

DIN EN 12680-2



ICS 77.040.20; 77.140.80

Einsprüche bis 2024-03-05
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12680-2:2003-06**Entwurf****Gießereiwesen –
Ultraschallprüfung –
Teil 2: Stahlgussstücke für hoch beanspruchte Bauteile;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12680-2:2024**

Founding –
Ultrasonic testing –
Part 2: Steel castings for highly stressed components;
German and English version prEN 12680-2:2024

Fonderie –
Contrôle par ultrasons –
Partie 2: Pièces moulées en acier pour composants fortement sollicités;
Version allemande et anglaise prEN 12680-2:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-01-05 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an gina@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Gießereiwesen (GINA), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 80 Seiten

DIN-Normenausschuss Gießereiwesen (GINA)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12680-2:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 190 „Gießereiwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 036-00-03 AA „Prüfverfahren für Gusswerkstoffe“ im DIN-Normenausschuss Gießereiwesen (GINA).

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12680-2:2003-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ überarbeitet;
- b) Abschnitt 3: neue Begriffe unter 3.6 und 3.8 aufgenommen;
- c) Abschnitt 4.3.3.1 eingefügt;
- d) Abschnitte 4.3.3.2 und 4.3.3.3 überarbeitet;
- e) Abschnitt 5.3.1: In Liste „d)“ eingefügt und Legende ergänzt;
- f) Bild C.6 d) eingefügt;
- g) Dokument redaktionell überarbeitet.

Gießereiwesen – Ultraschallprüfung – Teil 2: Stahlgussstücke für hoch beanspruchte Bauteile

Founding – Ultrasonic testing – Part 2: Steel castings for highly stressed components

Fonderie – Contrôle par ultrasons – Partie 2: Pièces moulées en acier pour composants fortement sollicités

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Anforderungen	7
4.1 Bestellangaben	7
4.2 Prüfumfang	7
4.3 Höchstzulässige Anzeigengröße	7
4.3.1 Allgemeines	7
4.3.2 Anzeigen ohne messbare Ausdehnung	7
4.3.3 Anzeigen mit messbaren Ausdehnungen	7
4.4 Qualifizierung des Personals	9
4.5 Wanddickenzonen	9
4.6 Gütestufen	9
5 Prüfverfahren	9
5.1 Grundlagen	9
5.2 Werkstoff	9
5.3 Prüfausrüstung und Koppelmittel	10
5.3.1 Ultraschallgerät	10
5.3.2 Prüfköpfe	10
5.3.3 Kontrolle der Prüfausrüstung	11
5.3.4 Koppelmittel	11
5.3.5 Nachweisempfindlichkeit und Auflösungsvermögen	11
5.4 Vorbereitung von Gussstückoberflächen für die Prüfung	11
5.5 Prüfdurchführung	11
5.5.1 Allgemeines	11
5.5.2 Entfernungsjustierung	12
5.5.3 Empfindlichkeitseinstellung	12
5.5.4 Berücksichtigung verschiedener Arten von Anzeigen	13
5.5.5 Registriergrenzen	13
5.5.6 Untersuchung von registrierpflichtigen Ungängen	14
5.5.7 Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten	14
5.6 Prüfbericht	15
Anhang A (normativ) Auflösungsvermögen der Prüfausrüstung	24
Anhang B (informativ) Schallbündeldurchmesser	25
Anhang C (informativ) Durch typische Ungängen erzeugte Anzeigentypen	27
Literaturhinweise	44

Bilder

Bild 1 — Einteilung des Wandquerschnitts in Zonen	17
Bild 2 — Zulässigkeitsgrenzen für einzelne, flächige, vorwiegend in Wanddickenrichtung ausgerichtete Ungängen (siehe auch Bild C.7, Bild C.9 und Bild C.11), bestimmt mit Winkelprüfköpfen	18
Bild 3 — Registrier- und Zulässigkeitsgrenzen für Ungängen mit messbaren Ausdehnungen in der Randzone (siehe auch Bild C.2, Bild C.5 und Bild C.10), bestimmt mit Senkrechtprüfköpfen	19

Bild 4 — Registrier- und Zulässigkeitsgrenzen für Ungänzen mit messbaren Ausdehnungen in der Kernzone (siehe auch Bild C.2, Bild C.5 und Bild C.10), bestimmt mit Senkrechtprüfköpfen	20
Bild 5 — Bestimmung der Ausdehnung von Reflektoren in Waddickenrichtung	21
Bild 6 — Bestimmung der Ausdehnung von Reflektoren in Waddickenrichtung mit Senkrechtprüfköpfen	23
Bild B.1 — Schallbündeldurchmesser in Abhängigkeit von Schallweg und Nahfeldlänge für verschiedene Prüfköpfe	25
Bild C.1 — Einstellen des Prüfbereichs und der Prüfempfindlichkeit eines Ultraschallgerätes durch Abtasten mit einem Doppelschwinger-Winkelprüfkopf (4 MHz, 60° Einschallwinkel) zum Auffinden von Reflektoren mit überwiegender Ausrichtung in Waddickenrichtung und messbarer Ausdehnung im Bereich der Randzone	28
Bild C.2 — Rückwandechoabnahme um mehr als 12 dB, messbare Ausdehnung eines Reflektors	30
Bild C.3 — Einzelinhomogenität ohne messbare Ausdehnung	31
Bild C.4 — Einzelinhomogenität ohne messbare Ausdehnungen; Einzelanzeige mit einer messbaren Ausdehnung parallel zur Prüffläche und ohne messbare Ausdehnung in Waddickenrichtung	32
Bild C.5 — Einzelinhomogenität mit messbaren Ausdehnungen: messbare Länge, nicht messbare Breite; messbare Länge, messbare Breite	34
Bild C.6 — Gruppe von Inhomogenitäten, auflösbar mit messbaren Ausdehnungen des Inhomogenitätsbereichs	36
Bild C.7 — Einzelinhomogenität mit messbaren Ausdehnungen überwiegend in Waddickenrichtung	37
Bild C.8 — Zahlreiche Einzelinhomogenitäten ohne messbare Ausdehnungen, aber mit messbaren Ausdehnungen des Inhomogenitätsbereichs	38
Bild C.9 — Zahlreiche flächige Reflektoren mit messbaren Ausdehnungen in Waddickenrichtung	40
Bild C.10 — Gruppe von Inhomogenitäten, nicht auflösbar mit messbaren Ausdehnungen des Anzeigenbereichs (Senkrechtprüfkopf)	41
Bild C.11 — Gruppe von Inhomogenitäten, nicht auflösbar mit messbaren Ausdehnungen des Inhomogenitätsbereichs (Winkelprüfkopf)	43

Tabellen

Tabelle 1 — Zulässigkeitsgrenzen für Reflektoren ohne messbare Ausdehnungen in Sonderrandzonen und Anschweißenden (geprüft mit Senkrecht- oder Winkelprüfköpfen)	15
Tabelle 2 — Anforderungen an die Ultraschallprüfbarkeit	16
Tabelle 3 — Registriergrenzen	16
Tabelle 4 — Kurzzeichen für Anzeigentypen	16
Tabelle A.1 — Typische Werte der Echobreite bei Stahl	24
Tabelle B.1 — Nahfeldlänge verschiedener Prüfköpfe	26

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12680-2:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 190 „Gießereiwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12680-2:2003 ersetzen.

Im Rahmen seines Arbeitsprogrammes hat das Technische Komitee CEN/TC 190 in Zusammenarbeit mit CEN/TC 190/WG 10 „Prüfung auf innere Ungängen“ die folgende Norm ausgearbeitet:

prEN 12680-2, *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 2: Stahlgussstücke für hoch beanspruchte Bauteile*

Diese ist eine von drei Europäischen Normen für die Ultraschallprüfung. Die anderen Normen sind:

prEN 12680-1, *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 1: Stahlgussstücke für allgemeine Verwendung*

prEN 12680-3, *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 3: Gussstücke aus Gusseisen mit Kugelgraphit*

Anhang A ist normativ. Anhang B und Anhang C sind informativ.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an die Ultraschallprüfung von Stahlguss für hoch beanspruchte Bauteile (mit ferritischem Gefüge) und die Verfahren zur Bestimmung innerer Fehler mit der Impuls-Echo-Technik fest. Ausgehend von der Notwendigkeit nach Leistung oder Sicherheit bestimmen die Käufer, ob die Werkstoffe hoch beansprucht sind.

Dieses Dokument gilt für die Ultraschallprüfung von Stahlgussstücken, die üblicherweise kornfeinend gegläht worden sind und die Wanddicken bis 600 mm haben.

Für größere Wanddicken gelten hinsichtlich der Prüftechnik und der Registriergrenzen besondere Vereinbarungen.

Dieses Dokument gilt nicht für austenitische Stähle und Verbindungsschweißungen.

2 Normative Verweisungen

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

EN 1370, *Gießereiwesen — Bewertung des Oberflächenzustandes*

EN ISO 2400, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 1 (ISO 2400)*

EN ISO 7963, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 2 (ISO 7963)*

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

EN ISO 16810, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Allgemeine Grundsätze (ISO 16810)*

EN ISO 16811, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung (ISO 16811)*

EN ISO 16826, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Prüfung auf Inhomogenitäten senkrecht zur Oberfläche (ISO 16826)*

EN ISO 16827, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten (ISO 16827)*

EN ISO 22232-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 1: Prüfgeräte (ISO 22232-1)*

EN ISO 22232-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 2: Prüfköpfe (ISO 22232-2)*

EN ISO 22232-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 3: Komplette Prüfausrüstung (ISO 22232-3)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 16811, EN ISO 16827 und EN ISO 16826 und die folgenden Begriffe.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

äquivalente Bezugsechohöhe einer Anzeige

bei der Bewertung der Ultraschallprüfung zu registrierende Anzeige, üblicherweise ausgedrückt als äquivalenter Durchmesser einer Flachbodenbohrung (FBH, en: flat-bottomed hole)

3.2

Reflektor ohne messbare Ausdehnungen, punktförmig

Reflektor mit Ausdehnungen kleiner als die oder gleich der Schallbündelbreite

Anmerkung 1 zum Begriff: Ausdehnungen in dieser Norm beziehen sich auf Länge, Breite und/oder Ausdehnung in Wanddickenrichtung.

3.3

Reflektor mit messbaren Ausdehnungen

Reflektor mit Ausdehnungen größer als die Schallbündelbreite

Anmerkung 1 zum Begriff: Ausdehnungen in dieser Norm beziehen sich auf Länge, Breite und/oder Ausdehnung in Wanddickenrichtung.

3.4

flächiger Reflektor

Reflektor mit zwei messbaren Ausdehnungen

3.5

räumlicher Reflektor

Reflektor mit drei messbaren Ausdehnungen

3.6

Randzone

1/3 der Wanddicke von der Oberfläche mit höchstens 30 mm

3.7

Sonderrandzone

äußerer Teil der Randzone des Prüfobjekts mit besonderen Anforderungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele von besonderen Anforderungen sind mechanisch bearbeitete Oberflächen, höhere Beanspruchungen und Dichtflächen.

3.8

nicht messbare Ausdehnung

Ausdehnung eines Reflektors, die kleiner ist als der Bündeldurchmesser, der von der Prüfkopfgröße und der Häufigkeit der Verwendung abhängt. Der aktuelle Stand der Branche beträgt < 3 mm

3.9

Produktionsschweißung

jede Schweißung, die während der Fertigung und vor der endgültigen Auslieferung an den Käufer durchgeführt wird

3.9.1

Verbindungsschweißung

Produktionsschweißung zum Zusammenfügen von Teilen zur Herstellung einer vollständigen Einheit

3.9.2

Fertigungsschweißung

Produktionsschweißung zur Sicherstellung der vereinbarten Gussstückqualität

4 Anforderungen

4.1 Bestellangaben

Die folgenden Informationen müssen zum Zeitpunkt der Anfrage und Bestellung vorhanden sein (siehe auch ISO 16810):

- a) die Bereiche des Gussstückes und Anzahl oder Anteil der Gussstücke, für die die Anforderungen der Ultraschallprüfung gelten;
- b) die Gütestufen, die für die verschiedenen Zonen oder Bereiche des Gussstückes angewendet werden muss;
- c) die Forderung nach einer schriftlichen Prüfanweisung;
- d) ob es zusätzliche Anforderungen für die Vorgehensweise bei der Prüfung gibt, siehe auch 5.5.1.

4.2 Prüfumfang

Das Gussstück muss so geprüft werden, dass die vereinbarten Bereiche bei Anwendung der günstigsten Prüftechnik erfasst werden (so weit dies in Abhängigkeit von der Gestalt des Gussstückes möglich ist).

Für Wanddicken über 600 mm müssen die Gütestufen, Prüfdurchführungen und die Aufzeichnung der Prüfergebnisse zwischen Hersteller und Kunde vereinbart werden.

4.3 Höchstzulässige Anzeigengröße

4.3.1 Allgemeines

Der Käufer muss die Zulässigkeitsstufe entsprechend der erforderlichen Gütestufe für flächige und räumliche Fehler innerhalb jeder Zone und in jedem festgelegten Bereich der Gussstücke vorschreiben.

Die Wanddicke muss, wie in Bild 1 gezeigt, in Kern- und Randzonen eingeteilt werden. Diese Zonen beziehen sich auf die Abmessungen der einbaufertigen Gussstücke.

4.3.2 Anzeigen ohne messbare Ausdehnung

In Sonderrandzonen und Anschweißenden sind Anzeigen ohne messbare Ausdehnung auf eine Höchstzahl von Anzeigen begrenzt.

Diese Anzeigen dürfen die in Tabelle 1 angegebenen Grenzen nicht überschreiten.

4.3.3 Anzeigen mit messbaren Ausdehnungen

4.3.3.1 Allgemeines

Einzelne Reflektoren, die in die Randzone und Kernzone hineinragen, müssen als Randzone bewertet werden.

4.3.3.2 Zulässigkeitsgrenzen für flächige Reflektoren

Flächige Reflektoren dürfen die im Bild 2 angegebenen Grenzen nicht überschreiten.

Reflektoren ab einer Größe von 3 mm dürfen in Gütestufe 1 nicht zulässig sein.

Die größte Ausdehnung eines Reflektors in Wanddickenrichtung darf 10 % der Wanddicke nicht überschreiten, außer bei Reflektoren mit einer Länge von ≤ 10 mm. Bei Reflektoren mit einer Länge von ≤ 10 mm darf eine Ausdehnung der Wanddickenrichtung 25 % oder maximal 20 mm nicht überschreiten.

Der größte Abstand zwischen Reflektoren als Maßstab zur Bewertung als Einzelinhomogenität oder Reflektorenfläche muss in Wanddickenrichtung oder seitlich zur Oberfläche 10 mm betragen.

Für eine Ungänze ab einer Länge von 3 mm und nicht messbarer Ausdehnung in Wanddickenrichtung, muss diese nicht messbare Ausdehnung mit 3 mm bestimmt, und die Fläche wie folgt berechnet werden:

$$A = 3L \quad (1)$$

Dabei ist

A die Einzelinhomogenitätsfläche, in Quadratmillimeter;

3 die Breite, in Millimeter;

L die Länge, in Millimeter.

Das Ausmessen kleiner flächiger Reflektoren, wie im Bild 2 dargestellt, wird mit zunehmendem Schallweg und Schallbündeldurchmesser schwieriger. Als Anhaltswert werden diese Messungen üblicherweise in einer Randzone von 30 mm Dicke durchgeführt. Es erfordert den Einsatz von fokussierenden Prüfköpfen wie SE-Prüfköpfen.

4.3.3.3 Zulässigkeitsgrenzen für räumliche Reflektoren

Räumliche Reflektoren dürfen die in Bild 3 für die Randzone und in Bild 4 für die Kernzone angegebenen Abmessungen nicht überschreiten.

Anzeigen mit messbaren Ausdehnungen dürfen in Gütestufe 1 nicht zulässig sein.

Die zulässigen Ausdehnungen von Reflektorflächen in Wanddickenrichtung in der Randzone müssen 15 % der Randzonendicke betragen. Die zulässigen Ausdehnungen von Reflektorflächen in Wanddickenrichtung in der Kernzone müssen 15 % der Wanddicke betragen.

Der größte Abstand zwischen Reflektoren als Maßstab zur Bewertung als Einzelanzeige in Wanddickenrichtung oder seitlich zur Oberfläche muss 10 mm in der Randzone und 20 mm in der Kernzone betragen.

Gruppen von Einzelinhomogenitäten (Kurzzeichen GIR, siehe Tabelle 4) bestehen aus Einzelflächen, die jeweils eine Gruppe von mehreren einzeln auflösbaren Anzeigen umfassen. Eine Fläche gruppierter Anzeigen wird als Einzelfläche behandelt, wenn ihr Abstand zur benachbarten Fläche größer ist als die größte seitliche Ausdehnung jeder Fläche. Ein Beispiel dafür ist in Bild D.6 angegeben.

Für einen Reflektor mit einer Länge ab 3 mm und einer nicht messbaren Ausdehnung in Wanddickenrichtung muss diese nicht messbare Ausdehnung mit 3 mm angenommen und die Fläche wie folgt berechnet werden:

$$A = 3L \quad (2)$$

Dabei ist

- A die Einzelinhomogenitätsfläche, in Quadratmillimeter;
- 3 die angenommene Breite, in Millimeter;
- L die Länge, in Millimeter.

Wenn eine Kombination aus Durchstrahlungs- und Ultraschallprüfung durchgeführt und nachgewiesen wird, dass sich ein durch eine Durchstrahlungsprüfung angezeigter Reflektor in der Kernzone befindet, ist eine Stufe niedriger für den Reflektor zulässig, z. B. Gütestufe 3 anstatt Gütestufe 2 für die Durchstrahlungsprüfung, sofern zum Zeitpunkt der Anfrage und der Bestellung nicht anders festgelegt. Für weitere Informationen siehe EN 1559-2.

4.4 Qualifizierung des Personals

Ultraschallprüfung müssen von qualifiziertem Personal durchgeführt werden. Die Qualifizierung des Personals darf in Übereinstimmung mit EN ISO 9712 oder einem gleichwertigen Zertifizierungsverfahren erfolgen.

4.5 Wanddickenzonen

Die Wanddicke muss, wie in Bild 1 gezeigt, in Kern- und Randzonen eingeteilt werden. Diese Zonen beziehen sich auf die Abmessungen des einbaufertigen (fertig bearbeiteten) Gussstückes.

4.6 Gütestufen

Wenn der Besteller unterschiedliche Gütestufen in unterschiedlichen Bereichen desselben Gussstückes vorschreibt, müssen diese klar gekennzeichnet sein und Folgendes enthalten:

- a) alle notwendigen Maße zur genauen örtlichen Festlegung der Zonen;
- b) den gesamten Umfang aller Anschweißenden und die Dicke aller Sonderrandzonen.

Gütestufe 1 gilt nur für Anschweißenden und Sonderrandzonen.

Wenn bis zum Zeitpunkt der Annahme der Bestellung keine anderen Anforderungen vereinbart worden sind, gelten für Fertigungsschweißungen die Anforderungen für das Grundmaterial.

5 Prüfverfahren

5.1 Grundlagen

Es gelten die in EN ISO 16810, EN ISO 16811 und EN ISO 16827 angegebenen Grundlagen der Ultraschallprüfung.

5.2 Werkstoff

Die Ultraschallprüfbarkeit eines Werkstoffs wird durch Vergleich der Echohöhe eines Bezugsreflektors mit dem Störpegel beurteilt. Die Beurteilung muss an ausgewählten Stellen des Gussstückes, die für die Oberflächenbeschaffenheit und den gesamten Wanddickenbereich der zu prüfenden Objekte repräsentativ sind, vorgenommen werden. Die Beurteilungsbereiche müssen parallele Oberflächen haben.

Die Echohöhe des Bezugsreflektors entsprechend Tabelle 2 muss mindestens 6 dB höher als der Störpegel (Gras) sein.

Wenn die Echohöhe des kleinsten erkennbaren Durchmessers einer Flachboden- oder einer äquivalenten Querbohrung am äußersten Ende des zu beurteilenden Prüfbereiches weniger als 6 dB über dem Störpegel

liegt, so ist die Ultraschallprüfbarkeit vermindert. In diesem Fall muss der Durchmesser der Flachbodenbohrung oder der Querbohrung, die noch mit einem Signalrauschabstand von mindestens 6 dB erkennbar ist, im Prüfbericht vermerkt und das weitere Vorgehen zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

ANMERKUNG Zur Definition des zutreffenden Durchmessers einer Flachbodenbohrung kann ein Abstand-Verstärkungs-Größe-Diagramm (AVG-Diagramm) oder ein Prüfkörper aus demselben Werkstoff mit gleichen Wärmebehandlungsbedingungen und gleicher Wanddicke, der Flachbodenbohrungen mit Durchmessern entsprechend Tabelle 2 oder äquivalente Querbohrungen enthält, benutzt werden. Zur Umrechnung der Durchmesser von Flachbodenbohrungen in die von äquivalenten Querbohrungen kann Gleichung (3) benutzt werden:

$$D_Q = \frac{4,935 D_{FBH}^4}{\lambda^2 s} \quad (3)$$

Dabei ist

- D_Q der Durchmesser der Querbohrung, in Millimeter;
- D_{FBH} der Durchmesser der Flachbodenbohrung, in Millimeter;
- λ die Wellenlänge in Millimeter;
- s die Schallweglänge, in Millimeter.

Die Gleichung gilt für $D_Q \geq 2 \lambda$ und $s \geq 5 \times$ Nahfeldlänge, außerdem nur für Einschwingerprüfköpfe.

5.3 Prüfausrüstung und Koppelmittel

5.3.1 Ultraschallgerät

Das Ultraschallgerät muss die in EN ISO 22232-1 angegebenen Anforderungen erfüllen und folgende Eigenschaften haben:

- a) Justierbereichfähigkeit, lückenlos wählbar, mindestens von 10 mm bis 2 m, für Longitudinal- und Transversalwellen in Stahl;
- b) Verstärkungsspanne einstellbar in höchstens 2-dB-Stufen über einen Bereich von mindestens 80 dB mit einer Messgenauigkeit von 1 dB;
- c) Ungenauigkeit der Zeitachse und vertikale Linearität unter 5 % des Einstellbereichs auf dem Bildschirm;
- d) Betrieb im kombinierten Sender-Empfänger-Modus oder im separaten Sender-Empfänger-Modus;
- e) Eignung mindestens für Nennfrequenzen von 1 MHz bis 6 MHz in Impulstechnik im Einschwinger- und SE-Betrieb.

5.3.2 Prüfköpfe

Die Prüfköpfe müssen den Anforderungen aus EN ISO 22232-2 und EN ISO 22232-3 entsprechen, mit den folgenden Ausnahmen:

- a) die Nennprüffrequenzen müssen im Bereich von 1 MHz bis 6 MHz liegen;
- b) für Schrägeinschallung sind Winkelprüfköpfe mit Winkeln zwischen 35° und 70° zu verwenden.

ANMERKUNG Für die Prüfung von Stahlgussstücken können Senkrecht- und Winkelprüfköpfe eingesetzt werden. Die Art des Prüfkopfes hängt von der Geometrie des Gussstückes und von der nachzuweisenden Fehlerart ab.

Für die Prüfung oberflächennaher Zonen sollten SE-Prüfköpfe (senkrecht oder Winkel) bevorzugt werden.

5.3.3 Kontrolle der Prüfausrüstung

Die Prüfausrüstung muss regelmäßig nach EN ISO 22232-3 durch den Prüfer kontrolliert werden.

5.3.4 Koppelmittel

Ein Koppelmittel entsprechend EN ISO 16810 muss verwendet werden. Das Koppelmittel muss die Prüffläche benetzen, um eine ausreichende Schallübertragung sicherzustellen. Für die Justierung und alle folgenden Prüfarbeiten muss das gleiche Koppelmittel verwendet werden.

ANMERKUNG Die Schallübertragung kann durch Nachweis eines oder mehrerer stabiler Rückwandechos in Bereichen mit parallelen Oberflächen überprüft werden.

5.3.5 Nachweisempfindlichkeit und Auflösungsvermögen

Die Nachweisempfindlichkeit des Geräts muss mindestens die Empfindlichkeitseinstellung entsprechend den Anforderungen von 5.5.2 zulassen.

Das Auflösungsvermögen des Prüfsystems muss die Anforderungen von Anhang A erfüllen.

5.4 Vorbereitung von Gussstückoberflächen für die Prüfung

Für die Vorbereitung von Gussstückoberflächen für die Prüfung siehe EN ISO 16810.

Die zu prüfenden Gussstückoberflächen müssen so beschaffen sein, dass eine einwandfreie Ankopplung des Prüfkopfes möglich ist.

Im Falle von Einschwingerprüfköpfen kann eine zufriedenstellende Ankopplung erreicht werden, wenn die Beschaffenheit der zu prüfenden Oberflächen mindestens den Vergleichsmustern 4 S1 oder 4 S2 nach EN 1370 entspricht.

Die Rautiefe aller mechanisch bearbeiteten zu prüfenden Oberflächen muss $R_a \leq 12,5 \mu\text{m}$ sein.

Spezielle Prüftechniken können bessere Oberflächenbeschaffenheiten von z. B. 2 S1, 2 S2 (siehe EN 1370) und $R_a \leq 6,3 \mu\text{m}$ erfordern.

5.5 Prüfdurchführung

5.5.1 Allgemeines

Da die Wahl sowohl der Einschallrichtung als auch der geeigneten Prüfköpfe weitgehend von der Form des Gussstückes, den möglichen Gussfehlern oder den möglichen Fehlern vom Fertigungsschweißen abhängt, muss die geeignete Vorgehensweise bei der Prüfung vom Hersteller festgelegt werden.

Wenn möglich, müssen die zu prüfenden Bereiche von beiden Seiten geprüft werden. Bei Prüfung von nur einer Seite müssen nahauflösende Prüfköpfe zum Nachweis oberflächennaher Inhomogenitäten eingesetzt werden. Die Prüfung mit SE-Prüfköpfen ist nur für Teile jeder Dicke/Abtasttiefe oder mit Waddickenzonen bis zu 50 mm geeignet.

Zusätzlich müssen, wenn nicht anders zwischen Käufer und Hersteller vereinbart, bei allen Gussstücken folgende Bereiche bis zu einer Tiefe von 50 mm mit SE-Senkrecht- und/oder Winkelprüfköpfen geprüft werden:

- a) kritische Bereiche, z. B. Hohlkehlen, Waddickenübergänge, Bereiche mit äußeren Kühlrippen;
- b) Fertigungsschweißungen;

- c) Anschweißenden, wie in der Bestellung festgelegt;
- d) für den Einsatz des Gussstückes kritische Sonderrandzonen, wie in der Bestellung festgelegt.

Fertigungsschweißungen mit einer Tiefe von mehr als 50 mm müssen ergänzend mit anderen geeigneten Winkelprüfköpfen geprüft werden.

Bei Winkelprüfköpfen mit einem Einschallwinkel über 60° darf der Schallweg 150 mm nicht überschreiten.

Zur vollständigen Prüfung müssen alle zu prüfenden Bereiche durch systematisch überlappende Prüfbahnen erfasst werden.

Die Abtastgeschwindigkeit darf 150 mm/s nicht überschreiten.

5.5.2 Entfernungsjustierung

Die Entfernung des Ultraschallgeräts muss unter Verwendung von Senkrecht- oder Winkelprüfköpfen nach EN ISO 16811 mit einer der nachstehend angegebenen drei Möglichkeiten justiert werden:

- a) mit dem Kalibrierkörper Nr. 1 nach EN ISO 2400 oder Nr. 2 nach EN ISO 7963;
- b) mit einem anderen Kalibrierkörper, der aus einem Werkstoff mit gleichen akustischen Eigenschaften wie die des zu prüfenden Werkstoffs besteht;
- c) am Gussstück selbst unter Verwendung von Senkrechtprüfköpfen; in diesem Fall muss das zu prüfende Gussstück parallele Oberflächen haben, deren Abstand genau gemessen werden muss.

5.5.3 Empfindlichkeitseinstellung

5.5.3.1 Allgemeines

Die Empfindlichkeit muss nach der Entfernungsjustierung (siehe 5.5.2) entsprechend EN ISO 16811 eingestellt werden. Eine der beiden folgenden Techniken muss verwendet werden:

- a) Tiefenausgleich mit Abstands-Amplituden-Kurven (DAC):

Zum Tiefenausgleich mit Abstands-Amplituden-Kurven (DAC) wird eine Reihe von gleichartigen Reflektoren (Flachbodenbohrungen FBH oder Querbohrungen SDH) benutzt, wobei jeder Reflektor einen anderen Schallweg hat.

ANMERKUNG Eine Frequenz von 2 MHz und Flachbodenbohrungen von 6 mm Durchmesser werden üblicherweise verwendet.

- b) Abstand-Verstärkungs-Größe-Methode (AVG-Methode):

Bei der AVG-Methode wird eine Reihe von theoretisch abgeleiteten Kurven angewendet, in denen der Schallweg, die Verstärkung und der Durchmesser eines senkrecht zum Schallbündel angeordneten Kreisscheibenreflektors verknüpft sind.

5.5.3.2 Transferkorrektur

Die Transferkorrektur muss entsprechend EN ISO 16811 bestimmt werden.

Werden Kalibrierkörper verwendet, ist eine Messung der Transferkorrektur erforderlich, um zu bestimmen, ob eine Transferkorrektur durchgeführt werden muss. Zur Bestimmung der Transferkorrektur muss nicht nur die Beschaffenheit der Prüfoberfläche, sondern auch die der Gegenfläche berücksichtigt werden, da auch diese die Höhe des (zur Einstellung benutzten) Rückwandeckos beeinflusst. Die Gegenfläche hat eine für die Bestim-

mung der Transferkorrektur ausreichende Güte, wenn sie mechanisch bearbeitet ist oder mindestens den Vergleichsmustern 4 S1 oder 4 S2 nach EN 1370 entspricht.

5.5.3.3 Nachweis von Inhomogenitäten

Zum Nachweis von Inhomogenitäten muss die Verstärkung so weit erhöht werden, dass der Störuntergrund auf dem Bildschirm sichtbar wird (Suchempfindlichkeit).

Die Echohöhen der in Tabelle 2 angegebenen Flachbodenbohrungen oder der äquivalenten Querbohrungen müssen am Ende des Prüfbereiches mindestens 40 % der vollständigen Bildschirmhöhe betragen.

Wenn während der Prüfung der Verdacht entsteht, dass die Rückwandechoabnahme den registrierpflichtigen Wert überschreitet (siehe Tabelle 3), muss die Prüfung örtlich mit verminderter Empfindlichkeit wiederholt und die Rückwandechoabnahme quantitativ in Dezibel ermittelt werden.

Die Empfindlichkeitseinstellung von Winkelprüfköpfen muss so eingestellt werden, dass die typische Echodynamik dieser Reflektoren (siehe Bild 5) klar auf dem Bildschirm zu sehen ist.

Es wird empfohlen, die Empfindlichkeitseinstellung von Winkelprüfköpfen an natürlichen (nicht künstlichen) flächigen Reflektoren (Risse mit Ausdehnung in Wanddickenrichtung) oder an Wänden zu bestätigen, die senkrecht zur Prüffläche und unendlich zum Schallbündel sind.

In diesen Fällen sollte der Prüfkopfschuh der Kontur des Gussstückes angepasst werden (siehe EN ISO 16811).

5.5.4 Berücksichtigung verschiedener Arten von Anzeigen

Folgende Arten von Anzeigen können getrennt oder gemeinsam während der Prüfung von Gussstücken auftreten und müssen berücksichtigt und bewertet werden:

- a) Abnahmen des Rückwandechos, die nicht durch die Gestalt des Gussstückes oder durch die Ankopplung bedingt sind;
- b) Echos von Ungänsen.

Die Rückwandechoabnahme wird als Abfall der Rückwandechohöhe gegenüber des Referenzechos in Dezibel ausgedrückt. Die Höhe der Echoanzeige wird als Durchmesser einer äquivalenten Flachboden- oder Querbohrung angegeben.

5.5.5 Registriergrenzen

5.5.5.1 Rückwandechoabnahme

Alle Rückwandechoabnahmen über 12 dB (bei einer Prüffrequenz von 2 MHz) müssen registriert werden. Die registrierpflichtigen Rückwandechoabnahmen müssen als Testobjekt markiert und als Anzeigenbereiche ausgemessen werden.

5.5.5.2 Anzeigen von Reflektoren

Die Registriergrenze einer Echoanzeige ist durch ihre Echohöhe entsprechend eines Bezugsreflektors festgelegt.

Alle Anzeigen von Reflektoren mit messbaren Ausdehnungen müssen registriert werden, wenn die Echohöhe sowohl die in Tabelle 3 angegebenen Werte als auch die in Bild 3 und Bild 4 angegebenen Kriterien überschreitet.

Zwischen den verschiedenen Anzeigentypen, die in Tabelle 4 angegeben sind, muss unterschieden werden.

Zur Bestimmung des Anzeigentyps kann die Prüfeempfindlichkeit entsprechend dem Abstand von der Prüffläche, der geometrischen Form und der Beschaffenheit der Prüffläche geändert werden.

Bei Verwendung von Senkrechtprüfköpfen müssen alle Anzeigen, die eine Wanderbewegung oder offensichtliche Ausdehnung in Wanddickenrichtung zeigen, unabhängig von der Echohöhe zur nachfolgenden Beurteilung entsprechend 5.5.7.3 registriert werden.

Jede Stelle, an der registrierpflichtige Ungängen gefunden wurden, muss am Prüfobjekt markiert und im Prüfbericht angegeben werden. Diese Stellen müssen dokumentiert werden, z. B. durch Skizze oder Foto.

5.5.6 Untersuchung von registrierpflichtigen Ungängen

Die Stellen, an denen registrierpflichtige Ungängen gefunden wurden (siehe 5.5.5), müssen im Hinblick auf ihre Art, Form, Größe und Lage näher untersucht werden.

Dies kann durch Änderung der Ultraschallprüftechnik (z. B. Änderung des Einfallswinkels) oder durch zusätzliche Durchstrahlungsprüfung erreicht werden.

5.5.7 Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten

5.5.7.1 Allgemeines

Zur Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten siehe EN ISO 16827.

Die Ermittlung der Ausdehnungen eines Reflektors mit Hilfe der Ultraschallprüfung mit einer für technische Anwendungsfälle ausreichenden Genauigkeit ist nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich (z. B. Kenntnis der Art des Reflektors, einfache Geometrie des Reflektors, optimales Auftreffen des Schallbündels auf den Reflektor).

Die Natur eines Fehlers kann durch Einsatz zusätzlicher Einschallrichtungen und -winkel besser bestimmt werden. Zur Vereinfachung der Vorgehensweise werden Reflektoren in folgende Gruppen eingeteilt:

- a) Inhomogenitäten ohne messbare Ausdehnungen (punktförmig);
- b) Inhomogenitäten mit messbaren Ausdehnungen (erweitert).

ANMERKUNG 1 Anhang B enthält Angaben zu Schallbündeldurchmessern, um zwischen Reflektoren mit oder ohne messbare(n) Ausdehnungen zu unterscheiden.

ANMERKUNG 2 Anhang C enthält Angaben zu Reflektorentypen und zur Bestimmung ihrer Ausdehnungen. Er enthält weiterhin Angaben zur Einstellung des Justierbereichs (siehe 5.5.2) und der Empfindlichkeitseinstellung (siehe 5.5.3).

ANMERKUNG 3 Zur Größenbestimmung von Reflektoren wird empfohlen, Prüfköpfe einzusetzen, deren Schallbündeldurchmesser am Ort des Reflektors möglichst klein ist.

5.5.7.2 Größenbestimmung von weitgehend parallel zur Prüffläche gelegenen Reflektoren

Die Begrenzungslinie eines Reflektors muss als die Umfangslinie definiert werden, auf der die Echohöhe bis auf 6 dB unter das letzte Maximum abfällt oder auf der im Falle einer Rückwandechoabnahme das Rückwandecho um 6 dB (2-MHz-Prüfkopf) unter das ungestörte Rückwandecho abfällt.

5.5.7.3 Größenbestimmung von Inhomogenitäten in Wanddickenrichtung

Das Ausmessen flächiger Reflektoren und deren Beurteilung im Hinblick auf die vorgeschriebene Gütestufe müssen entsprechend 5.5.7.1 durch Prüfkopfverschiebung vorgenommen werden, jedoch in diesem Fall mit einem Echoabfall um 20 dB (siehe Bild C.7 und Bild C.9).

Die Größe der Inhomogenitäten in Wanddickenrichtung sollte entsprechend Bild 6 bestimmt werden.

5.6 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Verweisung auf dieses Dokument (EN 12680-2);
- b) Kenndaten des geprüften Gussstückes;
- c) Prüfumfang;
- d) verwendetes Ultraschallgerät;
- e) verwendete Prüfköpfe;
- f) eingesetzte Prüftechnik mit Angabe des geprüften Bereichs (Entfernungsjustierung);
- g) alle für die Empfindlichkeitseinstellung notwendigen Angaben (Kalibrierkörper);
- h) Angaben über alle kennzeichnenden Merkmale von registrierpflichtigen Anzeigen (z. B. Rückwandechoabnahme, Lage und Ausdehnung in Wanddickenrichtung, Länge, Fläche und Durchmesser der äquivalenten Flachbodenbohrung und Beschreibung ihrer Lage (Skizze oder Foto);
- i) Prüfdatum und Name der verantwortlichen Person.

Tabelle 1 — Zulässigkeitsgrenzen für Reflektoren ohne messbare Ausdehnungen in Sonderrandzonen und Anschweißenden (geprüft mit Senkrecht- oder Winkelprüfköpfen)

Gütestufe ^a	Kleinstes äquivalentes zu berücksichtigender Durchmesser einer Flachboden- oder Querbohrung		Zulässigkeitsgrenze ^c für Reflektoren in einem Rahmen 100 mm × 100 mm	
	FBH ^b mm	SDH ^b mm	Anzahl max.	Abstand min. mm
1	1,5	3 ^{d e} (mit -6 dB bei DAC)	6	12
2	1,5	3 ^{de} (mit -6 dB bei DAC)	12	10
3	2	3 ^d	12	8

^a Gütestufe 1 gilt allgemein für die gesamte Wanddicke von Anschweißenden. Die Gütestufe von Sonderrandzonen muss vom Käufer festgelegt werden.

^b FBH = Flachbodenbohrung, SDH = Querbohrung.

^c Wenn die Reflektoren mehr als 15 mm voneinander entfernt sind, sind sie unabhängig von ihrer Anzahl zulässig.

^d Gilt für Winkelprüfköpfe (4 MHz, Schwingerabmessung etwa 10 mm).

^e Eine SDH mit 0,75 mm Durchmesser kann durch eine SDH mit 3 mm Durchmesser dargestellt werden, wenn der Tiefenausgleich einer SDH mit 3 mm Durchmesser um 50 % verringert wird.

Tabelle 2 — Anforderungen an die Ultraschallprüfbarkeit

Wanddicke mm	Geprüfter Bereich	Kleinster nach 5.2 nachweisbarer Durchmesser der Flachbodenbohrung mm
≤ 100	—	2
> 100 bis ≤ 300	—	3
> 300 bis ≤ 600	—	4
—	Sonderrandzone, Anschweißenden	1,5

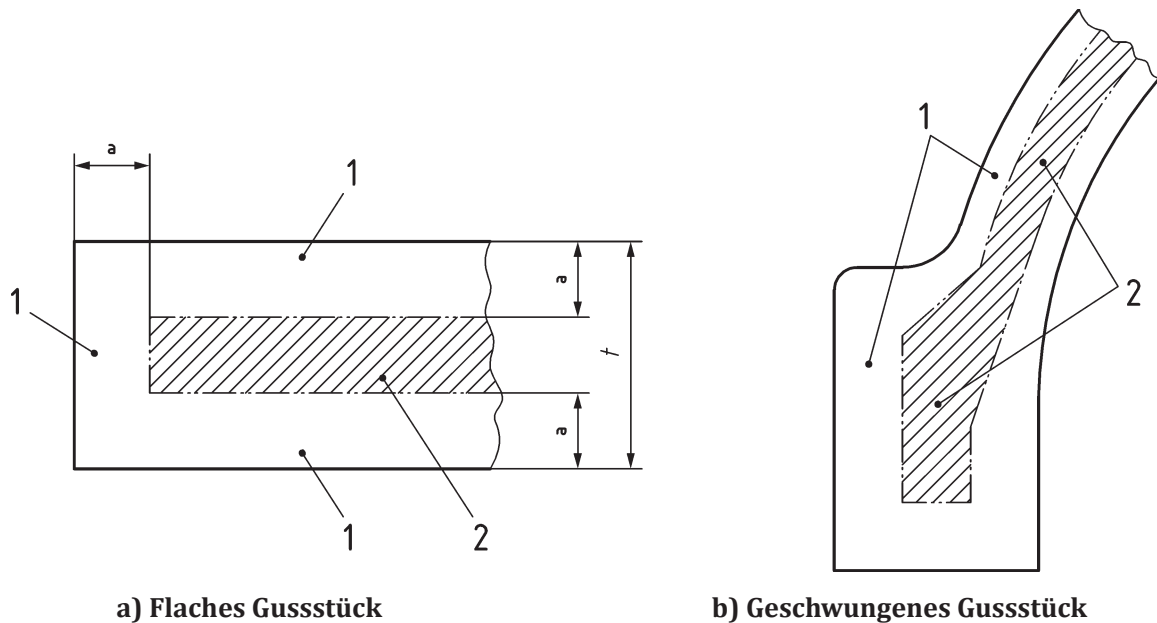
Tabelle 3 — Registriergrenzen

Wanddicke mm	Kleinster äquivalenter Durchmesser der Flachbodenbohrung mm	Rückwandechoabnahme min. dB
≤ 100	2	12
> 100 bis ≤ 300	3	
> 300 bis ≤ 600	4	

Tabelle 4 — Kurzzeichen für Anzeigentypen

Kurzzeichen^a	Anzeigetyp	Bild
SDB	Rückwandechoabnahme	Bild C.2
II	Einzelanzeige ohne messbare Ausdehnung	Bild C.3, Bild C.4
IIL	Einzelanzeige mit einer messbaren Ausdehnung	Bild C.4, Bild C.5
GIR	Gruppe von auflösbaren Ungängen	Bild C.6
IIP/IID	Einzelinhomogenität mit zwei Ausdehnungen	Bild C.5, Bild C.7
NII	Zahlreiche Ungängen ohne messbare Ausdehnungen	Bild C.8
NIP	Zahlreiche Ungängen mit Ausdehnungen in Wanddickenrichtung	Bild C.9
GIN	Gruppe von nicht auflösbaren Ungängen	Bild C.10, Bild C.11

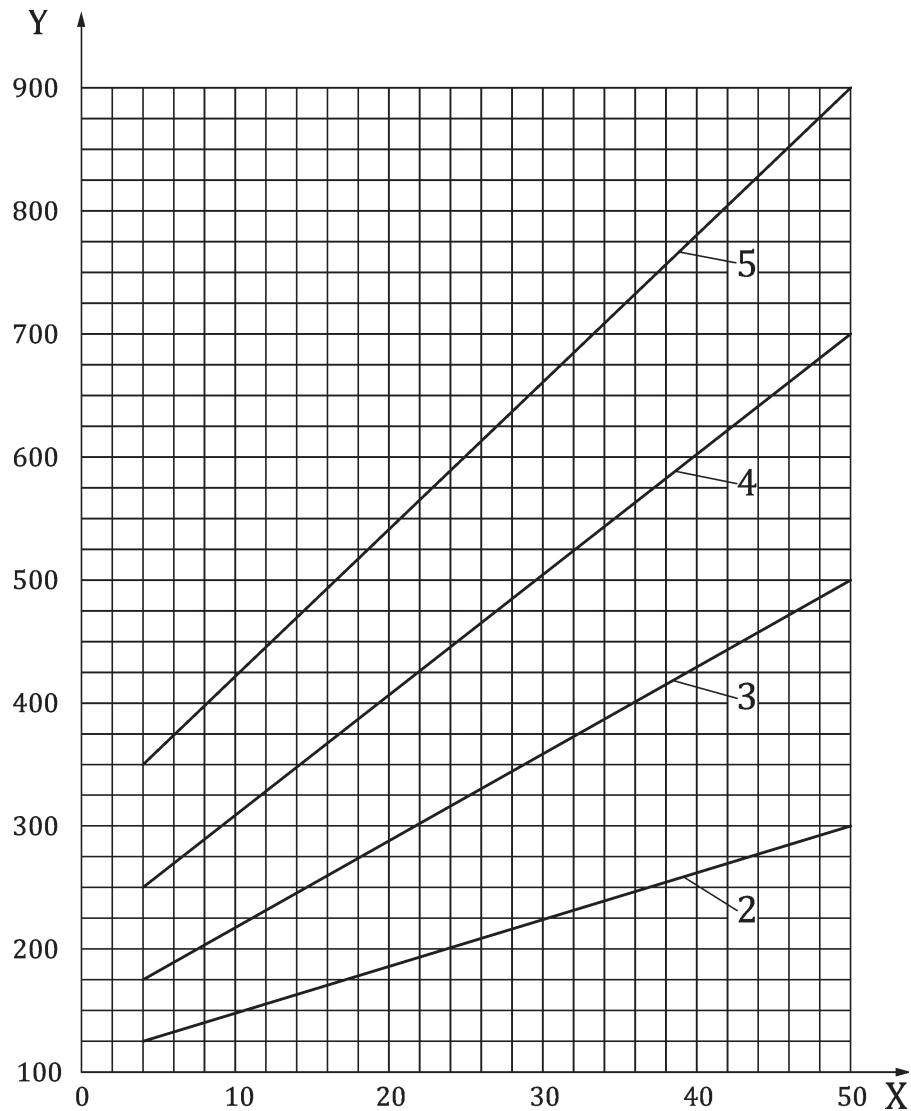
^a Für eine Beschreibung von Anzeigen siehe EN ISO 16827.



Legende

- 1 Randzone
- 2 Kernzone
- t Wanddicke
- ^a $t/3$ (max. 30 mm)

Bild 1 — Einteilung des Wandquerschnitts in Zonen



Legende

2 Gütestufe 2

3 Gütestufe 3

4 Gütestufe 4

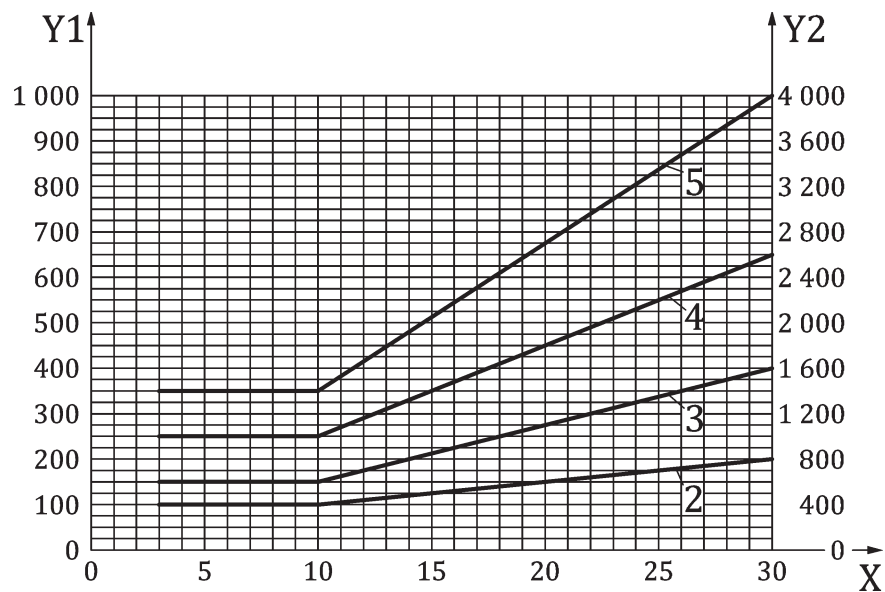
5 Gütestufe 5

X Abstand von der Prüffläche, in Millimeter

Y höchstzulässige Einzelinhomogenität, in Quadratmillimeter

Für weitere Erklärungen siehe 4.3.3.2.

**Bild 2 — Zulässigkeitsgrenzen für einzelne, flächige, vorwiegend in Waddickenrichtung
ausgerichtete Ungängen (siehe auch Bild C.7, Bild C.9 und Bild C.11), bestimmt mit Winkelprüfköpfen**



Legende

2 Gütestufe 2

3 Gütestufe 3

4 Gütestufe 4

5 Gütestufe 5

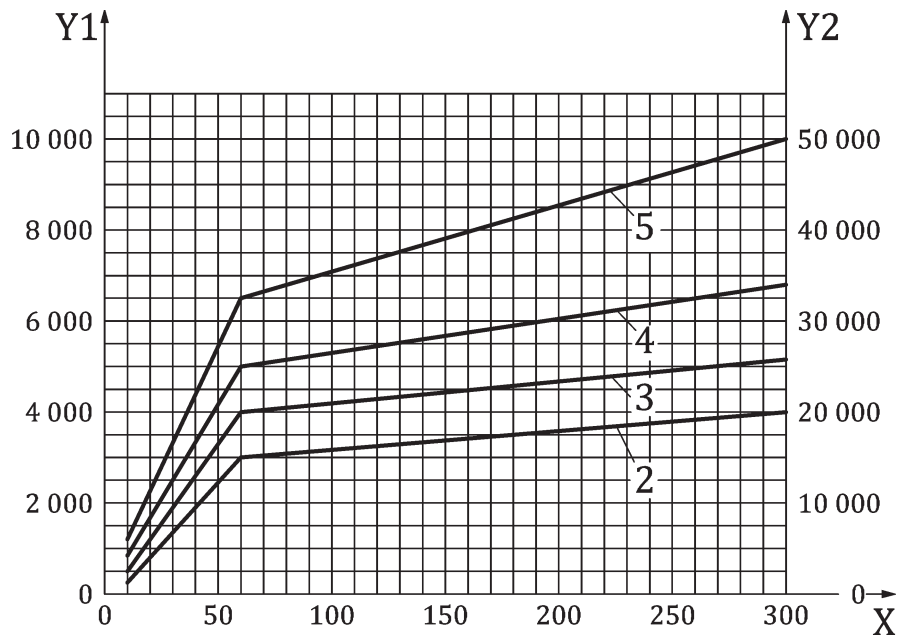
X kürzester Abstand von der Prüffläche oder von der Rückwand, in Millimeter

Y1 kleinste registrierpflichtige Inhomogenitätsfläche, in Quadratmillimeter

Y2 höchstzulässige einzelne Einzelinhomogenitätsfläche, in Quadratmillimeter

Für weitere Erklärungen siehe 4.3.3.3.

Bild 3 — Registrier- und Zulässigkeitsgrenzen für Ungängen mit messbaren Ausdehnungen in der Randzone (siehe auch Bild C.2, Bild C.5 und Bild C.10), bestimmt mit Senkrechtprüfköpfen

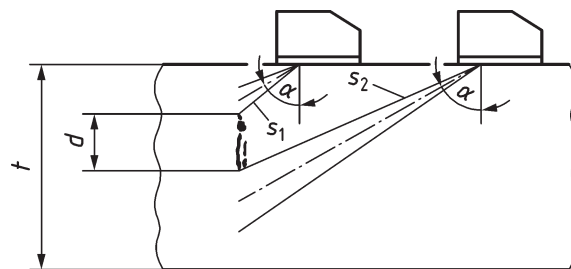


Legende

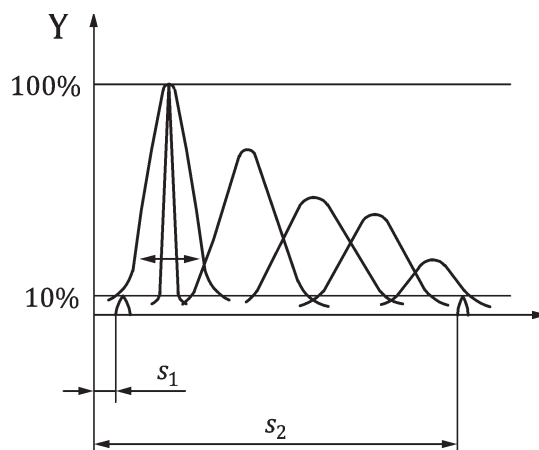
- 2 Gütestufe 2
- 3 Gütestufe 3
- 4 Gütestufe 4
- 5 Gütestufe 5
- X kürzester Abstand von der Prüffläche oder von der Rückwand, in Millimeter
- Y1 kleinste registrierpflichtige Inhomogenitätsfläche, in Quadratmillimeter
- Y2 höchstzulässige einzelne Einzelinhomogenitätsfläche, in Quadratmillimeter

Für weitere Erklärungen siehe 4.3.3.3.

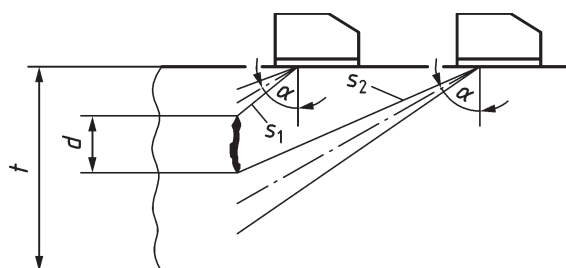
Bild 4 — Registrier- und Zulässigkeitsgrenzen für Ungänzen mit messbaren Ausdehnungen in der Kernzone (siehe auch Bild C.2, Bild C.5 und Bild C.10), bestimmt mit Senkrechtprüfköpfen



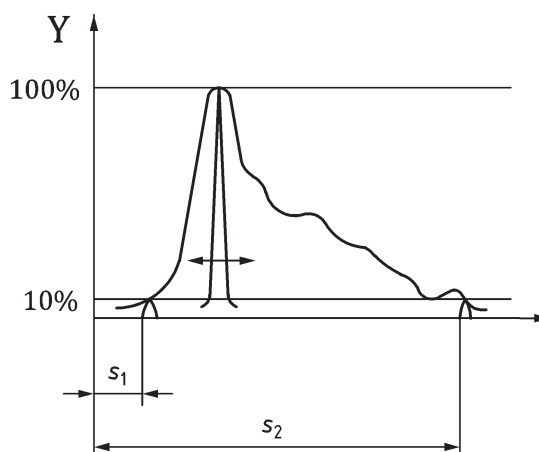
a) Wandbereich mit unterbrochenem Reflektor



b) Anzeige für Bild 5 a)



a) Wandbereich mit zusammenhängendem Reflektor

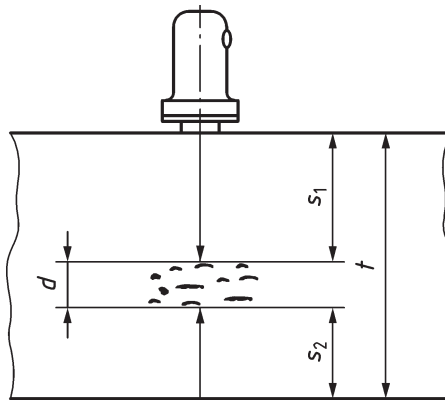


b) Anzeige für Bild 5 c)

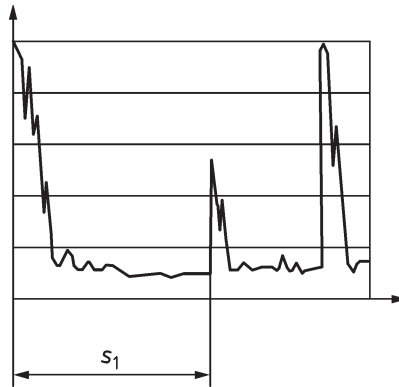
Legende

- Y Echohöhe
- d Ausdehnung in Wanddickenrichtung
- s_1, s_2 Länge des Schallwegs
- t Dicke
- α Einschallwinkel

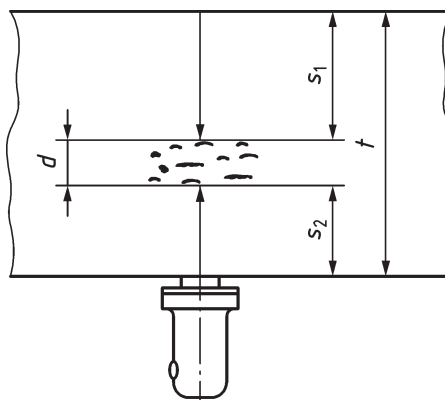
Bild 5 — Bestimmung der Ausdehnung von Reflektoren in Wanddickenrichtung



a) Prüfposition „A“



b) A-Bild aus Prüfposition „A“ in Bild 6 a)



c) Prüfposition „B“