

	Gießereiwesen Ultraschallprüfung Teil 1: Stahlgussstücke für allgemeine Verwendung Deutsche Fassung prEN 12680-1:2000	DIN EN 12680-1
	ICS 77.040.20 Founding — Ultrasonic inspection — Part 1: Steel castings for general purposes; German version prEN 12680-1:2000 Fonderie — Contrôle par ultrasons — Partie 1: Pièces moulées en acier pour usages généraux; Version allemande prEN 12680-1:2000	Einsprüche bis 2001-03-31 Ersatz für E DIN 1699-111:1996-11

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuss Gießereiwesen (GINA) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Kamekestraße 8, 50672 Köln.

Nationales Vorwort

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 190 "Gießereiwesen" (Sekretariat: Deutschland) in Zusammenarbeit mit CEN/TC 190/WG 4.10 "Innere Fehler" ausgearbeitet.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss GINA AA-6 "Innere Fehler" des Normenausschusses Gießereiwesen (GINA) verantwortlich.

Dieser zweite Norm-Entwurf enthält den Konsens der umfangreich eingegangenen Stellungnahmen zum ersten Norm-Entwurf DIN 1699-111:1996-11, der schon als Vorschlag für eine Europäische Norm veröffentlicht wurde.

Fortsetzung 29 Seiten prEN

Normenausschuss Gießereiwesen (GINA) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Gießereiwesen Ultraschallprüfung Teil 1: Stahlgussstücke für allgemeine Verwendung

Founding —
Ultrasonic inspection —
Part 1: Steel castings for general purposes

Fonderie —
Contrôle par ultrasons —
Partie 1: Pièces moulées en acier pour usages
généraux

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur zweiten CEN-Umfrage vorgelegt.

Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 190 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde von CEN in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

Warnvermerk: Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in Bezug genommen werden.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	Tabelle 2 — Anforderungen an die Ultraschallprüfbarkeit	12
Einleitung	2	Tabelle 3 — Registriergrenzen	12
1 Anwendungsbereich	3	Bild 1 — Zulässigkeitsgrenzen für einzelne, weitgehend in Wanddickenrichtung ausgerichtete, flächige Anzeigen, bestimmt mit Winkelprüfköpfen ..	13
2 Normative Verweisungen	3	Bild 2 — Einteilung des Wandquerschnitts in Zonen	14
3 Begriffe	3	Bild 3 — Messung der Ausdehnung von Reflektoren in Wanddickenrichtung	15
4 Anforderungen	4	Bild 4 — Messung der Ausdehnung von Reflektoren in Wanddickenrichtung mit Senkrechtprüfköpfen	16
4.1 Bestellangaben	4	Anhang A (informativ) Schallbündeldurchmesser	17
4.2 Prüfumfang	5	Anhang B (informativ) Anzeigentypen	19
4.3 Höchtzulässige Anzeigengröße	5		
4.4 Prüfpersonal	5		
4.5 Zoneneinteilung der Wanddicken	5		
4.6 Gütestufen	6		
5 Prüfverfahren	6		
5.1 Grundlagen	6		
5.2 Werkstoff	6		
5.3 Prüfsystem, Koppelmittel und Einstellung des Justierbereiches	7		
5.4 Vorbereitung von Gussstückoberflächen für die Prüfung	7		
5.5 Vorgehensweise bei der Prüfung	8		
5.6 Prüfbericht	10		
Tabelle 1 — Zulässigkeitsgrenzen für räumliche Reflektoren	11		

Vorwort

Dieser Entwurf zur Europäischen Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 190 "Gießereiwesen" erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur zweiten CEN-Umfrage vorgelegt.

Im Rahmen seines Arbeitsprogrammes hat das Technische Komitee CEN/TC 190 in Zusammenarbeit mit CEN/TC 190/WG 4.10 "Innere Fehler" die folgende Norm ausgearbeitet.

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

Dies ist eine von drei europäischen Normen für Ultraschallprüfung. Die anderen Normen sind:

prEN 12680-2, *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 2: Stahlgussstücke für Turbinenteile.*

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

Einleitung

Dieser Teil von prEN 12680 behandelt die Ultraschallprüfung von Stahlgussstücken für allgemeine Verwendung.

prEN 12680-2 behandelt die Ultraschallprüfung von Stahlgussstücken für Turbinenteile.

prEN 12680-3 behandelt die Ultraschallprüfung von Gussstücken aus Gusseisen mit Kugelgraphit.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil dieser Norm legt die Anforderungen an die Ultraschallprüfung von Stahlguss für allgemeine Verwendung (mit begrenztem Austenitgehalt) und die Verfahren zur Bestimmung innerer Fehler mit dem Impuls-Echo-Verfahren fest.

Dieser Teil dieser Norm gilt für die Ultraschallprüfung von Stahlgussstücken, die üblicherweise kornfeinend gegläht worden sind und die eine Wanddicke bis 600 mm haben.

Für größere Wanddicken gelten hinsichtlich des Prüfverfahrens und der Registrierungsgrenzen besondere Vereinbarungen.

Dieser Teil dieser Norm gilt nicht für Verbindungsschweißungen.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 473, *Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen.*

EN 583-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundsätze.*

prEN 583-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Teil 2: Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung.*

EN 583-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Teil 3: Durchschallungstechnik.*

EN 1330-4, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 4: Begriffe der Ultraschallprüfung.*

EN 1370, *Gießereiwesen — Prüfung der Oberflächenrauheit mit Hilfe von Vergleichsmustern.*

EN 1559-2, *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Stahlgussstücke.*

EN 12223, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr 1.*

prEN 12668-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 1: Prüfgeräte.*

EN 27963, *Schweißverbindungen in Stahl — Kalibrierkörper Nr 2 zur Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen (ISO 7963:1985).*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils dieser Norm gelten die folgenden Begriffe:

ANMERKUNG Andere in diesem Teil dieser Norm verwendete Begriffe sind in EN 1330-4 gegeben.

3.1

Bezugsechohöhe einer Anzeige

kleinste bei der Beurteilung der Ultraschallprüfung zu registrierende Anzeige, üblicherweise ausgedrückt als Äquivalentdurchmesser einer Flachbodenbohrung (Kreisscheibenreflektor)

3.2

Reflektor ohne messbare Ausdehnungen

Reflektor mit Ausdehnungen kleiner als der oder gleich dem Schallbündeldurchmesser

ANMERKUNG 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 der Schallbündeldurchmesser

ANMERKUNG 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

Sonderrandzone

äußerer Teil der Randzone mit besonderen Anforderungen (bei z. B. mechanisch bearbeiteten Oberflächen, höheren Beanspruchungen, Dichtflächen)

3.7

Produktionsschweißung

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

3.7.1

Verbindungsschweißung

Produktionsschweißung zum Zusammenfügen von Teilen zur Herstellung einer vollständigen Einheit

3.7.2

Fertigungsschweißung

Produktionsschweißung zur Sicherstellung der vereinbarten Gussstückqualität

4 Anforderungen

4.1 Bestellangaben

Die folgenden Informationen müssen zum Zeitpunkt der Anfrage und Bestellung vorhanden sein:

- die Bereiche des Gussstücks und Anzahl oder Anteil der Gussstücke, für die die Anforderungen der Ultraschallprüfung gelten;
- die Gütestufe, die für die verschiedenen Zonen oder Bereiche des Gussstücks angewendet werden muss;
- ob eine schriftliche Ultraschallprüfanweisung vom Hersteller des Gussstücks gefordert wird;
- ob es zusätzliche Anforderungen für die Vorgehensweise bei der Prüfung gibt, z. B. 5.5.1.

4.2 Prüfumfang

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

Bei Wanddicken über 600 mm sind zwischen den Vertragspartnern Vereinbarungen zur Vorgehensweise bei der Prüfung und auch bezüglich der Registrier- und Zulässigkeitsgrenzen zu treffen.

4.3 Höchstzulässige Anzeigengröße

4.3.1 Zulässigkeitsgrenzen für flächige, vorwiegend senkrecht zur Oberfläche ausgerichtete Reflektoren

Die Zulässigkeitsgrenzen für flächige Reflektoren sind in Bild 1 angegeben.

Anzeigen mit messbaren Ausdehnungen sind in Gütestufe 1 nicht zulässig.

Die größte Ausdehnung in Wanddickenrichtung darf 10 % der Wanddicke nicht überschreiten, ausgenommen Anzeigen, deren messbare Länge (seitlich) ≤ 10 mm ist. Solche Anzeigen dürfen eine Ausdehnung in Wanddickenrichtung von 25 % der Wanddicke oder 20 mm nicht überschreiten.

Der größte Abstand zwischen Anzeigen als Kriterium für die Bewertung als einzelne Anzeige oder Anzeigenfläche muss senkrecht zur Oberfläche oder seitlich 10 mm betragen.

Die Fläche A einer Anzeige mit messbarer Länge, aber nicht messbarer Ausdehnung in Wanddickenrichtung muss wie folgt berechnet werden:

$$A = 0,3 \times \text{messbare Länge}$$

Dabei ist

- A in Quadratzentimeter ausgedrückt,
- die messbare Länge in Zentimeter ausgedrückt.

4.3.2 Zulässigkeitsgrenzen für räumliche Reflektoren

Die Zulässigkeitsgrenzen für räumliche Reflektoren sind in Tabelle 1 angegeben. Jeder Reflektor, der eines der Kriterien überschreitet, muss als unzulässig angesehen werden.

4.3.3 Höchstzulässige Fehler, falls eine Durchstrahlungsprüfung des Gussstückes als Ergänzung zur Ultraschallprüfung durchgeführt wird

Falls durch eine Kombination von Durchstrahlungs- und Ultraschallprüfung nachgewiesen wurde, dass ein Fehler in der Kernzone liegt, muss diese zusätzliche Information, sofern bei Anfrage und Bestellung nicht anders vereinbart, den Fehler für eine weniger strenge Gütestufe zulässig machen, z. B. Gütestufe 3 anstelle von 2 bei Durchstrahlungsprüfung, siehe EN 1559-2.

4.4 Prüfpersonal

Das Prüfpersonal muss nach Ausbildung und Erfahrung in der Lage sein, die Ultraschallprüfungen entsprechend den Anforderungen dieses Teils dieser Norm durchzuführen. Käufer und Hersteller müssen den Zertifizierungsgrad des Prüfpersonals entsprechend EN 473 oder eines von beiden Seiten akzeptierten anderen Zertifizierungssystems vereinbaren.

4.5 Zoneneinteilung der Wanddicke

Die Wanddicke muss, wie in Bild 2 gezeigt, in Zonen eingeteilt werden. Diese Zonen beziehen sich auf die Abmessungen des einbaufertigen (fertig bearbeiteten) Gussstücks.

4.6 Gütestufen

Wenn der Besteller unterschiedliche Gütestufen in unterschiedlichen Bereichen desselben Gussstücks vorschreibt, müssen diese auf der Bestellbezeichnung klar gekennzeichnet sein und folgendes enthalten:

- alle notwendigen Maße zur genaueren örtlichen Festlegung der Zonen;
- 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 583-1, prEN 583-2 und EN 583-3 angegebenen Grundlagen.

5.2 Werkstoff

Die Ultraschallprüfbarkeit des Werkstoffs muss anhand einer Mindestechohöhe eines Reflektors, die der Bezugsechohöhe entspricht, am Ende des Prüfbereiches (üblicherweise des ersten Rückwandechos) beurteilt werden. Die Beurteilung muss an ausgewählten Stellen des Gussstücks, die für die Oberflächenbeschaffenheit und den gesamten Wanddickenbereich repräsentativ sind, vorgenommen werden. Die Beurteilungsbereiche müssen parallele Oberflächen haben.

Die Echohöhe einer Flachlochbohrung entsprechend Tabelle 2 oder die einer äquivalenten Zylinderbohrung am Ende des Prüfbereichs, z. B. in Rückwanddistanz, muss mindestens 6 dB höher als der Rauschpegel (Gras) sein.

Wenn die Echohöhe dieses kleinsten erkennbaren Durchmessers einer Flachboden- oder einer äquivalenten Zylinderbohrung am Ende des zu beurteilenden Prüfbereiches weniger als 6 dB über dem Rauschpegel liegt, so ist die Ultraschallprüfbarkeit vermindert. In dem Fall muss der Durchmesser der Flachbodenbohrung oder der Zylinderbohrung, 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 der zutreffenden Größe einer Flachlochbohrung kann ein Abstand-Verstärkung-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 Zylinderbohrungen enthält, benutzt werden. Zur Umrechnung der Durchmesser von Flachlochbohrungen in die von Zylinderbohrungen wird die folgende Gleichung benutzt:

$$D_Q = \frac{4,935 \times D_{FBH}^4}{\lambda^2 \times s} \quad (1)$$

Dabei ist

- D_Q der Durchmesser der Zylinderbohrung;
- D_{FBH} der Durchmesser der Flachlochbohrung;
- λ die Wellenlänge;
- s die Schallweglänge.

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

5.3 Prüfsystem, Koppelmittel und Einstellung des Justierbereiches

5.3.1 Ultraschallprüfgerät

Das Ultraschallprüfgerät muss die in prEN 12668-1 angegebenen Anforderungen erfüllen und die folgenden Eigenschaften haben:

- Justierbereich, lückenlos wählbar, mindestens von 10 mm bis 2 m, für Longitudinal- und Transversalwellen in Stahl;
- Verstärkung einstellbar in höchstens 2-dB-Stufen über einen Bereich von mindestens 80 dB mit einer Messgenauigkeit von 1 dB;
- Linearität der Zeitachse und vertikale Linearität unter 5 % des Einstellbereichs auf dem Bildschirm;
- Eignung mindestens für Nennfrequenzen von 1 MHz bis 5 MHz in Impulstechnik im Einschwinger- und SE-Betrieb.

5.3.2 Prüfköpfe und Prüffrequenzen

Die Nennprüffrequenzen müssen im Bereich von 1 MHz bis 5 MHz liegen.

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 benutzten Prüfkopfes hängt von der Geometrie des Gussstücks und der nachzuweisenden Fehlerart ab.

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

5.3.3 Koppelmittel

Ein Koppelmittel entsprechend EN 583-1 muss verwendet werden. Das Koppelmittel muss den Prüfbereich 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.

5.3.4 Einstellen des Justierbereiches

Der Justierbereich muss auf dem Bildschirm des Prüfgerätes unter Verwendung von Normal- oder Winkelprüfköpfen nach einer der nachstehend angegebenen drei Möglichkeiten eingestellt werden:

- mit Kontrollkörpern entsprechend EN 12223 oder EN 27963;
- mit anderen Kontrollkörpern, die aus einem Werkstoff mit gleichen akustischen Eigenschaften wie der zu prüfende Werkstoff bestehen;
- am Gussstück selbst unter Verwendung von Senkrechtprüfköpfen. In diesem Fall muss das zu prüfende Gussstück parallele Oberflächen haben, deren Abstand genau gemessen werden muss.

5.4 Vorbereitung von Gussstückoberflächen für die Prüfung

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

Im Falle von Einschwinger-Prüfköpfen 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 bearbeiteter zu prüfender 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 Vorgehensweise bei der Prüfung

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. In besonderen Fällen können bestimmte Vereinbarungen getroffen 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 Fehler eingesetzt werden. Eine Prüfung mit SE-Prüfköpfen ist nur für Waddicken bis 50 mm zweckmäßig.

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

- kritische Bereiche, z. B. Hohlkehlen, Waddickenübergänge, Bereiche mit äußeren Kühlrippen;
- Fertigungsschweißungen;
- Anschweißenden, wie in der Bestellung festgelegt;
- 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.

5.5.2 Abtastgeschwindigkeit

Die Abtastgeschwindigkeit darf 150 mm/s nicht überschreiten.

Alle zu prüfenden Bereiche müssen vollständig durch systematisch überlappende Prüfbahnen erfasst werden.

5.5.3 Prüfempfindlichkeit

5.5.3.1 Allgemeines

Die Prüfempfindlichkeit muss nach der Einstellung des Justierbereiches (siehe 5.3.4) entsprechend prEN 583-2 eingestellt werden. Eine der beiden folgenden Techniken muss verwendet werden:

- Tiefenausgleich

Zum Tiefenausgleich wird eine Reihe von gleichartigen Reflektoren (Flachlochbohrungen FBH oder Zylinderbohrungen SOH) benutzt, wobei jeder Reflektor einen anderen Schallweg hat.

ANMERKUNG Eine Frequenz von 2 MHz und Flachlochbohrungen von 6 mm Durchmesser werden empfohlen.

- Abstand-Verstärkung-Größe-Methode (AVG-Methode)

Die AVG-Methode benutzt eine Reihe von theoretisch abgeleiteten Kurven, in denen der Schallweg, die Geräteverstärkung und der Durchmesser eines senkrecht zum Schallstrahl angeordneten Kreisscheibenreflektors verknüpft sind.