeln ¹⁾ Schweißen Spannungsarmglühen	und Schweißverbindung an der Arbeitsprobe	Fall b: Walzzustand	Fall b: an simulierend wärmebehandelten ¹⁾ und zusätzlich simulierend spannungsarmgeglühten

¹⁾ Normalglühen oder vergüten: Vorgang, bei dem sich die mechanisch-technologischen Eigenschaften der Bauteile einstellen.

Tabelle 7-1: Fallunterscheidung für die Prüfung geschweißter Werkstücke in Abhängigkeit vom Fertigungsablauf

7.4.3 Prüfung des Grundwerkstoffes

Werden die Werkstücke nach dem Umformen der eigenschaftsbestimmenden Wärmebehandlung unterzogen, ist nach erfolgter Wärmebehandlung eine erneute Prüfung des Grundwerkstoffes erforderlich (Tabelle 7-1, Fall 2 oder Fall 3).

7.4.3.1 Probenentnahme

(1) Die Entnahme der Probenabschnitte erfolgt entweder direkt vom Werkstück (Probenring), oder die Probenabschnitte sind aus Anbiegeenden oder Abschnitten des eingesetzten Bleches zu entnehmen. Falls Probenabschnitte vor der eigenschaftsbestimmenden Wärmebehandlung entnommen werden, ist sicherzustellen, daß die Probenabschnitte derselben Wärmebehandlung unterzogen werden. Die Prüfung des Grundwerkstoffes darf auch im Rahmen der Prüfung der Arbeitsproben, die aus Abschnitten des eingesetzten Bleches geschweißt wurden, durchgeführt werden.

(2) Bei einzeln der eigenschaftsbestimmenden Wärmebehandlung unterzogenen Werkstücken mit nur einer Schweißnaht ist für jedes Werkstück ein Probenabschnitt vorzusehen. Bei Werkstücken mit zwei Schweißnähten ist nur für den Fall, daß Bleche aus verschiedenen Walztafeln verarbeitet wurden, für jedes Blech ein Probenabschnitt vorzusehen.

(3) Werden zwei oder mehrere Werkstücke im Los der eigenschaftsbestimmenden Wärmebehandlung unterzogen, sind die Probenabschnitte so vorzusehen, daß jedes Wärmebehandlungslos sowie jede Walztafel mit je einem Probenabschnitt erfaßt werden.

(4) Die Proben sind mit Ausnahme der Zugproben zur Ermittlung der Bruchseinschnürung in Dickenrichtung quer zur Hauptwalzrichtung des Ausgangsbleches zu entnehmen und zwar so, daß die Probenachse mindestens im Abstand eines Viertels der Erzeugnisformdicke unterhalb der Blechoberflächen und bei flüssigkeitsvergüteten Werkstücken der Prüfquerschnitt im Abstand der halben Erzeugnisformdicke von der Stirnfläche liegt. Für die Probenlage bei der Grundwerkstoffprüfung an Arbeitsproben gilt sinngemäß dieselbe Festlegung.

(5) Für den Zugversuch bei Raumtemperatur oder Auslegungstemperatur sind Rundproben mit einem Durchmesser von 10 bis 20 mm zu entnehmen. Bei Erzeugnisformdicken, die einen Probendurchmesser von 10 mm nicht zulassen, ist der größtmögliche Durchmesser zu wählen.

7.4.3.2 Prüfumfang

7.4.3.2.1 Härteprüfung

Werden zwei oder mehr Werkstücke im Los vergütet, ist zur Überprüfung der Gleichmäßigkeit an beiden Stirnseiten jedes Werkstückes an zwei gegenüberliegenden Stellen die Härte HB nach DIN 50 351 zu ermitteln.

Hinweis:

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

7.4.3.2.2 Zugversuch

(1) Bei Raumtemperatur sind für jeden Probenentnahmeort die Eigenschaften im Zugversuch zu bestimmen.

(2) Bei Auslegungstemperatur ist je Schmelze und Wärmebehandlungslos eine Probe zu prüfen.

7.4.3.2.3 Kerbschlagbiegeversuch

Bei der vorgesehenen niedrigsten Beanspruchungstemperatur sind je Probenentnahmeort drei ISO-V-Proben im Kerbschlagbiegeversuch zu prüfen.

7.4.3.2.4 Nachweis der Kerbschlagarbeit in der Hochlage

Je Probenentnahmeort ist an drei ISO-V-Proben nachzuweisen, daß die Forderung an die Kerbschlagarbeit in der Hochlage erfüllt wird.

7.4.3.2.5 Beanspruchung in Dickenrichtung

Falls nach Abschnitt 7.3 Forderungen an die Bruchseinschnürung von Senkrechtproben gestellt werden, sind bei Raumtemperatur je Walztafel drei Senkrechtproben im Zugversuch zu prüfen. Dies ist dem Hersteller bei der Herstellung bekanntzugeben.

7.4.4 Prüfung des Werkstückes vor dem Schweißen der Längsnaht

7.4.4.1 Verwechslungsprüfung

An jedem Werkstück ist eine Prüfung zur Vermeidung von Werkstoffverwechslungen durchzuführen.

7.4.4.2 Ultraschallprüfung

(1) Falls das Ausgangsblech ultraschallgeprüft wurde (Flächenprüfung sowie Randzonenprüfung für Längsnaht, Stutzenanschlusnähte und Bereich für das Einschweißen des Stutzens), entfällt eine Ultraschallprüfung am Grundwerkstoff des Werkstückes.

(2) Falls das Ausgangsblech nicht ultraschallgeprüft wurde, sind der Grundwerkstoff jedes Werkstückes einer Flächenprüfung nach Abschnitt 4.3.3.4 (1) sowie die Schweißnahtbereiche (Längsnaht, Stutzenanschlusnähte und Bereich für das Einschweißen des Stutzens) einer Randzonenprüfung nach Abschnitt 5.3.3.4 (2) zu unterziehen.

7.5 Besichtigung und Maßprüfung

(1) Nach der Fertigstellung, gegebenenfalls nach der abschließenden Wärmebehandlung, sind sämtliche Stutzen durch eine Besichtigung auf Oberflächenbeschaffenheit und durch eine Maßprüfung auf Formhaltigkeit, Unrundheit und Maßgenauigkeit zu prüfen.

(2) Oberflächenfehler sind durch Schleifen zu beseitigen. Die rechnerisch erforderliche Wanddicke darf dabei nicht unterschritten werden.

(3) Eine Beseitigung von Fehlern durch Schweißen darf nur im Einvernehmen mit dem Sachverständigen vorgenommen werden.

7.6 Kennzeichnung

Jedes Werkstück ist unter Beachtung von Abschnitt 3.5 mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

- a) Zeichen des Herstellers,
- b) Stahlsorte,

- c) Schmelznummer,
- d) Probennummer,
- e) Zeichen des Sachverständigen.

7.7 Nachweis der Qualitätsmerkmale

Es gelten die Festlegungen des Abschnitts 3.6.

8 Stabstahl für Schrauben und Muttern sowie Schrauben und Muttern

8.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt gilt

- a) für Schrauben und Muttern, die zerspanend aus Stäben vergüteter ferritischer Stähle hergestellt werden,
- b) für Schrauben und Muttern, die aus Stäben ferritischer Stähle warm- oder kaltformgebend gefertigt und anschließend vergütet werden,
- c) für Schrauben und Muttern aus unlegierten und legierten ferritischen Stählen der Festigkeitsklassen nach DIN/ISO 898 Teile 1 und 2 oder DIN 267 Teil 4 sowie aus austenitischen Stählen der Stahlgruppen A 2 und A 4 nach DIN 267 Teil 11 innerhalb der Grenzen nach Tabelle 8-1.

Hinweis:

Gewindewalzen gilt nicht als Kaltumformung, die eine erneute Wärmebehandlung erfordert.

8.2 Werkstoffe

8.2.1 Allgemeines

Es dürfen nachstehende Stahlsorten verwendet werden:

- a) Stahlsorten Ck 35 (W.-Nr. 1.1181) und 24 CrMo 5 (W.-Nr. 1.7258) nach DIN 17 240 in Abmessungen gleich oder kleiner als 100 mm Durchmesser.
- b) Ferritische Stahlsorten für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6 und 8.8 nach DIN/ISO 898 Teil 1.
- c) Ferritische Stahlsorten für Muttern der Festigkeitsklassen 5 und 8 nach DIN/ISO 898 Teil 2 und DIN 267 Teil 4.
- d) Austenitische Stahlsorten der Stahlgruppen A2 und A4 für Schrauben und Muttern der Festigkeitsklassen 50 und 70 nach DIN 267 Teil 11.
- e) Sonstige Stahlsorten, die den Voraussetzungen nach Abschnitt 2.1 genügen.

Hinweis:

Sicherungen durch Schweißungen sind nicht zulässig.

8.2.2 Zusätzliche Forderungen an die Werkstoffe

Bei ferritischen Stählen für Schrauben, ausgenommen Stahlsorten nach Abschnitt 8.1 c), gelten im Kerbschlagbiegeversuch an ISO-V-Längsproben bei Raumtemperatur folgende Forderungen:

- a) Bei Abmessungen von größer als M 24 bis einschließlich M 100 darf der kleinste Einzelwert der seitlichen Breitung 0,6 mm nicht unterschreiten.
- b) Bei Abmessungen von größer als M 100 darf der kleinste Einzelwert der Kerbschlagarbeit 61 J, der kleinste Einzelwert der seitlichen Breitung 0,6 mm nicht unterschreiten.

Stahlsorten	Erzeugnisformen	Festigkeitsklassen	Anwendungsgrenzen
Unlegierte und legierte ferritische Stoffe	Schrauben	4.6, 5.6 und 8.8 nach DIN/ISO 898 Teil 1	≤ M30 für den Anwendungsbereich: ≤ 25 bar und ≤ 100°C; Festigkeitsklasse 8.8 nur in Verbindung mit Flanschen ≤ DIN 500
	Muttern	5 und 8 nach DIN/ISO 898 Teil 2 und DIN 267 Teil 4	≤ M30 für den Anwendungsbereich: ≤ 40 bar und ≤ 300°C; Festigkeitsklasse 8 nur in Verbindung mit Flanschen ≤ DIN 500
Austenitische Stähle der Stahlgruppen A 2 und A 4 nach DIN 267 Teil 11	Schrauben und Muttern	50 und 70 nach DIN 267 Teil 11	≤ M 39

Tabelle 8-1: Anwendungsgrenzen von Schrauben und Muttern nach DIN/ISO 898 Teil 1 oder DIN/ISO 898 Teil 2 und DIN 267 Teil 4 sowie DIN 267 Teil 11

Hauptmerkmale Gewindegrenzmaße (Lehrenhaltigkeit) Kraftangriffsflächen für Montage, Übergang unter dem Schraubenkopf, Gewindegrundradius am Übergang Gewinde-Schaft
Nebenmerkmale Längen (Schraubenlänge, Gewindelänge), Form- und Lageabweichungen, Auflageflächen, Höhen (Kopfhöhen, Mutterhöhen), Durchmesser
Hinweis: Weitere Merkmale sowie deren Einstufung können im Rahmen der Bestellung festgelegt werden.

Tabelle 8-2: Bei der Maßprüfung von Schrauben und Muttern zu prüfende Merkmale sowie deren Einstufung als Haupt- oder Nebenmerkmale

Stückzahl der Prüfeinheit	Stichprobenumfang				Annahmehzahlen	
	Maßprüfung auf Hauptmerkmale		Oberflächenrißprüfung sowie Maßprüfung auf Nebenmerkmale		Maßprüfung auf Hauptmerkmale	Oberflächenrißprüfung sowie Maßprüfung auf Nebenmerkmale
	Schrauben	Muttern	Schrauben	Muttern		
bis 150	32	20	20	13	0	0
151 bis 280	32	20	80	50	0	1
281 bis 500	125	80	80	50	1	1
501 bis 1200	125	80	125	80	1	2
1201 bis 3200	200	125	200	125	2	3
3201 bis 10000	315	200	315	200	3	5

Tabelle 8-3: Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit sowie Annahmehzahlen für die Maßprüfung und die Oberflächenrißprüfung von Schrauben und Muttern

Stückzahl der Prüfeinheit	Stichprobenumfang
bis 150	20
151 bis 280	32
281 bis 500	50
501 bis 1200	80
1201 bis 3200	125
3201 bis 10000	200

Tabelle 8-4: Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit für die Verwechslungsprüfung

Härteprüfung		Zugversuch Kerbschlagbiegeversuch Aufweitversuch	
Stückzahl der Prüfeinheit	Anzahl der zu prüfenden Stücke	Stückzahl der Prüfeinheit	Anzahl der zu prüfenden Stücke
bis 150	8	bis 300	1
151 bis 280	13	301 bis 800	2
281 bis 500	20	über 800	4
501 bis 1200	32		
1201 bis 3200	50		
3201 bis 10000	80		

Tabelle 8-5: Anzahl der zu prüfenden Stücke in Abhängigkeit vom Prüfverfahren und von der Stückzahl der Prüfeinheit bei der mechanisch-technologischen Prüfung von Schrauben und Muttern nach Abschnitt 8.4

Stückzahl der Prüfeinheit	Anzahl der zu prüfenden Stücke
bis 800	1
801 bis 1300	2
über 1300	3

Tabelle 8-6: Anzahl der zu prüfenden Stücke in Abhängigkeit von der Stückzahl der Prüfeinheit bei der mechanisch-technologischen Prüfung von Schrauben und Muttern nach Abschnitt 8.5

Fehlerart	Prüfung an			
	Schrauben		Muttern	
	ferritisch	austenitisch	ferritisch	austenitisch
Härterisse	x	-	x	-
Scherrisse	x	x	x	x
Kopfrisse	x	x	-	-
Schubrisse	x	x	x	x
Riefen	x	x	x	x
Narben	x	x	x	x
Risse am Gewinde	x	x	x	x
Beschädigungen (z.B. Werkzeugmarkierungen)	x	x	x	x
Aufplatzungen	-	-	x	x
Falten	x	x	x	x

Tabelle 8-7: Fehler von Schrauben und Muttern aus ferritischen und austenitischen Stählen und Prüfungen auf solche Fehler nach Abschnitt 8.5.1.3.2 (Erscheinungsformen Bild 8-1, Skizzen 1 bis 5; Bewertung nach Tabelle 8-10)

Prüfung	Art der Bescheinigung nach DIN 50 049					
	Stäbe nach Abschnitt 8.3 für		Fertigteile nach Abschnitt 8.3		Fertigteile nach Abschnitt 8.4	
	Schrauben	Muttern	Schrauben 1)	Muttern 1)	Schrauben	Muttern
Schmelzenanalyse	2.2 2)	2.2 2)	-	-	2.2 2)	2.2 2)
Härteprüfung	3.1 B	3.1 B	-	-	3.1 B	3.1 B
Zugversuch	3.1 C	3.1 B	-	-	3.1 C	3.1 B
Kerbschlagbiegeversuch	3.1 C	3.1 B	-	-	3.1 C	-
Aufweitversuch	-	-	-	-	-	3.1 B
Zerstörungsfreie Prüfungen	3.1 C	3.1 B	3.1 C	3.1 B	3.1 C	3.1 B
3.1 B	3.1 C	3.1 B	-	3.1 B	-	-
Maßprüfung	3.1 B	3.1 B	3.1 C	3.1 B	3.1 C	3.1 B
3.1 B	3.1 C	3.1 B	3.1 C	3.1 B	3.1 C	3.1 B
3.1 B	3.1 B	3.1 B	3.1 B	3.1 B	3.1 B	3.1 B

1) Zusätzlich sind die Bescheinigungen über die Prüfungen an den Stäben erforderlich.
2) Dieser Nachweis darf auch im Abnahmeprüfzeugnis enthalten sein.

Tabelle 8-8: Übersicht über die Prüfungen und Prüfbescheinigungen für Erzeugnisformen nach den Abschnitten 8.3 und 8.4

Stahlsorten	Ezeugnisformen	Festigkeitsklasse	Bescheinigung
Unlegierte und legierte ferritische Stähle	Schrauben	4.6 und 5.6 8.8	DIN 50 049 - 3.1 B 1) DIN 50 049 - 3.1 C
	Muttern	5 und 8	DIN 50 049 - 3.1 B 1)
Austenitische Stahlsorten der Stahlgruppen A 2 und A 4	Schrauben und Muttern	50 und 70	DIN 50 049 - 3.1 B

1) Auf die Ausstellung eines Abnahmeprüfzeugnisses B nach DIN 50 049 darf verzichtet werden, wenn der Hersteller die als Grundlage für die Ausstellung eines solchen Abnahmeprüfzeugnisses notwendigen Prüfungen laufend durchgeführt hat und die Ergebnisse jederzeit zur Einsichtnahme durch den Sachverständigen bereithält.

Tabelle 8-9: Übersicht über die Bescheinigungen für Schrauben und Muttern nach Abschnitt 8.5

8.3 Schrauben und Muttern, die zerspanend aus Stäben vergüteter ferritischer Stähle hergestellt werden

8.3.1 Prüfung an den Stäben

8.3.1.1 Probenentnahme

(1) Es sind Längsproben zu entnehmen.

(2) Der Prüfquerschnitt der Zug- und Kerbschlagproben muß im Abstand von mindestens der Hälfte des Durchmessers von der Stirnfläche entfernt und die Probenachse bei Durchmessern gleich oder kleiner als 40 mm in Stabmitte und bei Durchmessern größer als 40 mm im Abstand eines Sechstels des Durchmessers unter der Oberfläche liegen.

8.3.1.2 Prüfeinheiten

Die Stäbe sind in Prüfeinheiten von höchstens 5000 kg zu prüfen, die aus Stäben gleicher Abmessung, gleicher Schmelze und des gleichen Wärmebehandlungsloses bestehen.

8.3.1.3 Prüfumfang

8.3.1.3.1 Chemische Analyse

Je Schmelze ist eine Schmelzeanalyse durchzuführen.

8.3.1.3.2 Härteprüfung

Bei Stäben aus ferritischen Stählen ist eine Härteprüfung nach DIN 50 351 durchzuführen, und zwar

- bei Stäben mit einem Durchmesser größer als 120 mm an jedem Stab der Prüfeinheit mit je einem Eindruck an einem Ende,
- bei Stäben mit einem Durchmesser von 120 mm oder kleiner an 10 % der Stäbe der Prüfeinheit mit je einem Eindruck an einem Ende, mindestens jedoch an 10 Stäben oder, wenn die Prüfeinheit weniger als 10 Stäbe umfaßt, an jedem Stab.

8.3.1.3.3 Zugversuch

An den Stäben mit niedrigster und höchster Härte nach Abschnitt 8.3.1.3.2 ist bei Raumtemperatur je ein Zugversuch durchzuführen.

8.3.1.3.4 Kerbschlagbiegeversuch

Bei Stäben mit Durchmessern gleich oder größer als 14 mm sind an den beiden Stäben, die nach Abschnitt 8.3.1.3.3 im Zugversuch geprüft werden, im Kerbschlagbiegeversuch bei 20 °C die Kerbschlagarbeit und die seitliche Breitung zu ermitteln.

8.3.1.3.5 Ultraschallprüfung

(1) Alle Stäbe im vergüteten Zustand für Schrauben und Muttern mit Durchmesser gleich oder größer als 30 mm sind vom Hersteller auf Innenfehler zu prüfen. Im Rahmen der Abnahmeprüfung sind vom Sachverständigen 10 % der Stäbe für Schrauben, aber mindestens 10 Stück je Lieferung und 5 % der Stäbe für Muttern, aber mindestens 2 Stäbe je Lieferung zu prüfen.

(2) Die Ultraschallprüfung der Stäbe hat bei Rundstäben auf zwei um 90 Grad und bei Sechskantstäben auf drei um 60 Grad versetzten Prüfbahnen zu erfolgen. Es sind alle Echohöhen zu registrieren, die einem Kreisscheibendurchmesser von 1,5 mm und mehr entsprechen. Zur Festlegung der Registrierungsgrenze ist ein Bezugsreflektor in Form einer radialen Flachboden-Bohrung mit der Lage des Bohrungsgrundes in der Mitte

des Stabes anzubringen. Der Durchmesser dieser Bohrung soll 4 bis 6 mm betragen. Die vorgenannte Prüfeempfindlichkeit ist mit Hilfe eines geeigneten Verstärkungszuschlages einzustellen.

(3) Bei der Radialeinschallung sind Anzeigen bis zu 12 dB über der Registrierungsgrenze und bis zu einer maximalen Länge gleich dem Stabdurchmesser bei Stäben für Schrauben und gleich dem halben Stabdurchmesser bei Stäben für Muttern zulässig. Die Anzeigenlänge ist nach der Halbwertmethode zu bestimmen.

8.3.1.3.6 Besichtigung

Jeder Stab ist einer Sichtprüfung auf seine äußere Beschaffenheit hin zu unterziehen.

8.3.1.3.7 Maßprüfung

Jeder Stab ist auf Maßhaltigkeit zu prüfen.

8.3.1.3.8 Kontrolle der Kennzeichnung

An jedem Stab ist die Kennzeichnung nach Abschnitt 8.6.1 zu kontrollieren.

8.3.1.3.9 Verwechslungsprüfung

Bei legierten Stählen ist unter Beachtung von Abschnitt 3.3.7.5 jeder Stab einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

8.3.2 Prüfung an den Fertigteilen

8.3.2.1 Oberflächenrißprüfung

(1) An den Schrauben und Muttern ist eine Oberflächenrißprüfung durchzuführen. Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig. Weitere Befunde sind nach Tabelle 8-10 zu bewerten.

(2) Die Oberflächenrißprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

8.3.2.2 Maßprüfung

(1) Bei der Maßprüfung sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach Tabelle 8-2 zu überprüfen. Die in der Tabelle 8-2 genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.

(2) Die Maßprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

8.3.2.3 Kontrolle der Kennzeichnung

Die Kennzeichnung nach Abschnitt 8.6.2 ist stichprobenweise zu kontrollieren. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen für die Prüfung der Hauptmerkmale bei der Maßprüfung nach Tabelle 8-3. Die Annahmezahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

8.3.2.4 Verwechslungsprüfung

Schrauben und Muttern aus legierten Stählen sind unter Beachtung von Abschnitt 3.3.7.5 stichprobenweise einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen. Für den Stichprobenum-

fang gelten die Festlegungen in Tabelle 8-4. Die Annahmezahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

8.4 Schrauben und Muttern, die aus Stäben ferritischer Stähle warm- oder kaltformgebend gefertigt und anschließend vergütet werden

8.4.1 Prüfung

8.4.1.1 Probenentnahme

(1) Die Prüfungen sollen an den Schrauben und Muttern selbst durchgeführt werden.

(2) Wenn dies aufgrund der Abmessungen der Schrauben und Muttern nicht möglich ist, sind die Proben für die Zug- und Kerbschlagbiegeversuche aus Stababschnitten zu entnehmen, die auf den für das Vergüten der umgeformten Schrauben und Muttern maßgebenden Wärmebehandlungsdurchmesser abgedreht und mit diesen gemeinsam vergütet worden sind. In diesem Fall gelten für die Probenentnahme die Festlegungen in Abschnitt 8.3.1.1

8.4.1.2 Prüfeinheiten

(1) Die Prüfung ist nach der Endwärmebehandlung an Prüfeinheiten durchzuführen, die aus Teilen ähnlicher Abmessung, der gleichen Schmelze und des gleichen Wärmebehandlungsloses bestehen.

(2) Die Anzahl der zu prüfenden Stücke ist abhängig von der Stückzahl der Prüfeinheit und vom Prüfverfahren. Es gelten die Festlegungen in Tabelle 8-5.

8.4.1.3 Prüfumfang

8.4.1.3.1 Chemische Analyse

Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

8.4.1.3.2 Härteprüfung

(1) Die Schrauben und Muttern jeder Prüfeinheit sind entsprechend Tabelle 8-5 einer Härteprüfung nach DIN 50 551 zu unterziehen.

(2) Falls für die Prüfungen nach den Abschnitten 8.4.1.3.3 und 8.4.1.3.4 Stababschnitte mitvergütet wurden, ist an diesen ebenfalls die Härte zu ermitteln.

8.4.1.3.3 Zugversuch

(1) Der Zugversuch ist entsprechend Tabelle 8-5 an abgedrehten Proben nach DIN/ISO 898 Teil 1 oder bei Prüfung mitvergüteter Stababschnitte an Proben nach DIN 50 125 bei Raumtemperatur durchzuführen.

(2) Das Teil, für das bei der Härteprüfung nach Abschnitt 8.4.1.3.2 der kleinste Wert der Härte ermittelt wurde, ist mitzuerfassen.

8.4.1.3.4 Kerbschlagbiegeversuch

(1) Bei Schrauben größer als M 14 ist entsprechend Tabelle 8-5 im Kerbschlagbiegeversuch bei 20 °C mit Probensätzen, bestehend aus jeweils drei ISO-V-Proben, die Kerbschlagarbeit, bei Schrauben größer als M 24 zusätzlich die seitliche Breitung zu ermitteln.

(2) Das Teil, für das bei der Härteprüfung nach Abschnitt 8.4.1.3.2 der größte Wert der Härte ermittelt wurde, ist mitzuerfassen.

8.4.1.3.5 Aufweitversuch

(1) An Muttern ist entsprechend Tabelle 8-5 der Aufweitversuch nach DIN 267 Teil 21 durchzuführen.

(2) Das Teil, an dem bei der Härteprüfung nach Abschnitt 8.4.1.3.2 der größte Wert der Härte ermittelt wurde, ist mitzuerfassen.

8.4.1.3.6 Oberflächenrißprüfung

(1) An den Schrauben und Muttern ist eine Oberflächenrißprüfung durchzuführen. Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig. Weitere Befunde sind nach Tabelle 8-10 zu bewerten.

(2) Die Oberflächenrißprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

8.4.1.3.7 Maßprüfung

(1) Bei der Maßprüfung sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach Tabelle 8-2 zu überprüfen. Die in der Tabelle 8-2 genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.

(2) Die Maßprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

8.4.1.3.8 Kontrolle der Kennzeichnung

Die Kennzeichnung nach Abschnitt 8.6.2 ist stichprobenweise zu kontrollieren. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen für die Prüfung der Hauptmerkmale bei der Maßprüfung nach Tabelle 8-3. Die Annahmezahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

8.4.1.3.9 Verwechslungsprüfung

Schrauben und Muttern aus legierten Stählen sind unter Beachtung von Abschnitt 3.3.7.5 stichprobenweise einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in Tabelle 8-4. Die Annahmezahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

8.5 Schrauben und Muttern der Festigkeitsklassen nach DIN/ISO 898 Teile 1 und 2 sowie DIN 267 Teile 4 und 11 (Tabelle 8-1)

8.5.1 Prüfung

8.5.1.1 Probenentnahme

(1) Die Prüfungen sollen an den Schrauben und Muttern selbst durchgeführt werden.

(2) Wenn dies aufgrund der Abmessungen der Schrauben und Muttern nicht möglich ist, so sind

- a) bei ferritischen Stählen die Proben für die Zug- und Kerbschlagbiegeversuche aus Stababschnitten zu entnehmen, die auf den für das Vergüten der umgeformten Schrauben und Muttern maßgebenden Wärmebehandlungsdurch-

messer abgedreht und mit diesen gemeinsam wärmebehandelt wurden. In diesem Fall gelten für die Probenentnahme die Festlegungen in Abschnitt 8.3.1.1

- b) Bei austenitischen Stählen sind für die Zugversuche entsprechend längere Schrauben je Prüfeinheit herzustellen.

8.5.1.2 Prüfeinheiten

(1) Die Prüfung ist nach der Endwärmebehandlung an Prüfeinheiten durchzuführen, die aus Teilen ähnlicher Abmessung, gleichen Werkstoffes und gleicher Wärmebehandlung bestehen.

(2) Die Anzahl der zu prüfenden Stücke ist abhängig von der Stückzahl der Prüfeinheit. Es gelten die Festlegungen der Tabelle 8-6.

8.5.1.3 Prüfumfang

8.5.1.3.1 Mechanisch-technologische Prüfungen

(1) Schrauben aus ferritischen Stählen sind nach DIN/ISO 898 Teil 1, Prüfprogramm A zu prüfen. Falls das Prüfprogramm A nicht durchgeführt werden kann, ist nach Prüfprogramm B zu prüfen. Bei Abmessungen größer als M 14 ist der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich.

(2) Bei Schrauben aus ferritischen Stählen der Festigkeitsklasse 8.8 für Auslegungstemperaturen über 50 °C ist an Proben nach DIN 50 125 die 0,2 %-Dehngrenze bei Auslegungstemperatur nachzuweisen.

(3) Muttern aus ferritischen Stählen sind nach DIN/ISO 898 Teil 2 in Verbindung mit DIN 267 Teil 21 zu prüfen.

Hinweis:

Die Prüfung der Muttern nach DIN/ISO 898 Teil 2 setzt den Einsatz von Muttern mit einer Mutternhöhe größer als 0,8 d gemäß DIN 970 voraus. Im Einvernehmen mit dem Sachverständigen dürfen auch Muttern mit einer Mutternhöhe von 0,8 d gemäß DIN 934 eingesetzt werden. Diese Muttern sind x dann nach DIN 267 Teil 4 zu prüfen.

(4) Schrauben und Muttern aus austenitischen Stählen sind nach DIN 267 Teil 11 zu prüfen.

8.5.1.3.2 Oberflächenbeurteilung

Die Schrauben sind nach DIN 267 Teil 19, die Muttern nach DIN 267 Teil 20 auf Fehlerarten entsprechend Tabelle 8-7 zu prüfen und nach Tabelle 8-10 zu bewerten.

8.5.1.3.3 Maßprüfung

(1) Die Schrauben und Muttern sind auf der Grundlage der jeweiligen Erzeugnisform einer Maßprüfung zu unterziehen. Dabei sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach Tabelle 8-2 zu überprüfen. Die in der Tabelle 8-2 genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.

(2) Die Maßprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für die Anzahl der zu prüfenden Stücke und die Annahmezahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

8.6 Kennzeichnung

8.6.1 Kennzeichnung der Stäbe

(1) Die Kennzeichnung ist bei Stäben mit Durchmessern gleich oder kleiner als 25 mm auf Etiketten, bei Stäben mit

Durchmessern größer als 25 mm auf den Stäben selbst anzubringen.

(2) Diese Stäbe sind unter Beachtung von Abschnitt 3.5 mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

- Herstellerzeichen,
- Stahlsorte,
- Schmelzenummer, gegebenenfalls Kurzzeichen,
- Stempel des Sachverständigen.

8.6.2 Kennzeichnung der Schrauben und Muttern

Schrauben und Muttern sind unter Beachtung des Abschnitts 3.5 mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

- Herstellerzeichen,
- Stahlsorte oder Festigkeitsklasse,
- Schmelzenummer bei Abmessungen größer als M 52, gegebenenfalls Kurzzeichen bei Muttern,
- Stempel des Sachverständigen bei Schrauben größer als M 52,
- Zuordnungszeichen zur Bescheinigung bei Schrauben größer als M 24, ausgenommen Schrauben aus Stählen nach Abschnitt 8.5

8.7 Nachweis der Qualitätsmerkmale

(1) Für den Nachweis der Qualitätsmerkmale von Teilen nach Abschnitt 8.3 und 8.4 gelten die Festlegungen in Tabelle 8-8.

(2) Für den Nachweis der Qualitätsmerkmale von Teilen nach Abschnitt 8.5 gelten die Festlegungen in Tabelle 8-9.

9 Stabstahl für hochfeste Schrauben und Muttern sowie hochfeste Schrauben und Muttern für gleitfeste Schraubenverbindungen

9.1 Anwendungsbereich

Der Abschnitt gilt für

- vergütete Stäbe für Schrauben und Muttern,
- aus vergüteten Stäben durch Zerspanung hergestellte Schrauben und Muttern,
- aus Stäben durch Warmanschlagen des Kopfes hergestellte und anschließend vergütete Schrauben,
- aus Stäben durch Warmumformen hergestellte und anschließend vergütete Muttern, die für gleitfeste Schraubenverbindungen bis zu Abmessungen von M 36 verwendet werden.

9.2 Werkstoffe und allgemeine Forderungen

(1) Zulässig sind nach Abschnitt 2.1 begutachtete Stähle. Die Forderungen an diese Stähle sind in den Anhängen A 2 bis A 4 oder im Gutachten des Sachverständigen festgelegt.

(2) Ferner sind zulässig

- der Stahl 34 CrMo 4 (W.Nr. 1.7220) nach DIN 17 200 für Muttern nach Abschnitt 9.7 mit dem maßgebenden Wärmebehandlungsdurchmesser größer als 16 bis gleich oder kleiner als 40 mm und
- der Stahl 42 CrMo 4 (W.Nr. 1.7225) nach DIN 17 200 für Muttern nach den Abschnitten 9.5 und 9.7 mit dem maßgebenden Wärmebehandlungsdurchmesser größer als 16 bis gleich oder kleiner als 100 mm.

Fehlerart	Narben (flache Vertiefungen auf den Oberflächen)	Riefen (schmale, gerade oder leicht gekrümmte Vertiefungen)	Werkzeugmarkierungen	Oberflächenfehler am Gewinde	Falten	Beschädigungen
Gültigkeit	Vollschafschrauben, Muttern	Vollschafschrauben, Muttern	Vollschafschrauben, Dehnschaftschrauben, Muttern	Vollschafschrauben, Dehnschaftschrauben	Muttern	Vollschafschrauben, Dehnschaftschrauben, Muttern
Erscheinungsformen, Lage	a) Schraubenschaft Auflageflächen der Schrauben und Muttern b) Andere Flächen des Schraubenkopfes und der Mutter Bild 8-1 (Skizze 1)	Bild 8-1 (Skizze 2)	Bild 8-1 (Skizze 3)	Bild 8-1 (Skizze 4)	Bild 8-1 (Skizze 5)	keine definierte geometrische Form, Lage und Richtung als äußere Einwirkung erkennbar
Bewertungskriterien	a) Schrauben: $\leq 0,02 d$ max. 0,25 mm; Anteil der Narbenfläche $\leq 5\%$ der Auflagefläche Muttern: zul. Tiefe $\leq 0,25 mm$ Anteil der Narbenfläche $\leq 5\%$ der Auflagefläche b) Schrauben: zul. Tiefe $\leq 0,03 d$ max. 0,4 mm Muttern zul. Tiefe $\leq 0,02 d$ max. 0,6 mm	Schrauben: zul. Tiefe 0,015 d + 0,1 mm, max. 0,4 mm; zul. Breite max 0,13 mm Muttern: zul. Tiefe max 0,3 mm; zul. Riefenbreite 0,02 D	Schrauben: Rauhtiefe (Rz) $\leq 16 \mu m$; Werkzeugmarkierungen am Übergang zwischen Kopf und Schaft sowie am Schaft sind nicht zulässig Muttern: Rauhtiefe (Rz) $\leq 16 \mu m$; auf der Auflagefläche	Überlappungen und Fältelungen sind in folgenden Stellungen nicht zulässig. - im Gewindegrund - auf den belasteten Gewindeflanken Zulässig sind folgende Fehler: - Falten in den Gewindespitzen mit einer Tiefe von max. 0,25 H1; - nicht ganz ausgewalzte Gewindespitzen - Überlappungen und Fältelungen, sofern sie auf der nicht belasteten Flanke in Richtung zum Außendurchmesser verlaufen und nicht tiefer als 0,25 H1 sind, auf einem Gewindegang max. $\frac{1}{2}$ Umdrehung.	Falten in den Auflagefläche und Falten, die in die Auflageflächen hineingehen, sind nicht zulässig.	Liegen Beschädigungen vor, so ist im Einzelfall über die Verwendbarkeit der Teile zu entscheiden. Beschädigungen durch äußere Einwirkungen dürfen die Funktion und Verwendbarkeit der Teile nicht beeinflussen.
	D = Gewindenndurchmesser (Muttern)	d = Gewindenndurchmesser (Schrauben)	Rz = gemittelte Rauhtiefe	H1 = nach DIN 13 Teil 19		

Tabelle 8-10: Bewertungskriterien für die Oberflächenunregelmäßigkeiten bei Schrauben und Muttern

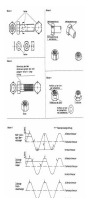


Bild 8-1: Erscheinungsformen und Lage von Fehlern an Schrauben und Muttern

9.3 Ultraschallprüfung der Stäbe

Hinweis:

Abschnitt 3.3.8 ist zu beachten.

(1) Alle Stäbe mit Abmessungen gleich oder größer als 30 mm für Schrauben und Muttern sind im Lieferzustand vom Hersteller auf Innenfehler zu prüfen. Im Rahmen der Abnahmeprüfung sind vom Sachverständigen 10 % der Stäbe für Schrauben, aber mindestens 10 Stück je Lieferung, und 5 % der Stäbe für Muttern, aber mindestens 2 Stäbe je Lieferung, zu prüfen.

(2) Die Ultraschallprüfung der Stäbe hat bei Rundstäben auf zwei um 90 Grad und bei Sechskantstäben auf drei um 60 Grad versetzten Prüfbahnen zu erfolgen. Es sind alle Echohöhen zu registrieren, die einem Kreisseibendurchmesser von 1,5 mm und mehr entsprechen. Zur Festlegung der Registriegrenze ist ein Bezugsreflektor in Form einer radialen Flachboden-Bohrung mit der Lage des Bohrungsgrundes in der Mitte des Stabes anzubringen. Der Durchmesser dieser Bohrung soll 4 bis 6 mm betragen. Die vorgenannte Prüfempfindlichkeit ist mit Hilfe eines geeigneten Verstärkungszuschlages einzustellen.

(3) Bei der Radialeinschallung sind Anzeigen bis zu 12 dB über der Registriegrenze und bis zu einer maximalen Länge gleich dem Stabdurchmesser bei Stäben für Schrauben und gleich dem halben Stabdurchmesser bei Stäben für Muttern zulässig. Die Anzeigenlänge ist nach der Halbwertsmethode zu bestimmen.

9.4 Prüfung vergüteter Stäbe für Schrauben und Muttern

9.4.1 Prüfeinheiten

Die Prüfung hat im endwärmebehandelten Zustand an Prüfeinheiten zu erfolgen, die aus Stäben gleicher Abmessung, Schmelze und gleichem Wärmebehandlungslos bestehen, wobei aber höchstens 100 Stäbe zu einer Prüfeinheit zusammengefaßt werden dürfen.

9.4.2 Probenentnahme

(1) Es sind Längsproben zu prüfen. Der Probenentnahmeort richtet sich in Abhängigkeit vom verwendeten Werkstoff nach den Festlegungen in den Anhängen A 2 bis A 4 oder in DIN 17 200 oder im Gutachten des Sachverständigen.

(2) Die Proben für die mechanisch-technologische Prüfung sind vom härtesten und vom weichsten Stab (siehe Abschnitt 9.4.3.2) jeder Prüfeinheit zu entnehmen.

9.4.3 Prüfumfang

9.4.3.1 Chemische Analyse

(1) Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

(2) Je Prüfeinheit ist vom härtesten und vom weichsten Stab (siehe Abschnitt 9.4.3.2) jeweils eine Stückanalyse auf die in den Anhängen A 2 bis A 4 oder in DIN 17 200 oder im Gutachten des Sachverständigen für den betreffenden Stahl angegebenen chemischen Elemente durchzuführen.

9.4.3.2 Härteprüfung

An 50 % der Stäbe ist an einem Ende die Härte nach Brinell (HB 30) mit je einem Eindruck zu prüfen.

9.4.3.3 Zugversuch

(1) Bei Raumtemperatur ist von jedem Probenentnahmeort nach Abschnitt 9.4.2 eine Probe im Zugversuch zu prüfen.

(2) Bei Stäben für die Schraubenfertigung ist bei Auslegungstemperatur vom Probenentnahmeort mit der niedrigsten Härte eine Probe im Zugversuch zu prüfen.

9.4.3.4 Kerbschlagbiegeversuch

(1) An einem Satz, bestehend aus drei ISO-V-Proben, ist vom Probenentnahmeort mit der höchsten Härte die Kerbschlagarbeit bei 20 °C zu ermitteln.

(2) Der Kerb ist in radialer Richtung anzubringen.

9.4.3.5 Aufweitversuch

Bei Stäben für die Mutternfertigung ist vom Probenentnahmeort mit der höchsten Härte eine Probe im Aufweitversuch nach DIN 267 Teil 21 zu prüfen. Dazu ist das Probenstück, das in den äußeren Abmessungen der endgültigen Mutter zu gleichen hat, auf den Gewindeaußendurchmesser aufzubohren.

9.4.3.6 Ultraschallprüfung

Die Ultraschallprüfung der Stäbe nach dem Vergüten ist gemäß den Festlegungen des Abschnitts 9.3 durchzuführen.

9.4.3.7 Besichtigung

Jeder Stab ist einer Sichtprüfung auf seine äußere Beschaffenheit hin zu unterziehen.

9.4.3.8 Maßprüfung

Jeder Stab ist auf Maßhaltigkeit zu prüfen.

9.4.3.9 Kontrolle der Kennzeichnung

An jedem Stab ist die Kennzeichnung nach Abschnitt 9.8.1 zu kontrollieren.

9.4.3.10 Verwechslungsprüfung

Jeder Stab ist einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen.

9.5 Prüfung von Schrauben und Muttern aus Stäben vergüteter Stähle, durch Zerspanung hergestellt**9.5.1 Prüfung an den Stäben**

Es dürfen nur Stäbe nach Abschnitt 9.4 verwendet werden.

9.5.2 Oberflächenrißprüfung der Schrauben und Muttern

(1) An den Schrauben und Muttern ist eine Oberflächenrißprüfung durchzuführen. Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig. Weitere Befunde sind nach Tabelle 8-10 zu bewerten.

(2) Die Oberflächenrißprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmehzahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

9.5.3 Maßprüfung

(1) Bei der Maßprüfung sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach Tabelle 8-2 zu überprüfen. Die in der Tabelle 8-2 genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.

(2) Die Maßprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmehzahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

9.5.4 Kontrolle der Kennzeichnung

Die Kennzeichnung nach Abschnitt 9.8.2 ist stichprobenweise zu kontrollieren. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen für die Prüfung der Hauptmerkmale bei der Maßprüfung nach Tabelle 8-3. Die Annahmehzahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

9.5.5 Verwechslungsprüfung

Die Schrauben und Muttern sind stichprobenweise einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in Tabelle 8-4. Die Annahmehzahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

9.6 Prüfung von Schrauben, aus Stäben durch Warman-schlagen des Kopfes hergestellt und anschließend vergütet**9.6.1 Ultraschallprüfung der Stäbe**

Die Stäbe sind einer Ultraschallprüfung nach Abschnitt 9.3 zu unterziehen.

9.6.2 Prüfeinheiten

Die Prüfung hat im endwärmebehandelten Zustand an Prüfeinheiten, die aus Schraubenrohlingen gleicher Schmelze und gleichen Wärmebehandlungslosos bestehen, zu erfolgen. Gegebenenfalls darf eine ganze Lieferung als Prüfeinheit genommen werden.

9.6.3 Probenentnahme

(1) Die Proben zu den mechanisch-technologischen Prüfungen sind von den zwei Schraubenrohlingen mit der niedrigsten und der höchsten Härte (siehe Abschnitt 9.6.4.2) jeder Prüfeinheit zu entnehmen.

(2) Es sind Längsproben mit der Achse parallel zur Achse des Schraubenrohlings zu prüfen (Bild 9-1).

9.6.4 Prüfumfang**9.6.4.1 Chemische Analyse****9.6.4.1.1 Schmelzenanalyse**

Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

9.6.4.1.2 Stückanalyse

Je Prüfeinheit ist jeweils eine Stückanalyse vom Schraubenrohling mit der niedrigsten und von dem mit der höchsten Härte nach Abschnitt 9.6.4.2 auf die in den Anhängen A 2 bis A 4 oder im Gutachten des Sachverständigen angegebenen chemischen Elemente hin durchzuführen.

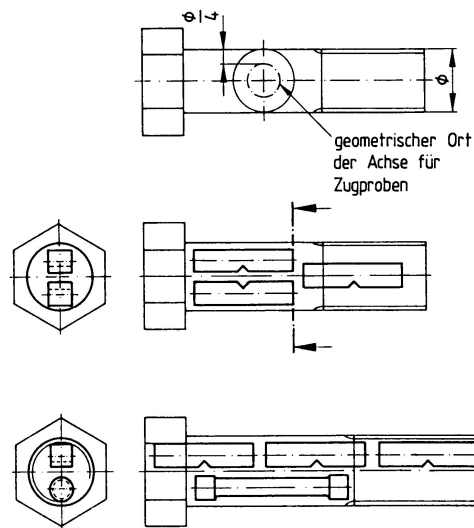
9.6.4.2 Härteprüfung

Die Schraubenrohlinge jeder Prüfeinheit sind am Kopfende entsprechend Tabelle 8-5 einer Härteprüfung nach DIN 50 351 zu unterziehen.

9.6.4.3 Zugversuch

(1) Bei Raumtemperatur ist von jeweils zwei Schraubenrohlingen mit den niedrigsten und zwei mit den höchsten Härten je eine Probe im Zugversuch zu prüfen.

(2) Bei Auslegungstemperatur ist von zwei Schraubenrohlingen mit der niedrigsten Härte je eine Probe im Zugversuch zu prüfen.

**Bild 9-1:**

Probenentnahme an Schraubenrohlingen mit warm angeschlagenem Kopf und anschließender Vergütung

9.6.4.4 Kerbschlagbiegeversuch

- (1) An einem Satz, bestehend aus drei ISO-V-Proben, ist von zwei Schraubenrohlingen mit der höchsten Härte die Kerbschlagarbeit bei 20 °C zu ermitteln.
- (2) Der Kerb ist in radialer Richtung anzubringen.

9.6.4.5 Oberflächenrißprüfung

- (1) An den Schrauben ist eine Oberflächenrißprüfung durchzuführen. Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig. Weitere Befunde sind nach Tabelle 8-10 zu bewerten.
- (2) Die Oberflächenrißprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

9.6.4.6 Maßprüfung

- (1) Bei der Maßprüfung sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach Tabelle 8-2 zu überprüfen. Die in der Tabelle 8-2 genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.
- (2) Die Maßprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

9.6.4.7 Kontrolle der Kennzeichnung

Die Kennzeichnung nach Abschnitt 9.8.2 ist stichprobenweise zu kontrollieren. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen für die Prüfung der Hauptmerkmale bei der Maßprüfung nach Tabelle 8-3. Die Annahmezahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

9.6.4.8 Verwechslungsprüfung

Die Schrauben sind stichprobenweise einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in Tabelle 8-4. Die Annahmezahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

9.6.4.9 Kohlunzustand

Werden Schrauben nach dem Warmanschlagen des Kopfes zuerst fertig bearbeitet, mit dem Gewinde versehen und anschließend vergütet, ist an der Schraube mit dem niedrigsten Härtewert jeder Prüfeinheit der Kohlunzustand nach Abschnitt 8.8 DIN/ISO 898 Teil 1 zu ermitteln.

9.7 Prüfung von Muttern, aus Stäben durch Warmumformen hergestellt und anschließend vergütet**9.7.1 Ultraschallprüfung der Stäbe**

Die Stäbe sind einer Ultraschallprüfung nach Abschnitt 9.3 zu unterziehen.

9.7.2 Prüfeinheiten

Je Schmelze und Wärmebehandlungslos ist beim Hersteller der Mutternabschnitte für je 1000 Muttern zur mechanisch-technologischen Prüfung ein Probenabschnitt, höchstens jedoch vier Probenabschnitte je Schmelze, zu entnehmen, auf den für das Vergüten der warmgeformten Muttern maßgebli-

chen Wärmebehandlungsmesser abzdrehen und gemeinsam mit den Muttern zu vergüten.

9.7.3 Probenentnahme

Die Probenachse der Zug- und Kerbschlagproben ist mit der Achse des Probenabschnittes identisch.

9.7.4 Prüfumfang**9.7.4.1 Chemische Analyse****9.7.4.1.1 Schmelzenanalyse**

Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

9.7.4.1.2 Stückanalyse

Je Prüfeinheit ist je eine Stückanalyse von der Mutter mit der niedrigsten und von der mit der höchsten Härte nach Abschnitt 9.7.4.2 auf die in den Anhängen A 2 und A 4, in DIN 17 200 oder im Gutachten des Sachverständigen angegebenen Elemente hin durchzuführen.

9.7.4.2 Härteprüfung

An den Probenabschnitten ist im vergüteten Zustand an drei Stellen über die Länge sowie an den Muttern entsprechend Tabelle 8-5 an drei um 120 Grad gegeneinander versetzten Meßstellen an einer Auflagefläche die Härte nach Vickers (HV 30) mit je einer Messung zu ermitteln.

9.7.4.3 Zugversuch

Bei Raumtemperatur ist von jedem Probenabschnitt eine Probe im Zugversuch zu prüfen.

9.7.4.4 Kerbschlagbiegeversuch

Bei 20 °C ist von jedem Probenabschnitt an einem Satz, bestehend aus drei ISO-V-Proben, die Kerbschlagarbeit zu ermitteln.

9.7.4.5 Aufweitversuch

Je Prüfeinheit sind entsprechend Tabelle 8-5 Aufweitversuche nach DIN 267 Teil 21 an den Muttern mit der höchsten Härte durchzuführen.

9.7.4.6 Oberflächenrißprüfung

- (1) An den Muttern ist eine Oberflächenrißprüfung durchzuführen. Anzeigen, die auf Risse schließen lassen, sind nicht zulässig. Weitere Befunde sind nach Tabelle 8-10 zu bewerten.
- (2) Die Oberflächenrißprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmezahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

9.7.4.7 Maßprüfung

- (1) Bei der Maßprüfung sind die Haupt- und Nebenmerkmale nach Tabelle 8-2 zu überprüfen. Die in der Tabelle 8-2 genannten Nebenmerkmale dürfen im Einvernehmen mit dem Sachverständigen durch anwendungsspezifische Vorgaben ergänzt oder ersetzt werden.

(2) Die Maßprüfung wird stichprobenweise durchgeführt. Für Stichprobenumfang und Annahmehzahlen gelten die Festlegungen in Tabelle 8-3.

9.7.4.8 Kontrolle der Kennzeichnung

Die Kennzeichnung nach Abschnitt 9.8.2 ist stichprobenweise zu kontrollieren. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen für die Prüfung der Hauptmerkmale bei der Maßprüfung nach Tabelle 8-3. Die Annahmehzahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

9.7.4.9 Verwechslungsprüfung

Die Muttern sind stichprobenweise einer Verwechslungsprüfung zu unterziehen. Für den Stichprobenumfang gelten die Festlegungen in Tabelle 8-4. Die Annahmehzahl ist null, unabhängig vom Stichprobenumfang.

9.8 Kennzeichnung

9.8.1 Kennzeichnung der Stäbe

(1) Die Kennzeichnung ist bei Stäben mit Durchmessern gleich oder kleiner als 25 mm auf Etiketten, bei Stäben mit Durchmessern größer als 25 mm auf den Stäben selbst anzubringen.

(2) Die Kennzeichnung muß folgende Angaben enthalten:

- Herstellerzeichen,
- Stahlsorte,
- Schmelzennummer, gegebenenfalls Kurzzeichen,
- Stempel des Sachverständigen.

9.8.2 Kennzeichnung der Schrauben und Muttern

Die Kennzeichnung muß folgende Angaben enthalten:

- Herstellerzeichen,
- Stahlsorte,
- bei Schrauben größer als M 24 ein Zuordnungszeichen zur Bescheinigung,
- das Zeichen HV.

9.9 Nachweis der Qualitätsmerkmale

(1) Für den Nachweis der Qualitätsmerkmale gelten die Festlegungen in Tabelle 9-1.

(2) In den Abnahmeprüfzeugnissen B nach DIN 50 049 ist auch der Wärmebehandlungszustand mit Glühtemperatur und Glühdauer anzugeben.

10 Flachstahl für Scheiben sowie Scheiben für gleitfeste Schraubenverbindungen

10.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt gilt für aus Flachstahl gefertigte Scheiben, die für gleitfeste Schraubenverbindungen bis zu Abmessungen von M 36 verwendet werden.

10.2 Werkstoff und allgemeine Forderungen

Zulässig ist der Stahl C 45 (W.Nr. 1.0503) nach DIN 17 200 für Scheiben bis 7 mm Dicke, vergütet auf eine Härte zwischen 295 und 350 HV 10.

10.3 Prüfumfang

10.3.1 Chemische Analyse

Je Schmelze ist eine Schmelzenanalyse durchzuführen.

10.3.2 Härteprüfung

An 1 % der Scheiben ist die Härte nach Vickers (HV 10) mit einem Eindruck zu prüfen.

10.3.3 Maßprüfung

An 1 % der Scheiben ist eine Maßprüfung vorzunehmen.

10.3.4 Besichtigung

1 % der Scheiben sind einer Sichtprüfung auf ihre äußere Beschaffenheit zu unterziehen

10.3.5 Kontrolle der Kennzeichnung

An 1 % der Scheiben ist die Kennzeichnung zu kontrollieren.

10.4 Kennzeichnung

Die Scheiben sind mit dem Zeichen HV zu kennzeichnen.

10.5 Nachweis der Qualitätsmerkmale

Die durchgeführten Prüfungen sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis B nach DIN 50 049 zu bescheinigen.

Art der Prüfung	Abschnitt 9.4		Abschnitt 9.5		Abschnitt 9,6	Abschnitt 9.7
	Vergütete Stäbe für		Aus vergüteten Stäben durch Zerspanen hergestellte		Aus Stäben durch Warmumformen hergestellte und anschließend vergütete	
	Schrauben	Muttern	Schrauben	Muttern	Schrauben	Muttern
	Bescheinigung nach DIN 50 049 - 3.1					
Schmelzanalyse	B	B	-	-	B	B
Stückanalyse	B (zwei Stäbe)	B (zwei Stäbe)	-	-	B (zwei Rohlinge)	B (zwei Muttern)
Härte	B (50%)	B (50%)	-	-	B (Stpb) 1)	B (jeder Abschnitt und Stpb 1) an den Muttern)
Zugversuch bei RT	C (zwei Stäbe)	C (zwei Stäbe)	-	-	C (zwei Rohlinge)	C (jeder Abschnitt)
Zugversuch bei Auslegungstemperatur	C (ein Stab)	-	-	-	C (zwei Rohlinge)	-
Kerbschlagbiegeversuch	C (ein Stab)	C (ein Stab)	-	-	C (zwei Rohlinge)	C (jeder Abschnitt)
Aufweitversuch	-	C (ein Stab)	-	-	-	C (Stpb) 1)
US-Prüfung nach Abschnitt 9.3	B (100%) C (10%)	B (100%) C (5%)	B (100%) Stäbe: C (5%)	B (100%) Stäbe: C (10%)	B (100%) Stäbe: C (5%)	B (100%) Stäbe: C (5%)
Oberflächenrißprüfung	-	-	C (Stpb) 2)	C (Stpb) 2)	C (Stpb) 2)	C (Stpb) 2)
Besichtigung	C (100%)	B (100%)	C (Stpb) 2)	C (Stpb) 2)	B (Stpb) 2)	B (Stpb) 2)
Maßprüfung	B (100%)	B (100%)	C (Stpb) 2)	C (Stpb) 2)	C (Stpb) 2)	C (Stpb) 2)
Kontrolle der Kennzeichnung	C (100%)	B (100%)	C (Stpb) 2)	C (Stpb) 2)	B (Stpb) 2)	B (Stpb) 2)
Verwechslungsprüfung	B (100%)	B (100%)	B (Stpb) 3)	B (Stpb) 3)	B (Stpb) 3)	B (Stpb) 2)
Kohlungszustand	-	-	-	-	B (eine Schraube, falls im Fertigungszustand vergütet)	-
1) Stichprobenprüfung nach Tabelle 8-5 2) Stichprobenprüfung nach Tabelle 8-3 3) Stichprobenprüfung nach Tabelle 8-3						

Tabelle 9-1: Übersicht über die erforderlichen Bescheinigungen

Anhang A:

Werkstoffkenndaten

A.1 Stahl 15 MnNi 6 3 (W.-Nr. 1.6210)

A.1.1 Anwendungsbereich

(1) Dieser Anhang legt die Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der kennzeichnenden mechanisch-technologischen und der physikalischen Eigenschaften sowie der Weiterverarbeitung des Stahls 15 MnNi 6 3 für folgende Erzeugnisformen fest:

- Bleche und aus Blech geformte und gegebenenfalls geschweißte Werkstücke bis 150 mm Blechdicke nach den Abschnitten 4, 5 und 7,
 - nahtlose Rohre für Stutzen, Flansche und ringförmige Werkstücke bis 130 mm Nennwanddicke nach Abschnitt 6,
 - nahtlose geschmiedete Hohlkörper oder gewalzte Ringe für Stutzen, Flansche und ringförmige Werkstücke bis 350 mm Nennwanddicke nach Abschnitt 6.
- (2) Die Festlegungen gelten für alle Bereiche der gelieferten Erzeugnisformen.

A.1.2 Werkstoffeigenschaften und Herstellungsverfahren

(1) Der Werkstoff ist ein schweißgeeigneter, besonders beruhigter, kaltzäher Feinkornstahl mit zusätzlich festgelegten Forderungen an die Warmfestigkeitseigenschaften.

(2) Für die Erschmelzung darf das Elektrolichtbogen-, das Elektro-Schlacke-Umschmelz- oder das Sauerstoffblasverfahren angewandt werden. Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

A.1.3 Lieferzustand

Der Werkstoff ist normalgeglüht oder auch zusätzlich spannungsarm geglüht oder je nach Begutachtung im gleichwertigen Zustand z.B. warmgepreßt bei Erzeugnisformen nach Abschnitt 5) auszuliefern.

A.1.4 Chemische Zusammensetzung

Für den Werkstoff gilt die in Tabelle A.1-1 wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

Hinweis:

Die aus den Tabellenwerten abzuleitenden Unterschiede zwischen der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzen- und der Stückanalyse sind zum Teil kleiner, als aufgrund der metallurgischen Zusammenhänge erwartet wird. 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 vorliegenden weiteren Unterlagen überprüft.

A.1.5 Mechanisch-technologische Eigenschaften

A.1.5.1 Allgemeines

(1) Die mechanisch-technologischen Eigenschaften gelten für die Zustände nach den Wärmebehandlungen gemäß Abschnitt A.1.7 sowie gemäß den Abschnitten 3 bis 7.

(2) Die Kennwerte sind je nach Erzeugnisform nachzuweisen für die in den Abschnitten 4.3.2, 5.3.2, 6.4.2 oder 7.4.3.1 festgelegten Probenformen, Probenlagen und Probenrichtungen.

A.1.5.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften bei Raumtemperatur sind in Tabelle A.1-2 festgelegt.

A.1.5.3 Zugversuch bei 145 °C

Die Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften bei der Prüftemperatur 145 °C sind in Tabelle A.1-3 festgelegt.

A.1.5.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Kennwerte für die Zähigkeitseigenschaften sind in Tabelle A.1-4 festgelegt.

A.1.6 Ferritkorngröße

Die Korngrößen-Kennzahl im Lieferzustand muß gleich oder größer als 6 nach Euronorm 103 sein.

Hinweis:

Ein Nachweis ist für Abnahmeprüfungen nicht erforderlich.

A.1.7 Wärmebehandlung

(1) Normalglühen

Das Normalglühen hat bei einer Temperatur zwischen 880 °C und 960 °C zu erfolgen. Nach Erreichen der Temperatur über den gesamten Querschnitt soll die Abkühlung an ruhender Luft erfolgen.

Hinweis:

Bei Abkühlung auf dem Herdwagen darf im Hinblick auf die Einhaltung der Forderungen bewegte Luft zur Anwendung kommen.

(2) Spannungsarmglühen

Das Spannungsarmglühen hat bei einer Temperatur zwischen 530 °C und 580 °C zu erfolgen. Die Haltedauer (DIN 17 014 - Teil 1) beträgt mindestens 30 Minuten. Wird im Laufe der Fertigung mehrfach spannungsarmgeglüht, soll die Haltedauer insgesamt 150 Minuten nicht überschreiten. Bei einer Haltedauer über 90 Minuten ist die untere Grenze der oben angegebenen Temperaturspanne anzustreben. Die Abkühlung soll an ruhender Luft erfolgen.

Hinweis:

Falls im Ofen abgekühlt wird ist auf die Einhaltung der Forderungen an die Festigkeitseigenschaften besonders zu achten.

(3) Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen

Bei Erzeugnisformen nach den Abschnitten 5 und 7 sind je nach Umformgrad folgende Wärmebehandlungen erforderlich:

Umformgrad %	Erforderliche anschließende Wärmebehandlung
≤ 2 1)	Keine
> 2 bis ≤ 5	Spannungsarmglühen
> 5	Normalglühen
1) Je nach Verfahrenstechnik darf in der Begutachtung des Verfahrens im Hinblick auf den Bauschinger-Effekt eine besondere Wärmebehandlung festgelegt werden.	

Nachweis an	Massenanteile in %							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Alges	As
Schmelze 1)	0,12 bis 0,18	0,15 bis 0,35	1,20 bis 1,65	≤ 0,015	≤ 0,005	0,50 bis 0,85	0,020 bis 0,055	≤ 0,015
Stück 1)	0,10 bis 0,20	0,15 bis 0,37	1,15 bis 1,70	≤ 0,017	≤ 0,007	0,50 bis 0,90	0,015 bis 0,065	≤ 0,016
Nachweis an	Massenanteile in %							
	Cr	Cu	Mo	N	Nb	Sn	Ti	V
Schmelze 1)	≤ 0,15	≤ 0,06	≤ 0,05	≤ 0,015	≤ 0,004	≤ 0,010	≤ 0,020	≤ 0,020
Stück 1)	≤ 0,20	≤ 0,07	≤ 0,05	≤ 0,016	≤ 0,004	≤ 0,013	≤ 0,020	≤ 0,020
1) Siehe hierzu auch Hinweis in Abschnitt A.1.4								

Tabelle A.1-1: Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und der Stückanalyse des Stahls 15 MnNi 6 3

Erzeugnisform	Proben- richtung	Erzeugnis- formdicke	Obere Streckgrenze ReH 1)		Zugfestigkeit Rm			Bruchdehnung A5			Brucheinschnürung Z			
			normalg eglüht	normalgeglüht und zusätzlich spannungsarmge glüht	normalge- glüht	normalgeglüht zusätzlich armgeglüht	und spannungs-	längs	tangenti al	quer	läng s	tan- gentia l	quer	senkrecht
			mm	N/mm2		N/mm2		%	%	%	%	%	%	Einz elwe rt
Bleche und aus Blech geformte, ggf. geschweißte Werkstücke nach den Ab- schnitten 4,5 oder 7	quer	> 5 bis ≤ 38	≥ 370	≥ 330	510 bis 630	490 bis 610								
		> 38 bis ≤ 50	≥ 350	≥ 330	510 bis 630	490 bis 610								
		> 50 bis ≤ 80	≥ 330	≥ 330	490 bis 610	490 bis 610		-	-	≥ 22	-	-	≥ 45	-
		> 80 bis ≤ 100	≥ 320	≥ 320	470 bis 600	470 bis 500								
		> 100 bis ≤ 150	≥ 310	≥ 310	470 bis 600	470 bis 600								
	senkrecht	≤ 150	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	≥ 35
Nahtlose Rohre für Stützen, Flansche oder ringförmige Werkstücke nach Abschnitt 6	tangential	≤ 70	≥ 330	≥ 330	490 bis 610	490 bis 610		≥ 24	≥ 22	-	≥ 45	≥ 45	-	-
		> 70 bis ≤ 130	≥ 310	≥ 310	470 bis 590	470 bis 590								
	senkrecht	≤ 130	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	≥ 35
Nahtlose ge- schmiedete Hohlkörper und gewalzte Ringe für Stützen, Flansche oder ringförmige Werkstücke nach Abschnitt 6	längs, quer oder tangential	≤ 70	≥ 320	≥ 320	470 bis 590	470 bis 590								
		> 70 bis ≤ 100	≥ 310	≥ 310	470 bis 590	470 bis 590								
		> 100 bis ≤ 150	≥ 300	≥ 300	470 bis 590	490 bis 590		≥ 22	≥ 22	≥ 22	≥ 45	≥ 45	≥ 45	-
		> 150 bis ≤ 250	≥ 285	≥ 285	440 bis 580	440 bis 580								
	senkrecht	> 250 bis ≤ 350	≥ 275	≥ 275	440 bis 580	440 bis 580								
	senkrecht	≤ 350	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	≥ 35

1) Die Werte gelten für die obere Streckgrenze ReH; wenn diese nicht ausgeprägt ist, gelten sie für die 0,2 %-Dehngrenze Rp0,2.

Tabelle A.1-2: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur für den Stahl 15 MnNi 6 3 im normalgeglühten und zusätzlich spannungsarmgeglühten Zustand

Erzeugnisform	Probenrichtung	Erzeugnisformdicke mm	0,2 %-Dehngrenze Rp0,2		Zugfestigkeit Rm	
			normalgeglüht	normalgeglüht und zusätzlich spannungs- armgeglüht	normalgeglüht	normalgeglüht und zusätzlich spannungs- armgeglüht
			N/mm ²		N/mm ²	
Bleche und aus Blech geformte, ggf. ge- schweißte Werkstücke nach den Abschnitten 4,5 oder 7	quer	> 5 bis ≤ 38	≥ 320	≥ 290	≥ 450	≥ 410
		> 38 bis ≤ 50	≥ 320	≥ 290	≥ 450	≥ 410
		> 50 bis ≤ 80	≥ 290	≥ 290	≥ 440	≥ 410
		> 80 bis ≤ 100	≥ 280	≥ 280	≥ 420	≥ 410
		> 100 bis ≤ 150	≥ 270	≥ 270	≥ 420	≥ 410
Nahtlose Rohre für Stutzen, Flansche oder ringförmige Werkstük- ke nach Abschnitt 6	tangential und längs	≤ 70	≥ 275	≥ 275	≥ 415	≥ 415
		> 70 bis ≤ 130	≥ 240	≥ 240	≥ 375	≥ 375
Nahtlose geschmiedete Hohlkörper und ge- walzte Ringe für Stut- zen, Flansche oder ringförmige Werkstük- ke nach Abschnitt 6	längs, quer und tan- gential	≤ 70	> 280	> 280	≥ 410	≥ 410
		> 70 bis ≤ 100	≥ 270	≥ 270	≥ 410	≥ 410
		> 100 bis ≤ 150	≥ 260	≥ 260	≥ 410	≥ 410
		> 150 bis ≤ 250	≥ 225	≥ 225	≥ 410	≥ 410
		> 250 bis ≤ 350	≥ 215	≥ 215	≥ 410	≥ 410

Tabelle A.1-3: Kennwerte der mechanisch-technologischen Eigenschaften im Zugversuch bei 145° C für den Stahl 15 MnNi 6 3 im normalgeglühten sowie im normalgeglühten und zusätzlich spannungsarmgeglühten Zustand

Erzeugnisform	Probenrichtung	Erzeugnisformdicke	Kerbschlagarbeit AV 1) in J												Seitliche Breitung in mm	
			Mittelwert aus drei Proben						Einzelwert							
			bei der Temperatur in °C													
mm	- 20	0	5	20	30	80	- 20	0	5	20	30	80	- 20	5		
Bleche und aus Blech geformte, ggf. geschweißte Werkstücke nach den Abschnitten 4,5 oder 7	quer	≥ 5 bis ≤ 150	≥ 80	≥ 110	≥ 130	≥ 130	≥ 130	≥ 130	≥ 68	≥ 90	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 0,9	≥ 1,3
Nahtlose Rohre für Stutzen, Flansche oder ringförmige Werkstücke nach Abschnitt 6	tangential oder längs	≤ 150	≥ 80	≥ 110	≥ 130	≥ 130	≥ 130	≥ 130	≥ 68	≥ 90	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 0,9	≥ 1,3
	längs, quer		≥ 80	≥ 110	≥ 130	≥ 130	≥ 130	≥ 130	≥ 68	≥ 90	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 0,9	≥ 1,3
Nahtlose geschmiedete Hohlkörper und gewalzte Ringe für Stutzen, Flansche oder ringförmige Werkstücke nach Abschnitt 6	oder tangential	> 150 bis ≤ 350	≥ 70	≥ 90	≥ 110	≥ 130	≥ 130	≥ 130	≥ 56	≥ 72	≥ 88	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 0,9	≥ 1,3
1) Bei Proben mit Dicken < 10 mm verringern sich die Anforderungen entsprechend dem Prüfquerschnitt.																

Tabelle A.1-4: Zähigkeitskennwerte im Kerbschlagbiegeversuch an ISO-V-Proben für den Stahl 15 MnNi 6 3

Erzeugnisform	Erzeugnisformdicke mm	Vorwärmtemperatur TV 1) Zwischenlagentemperatur TZ 1) °C	Haltetemperatur TH 2) °C	Abkühlzeit zwischen 800°C und 500°C t _{8/5} s	Streckenenergie kJ/cm
Bleche und aus Blech geformte, ggf. geschweißte Werkstücke nach den Abschnitten 4,5 oder 7	≤ 15 bis ≤ 30 > 30 bis ≤ 50 > 50 bis ≤ 150	20 bis 150 80 bis 180 100 bis 220 120 bis 220	≥ 20 ≥ 20 ≥ 100 ≥ 120	8 bis 25	nach SEW 088 ermitteln
Nahtlose Rohre und nahtlos geschmiedete Hohlkörper und gewalzte Ringe für Stutzen, Flansche oder ringförmige Werkstücke nach Abschnitt 6	≤ 15 bis ≤ 30 > 30 bis ≤ 350	20 bis 150 80 bis 180 120 bis 220	≥ 20 ≥ 20 ≥ 120	8 bis 25	nach SEW 088 ermitteln
1) Definitionen 2) Definitionen siehe DIN 32 524	siehe	DIN	1910	Teil	12.

Tabelle A.1-5: Überprüfter Arbeitsbereich für das Schweißen des Stahls 15 MnNi 6 3

Temperatur	Dichte	Elastizitätsmodul (dynamisch)	Wärmeleitfähigkeit	Mittlere spezifische isobare Wärmekapazität (Vergleichstemperatur 20°)	Temperaturleitfähigkeit	Mittlerer thermischer Längenausdehnungs- koeffizient zwischen 20°C und T
T	P	E		$\bar{c}_p$	a	α
°C	kg/m ³	kN/mm ²	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{J}{kg \cdot K}$	10 ⁻⁶ m ² /s	$\frac{10^{-6}}{K}$
20	7840	211	42	440	12,18	-
100	-	206	43	460	11,92	12,4
150	-	202	43	470	11,67	12,7

Tabelle A.1-6: Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften des Stahl 15 MoNi 6 3

A.1.8 Umformen

(1) Kalt- und Warmumformen sind werkstoffmäßig ohne Schwierigkeiten möglich.

Hinweis:

Bei Erzeugnisformen nach Abschnitt 6 kommt für die hier in Rede stehende Verwendung ein Umformen im allgemeinen nicht in Betracht.

(2) Zum Warmumformen ist mindestens auf die unterste Temperatur für das Normalglühen (880°C) zu erwärmen. Warmumformungen sind im Temperaturbereich von 750°C bis 1050°C durchzuführen. Vor dem letzten Schritt des Warmumformens oder bei einmaligem Warmumformen ist das Werkstück nicht über 980°C zu erwärmen. Wird das Warmumformen in mehreren Schritten durchgeführt, so ist vor dem letzten Schritt eine Zwischenabkühlung unter 500°C erforderlich.

(3) Das Verfahren ist vom Sachverständigen erstmalig zu begutachten. Die Festlegungen in Abschnitt 2.1.3 SEW 088 sind zu beachten. Beim Warmumformen außerhalb des angegebenen Temperaturbereiches und Warmumformen mit örtlichen Anwärmen ist ein Normalglühen des ganzen Bauteils erforderlich.

A.1.9 Schweißen und thermisches Trennen

(1) Der Stahl ist unter Beachtung von KTA 3401.3 nach folgenden Verfahren schweißbar:

- Lichtbogenhandschweißen mit umhüllten basischen Stabelektroden,
- Unterpulverschweißen mit basischen Pulvern,
- Wolfram-Inertgas-Schweißen,
- Schweißen mit Fülldrähten.

(2) Die überprüften Arbeitsbereiche für das Schweißen sind in Tabelle A.1-5 angegeben. Andere Arbeitsbereiche für das Schweißen sind zulässig, wenn dafür Verfahrensprüfungen nach KTA 3401.3 durchgeführt werden.

(3) Für das Vorgehen beim Schweißen und thermischen Trennen sind die Festlegungen von SEW 088 zu beachten.

(4) Nach dem Schweißen ist bei Erzeugnisformdicken über 38 mm ein Spannungsarmglühen erforderlich. Maßgebend ist der zu verbindende Querschnitt.

(5) Der Gehalt an diffusiblem Wasserstoff, ermittelt nach DIN 8572 Teil 1 und Teil 2, soll beim Lichtbogenhandschweißen DIN 8572-HD 5, beim Unterpulverschweißen DIN 8572-HD 7, nicht überschreiten.

(6) Die zerstörungsfreien Prüfungen sind frühestens 48 Stunden nach Beendigung der Schweißarbeiten durchzuführen, sofern ungeglühte Schweißnähte vorliegen.

A.1.10 Physikalische Eigenschaften (Anhaltswerte)

In Tabelle A.1-6 sind die Anhaltswerte für die physikalischen Eigenschaften angegeben. Gegebenenfalls sind sie der Berechnung zugrunde zulegen.

A.1.11 Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.1 sind unter Angabe der Erzeugnisform, des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches im VdTÜV-Werkstoffblatt 427 aufgeführt.

A.2 Stahl 40 NiCrMo 8 4 (W-Nr. 1.6562)

A.2.1 Allgemeines

Dieser Anhang legt Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der Weiterverarbeitung des Stahls 40 NiCrMo 8 4 für die in Abschnitt 9 genannten Schrauben und Muttern fest.

A.2.2 Werkstoffeigenschaften und Herstellungsverfahren

(1) Der Werkstoff ist ein hochfester Vergütungsbaustahl mit festgelegten Mindestwerten der Warmfestigkeitseigenschaften.

(2) Für die Erschmelzung darf das Sauerstoffblasverfahren und das Elektrolichtbogen-Verfahren angewandt werden.

(3) Bei Anwendung anderer Herstellverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

A.2.3 Lieferzustand

(1) Der Werkstoff ist im vergüteten Zustand auszuliefern.

(2) Bei Werkstoff für durch Warmumformen hergestellte Schrauben und Muttern kommt auch eine Auslieferung im Walzzustand oder im weichgeglühten Zustand in Betracht.

A.2.4 Chemische Zusammensetzung

Für den Werkstoff gilt die in Tabelle A.2-1 wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stüchanalyse.

A.2.5 Mechanisch-technologische Eigenschaften

A.2.5.1 Allgemeines

(1) Die mechanisch-technologischen Eigenschaften gelten für den vergüteten Zustand nach Abschnitt A.2.6 und nach den Abschnitten 3 und 9.

(2) Die Werte gelten für Stabstahl bis 70 mm Erzeugnisformabmessung und für die durch Warmumformen hergestellten Schrauben und Muttern.

(3) Die Proben sind den Stäben als Längsproben mit der Achse im Abstand ein Sechstel des Durchmessers unter der Oberfläche zu entnehmen.

(4) Für Schrauben und Muttern gelten die in Abschnitt 9 festgelegten Probenlagen und Probenrichtungen.

A.2.5.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

Die mechanischen Eigenschaften bei Raumtemperatur sind in Tabelle A.2-2 festgelegt.

A.2.5.3 Zugversuch bei 145 °C

Die mechanischen Eigenschaften bei der Prüftemperatur 145 °C sind in Tabelle A.2-3 festgelegt.

A.2.5.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Kennwerte für die Zähigkeitseigenschaften enthält Tabelle A.2-4.

A.2.6 Wärmebehandlung

Die Festlegungen für die Wärmebehandlung enthält Tabelle A.2-5.

A.2.7 Verarbeitung

- (1) Es darf nur eine spanende Bearbeitung oder ein Warmumformen erfolgen.
- (2) Nach dem Warmumformen ist zu vergüten.

Hinweis:

Ein Kaltumformen ist nicht vorgesehen (Gewinderollen gilt nicht als Kaltumformen).

A.2.8 Schweißen

Der Werkstoff ist nicht schweißgeeignet.

A.2.9 Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.1 sind unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches im VdTÜV Werkstoffblatt 380 aufgeführt.

Nachweis an	Massenanteile in %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Alges
Schmelze	0,37	0,20	0,70			0,70	0,30	1,65	0,005
	bis	bis	bis	≤ 0,020	≤ 0,015	bis	bis	bis	bis
	0,44	0,35	0,90			0,95	0,40	2,00	0,050
Atück	0,35	0,17	0,66			0,65	0,26	1,60	0,005
	bis	bis	bis	≤ 0,025	≤ 0,020	bis	bis	bis	bis
	0,46	0,38	0,94			1,00	0,44	2,05	0,055

Tabelle A.2-1: Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse des Stahls 40 NiCrMo 8 4

Erzeugnisform- abmessung mm	Verwendung	0,2 %- Dehngrenze Rp0,2 N/mm2	Zugfestigkeit Rm N/mm2	Bruchdehnung A5 %	Bruch- schnürung Z %	Brinellhärte HB 30
≤ 70	Schrauben	≥ 940	1040 bis 1190	≥ 14	≥ 40	293 bis 363
	Muttern	≥ 725	860 bis 1010	≥ 15	≥ 50	248 bis 311
Probenrichtung: längs						

Tabelle A.2-2: Mechanische Eigenschaften im Zugversuch und Brinellhärte bei Raumtemperatur des Stahls 40 NiCrMo 8 4

Erzeugnisformabmessung	Verwendung	0,2 %-Dehngrenze Rp0,2 N/mm2
≤ 70	Schrauben	≥ 840
Probenrichtung: längs		

Tabelle A.2-3: Mechanische Eigenschaften im Zugversuch bei 145 °C des Stahls 40 NiCrMo 8 4

Erzeugnisformabmessung mm	Verwendung	Kerbschlagarbeit AV	
		Mittelwert	Einzelwert
≤ 70	Schrauben	≥ 52	≥ 43
	Muttern	≥ 52	≥ 43
Probenrichtung: längs			

Tabelle A.2-4: Zähigkeitskennwerte im Kerbschlagbiegeversuch bei 20 °C an ISO-V-Proben des Stahls 40 NiCrMo 8 4

Behandlungsschritt	Haltetemperatur °C für		Haltedauer	Abkühlung
	Schrauben	Muttern		
Härten	840 bis 860	840 bis 860	-	Öl oder wasser
Anlassen	550 bis 600	600 bis 650	≥ 6 h	Ofen oder Luft

Tabelle A.2-5: Festlegungen für die Wärmebehandlung des Stahls 40 NiCrMo 8 4**A.3 Stahl 26 NiCrMo 14 6 (W.-Nr. 1.6958)****A.3.1 Allgemeines**

Dieser Anhang legt Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der Weiterverarbeitung des Stahls 26 NiCrMo 14 6 für die in Abschnitt 9 genannten Schrauben fest.

A.3.2 Werkstoffeigenschaften und Herstellungsverfahren

(1) Der Werkstoff ist ein hochfester Vergütungsbaustahl mit festgelegten Mindestwerten der Warmfestigkeitseigenschaften.

(2) Für die Erschmelzung darf das Elektrolichtbogen-Verfahren mit nachfolgendem Elektro-Schlacke-Umschmelzen angewandt werden.

(3) Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

A.3.3 Lieferzustand

(1) Der Werkstoff ist im vergüteten Zustand auszuliefern.

(2) Bei Werkstoff für durch Warmumformen hergestellte Schrauben kommt auch eine Auslieferung im Walzzustand oder im weichgeglühten Zustand in Betracht.

A.3.4 Chemische Zusammensetzung

Für den Werkstoff gilt die in Tabelle A.3-1 wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

A.3.5 Mechanisch-technologische Eigenschaften**A.3.5.1 Allgemeines**

(1) Die mechanisch-technologischen Eigenschaften gelten für den vergüteten Zustand nach Abschnitt A.3.6 und nach den Abschnitten 3 und 9.

(2) Die Werte gelten für Stabstahl bis 70 mm Erzeugnisformabmessung und für die durch Warmumformen hergestellten Schrauben.

(3) Die Proben sind den Stäben als Längsproben, und zwar bei Durchmessern D gleich oder kleiner als 40 mm im Abstand D/2, bei Durchmessern D größer als 40 mm mit der Längsachse im Abstand D/6 unter der Oberfläche zu entnehmen.

(4) Für Schrauben gelten die in Abschnitt 9 festgelegten Probenlagen und Probenrichtungen.

A.3.5.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

Die mechanischen Eigenschaften bei Raumtemperatur sind in Tabelle A.3-2 festgelegt.

A.3.5.3 Zugversuch bei 145 °C

Die mechanischen Eigenschaften bei der Prüftemperatur 145 °C sind in Tabelle A.3-3 festgelegt.

A.3.5.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Kennwerte für die Zähigkeitseigenschaften enthält Tabelle A.3-4.

A.3.6 Wärmebehandlung

Die Festlegungen für die Wärmebehandlung enthält Tabelle A.3-5

A.3.7 Verarbeitung

(1) Es darf nur eine spanende Bearbeitung oder ein Warmumformen erfolgen.

(2) Nach dem Warmumformen ist zu vergüten.

Hinweis:

Ein Kaltumformen ist nicht vorgesehen (Gewinderollen gilt nicht als Kaltumformen).

A.3.8 Schweißen

Der Werkstoff ist nicht schweißgeeignet.

A.3.9 Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.1 sind unter Angabe des Herstellungs- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches im TÜV-Werkstoffblatt 390 aufgeführt.

Nachweis an	Massenanteile in %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
Schmelze	0,25		0,20			1,2	0,35	3,3	
	bis	≤ 0,30	bis	≤ 0,020	≤ 0,015	bis	bis	bis	≤ 0,12
	0,30		0,50			1,7	0,55	3,8	
Stück	0,23		0,16			1,15	0,31	3,25	
	bis	≤ 0,33	bis	≤ 0,025	≤ 0,020	bis	bis	bis	≤ 0,14
	0,32		0,54			1,75	0,59	3,85	

Tabelle A.3-1: Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalysen des Stahls 26 NiCrMo 14 6

Erzeugnisformabmessung	0,2 %-Dehngrenze Rp0,2 N/mm2	Zugfestigkeit Rm N/mm2	Bruchdehnung A5 %
mm			
≤ 70	≥ 940	1040 bis 1240	≥ 14

Tabelle A.3-2: Mechanische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur des Stahls 26 NiCrMo 14 6

Erzeugnisformabmessung	0,2 %-Dehngrenze Rp0,2 N/mm2
mm	
≤ 70	≥ 865
Probenrichtung: längs	

Tabelle A.3-3: Mechanische Eigenschaften im Zugversuch bei 145°C des Stahls 26 NiCrMo 14 6

Erzeugnisformabmessung	Kerbschlagarbeit AV	
	Mittelwert	Einzelwert
mm	J	J
≤ 70	≥ 48	≥ 34
Probenrichtung: längs		

Tabelle A.3-4: Zähigkeitskennwerte im Kerbschlagbiegeversuch bei 20°C an ISO-V-Proben des Stahls 26 NiCrMo 14 6

Behandlungsschritt	Haltetemperatur °C	Haltedauer	Abkühlung
Härten	840 bis 870	-	Wasser oder Öl
Anlassen	530 bis 580	≥ 2h	Luft

Tabelle A.3-5: Festlegungen für die Wärmebehandlungen des Stahls 26 NiCrMo 14 6

A.4 Stahl 20 NiCrMo 14 5 (W.-Nr. 1.6772)**A.4.1 Allgemeines**

Dieser Anhang legt Einzelheiten der chemischen Zusammensetzung, der mechanisch-technologischen Eigenschaften und der Weiterverarbeitung des Stahls 20 NiCrMo 14 5 für die in Abschnitt 9 genannten Schrauben fest.

A.4.2 Werkstoffeigenschaften und Herstellungsverfahren

(1) Der Werkstoff ist ein hochfester Walz- und Schmiedestahl mit festgelegten Mindestwerten der Warmfestigkeitseigenschaften.

(2) Für die Erschmelzung darf das Elektrolichtbogen-Verfahren angewandt werden.

(3) Bei Anwendung anderer Herstellungsverfahren ist der Nachweis der Gleichwertigkeit zu erbringen.

A.4.3 Lieferzustand

(1) Der Werkstoff ist im vergüteten Zustand auszuliefern.

(2) Bei Werkstoffen für durch Warmumformen hergestellte Schrauben kommt auch eine Auslieferung im Walzzustand oder im weichgeglühten Zustand in Betracht.

A.4.4 Chemische Zusammensetzung

Für den Werkstoff gilt die in Tabelle A.4-1 wiedergegebene chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse.

A.4.5 Mechanisch-technologische Eigenschaften**A.4.5.1 Allgemeines**

(1) Die mechanisch-technologischen Eigenschaften gelten für den vergüteten Zustand nach Abschnitt A.4.6 und nach den Abschnitten 3 und 9.

(2) Die Werte gelten für Stabstahl bis 70 mm Erzeugnisformabmessung und für die durch Warmumformen hergestellten Schrauben.

(3) Die Proben sind den Stäben als Längsproben, und zwar bei Durchmessern gleich oder kleiner als 40 mm im Abstand

D/2, bei Durchmessern D größer als 40 mm mit der Längsachse im Abstand D/6 unter der Oberfläche zu entnehmen.

(4) Für Schrauben gelten die im Abschnitt 9 festgelegten Probenrichtungen und Probenlagen.

A.4.5.2 Zugversuch bei Raumtemperatur

Die mechanischen Eigenschaften bei Raumtemperatur sind in Tabelle A.4-2 festgelegt.

A.4.5.3 Zugversuch bei 145 °C

Die mechanischen Eigenschaften bei der Prüftemperatur 145 °C sind in Tabelle A.4-3 festgelegt.

A.4.5.4 Kerbschlagbiegeversuch

Die Kennwerte für die Zähigkeitseigenschaften enthält Tabelle A.4-4.

A.4.6 Wärmebehandlung

Die Festlegungen für die Wärmebehandlung enthält Tabelle A.4-5.

A.4.7 Verarbeitung

(1) Es darf nur eine spanende Bearbeitung oder ein Warmumformen erfolgen.

(2) Nach dem Warmumformen ist zu vergüten.

Hinweis:

Ein Kaltumformen ist nicht vorgesehen (Gewinderollen gilt nicht als Kaltumformen).

A.4.8 Schweißen

Der Werkstoff ist nicht schweißgeeignet.

A.4.9 Werkstoffbegutachtung

Hersteller mit abgeschlossener Werkstoffbegutachtung nach Abschnitt 2.1 sind unter Angabe des Herstell- und Fertigungsverfahrens, des Lieferzustandes und des Abmessungsbereiches im VdTÜV-Werkstoffblatt 337 aufgeführt.

Nachweis an	Massenanteile in %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Schmelze	0,18	0,15	0,30	≤ 0,020	≤ 0,010	1,20	0,25	3,40
	bis	bis	bis			bis	bis	bis
	0,25	0,40	0,50			1,50	0,50	4,00
Stück	0,16	0,10	0,26	≤ 0,025	≤ 0,015	1,15	0,20	3,30
	bis	bis	bis			bis	bis	bis
	0,27	0,45	0,54			1,55	0,55	4,10

Tabelle A.4-1: Chemische Zusammensetzung nach der Schmelzen- und Stückanalyse des Stahls 20 NiCrMo 14 5

Erzeugnisformabmessung	0,2 %-Dehngrenze Rp0,2 N/mm ²	Zugfestigkeit Rm N/mm ²	Bruchdehnung A5 %	Brucheinschnürung Z %
≤ 70	≥ 940	1040 bis 1240	≥ 14	≥ 55
Probenrichtung längs				

Tabelle A.4-2: Mechanische Eigenschaften im Zugversuch bei Raumtemperatur des Stahls 20 NiCrMo 14 5

Erzeugnisformabmessung mm	0,2 %-Dehngrenze Rp0,2 N/mm ²
≤ 70	≥ 865
Probenrichtung längs	

Tabelle A.4-3: Mechanische Eigenschaften im Zugversuch bei 145 °C des Stahls 20 NiCrMo 14 5

Erzeugnisformabmessung mm	Kerbschlagarbeit AV		seitliche Breitung
	Mittelwert J	Einzelwert J	Einzelwert mm
≤ 70	≥ 75	≥ 61	≥ 0,6
Probenrichtung längs			

Tabelle A.4-4: Zähigkeitskennwerte im Kerbschlagbiegeversuch bei 20°C an ISO-V-Proben des Stahls 20 NiCrMo 14 5

Behandlungsschritt	Haltetemperatur °C	Abkühlung
Härten	830 bis 900	Wasser oder Öl
Anlassen	520 bis 600	-

Tabelle A.4-5: Festlegungen für die Wärmebehandlung des Stahls 20 NiCrMo 14 5

Anhang B

Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen

Hinweis:

Für die Durchführung von manuellen Ultraschallprüfungen ist DIN 54 125 in Vorbereitung.

B 1 Anwendungsbereich

(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 Definitionen nach DIN 54 119.

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, a'	Projektionsabstände	mm
AVG	Abstand/Verstärkung/Größe	-
C	Schallbündelbreite, bezogen auf 20 dB Echoabfall	mm
DO	Schwingerabmessung	mm
Deff	Effektive Schwingerabmessung	mm
Dk	Durchmesser der Kugelbodenbohrung	mm
DKSR	Durchmesser des Kreisscheibenreflektors	mm
Dz	Durchmesser der Zylinderbohrung	mm
Ds	Schallbündeldurchmesser, bezogen auf 6 dB Echoabfall	mm
d	Krümmungsdurchmesser des Prüfgegenstandes	mm
dref	Krümmungsdurchmesser der Gegenfläche	mm
f	Bandbreite (Differenz zwischen oberer und unterer Grenzfrequenz), bezogen auf den 3 dB-Abfall	MHz
fN	Nennfrequenz	MHz
G	Auf den effektiven Schwingerdurchmesser bezogener Reflektordurchmesser	-
GK	Geräteverstärkung bei Einstellung der Justierreflektoranzeige auf Kennhöhe am Bildschirm	dB
GT	Geräteverstärkung bei Einstellung der Durchschallungsanzeige auf Kennhöhe am Bildschirm	dB
$\overline{G}_T$	Arithmetischer Mittelwert von GT-Werten	dB
GR	Geräteverstärkung für die Registriergrenze	dB
γ_6	Öffnungswinkel der 6 dB-Grenze	Grad
H	Auf die Bildschirmhöhe bezogene Echohöhe	-
K1	Kontrollkörper nach DIN 54 120	-
K2	Kontrollkörper nach DIN 54 122	-
κ	Schallschwächungskoeffizient (abweichend von DIN 54 119: auf den Schallweg bezogene Schallschwächung)	dB/mm
L	Prüfkopfabmessung in Krümmungsrichtung	mm
λ	Ultraschallwellenlänge	mm
N	Nahfeldlänge	-
n	Anzahl der Einzelmeßwerte	-
P	Projektionsabstand im ganzen Sprung	mm
Ra	Mittenrauhwert nach DIN 4768 Teil 1	μm
RL	Registrierlänge	mm
RLK	Korrigierte Registrierlänge	mm
S	Schallweg (Abstand zwischen Schwinger und Reflektor)	mm
SE	Sender - Empfänger	-
s	Wanddicke	mm
sj	Dicke des Justierkörpers	mm
V	Verstärkung im allgemeinen AVG-Diagramm	dB
ΔV_K	Auf einen bestimmten Schallweg bezogene Schallschwächungskorrektur	dB
ΔV_{koppl}	Ankopplungskorrektur	dB
ΔV_S	Divergenzkorrektur der Rückwandeckchokurve	dB
$\Delta V_{\sim}$	Verstärkungskorrektur zur Berücksichtigung von Transferschwankungen	dB
ΔV_T	Transferkorrektur	dB

B 2.3 Formeln

Die zu berechnenden Größen sind nach folgenden Formeln zu ermitteln:

- a) Die auf den 20 dB-Echohöhenabfall bezogene Schallbündelbreite C:

$$C = 2\lambda \frac{S}{D_0} \quad (\text{B-1})$$

- b) Umrechnung der Echohöhe von Querbohrungen in die Echohöhe von Kreisscheibenreflektoren:

$$D_{\text{KSR}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\pi}} \cdot \lambda \cdot \sqrt{D_Z} \cdot S \quad (\text{B-2})$$

wobei $S > 0,7 N$ und $D_k > 1,5 k$.

- c) Umrechnung der Echohöhe von Kugelbodenbohrungen in die Echohöhe von Kreisscheibenreflektoren:

$$D_{\text{ksr}} = \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} \cdot D_k \quad (\text{B-3})$$

wobei $S > 0,7 N$ und $D_k > 1,5 k$.

- d) Der auf den 6 dB-Echohöhenabfall bezogene Schallbündeldurchmesser D_s :

$$D_s = 2 \cdot S \cdot \tan \gamma_6 \quad (\text{B-4})$$

- e) Mittelwert der Geräteverstärkung $\bar{G}_T$:

$$\bar{G}_T = \frac{\sum G_T}{n} = \frac{\text{Summe der Einzelwerte}}{\text{Anzahl der Einzelwerte}} \quad (\text{B-5})$$

- f) Korrigierte Registrierlänge RLK:

$$RLK = R_L - D_S \cdot \left(1 - \frac{D_S}{R_L}\right) \quad (\text{B-6})$$

- g) Schallweg ohne Seitenwandeneinfluß

$$S = \frac{s \cdot D_{\text{eff}}}{2 \cdot \lambda} \quad (\text{B-7})$$

- h) Verstärkungskorrektur $\Delta V \sim$

$$\Delta V \sim 1,7 \sqrt{\frac{\sum G_T^2 - \frac{1}{n} (\sum G_T)^2}{n-1}} \quad (\text{B-8})$$

oder

$$\Delta V \sim 1,7 \sqrt{\frac{\sum (G_T - \bar{G}_T)^2}{n-1}} \quad (\text{B-9})$$

B 3 Allgemeine Anforderungen

B 3.1 Prüfdurchführung

(1) Bei der Justierung und 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 Rückstände des Koppelmittels vom Prüfgegenstand zu entfernen.

(2) Prüfgegenstand, Justierkörper und Prüfköpfe sollen annähernd die gleiche Temperatur aufweisen.

(3) Bei der Empfindlichkeitsjustierung und während des Prüfens darf nur der Verstärkungssteller und kein anderes die Echohöhe beeinflussendes Bedienungselement (z.B. für Frequenzbereich, Impulsstärke, Auflösung, Schwellwert) verstellt werden. Die Verwendung eines Schwellwertes ist nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig.

(4) Vor Beginn der Prüfung sind nach Ablauf der vom Gerätehersteller angegebenen Einlaufzeiten die Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierungen vorzunehmen. Beide Justierungen sind in angemessenen Zeitabständen zu überprüfen. Ergeben sich hierbei deutliche Abweichungen zur vorhergehenden Kontrolle, so sind alle danach durchgeführten Prüfungen mit der korrigierten Justierung zu wiederholen.

(5) Die Nennfrequenz soll im Bereich von 1 bis 6 MHz liegen. Die Wahl der für die Prüfung zu verwendenden Nennfrequenzen und Schwingerabmessungen hat sich sowohl nach der erforderlichen Prüfempfindlichkeit (Registriergrenze) für die zu prüfenden Volumenbereiche als auch nach der Geometrie des Bauteils (Schallweg) zu richten. Im allgemeinen ist bei Wanddicken gleich oder kleiner als 40 mm eine Frequenz von 4 MHz und bei Wanddicken größer als 40 mm eine Frequenz von 2 MHz anzuwenden.

(6) Bei gekrümmten Prüfflächen soll der Prüfkopf im Bereich des Schallaustrittspunkts mittig aufsitzen. Die Prüfkopfsohlen sollen an keiner Stelle einen größeren Abstand als 0,5 mm zur Prüffläche aufweisen. Ist der Abstand größer, so muß der Prüfkopf angeschliffen werden. Dies ist der Fall, wenn L_2 größer als $2d$ ist.

(7) Die Verwendung von Hilfsmitteln zur Echohöhenbestimmung (z.B. Vorsatzskalen) ist dann zulässig, wenn sichergestellt ist, daß die Bewertung nach Abschnitt B 4 durchgeführt wird.

B 3.2 Prüfsystem

(1) Die eingesetzten Prüfgeräte und das Prüfzubehör einschließlich der erforderlichen Hilfsmittel müssen eine dem Verwendungszweck entsprechende Genauigkeit und Stabilität aufweisen.

(2) Das Kombinieren von Geräten, Kabeln, Prüfköpfen verschiedener Hersteller ist zulässig, wenn sichergestellt ist (z.B. über Messungen an Bezugsreflektoren), daß die Genauigkeit der Ergebnisse nicht beeinträchtigt wird.

B 3.3 Prüfgegenstand

(1) Die Prüfflächen müssen frei sein von störenden Unebenheiten und Verunreinigungen (z.B. Kerben, Zunder, Schweißspritzer, Drehriefen).

(2) Wird die Gegenfläche als Reflexionsfläche benutzt, so sind an diese die gleichen Anforderungen zu stellen wie an die Prüffläche.

(3) Die Welligkeit der Prüfflächen muß so gering sein, daß die Prüfkopfsohle ausreichend aufliegt. Dies ist im allgemeinen der Fall, wenn der Abstand zwischen Prüfkopfsohle und Prüffläche an keiner Stelle mehr als 0,5 mm beträgt.

B 3.4 Justierkörper und Justierreflektoren

(1) Bei Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe für Justierkörper und Prüfgegenstand ist der Unterschied der Schallgeschwindigkeit bei der Entfernungsjustierung und bei der Schrägeinschallung für die Winkelabweichung zu berücksichtigen.

(2) Falls nicht die Kontrollkörper K1 oder K2 zur Justierung herangezogen werden, gilt:

a) für den verwendeten Justierkörper:

- aa) Die Ausbildung des Schallbündels darf grundsätzlich nicht behindert sein, d.h. alle Abmessungen senkrecht zum Hauptstrahl sollen bei Schallwegen bis zu $2 \cdot N$ größer sein als die Schwingerabmessung und bei größeren Schallwegen größer als die Schallbündelbreite.
- ab) Die Abmessungen der Ankoppelfläche sollen größer sein als die 1,5-fache wirksame Abmessung der Prüfkopfsohle.
- ac) Die Lage der Justierreflektoren im Justierkörper muß so gewählt werden, daß die Justierechos sich nicht gegenseitig stören und nicht mit Kantenechos verwechselt werden können.
- ad) Plattierungen am Justierkörper sind dann vorzusehen, wenn deren akustische Eigenschaften am Prüfgegenstand nicht anders zu berücksichtigen sind.

b) für den verwendeten Justierreflektor:

- ba) Die Rückwände sollen eben und senkrecht zum Hauptstrahl orientiert sein sowie Abmessungen haben, die größer sind als die Schallbündelbreite C , jedoch nicht kleiner als die Schwingerabmessung.
- bb) Querbohrungen sollen senkrecht zum Hauptstrahl und parallel zur Ankoppelfläche verlaufen. Die Länge der Querbohrungen soll größer sein als die Schallbündelbreite C , jedoch nicht kleiner als die Schwingerabmessung. Der Durchmesser soll im allgemeinen 3 mm betragen.
- bc) Die Böden von Flachbodenbohrungen sollen bei der Einkopftechnik senkrecht zum Hauptstrahl verlaufen.
- bd) Kugelbodenbohrungen sollen so orientiert sein, daß die Richtung von Bohrungsachse und Hauptstrahl möglichst voneinander abweichen.
- be) Rechtecknuten sollen senkrecht (quer) zum Hauptstrahl verlaufen und die Nutflanken senkrecht zur Oberfläche stehen. Die Nuten sollen einen rechteckigen Querschnitt aufweisen, eine Breite gleich oder kleiner als 1,0 mm und, sofern ergebnisformspezifisch nicht anders geregelt, eine Tiefe von 1,0 mm haben. Die Länge von Rechtecknuten soll größer sein als die Schallbündelbreite C , jedoch nicht kleiner als die Schwingerabmessung.
- bf) Falls die Echohöhen von Quer- und Kugelbodenbohrungen in die Echohöhen von KSR umgerechnet werden sollen, sind zusätzlich die Formeln B-2 und B-3 zu beachten.

B 4 Justierung von Prüfsystemen

B 4.1 Entfernungsjustierung

(1) Die Entfernungsjustierung soll am Prüfgegenstand, an den Kontrollkörpern K1 oder K2 oder an artgleichen Justierkörpern durchgeführt werden.

(2) Bei Longitudinalwellen-Winkelprüfköpfen soll ein Justierkörper (z.B. nach Bild B-1) verwendet werden.

Hinweis:

Diese Vorgehensweise ist wegen des unter einem anderen Einfallswinkel vorhandenen Transversalwellenanteils erforderlich.

(3) Es dürfen zwei Verfahren angewendet werden:

a) Entfernungsjustierung mit Hilfe eines Senkrechtprüfkopfes am Prüfgegenstand oder am Justierkörper und an-

schließend Nullpunktkorrektur mit dem Winkelprüfkopf (Vorlaufstrecke)

b) Justierung an zwei weit auseinanderliegenden Bohrungen.

(4) In jedem Fall soll mit einem Senkrechtprüfkopf an den Kontrollkörpern K1 oder K2 vorjustiert werden.

B 4.2 Anwendung der AVG-Methode

B 4.2.1 Kriterien für die Anwendung der AVG-Methode

Es gelten die folgenden Kriterien:

- a) Echos dürfen durch den Sendeimpuls nicht beeinflusst werden.
- b) Der auszuwertende Schallweg beginnt für Einschwingerprüfköpfe bei $S = 0,7 \cdot N$ und für SE-Prüfköpfe ab Beginn des Fokusbereichs.
- c) Bei Vorliegen eines Seitenwandeneinflusses darf die AVG-Methode nur bis zum im Abschnitt B 2.3, g) angegebenen Schallweg angewendet werden.
- d) Die AVG-Methode ist bei der Schrägeinschallung nur bei Waddicken größer als $5 \cdot \lambda$ anwendbar.
- e) Sind prüfkopfspezifische AVG-Diagramme nicht vorhanden, darf aus dem allgemeinen Diagramm (Bild B-2) ein für den entsprechenden Prüfkopf erforderliches spezielles Diagramm abgeleitet werden, sofern Angaben zur Nahfeldlänge vorliegen.

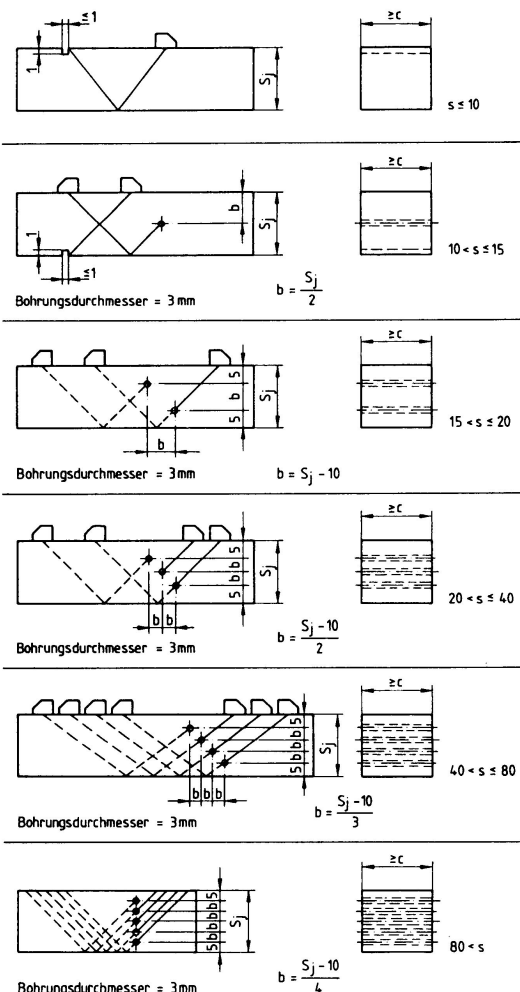
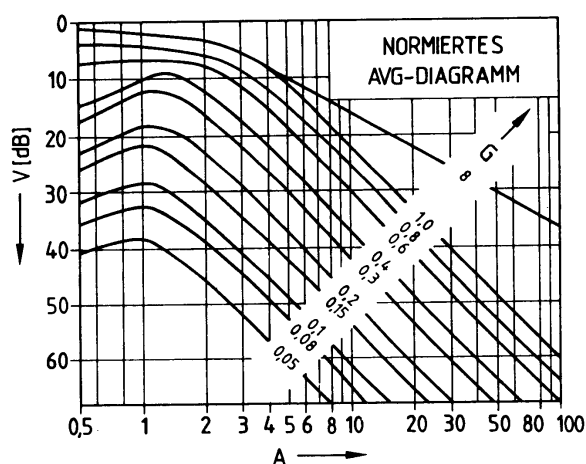


Bild B-1: Justierkörper zur Empfindlichkeitsjustierung bei der Schrägeinschallung

- f) Bei hochgedämpften Prüfköpfen darf die AVG-Methode nur dann angewendet werden, wenn das Verhältnis der Bandbreite (Δf) zur Nennfrequenz kleiner als 0,75 ist.
- g) Für SE-Longitudinalwellen-Winkelprüfköpfe soll die AVG-Methode nicht angewendet werden.
- h) Bei gekrümmten Prüfflächen müssen für die Einschwin-ger-Prüfköpfe bei Anwendung der AVG-Methode die Bedingungen der Tabelle B-1 eingehalten werden. Müssen die Prüfköpfe gemäß Abschnitt B 3.1 (7) angepaßt werden, so ist die AVG-Methode dann anwendbar, wenn zusätzlich zu den Bedingungen der Tabelle B-1 Quer-, Flachboden- oder Kugelbodenbohrungen im Prüfgegenstand oder in einem Vergleichskörper (Abweichungen in Durchmesser und Dicke maximal 10%) als Bezugsreflektoren herangezogen werden.

B 4.2.2 Anzuwendende Justierreflektoren

- (1) Zur Erzeugung eines Bezugsechos sollen, sofern keine Rückwandechos vom Prüfgegenstand erzeugt werden können, folgende Reflektoren verwendet werden:
 - a) Kontrollkörper K1 mit 25 mm Dicke und Kontrollkörper K2 mit 12,5 mm Dicke,
 - b) Kontrollkörper K1 mit 100 mm Kreisbogen oder Kontrollkörper K2 mit 25 mm Kreisbogen, wenn die prüfkopfspezifischen Korrekturfaktoren (Unterschied zwischen den Echoanzeigen von Kreisbogen und ebener Rückwand) bekannt oder ermittelt worden sind,
 - c) Quer-, Flachboden- oder Kugelbodenbohrungen.



$$A = \frac{S}{N} \quad G = \frac{DKSR}{D_{eff}}$$

Bild B-2: Normiertes AVG-Diagramm

- (2) Für die Umrechnung der Echohöhe einer Quer- oder Kugelbodenbohrung in die Echohöhe eines Kreisscheibenreflektors sind die Formeln B-2 und B-3 zu verwenden.

B 4.3 Empfindlichkeitsjustierung bei der Bezugsecho- und Bezugslinienmethode

- (1) Bei der Bezugsecho-Methode wird die Anzeige aus dem Prüfgegenstand durch direkten Vergleich mit der eines Vergleichsreflektors bei etwa gleichem Schallweg verglichen. Dies

darf mit Vergleichsreflektoren im Bauteil oder im Vergleichskörper erfolgen.

- (2) Zum Vergleich soll jeweils der Vergleichsreflektor mit demselben oder dem nächstgrößeren Schallweg herangezogen werden. Ausnahmsweise (z.B. bei Reflektoren nahe der Gegenfläche) darf der Vergleichsreflektor maximal 20% der Wanddicke - jedoch höchstens 20 mm - von der Gegenfläche entfernt liegen.

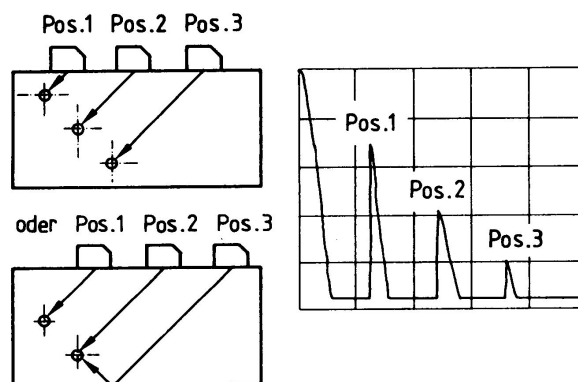
- (3) Zur Vereinfachung der Echohöhenbeschreibung wird die Erzeugung einer Bezugslinie mit Hilfe eines oder mehrerer gleichartiger Reflektoren in unterschiedlicher Tiefe in Vergleichskörpern (z.B. Stufenkeil oder nach Bild B-1) oder mit Hilfe von Vergleichsreflektoren im Prüfgegenstand in unterschiedlicher Entfernung empfohlen. Für die Anforderungen an die Vergleichsreflektoren gilt Abschnitt B 3.4, b).

- (4) Die Bezugslinie ist nach erfolgter Entfernungsjustierung über mindestens drei Echoanzeigen der Vergleichsreflektoren (z.B. Querbohrungen) in verschiedenen Positionen zu erzeugen (siehe Bild B-3). Das prüfkopfnächste Echo soll auf ungefähr 80% der Bildschirmhöhe eingestellt werden. Die erhaltene Linie darf über den durch die Reflektoranzeigen abgegrenzten Entfernungsbereich hinaus maximal um 20% extrapoliert werden. Die Verstärkung des Gerätes ist so zu wählen, daß die Bezugslinie im Justierbereich zwischen 20% und 100% der Bildschirmhöhe liegt. Ist dies nicht für den gesamten Justierbereich möglich, muß die Verstärkung gemäß Bild B-4 eingestellt werden.

B 4.4 Korrekturen der Empfindlichkeitsjustierung

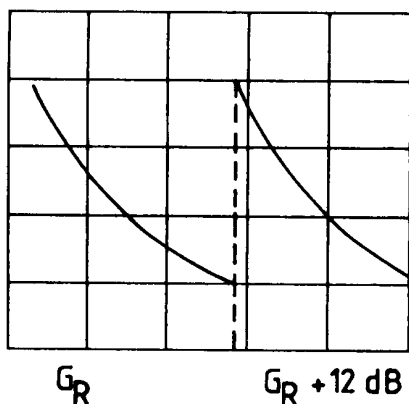
B 4.4.1 Transferkorrektur

- (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 Justierkörper und am Prüfgegenstand ermittelt werden.
- (3) Zur Berücksichtigung der pauschalen Transferkorrektur bei der Winkeinschallung soll ΔVT aus der V-Durchschallung verwendet werden.



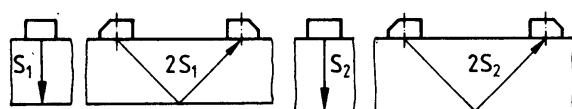
Bohrungsdurchmesser ≥ 3 mm

Bild B-3: Erzeugen von Anzeigen von Querbohrungen in unterschiedlichen Entfernungen



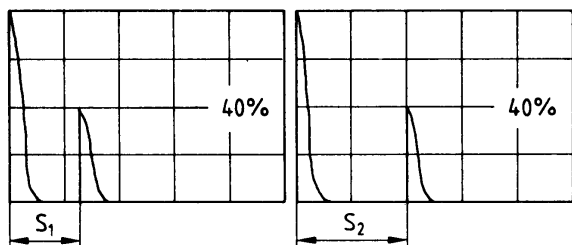
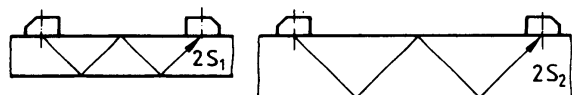
angehobene Bezugslinie (z.B. um 12 dB)

Bild B-4: Gestufte Bezugslinie



Justierkörper (x_1)

Prüfgegenstand (x_2)



$G_{T1} = \dots \text{dB}$

$G_{T2} = \dots \text{dB}$

$\Delta V_T = G_{T2} - G_{T1} - \Delta V_s = \Delta V_{\text{Koppl}} + \Delta V_k$

$\Delta V_k = 2 \cdot (\kappa_2 \cdot S_2 - \kappa_1 \cdot S_1) = \text{Schallschwächungskorrektur}$

$\Delta V_{\text{Koppl}} = \text{Ankopplungskorrektur}$

$\Delta V_s = \text{Divergenzkorrektur der Rückwandchokurve} = V_{s2} - V_{s1}$

Bild B-5: Bestimmung der Transferkorrektur bei der Senkrechteinschallung und bei der Schrägeinschallung in V- oder W-Durchschallung

B 4.4.2 Schallschwächungskorrektur

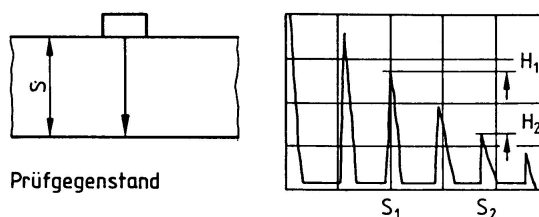
(1) Die Schallschwächung soll bei der Senkrechteinschallung nach Bild B-6 und bei der Schrägeinschallung nach Bild B-7 unter Berücksichtigung von ΔV_s ermittelt werden.

(2) Die gesonderte Bestimmung der Schallschwächung darf entfallen, wenn sie über einen schallwegunabhängigen, konstanten Zuschlag (z.B. über die pauschale Transferkorrektur) berücksichtigt wird.

B 4.4.3 Ankopplungs- und Schallschwächungsschwankungen

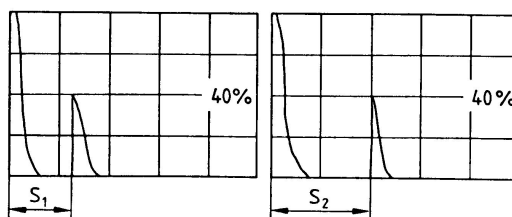
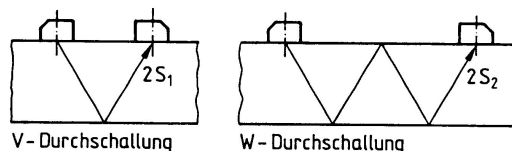
(1) Für die Transferkorrektur ist der Mittelwert aus den Durchschallungswerten am Prüfgegenstand zu verwenden, sofern die Schwankungsbreite 6 dB nicht überschreitet. Ergibt sich eine größere Schwankungsbreite als 6 dB, so ist für die Transferkorrektur der Mittelwert aus 20 Durchschallungswerten zuzüglich 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 ΔV größer als 6 dB, so 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 ΔV gleich oder kleiner als 6 dB ist.



$$\kappa = \frac{G_{T2} - G_{T1} - V_s}{2(S_2 - S_1)} \quad (\text{dB/mm})$$

Bild B-6: Bestimmung der Schallschwächung bei der Senkrechteinschallung



$G_{T1} = \dots \text{dB}$

$G_{T2} = \dots \text{dB}$

$$\kappa = \frac{G_{T2} - G_{T1} - V_s}{2(S_2 - S_1)} \quad (\text{dB/mm})$$

Bild B-7: Bestimmung der Schallschwächung bei der Schrägeinschallung

B 4.4.4 Berücksichtigung der Korrekturen

(1) Unter Berücksichtigung der vorstehenden Empfindlichkeitskorrekturen ergibt sich für die resultierende Geräteempfindlichkeit für die Registriergrenze

$$GR = GK + \Delta V + \Delta V_T + \Delta V \sim \quad (\text{B-10})$$

wobei

$$\Delta V_T = \Delta V_{\text{Kopp}} + \Delta V_k, \text{ ist.} \quad (\text{B-11})$$

(2) Wird die Schallschwächung schallwegabhängig berücksichtigt, so erfolgt dies mit dem in ΔV_T enthaltenen Schwächungsanteil ΔV_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 ΔV_T einen schallwegunabhängigen, konstanten Anteil für die Schallschwächung ΔV_k .

(4) Ist eine zusätzliche Korrektur zur Berücksichtigung größerer Schwankungen gemäß Abschnitt B 4.4.3 erforderlich, so hat dies über ΔV -zu erfolgen. Andernfalls entfällt der Korrekturwert in der obigen Gleichung.

B 4.5 Einstellung der Geräteverstärkung

Unter Berücksichtigung der Ankopplungs- und Schwächungsverluste ist die Geräteverstärkung so einzustellen, daß die Registriergrenze für den jeweiligen Justierbereich mindestens 20% der Bildschirmhöhe erreicht.

B 5 Beschreibung der Anzeigen

B 5.1 Echohöhe

Die maximale Echohöhe einer Reflexionsstelle ist, bezogen auf die jeweils gültige Registriergrenze, in dB anzugeben.

Hinweis:

Die Reproduzierbarkeit der Echohöhenbestimmung beträgt im allgemeinen ± 3 dB.

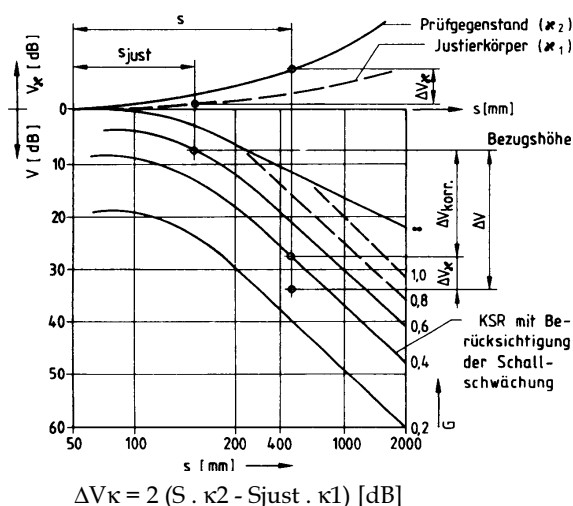
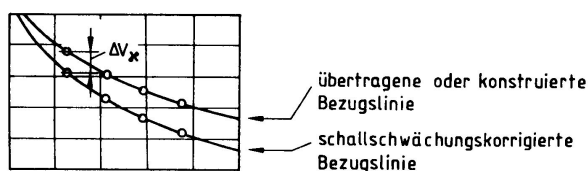


Bild B-8: Berücksichtigung der Schallschwächung im AVG-Diagramm für den Fall $\kappa_2 > \kappa_1$



$$\Delta V_k = 2 (\kappa_2 - \kappa_1) \quad [\text{dB}]$$

Bild B-9: Berücksichtigung der Schallschwächung bei der Bezugslinien-Methode für den Fall $\kappa_2 > \kappa_1$

B 5.2 Reflektorausdehnung

B 5.2.1 Allgemeine Anforderungen

Registrierlängen gleich oder größer als 10 mm sind auszumessen. Die ausgemessenen Längen sind auf ein ganzzahliges Vielfaches von 5 mm auf- oder abgerundet anzugeben (z.B. 10, 15, 20 usw.). Kürzere Registrierlängen sind als „< 10“ zu protokollieren.

B 5.2.2 Bestimmung der Registrierlänge

Die Ausdehnung eines Reflektors (siehe Bild B-10) ist durch die Verschiebestrecke des Prüfkopfes anzugeben. Diese Verschiebestrecke wird dadurch begrenzt, daß die Anzeighöhe die Registriergrenze entweder um 0 dB oder um 6 dB oder um 12 dB unterschreitet. Wird hierbei der Rauschpegel erreicht, so ist die Registrierlänge bis zum Verschwinden der Anzeigen im Rauschen anzugeben.

B 5.2.3 Bestimmung der Halbwerts- und Viertelwertslänge

Bei der Ausmessung der Halbwerts- oder Viertelwertslänge von Reflektoren sind die Prüfkopfverschiebungen bei Echohöhenabfällen von 6 dB oder 12 dB zur Maximalechohöhe zu bestimmen. Dabei sind bei SE-Prüfköpfen die akustische Trennebene und bei linienfokussierenden Prüfköpfen der Linienfokus senkrecht zur Ausdehnungsrichtung des Reflektors auszurichten.

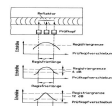


Bild B-10: Bestimmung der Registrierlänge

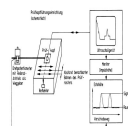


Bild B-11: Messanordnung beim Einsatz fokussierender Prüfköpfe zum Ausmessen der Reflektorausdehnung

B 5.2.4 Methoden zur genaueren Bestimmung der Reflektorausdehnung

(1) Die Bestimmung der Reflektorausdehnung darf durch eine der folgenden zusätzlichen Korrekturen oder Untersuchungen optimiert werden, wenn allein diese Messung für die Beurteilung der Zulässigkeit einer Anzeige maßgeblich ist.

(2) Der Reflektor ist aus der Einschallposition oder mit dem Einschallwinkel auszumessen, bei denen der vorliegende Schallweg die geringste Abweichung von 1,0 mal Nahfeldlänge aufweist, jedoch größer als 0,7 mal Nahfeldlänge ist. Dabei darf eine andere Prüffrequenz als zur Erzeugung der maximalen Anzeighöhe verwendet werden.

(3) Der Schallbündeldurchmesser ist am Ort des Reflektors zu ermitteln. Ist die gemessene Länge größer als dieser Schallbündeldurchmesser, gilt als Registrierlänge die nach Formel B-6 zu berechnende korrigierte Registrierlänge.

(4) Der Schallbündeldurchmesser ist entweder rechnerisch oder experimentell zu ermitteln. Rechnerisch darf er nach der

Formel B-4 ermittelt werden, wenn nicht angepaßte Prüfköpfe verwendet werden.

(5) Bei der Schrägeinschallung ist für $\gamma/6$ der horizontale Öffnungswinkel einzusetzen. Der Öffnungswinkel ist aus den Datenblättern der verwendeten Prüfköpfe zu entnehmen.

(6) Muß der Öffnungswinkel experimentell ermittelt werden, so sind Messungen an einem Vergleichskörper durchzuführen, der dem Prüfgegenstand entspricht.

(7) Dazu sind in diesem Vergleichskörper in gleicher Tiefenlage wie die zu korrigierende Anzeige Vergleichsreflektoren anzubringen. Als Vergleichsreflektor ist eine Zylinderbohrung oder Flachbodenbohrung von 3 mm Durchmesser oder eine Kugelbodenbohrung mit einem Durchmesser größer als $1,5 \cdot \lambda$ geeignet.

(8) Am Vergleichsreflektor ist bei gleichem Schallweg wie für den zu korrigierenden Reflektor die Halbwertslänge zu ermitteln. Das so ermittelte Maß entspricht dem Schallbündeldurchmesser in der jeweiligen Anzeigentiefe.

(9) Mit geeigneten SE-Prüfköpfen oder fokussierenden Prüfköpfen ist der Reflektor im Fokusbereich auszumessen und wie nachfolgend zu bewerten:

- Ist die gemessene Differenz zwischen der Viertelwertslänge und der Halbwertslänge kleiner oder gleich dem 1,5-fachen Schallbündeldurchmesser, so gilt als Reflektorlänge die Halbwertslänge.
- Ist die Differenz zwischen der Viertelwertslänge und der Halbwertslänge größer als der 1,5-fache Schallbündeldurchmesser, so gilt als Reflektorlänge die Viertelwertslänge abzüglich des Schallbündeldurchmessers.
- Ist die Halbwertslänge kleiner als der Schallbündeldurchmesser, so gilt als Reflektorlänge der Schallbündeldurchmesser oder die Fokusbreite in der Tiefenlage.

(10) Bei einer Längenausmessung mit fokussierenden Prüfköpfen sind zur Erhöhung der Meßgenauigkeit und zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit in einem Prüfraster mehrere Echodynamiken aufzunehmen. Der Rasterabstand sollte kleiner als der Durchmesser des Fokusschlauches sein. Eine typische Meßanordnung zur Aufzeichnung der Echodynamiken enthält]Bild B-11.

B 5.2.5 Bestimmung der Tiefenausdehnung

Hinweis:

Festlegungen in KTA 3201.1 sind in Vorbereitung.

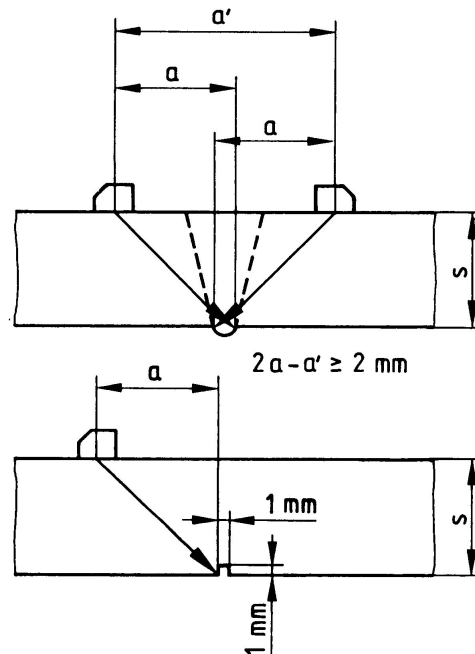


Bild B-12: Nachweis von formbedingten Anzeigen aus dem Wurzelbereich einseitig geschweißter Nähte

B 5.3 Formbedingte Anzeigen

(1) Sollen Anzeigen aus dem Wurzelbereich einer Schweißnaht als formbedingt eingestuft werden, so sind Kontrollmessungen zum Nachweis der Anzeigenursache durchzuführen.

(2) Wenn nachgewiesen werden soll, daß die von beiden Nahtseiten kommenden Echos an den beiden Flanken des Wurzeldurchhanges und nicht von Schweißnahtfehlern entstehen, kann dies durch Ausmessung der Projektionsabstände am Prüfstück erfolgen. Die genauen Projektionsabstände sind an Rechtecknuten von 1 mm Breite und Tiefe an einem Vergleichskörper zu bestimmen (siehe Bild B-12). Ergibt sich hierbei, daß die Projektionsabstände der entsprechenden Anzeigen sich deutlich $[(2a-a') \text{ gleich oder größer als } 2 \text{ mm}]$ überlappen, gelten die Echoanzeigen als formbedingt. Wird ein kleinerer Abstand als 2 mm ermittelt, dürfen die Reflexionsstellen nicht mehr als getrennt behandelt werden.

Geometrieklasse	Einschallart	Anwendungsbereich
Vollmaterial mit gekrümmter Oberfläche (z.B. Stangen)	senkrecht radial	$d > 5 \text{ N}$
konzentrisch, einachsig gekrümmte Oberfläche (z.B. Rohre)	schräg axial und in Umfangrichtung	$d > 2,5 \text{ N}$ bei Bewertung bis $p/2$
konzentrisch, zweiachsig gekrümmte Oberfläche (z.B. Kumpelböden, Rohrbögen)	senkrecht radial	$d > 5 \text{ N}$
	schräg axial und in Umfangrichtung	$d > 2,5 \text{ N}$ bei Bewertung bis $p/2$; $d_{\text{ref}} > 10 \text{ N}$ bei Bewertung über $p/2$ hinaus
	senkrecht in Dickenrichtung	$d > 10 \text{ N}$
	schräg tangential	$d > 5 \text{ N}$ bei Bewertung bis $p/2$; $d_{\text{ref}} > 10 \text{ N}$ bei Bewertung über $p/2$ hinaus

Tabelle B-1: Anwendungsbereich für AVG-Methode bei Einschwingertechnik

Anhang C

Durchführung von Oberflächenrißprüfungen nach dem Magnetpulver- und Eindringverfahren

C.1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang beschreibt die Durchführung von Magnetpulver- und Eindringprüfungen.

C.2 Allgemeines

C.2.1 Oberflächenzustand

- (1) Die zu prüfenden Oberflächen müssen einen dem Prüfungszweck 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.2.2 Sichtbedingungen

C.2.2.1 Fluoreszierende Prüfmittel

- (1) Bei der Verwendung fluoreszierender Prüfmedien muß die Besichtigung unter ultraviolettem Licht (UV-Licht) erfolgen, dessen Wellenlängenmaximum im Bereich von $365 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ liegt.
- (2) Das auf die Prüffläche auftretende UV-Licht muß eine Bestrahlungsstärke von mindestens $500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ haben. Dies entspricht einer Beleuchtungsstärke von mindestens 70 lx.
- (3) Die UV-Lampen müssen vor ihrer Verwendung ihre volle Lichtstärke erreicht haben.
- (4) Die Augen des Prüfers müssen mindestens 5 Minuten Zeit haben, sich an die Lichtverhältnisse zu gewöhnen.
- (5) Die Prüfung soll abgedunkelt und ohne störenden Lichteinfall erfolgen.

C.2.2.2 Nichtfluoreszierende Prüfmittel

- (1) Bei der Beurteilung müssen die Prüfflächen durch Tageslicht oder künstliches Licht mit mindestens 500 lx erhellt sein.
- (2) Bei der Besichtigung müssen störende Spiegelungen und Lichteinfälle verhindert werden.

C.2.2.3 Hilfsmittel für die Beurteilung

Für die Besichtigung sind Hilfsmittel (z.B. Vergrößerungsgläser, kontrastverbessernde Brillen, Spiegel) zulässig.

C.2.3 Nachreinigung

Nach Abschluß der Prüfung sind die Bauteile von Rückständen des Prüfmittels sachgemäß zu reinigen.

C.3 Magnetpulverprüfung

C.3.1 Magnetisierung

C.3.1.1 Verfahren

- (1) Die Möglichkeiten der Magnetisierung sind in DIN 54 130 genannt.

(2) Erfolgt die Magnetisierung in Teilbereichen mittels Selbstdurchflutung oder mit Hilfe der Jochmagnetisierung, soll die Wechselstrommagnetisierung angewandt werden.

(3) Die Restfeldstärke soll grundsätzlich 103 A/m ($12,5 \text{ Oe}$) nicht übersteigen. Falls nachfolgend geschweißt wird, ist gegebenenfalls eine Entmagnetisierung vorzunehmen.

C.3.1.2 Kontaktstellen bei der Selbstdurchflutung

(1) Wird mittels Selbstdurchflutung 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, sind sie zu kennzeichnen, nach Abschluß der Prüfung zu überschleifen und einer Oberflächenrißprüfung zu unterziehen, bevorzugt nach der Magnetpulverprüfung mittels Jochmagnetisierung.

C.3.1.3 Magnetisierungsrichtung

Jede Stelle der Oberfläche ist unter zwei verschiedenen Magnetisierungsrichtungen zu prüfen, die um etwa 90 Grad versetzt sein sollen.

C.3.1.4 Feldstärke

- (1) Die Tangentialfeldstärke an der Oberfläche soll mindestens $2 \cdot 103 \text{ A/m}$ (ca. 25 Oe) betragen und darf $6,5 \cdot 103 \text{ A/m}$ (ca. 80 Oe) nicht überschreiten.
- (2) Durch Messungen ist die Einhaltung dieser Werte zu kontrollieren, oder es sind die Prüfbedingungen zu ermitteln, unter denen diese Werte erreicht werden.

Hinweis:

- a) Tangentialfeldstärke ist die Tangentialkomponente der magnetischen Feldstärke an der Oberfläche des Prüfbjekts.
- b) Aufgrund der meßtechnischen Schwierigkeiten, den magnetischen Feldstärke im Bauteil zu bestimmen, wird die Tangentialfeldstärke als Hilfsgröße verwendet, vorbehaltlich einer späteren Änderung dieser Regelung.

C.3.1.5 Magnetisierungsdauer

(1) Für die Aufbringung der Prüfflüssigkeit und das Magnetisieren gelten folgende Anhaltswerte:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| a) Magnetisieren und | mindestens 3 Sekunden |
| Bespülen: | |
| b) Nachmagnetisieren: | mindestens 5 Sekunden |

(2) Die Beurteilung muß während der Nachmagnetisierung erfolgen.

C.3.2 Prüfmittel

C.3.2.1 Naßverfahren

(1) Als Trägerflüssigkeit sind nur Mittel zu verwenden, die auch nach längerem Einwirken auf den Prüfgegenstand keine korrosiven Schädigungen hervorrufen. Die Prüffläche muß

durch die Trägerflüssigkeit benetzbar sein. Zulässig ist z.B. Wasser mit entsprechenden Rostschutzzusätzen und Entspannungsmitteln.

(2) Als Magnetpulver soll nur feinkörniges Eisenoxid verwendet werden. Je nach Anwendung kann schwarzes, fluoreszierendes oder eingefärbtes Pulver verwendet werden.

(3) Unmittelbar vor dem Besspülen der Oberfläche ist dafür Sorge zu tragen, daß das Magnetpulver gleichmäßig in der Trägerflüssigkeit verteilt und in der Schwebe gehalten wird. Durch geeignete Testkörper ist vor und während der Prüfung die Pulver-Suspension stichprobenweise zu überprüfen. Bei Verwendung des Berthold-Testkörpers sind die Kreuzschlitze unter einem Winkel von etwa 45 Grad zur Magnetisierungsrichtung auszurichten und bei der Kontrollprüfung mit zu bspülen. Die Konzentration des Magnetpulvers ist ausreichend, wenn der Kreuzschlitz deutlich und vollständig abgebildet ist.

C.3.2.2 Trockenverfahren

(1) Das Trockenverfahren bedarf der Zustimmung des Sachverständigen, ausgenommen bei der Zwischenprüfung im warmen Zustand. Es ist darauf zu achten, daß das verwendete Pulver ausreichend trocken ist.

(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.3.2.3 Kontrast

(1) Zur besseren Fehlererkennbarkeit ist durch Verwendung geeigneter Mittel (z.B. fluoreszierender Prüfmittel oder Auftragen einer dünnen, den Untergrund gerade bedeckenden Farbschicht) für einen ausreichenden Kontrast zu sorgen.

(2) Ausreichender Kontrast ist auch gegeben, wenn an metallisch blanken Oberflächen mit schwarzem Magnetpulver geprüft wird.

C4 Eindringprüfung

C.4.1 Prüfsystem

(1) Vorzugsweise sind Farbeindringmittel zu verwenden. Es dürfen auch fluoreszierende Eindringmittel oder fluoreszierende Farbeindringmittel eingesetzt werden.

(2) Als Zwischenreiniger dürfen entweder Lösungsmittel oder Wasser oder beide in Kombination miteinander verwendet werden.

(3) Es dürfen nur Naßentwickler angewendet werden, die als Trägerflüssigkeit Lösungsmittel besitzen. Trockenentwickler sind nur in Verbindung mit elektrostatischer Aufbringung auf die Prüffläche zulässig.

(4) Die Eignung des Prüfsystems (Eindringmittel, Zwischenreiniger und Entwickler) ist dem Sachverständigen durch eine Musterprüfung nach DIN 54 152 Teil 2 nachzuweisen.

(5) Nach DIN 54 152 ist sicherzustellen, daß die unter Abschnitt C.4.1 (4) festgelegten Eigenschaften des Prüfsystems erhalten bleiben.

C.4.2 Durchführung

(1) Die Eindringprüfung ist nach DIN 54 152 Teil 1 mit den nachfolgenden Festlegungen durchzuführen.

(2) Die Eindringdauer soll mindestens eine halbe Stunde betragen.

(3) Möglichst bald nach dem Antrocknen des Entwicklers sollte die erste Beurteilung stattfinden. Eine weitere Beurteilung erfolgt frühestens eine halbe Stunde nach der ersten Beurteilung.

(4) Weitere Beurteilungszeitpunkte sind erforderlich, wenn bei der zweiten Beurteilung rißartige Anzeigen vorhanden sind, die bei der ersten Beurteilung noch nicht erkennbar waren.

Hinweis:

Zusätzliche Beurteilungszeitpunkte können auch dann in Betracht kommen, wenn bei der zweiten Beurteilung wesentliche Änderungen oder zusätzliche Anzeigen festgestellt werden.

Anhang D

Ermittlung der seitlichen Breitung im Kerbschlagbiegeversuch

(1) Soll im Kerbschlagbiegeversuch nach DIN 50 115 der Wert der seitlichen Breitung (SB) ermittelt werden, ist nach dem Bruch der Probe ein Ausmessen beider Probenbruchstücke auf beiden Seiten erforderlich.

(2) Zur Vorbereitung der Messung werden etwaige Grate an den Bruchflächenkanten beider Probenbruchstücke vorsichtig entfernt, z.B. mit feinem Schleifpapier, ohne die Aufstauhungen zu verletzen. Probenbruchstücke, bei denen die Aufstauhungen durch gewaltsame Berührung mit Teilen der Prüfeinrichtung beschädigt wurden, sind zur Ermittlung der seitlichen Breitung nicht geeignet.

(3) Dann werden die beiden Aufstauhungen jedes Probenbruchstückes mit einem geeigneten Meßgerät auf 0,01 mm gemessen, siehe Bild D-1. Von den 4 Meßwerten SB1 bis SB4

wird der größte Meßwert jeder Seite, d.h. der größte Wert aus SB1 und SB3 und der größte Meßwert aus SB2 und SB4, addiert. Diese Summe ist die seitliche Breitung SB, die auf 0,01 mm anzugeben ist.

(4) In einer geeigneten Vorrichtung dürfen die 4 Einzelmessungen von SB1 bis SB4 durch nur zwei Messungen ersetzt werden. Dazu wird zuerst auf einer Seite bei beiden Probenbruchstücken gleichzeitig, dann auf der anderen Seite bei beiden Probenbruchstücken gleichzeitig die Breitenzunahme gemessen, siehe Meßprinzip in Bild D-2. Durch dieses Vorgehen ist sichergestellt, daß jeweils nur die größten Breiten gemessen und einander richtig zugeordnet werden. Auch in diesem Fall ist die Summe dieser beiden Werte gleich dem Wert der seitlichen Breitung.

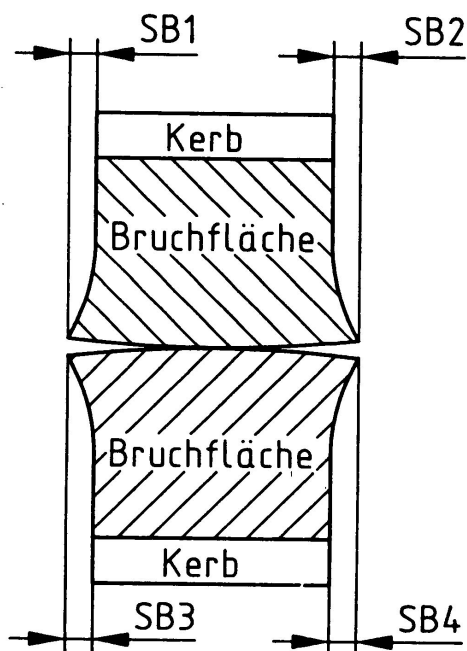


Bild D-1: Ermittlung der seitlichen Breitung SB an gebrochenen Kerbschlagproben

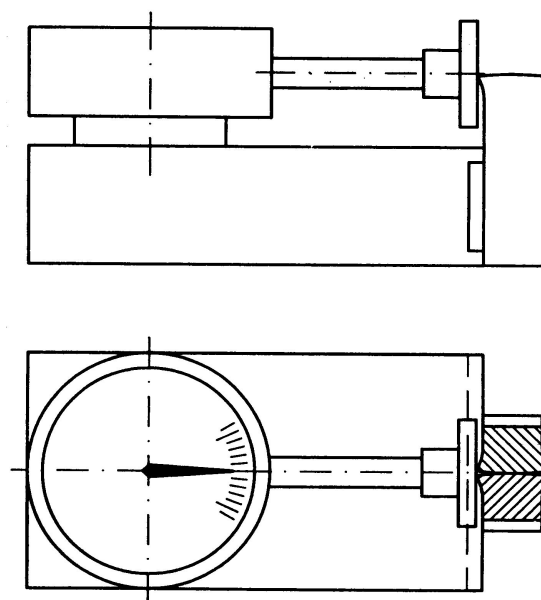


Bild D-2: Meßprinzip zum vereinfachten Verfahren der Ermittlung der seitlichen Breitung (SB)

Anhang E

Bestimmungen, auf die In dieser Regel verwiesen wird

Gleitende Verweise in den hier aufgeführten Bestimmungen gelten nur in der Fassung, die zum Zeitpunkt der Aufstellung dieser Bestimmungen vorlag.

Atomgesetz	(07/85)	Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) in der Neufassung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I, S. 1565)
KTA 1401	(12/87)	Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung
KTA 1408.1	(6/85)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 1: Eignungsprüfung
KTA 1408.2	(6/85)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 2: Herstellung
KTA 1408.3	(6/85)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 3: Verarbeitung
KTA 3401.3	(11/86)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 3: Herstellung
EURONORM 103	(11/71)	Mikroskopische Ermittlung der Ferrit- oder Austenitkorngröße von Stählen
DIN 267 Teil 4	(8/83)	Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen; Festigkeitsklassen für Muttern
DIN 267 Teil 11	(1/80)	Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen mit Ergänzungen zu ISO 3506; Teile aus rost- und säurebeständigen Stählen
DIN 267 Teil 19	(10/84)	Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen; Oberflächenfehler an Schrauben
DIN 267 Teil 20	(10/84)	Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen; Oberflächenfehler an Muttern
DIN 267 Teil 21	(6/81)	Schrauben, Muttern und ähnliche Gewinde- und Formteile; Technische Lieferbedingungen, Aufweitversuch für Muttern
DIN ISO 898 Teil 1	(4/79)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Schrauben
DIN ISO 898 Teil 2	(3/81)	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Muttern mit festgelegten Prüfkraften
DIN 934	(10/87)	Sechskantmutter; Metrisches Regel- und Feingewinde, Produktklassen A und B
DIN 1910 Teil 12	(9/80)	Schweißen; Fertigungsbedingte Begriffe für Metallschweißen
DIN ISO 4032	(10/87)	Sechskantmutter: Typ 1; Produktklassen A und B
DIN 4762 Teil 1	(10/86)	Oberflächenrauheit; Begriffe; Oberfläche und ihre Kenngrößen (identisch mit ISO 4287/1, Ausgabe 1984)
DIN 4768 Teil 1	(8/74)	Ermittlung der Rauheitsmeßgrößen Ra, Rz, Rmax mit elektrischen Tastschrittgeräten; Grundlagen
DIN 8572 Teil 1	(3/81)	Bestimmung des diffusiblen Wasserstoffes im Schweißgut; Lichtbogenhandschweißen
DIN 8572 Teil 2	(3/81)	Bestimmung des diffusiblen Wasserstoffes im Schweißgut; Unterpulverschweißen
DIN 17 014 Teil 1	(3/75)	Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen; Fachbegriffe und -ausdrücke
DIN 17 200	(3/87)	Vergütungsstähle; Technische Lieferbedingungen

DIN 17 240	(7/76)	Warmfeste und hochwarmfeste Werkstoffe für Schrauben und Muttern; Gütevorschriften
DIN 32 524	(3/85)	Messung der Vorwärm-, Zwischenlagen- und Haltetemperatur beim Schweißen
DIN 50 049	(8/86)	Bescheinigungen über Materialprüfungen
DIN 50 115	(2/75)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch
DIN 50 125	(3/86)	Prüfung metallischer Werkstoffe, Zugproben
DIN 50 133	(2/85)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Härteprüfung nach Vickers; Bereich HV 0,2 bis HV 100
DIN 50 145	(5/75)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugversuch
DIN 50 351	(2/85)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Härteprüfung nach Brinell
DIN 51 220	(10/76)	Werkstoffprüfmaschinen; Allgemeine Richtlinien
DIN 51 300	(11/82)	Werkstoffprüfungen; Prüfung von Werkstoffprüfmaschinen; Allgemeines
DIN 54 119	(8/81)	Zerstörungsfreie Prüfung; Ultraschallprüfung; Begriffe
DIN 54 120	(7/73)	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung; Kontrollkörper 1 und seine Verwendung zur Justierung und Kontrolle von Ultraschall-Impulsecho-Geräten
DIN 54 122	(12/73)	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung; Kontrollkörper 2 und seine Verwendung zur Justierung und Kontrolle von Ultraschall-Impulsecho-Geräten
DIN 54 130	(4/74)	Zerstörungsfreie Prüfung; Magnetische Streufluß-Verfahren; Allgemeines
DIN 54 152 Teil 1	(3/79)	Zerstörungsfreie Prüfungen; Eindringverfahren, Durchführung
DIN 54 152 Teil 2	(6/83)	Zerstörungsfreie Prüfungen; Eindringverfahren, Prüfung von Prüfmitteln
SEL 072	(12/77)	Ultraschallgeprüftes Grobblech; Technische Lieferbedingungen
SEP 1805	(3/76)	Probenahme und Probenvorbereitung für die Stückanalyse bei Stählen
SEP 1915	(6/77)	Ultraschallprüfung auf Längsfehler von Rohren aus warmfesten Stählen
SEP 1921	(12/84)	Ultraschallprüfung von Schmiedestücken und geschmiedetem Stabstahl ab ~ 100 mm Durchmesser oder Kantenlänge
SEW 088	(4/87)	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, Richtlinien für die Verarbeitung, besonders für das Schmelzschweißen

Literatur

- [1] Handbuch für das Eisenhüttenlaboratorium, Bd. 2: Die Untersuchung der metallischen Werkstoffe, Düsseldorf 1966; Bd. 5: Erg.-Bd. 1, 2 und 3, Düsseldorf

Stichwortverzeichnis

Abnahmeprüfzeugnis 3.6; Tab. 8-8, 8-9	A.2.5.4; A.3.5.4; A.4.5.4; Tab. A.1-4, A.2-4, A.3-4, A.4-4; Anhang D
Analyse, chemische 3.3.7. 1; 3.6 (1) b); 4.3.3. 1; 5.3.3. 1; 6.4.3. 1; 8.3.1.3.1; 9.4.3.1; 9.6.4.1; 10.3.1	
Ankoppelflächen B.3.4 (2) ab	Lage der Proben 3.3.3
Anwendung der AVG-Methode B.4.2; Tab. B-1	Lieferzustand 2.1 (4) d); A.1.3; A.2.3; A.3.3; A.4.3
Anzeigen, formbedingte B.5.3	
Arbeitsprobe 7.1; 7.4.3.1 (4)	Magnetpulver-Eindringverfahren Anhang C
Aufweitversuch 8.4.1.3.5; 9.4.3.5; 9.7.4.5	Magnetpulverprüfung C.3
Auswahl der Werkstoffe 2.1	Maßprüfung 3.3.7.6; 4.4; 5.4; 6.5; 7.5; 8.3.1.3.7; 8.3.2.2; 8.4.1.3.7; 8.5.1.3.3; 9.4.3.8; 9.5.3; 9.6.4.6; 9.7.4.7; 10.3.3
	Muttern 8; 9
Beanspruchung in Dickenrichtung 4.3.3.2.4; 5.3.3.2.4; 6.4.3.2.4; 7.4.3.2.5	
Begutachtung 2.1	Nachbesserungen 2.9
Besichtigung 3.3.7.7; 4.4; 5.4; 6.5; 7.5; 8.3.1.3.6; 9.4.3.7; 10.3.4	
Bleche 4	Oberflächenfehler 3.2.4
Breitung, seitliche 3.3.7.3.3 (2)	Oberflächenrißprüfung 3.3.8.2.2; 6.4.3.4.2; 8.3.2.1; 8.4.1.3.6; 9.5.2; 9.6.4.5; 9.7.4.6; Anhang C
	Oberflächenzustand 3.2.5; C.2.1
Echohöhe B.5.1	
Eigenschaften	Personal 2.4 (7)
- , mechanisch-technologische 2.1 (4) e); A.1.5; A.2.5; A.3.5; A.4.5; Tab. A.1-2; A.1-3	Probenabschnitte 3.3.4
- , physikalische A. 1.10; Tab. A. 1-6	Probenentnahme 4.3.2; 5.3.2; 6.4.2; 7.4.3.1; 8.3.1.1; 8.4.1.1; 8.5.1.1; 9.4.2; 9.6.3; 9.7.3
Eindringprüfung C.4	Probenrichtung 3.3.2; Bild 3-2
Einschallrichtungen 3.3.8.2.1 (2)	Prüfaufsicht 2.4 (11), (16)
Einzelgutachten 2.1 (7)	Prüfgegenstand B.3.3
Entfernungsjustierung B.4.1	Prüfköpfe B.3.1 (2); B.3.1 (6); B.4.2.1
	Prüfmittel C.2.2.1; C.2.2.2; C.3.2
Ferritkorngröße A.1.6	Prüfpersonal 2.4 (16)
Fertigungsüberwachung 2.6; 2.7	Prüfsystem B.3.2
Flansche 6	Prüfumfang 4.3.3; 5.3.3; 6.4.3; 7.4.3.2; 8.3.1.3; 8.4.1.3; 8.5.1.3; 9.4.3; 9.6.4; 9.7.4; 10.3
Forderungen	Prüfung 2.4 (7); 4.3; 5.3; 6.4; 7.4; 8.5.1
- an den Hersteller 2.4	- der Werkstoffe 3.3
- an die Werkstoffe 3.2	- zerstörungsfreie 2.4 (8), (9)
Gefügezustand 3.2.3 (1)	Prüfungen
	- , mechanisch-technologische 3.3.7.3; 4.3.3.2; 5.3.3.2; 6.4.3.2; 8.5.1.3.1
Härteprüfung 3.3.7.2; 7.4.3.2.1; 8.3.1.3.2; 8.4.1.3.2; 9.4.3.2; 9.6.4.2; 9.7.4.2; 10.3.2	- , metallographische 3.3.7.4
Herstellungsunterlagen 2.5	- , zerstörungsfreie 3.3.8; 3.3.8.3; 6.4.3.4
Herstellungsverfahren A.1.2; A.2.2; A.3.2; A.4.2	Prüfverfahren 3.3.7
Hohlkörper, nahtlose 6	
	Qualitätsmerkmale 2.8; 3.6; 4.6; 5.6; 6.7; 7.7; 8.7; 9.9; 10.5
Innenfehler 3.2.4	Qualitätssicherung 2.3
	Qualitätsstelle 2.4 (15), (16)
Justierkörper B.3.4	
Justierreflektoren B.3.4	Reflektorausdehnung B.5.2
Justierung von Prüfsystemen B.4	Reparaturen 2.9
Kennwerte für die Berechnung 2.10	Scheiben 10
Kennzeichnung 2.1 (4) k); 3.3.5; 3.5; 4.5; 5.5; 6.6; 7.6; 8.3.1.3.8; 8.3.2.3; 8.4.1.3.8; 8.6; 8.6.2; 9.4.3.9; 9.5.4; 9.6.4.7; 9.7.4.8; 9.8; 10.3.5; 10.4	Schrauben 8; 9
Kerbschlagarbeit 3.3.7.3.3; 3.3.7.3.4; 4.3.3.2.3; 5.3.3.2.3; 6.4.3.2.3; 7.4.3.2.4	Schweißen 2.1 (10); 2.4 (13); 7.4.4; A.1.9; A.2.8; A.3.8; A.4.8; Tab. A. 1-5
Kerbschlagbiegeversuch 3.3.7.3.3; 4.3.3.2.2; 5.3.3.2.2; 6.4.3.2.2; 7.4.3.2.3; 8.3.1.3.4; 8.4.1.3.4; 9.4.3.4; 9.6.4.4; 9.7.4.4; A.1.5.4;	Schweißzusätze und -hilfsstoffe 2.2
	seitliche Breitung 8.3.1.3.4; 8.4.1.3.4 (1); Anhang D
	Stutzen 6; 7

Teile, drucktragende 5
Trennen, thermisches A.1.9

Ultraschall- und Oberflächenrißprüfung 3.3.8.1 (2)
Ultraschallprüfung 3.3.8.2.1; 4.3.3.4; 5.3.3.4; 6.4.3.4.1; 7.4.4.2;
8.3.1.3.5; 9.3; 9.4.3.6; 9.6.1; 9.7.1
Ultraschallprüfungen, manuelle Anhang B
Umformen A.1.8

Verarbeitbarkeit 2.1 (4) f)
Verarbeitung A.2.7; A.3.7; A.4.7
Verwechslungsprüfung 3.3.7.5; 4.3.3.3; 5.3.3.3; 6.4.3.3; 7.4.4.1;
8.3.1.3.9; 8.3.2.4; 8.4.1.3.9; 9.4.3.10; 9.5.5; 9.6.4.8; 9.7.4.9
Vorprüfungsunterlagen 2.5

Wärmebehandlung 3.2.2; A.1.7; A.2.6; A.3.6; A.4.6; Tab. A.2-5,
A.3-5; A.4-5
Wärmebehandlungszustände der Proben 3.3.6
Weiterverarbeitung 3.2.6
Werkssachverständiger 2.4 (12), (16)
Werkstoffbegutachtung A.1.11; A.2.9; A.3.9; A.4.9
Werkstoffe, allgemein 3
Werkstoffeigenschaften 3.2.3; A.1.2; A.2.2; A.3.2; A.4.2
Werkstoffprüf- und Probenentnahmeplan 3.3.1
Wiederholung von Prüfungen 3.4

Zugversuch 3.3.7.3.2; 4.3.3.2.1; 5.3.3.2.1; 6.4.3.2.1; 7.4.3.2.2;
8.3.1.3.3; 8.4.1.3.3; 9.4.3.3; 9.6.4.3; 9.7.4.3; A. 1. 5.2; A. 1. 5.3;
A. 2.5.2; A.2.5.3; A.3.5.2; A.3.5.3; A.4.5.2; A.4.5.3; Tab. A.1-
2, A.1-3, A.2-2, A.2-3, A.3-2, A.3-3, A.4-2, A.4-3
Zusammensetzung, chemische 2.1 (4) b); A.1.4; A.2.4; A.3.4;
A.4.4; Tab. A.2-1, A.3-1, A.4-1