

DIN EN 12668-2



ICS 19.100

Ersatz für
DIN EN 12668-2:2001-09 und
DIN EN 12668-2/A1:2004-10

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung –
Teil 2: Prüfköpfe;
Deutsche Fassung EN 12668-2:2010**

Non-destructive testing –
Characterization and verification of ultrasonic examination equipment –
Part 2: Probes;
German version EN 12668-2:2010

Essais non destructifs –
Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons –
Partie 2: Transducteurs;
Version allemande EN 12668-2:2010

Gesamtumfang 55 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12668-2:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 062-08-23 AA „Ultraschallprüfung“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

In der englischen Referenzfassung ist in der Legende von Bild B.2 fälschlicherweise anstelle von „d“ „b“ erklärt. Dies wurde in der vorliegenden Norm korrigiert.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12668-2:2001-09 und DIN EN 12668-2/A1:2004-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) EN ISO/IEC 17025 wurde aufgenommen;
- b) die allgemeinen Anforderungen wurden überarbeitet und präzisiert;
- c) die Bilder wurden aktualisiert;
- d) der Text wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12668-2: 2001-09

DIN EN 12668-2/A1: 2004-10

Deutsche Fassung

Zerstörungsfreie Prüfung —
Charakterisierung und Verifizierung
der Ultraschall-Prüfausrüstung —
Teil 2: Prüfköpfe

Non-destructive testing —
Characterization and verification of ultrasonic
examination equipment —
Part 2: Probes

Essais non destructifs —
Caractérisation et vérification de l'appareillage
de contrôle par ultrasons —
Partie 2: Traducteurs

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 25. Dezember 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind 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. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Allgemeine Anforderungen zur Übereinstimmung	7
5 Technische Spezifikation für Prüfköpfe	7
6 Prüfausrüstung	10
6.1 Elektronische Geräte	10
6.2 Vergleichskörper und weitere Ausrüstung	10
7 Anforderungen an die Prüfkopfeigenschaften	14
7.1 Äußeres Erscheinungsbild	14
7.1.1 Verfahren	14
7.1.2 Zulässigkeitskriterium	14
7.2 Form des Hochfrequenz-Impulses	14
7.2.1 Verfahren	14
7.2.2 Zulässigkeitskriterium	14
7.3 Impulsspektrum und Bandbreite	14
7.3.1 Verfahren	14
7.3.2 Zulässigkeitskriterien	15
7.4 Relative Echo-Empfindlichkeit	15
7.4.1 Verfahren	15
7.4.2 Zulässigkeitskriterium	15
7.5 Abstand-Amplituden-Kurve	16
7.5.1 Verfahren	16
7.5.2 Zulässigkeitskriterium	17
7.6 Elektrische Impedanz	17
7.6.1 Verfahren	17
7.6.2 Zulässigkeitskriterien	17
7.7 Parameter zum Schallbündel von Tauchtechnik-Prüfköpfen	17
7.7.1 Allgemeines	17
7.7.2 Schallbündel-Querschnitte — Messungen direkt im Schallbündel	18
7.7.3 Schallbündel-Querschnitte — Messungen mit einem automatisierten System zur Abtastung	20
7.8 Schallbündelparameter für Senkrechtprüfköpfe mit einem Schwinger für direkten Kontakt	22
7.8.1 Allgemeines	22
7.8.2 Schallbündeldivergenz und Seitenkeulen	22
7.8.3 Schielwinkel und Prüfkopfversatz	23
7.8.4 Fokusabstand (Nahfeldlänge)	24
7.8.5 Fokusdurchmesser	24
7.8.6 Länge des Fokusbereiches	25
7.9 Schallbündelparameter für Winkelprüfköpfe mit einem Schwinger für direkten Kontakt	25
7.9.1 Allgemeines	25
7.9.2 Schalleintrittspunkt	25
7.9.3 Einschallwinkel und Schallbündeldivergenz	26
7.9.4 Schielwinkel und Prüfkopfversatz	27
7.9.5 Fokusabstand (Nahfeldlänge)	28
7.9.6 Fokusdurchmesser	28
7.9.7 Länge des Fokusbereiches	29
7.10 Schallbündelparameter für Senkrecht-SE-Prüfköpfe für direkten Kontakt	29
7.10.1 Allgemeines	29
7.10.2 Übersprechen	30

7.10.3	Abstand des Empfindlichkeitsmaximums (Fokusabstand)	30
7.10.4	Axiale Ausdehnung des empfindlichen Bereiches (Länge des Fokusbereiches)	30
7.10.5	Laterale Ausdehnung des empfindlichen Bereiches (Fokusbereich)	30
7.11	Schallbündelparameter für SE-Winkelprüfköpfe für direkten Kontakt	31
7.11.1	Allgemeines	31
7.11.2	Übersprechen	32
7.11.3	Schalleintrittspunkt	32
7.11.4	Einschallwinkel und Schallbündelquerschnitte	32
7.11.5	Abstand des Empfindlichkeitsmaximums (Fokusabstand)	33
7.11.6	Axiale Ausdehnung des empfindlichen Bereiches (Länge des Fokusbereiches)	33
7.11.7	Laterale Ausdehnung des empfindlichen Bereiches (Fokusbereich)	33
Anhang A	(normativ) Berechnung der Nahfeldlänge von nicht fokussierenden Prüfköpfen	46
A.1	Allgemeines	46
A.2	Senkrechtprüfköpfe	46
A.3	Winkelprüfköpfe	47
Anhang B	(informativ) Kalibrierkörper für Winkelprüfköpfe	49
Literaturhinweise		53

Vorwort

Dieses Dokument (EN 12668-2:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 12668-2:2001 und die Änderung A1:2004.

EN 12668 *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung* besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Prüfgeräte*
- *Teil 2: Prüfköpfe*
- *Teil 3: Komplette Prüfausrüstung*

Anhang A ist normativ. Anhang B ist informativ.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für Prüfköpfe für die zerstörungsfreie Prüfung mit Ultraschall mit Mittenfrequenzen von 0,5 MHz bis 15 MHz, fokussierend oder ohne fokussierende Vorrichtungen in den folgenden Kategorien:

- a) Prüfköpfe für den direkten Kontakt mit einem oder zwei Schwingern, die Druck- oder Scherwellen erzeugen;
- b) Tauchtechnik-Prüfköpfe mit einem Schwinger.

Wenn werkstoffabhängige Ultraschallwerte in diesem Dokument festgelegt werden, beruhen sie auf Stahl mit einer Schallgeschwindigkeit von $(5\,920 \pm 50)$ m/s für Longitudinalwellen und von $(3\,255 \pm 30)$ m/s für Transversalwellen.

Wiederkehrende Überprüfungen für Prüfköpfe sind nicht in diesem Dokument enthalten. Routinemäßige Kontrollen zur Verifizierung von Prüfköpfen mit Verfahren, die am Prüfort angewendet werden können, sind in EN 12668-3 aufgeführt.

Wenn mit Zustimmung der Vertragspartner außer den in EN 12668-3 aufgeführten Parametern auch noch zusätzliche Parameter während der Lebensdauer des Prüfkopfes verifiziert werden müssen, so sollten die Verfahren zur Verifizierung für diese zusätzlichen Parameter aus den in diesem Dokument aufgeführten Verfahren ausgewählt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 1330-4:2010, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 4: Begriffe der Ultraschallprüfung*

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

EN ISO 7963¹⁾, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Festlegungen für den Kalibrierkörper Nr. 2 (ISO 7963:1985)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1330-4:2010 und die folgenden Begriffe.

3.1

tote Zone

Tiefe der Zone unmittelbar unter der Ankopplungsfläche des Prüfgegenstandes, in der es nicht möglich ist, einen vorgegebenen Reflektor festzustellen

3.2

Fokusabstand

Nahfeldlänge

Punkt auf der akustischen Achse, an dem der Schalldruck sein Maximum erreicht

1) In Vorbereitung.

3.3

horizontale Ebene des Schallbündels

<Winkelprüfköpfe> Ebene, die senkrecht auf der vertikalen Ebene des Schallbündels steht und die akustische Achse im Werkstoff enthält

3.4

Arbeitsfrequenz

Mittenfrequenz

f_0

arithmetisches Mittel aus der oberen und unteren Grenzfrequenz

$$f_0 = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (1)$$

ANMERKUNG Im Frequenzspektrum eines Echos werden die oberen und unteren Grenzfrequenzen bei -6-dB im Vergleich zur größten Amplitude bestimmt.

3.5

Spitze-Spitze-Amplitude

h

größte Abweichung zwischen der größten positiven und der größten negativen Auslenkung des Impulses

ANMERKUNG Siehe Bild 1.

3.6

Prüfkopf-Datenblatt

Blatt, das die in dieser Norm geforderten Angaben enthält

ANMERKUNG Das Datenblatt muss nicht notwendigerweise ein Prüf-Zertifikat über die Prüfkopfeigenschaften sein.

3.7

Impulsdauer

Zeitintervall, in dem der Betrag der Amplitude des nicht gleichgerichteten Impulses 10 % der Maximalamplitude übersteigt, wie in Bild 1 gezeigt

3.8

Bezugsseite

rechte Seite (in Richtung des Schallbündels gesehen) eines Winkelprüfkopfes, es sei denn, sie ist durch den Hersteller anders festgelegt

3.9

relative Bandbreite

Δf_{rel}

Verhältnis zwischen der Differenz der oberen Grenzfrequenz f_u und der unteren Grenzfrequenz f_l und der Mittenfrequenz f_0

$$\Delta f_{\text{rel}} = [(f_u - f_l) / f_0] \times 100 \%$$

ANMERKUNG Die relative Bandbreite wird in Prozent (%) angegeben.

3.10

Schielwinkel für Senkrechtprüfköpfe

δ

Abweichung zwischen der Achse des Schallbündels und einer Senkrechten auf die Ankopplungsfläche im Einschallungspunkt

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 2.

<Winkelprüfköpfe> Winkel zwischen den Seitenflächen des Prüfkopfgehäuses und der Projektion der gemessenen Schallbündelachse auf die Koppelfläche des Prüfkopfes

ANMERKUNG 2 Siehe Bild 3.

3.11

vertikale Ebene eines Schallbündels

<Winkelprüfköpfe> Ebene, in der sowohl die Schallbündelachse im Prüfkopfkeil als auch die Schallbündelachse im Prüfobjekt liegen

4 Allgemeine Anforderungen zur Übereinstimmung

Ein Ultraschallprüfkopf entspricht dieser Norm, wenn er folgende Anforderungen erfüllt:

- a) der Prüfkopf muss Abschnitt 7 entsprechen;
- b) es muss entweder eine Konformitätserklärung vorliegen, die von einer Organisation ausgestellt ist, die ein zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem betreibt, oder es muss ein Zertifikat vorliegen, dass von einer Organisation ausgestellt ist, die als Testlabor akkreditiert ist;

ANMERKUNG Es wird eine Zertifizierung nach EN ISO 9001, bzw. eine Akkreditierung nach EN ISO/IEC 17025 empfohlen.

- c) der Prüfkopf muss zur Identifizierung des Herstellers eindeutig gekennzeichnet sein und eine einzigartige fortlaufende Nummer tragen, aus der die Arbeitsfrequenz, die Schwingergröße, der Einschallwinkel hervorgeht, oder aber er trägt eine Kennnummer, mit der diese Informationen gefunden werden können;
- d) für den entsprechenden Prüfkopftyp und die entsprechende Prüfkopfserie muss es eine Technische Spezifikation (Datenblatt) geben, die die Eigenschaften in Übereinstimmung mit Abschnitt 5 dieser Norm angibt.

Die Qualität von Prüfköpfen wird nach einer der beiden folgenden Methoden bestätigt:

- e) es wird eine Konformitätserklärung auf der Grundlage einer statistischen Analyse erstellt, bei der eine Anzahl von identischen Prüfköpfen unter einem Qualitätsmanagementsystem gefertigt wird. Der Hersteller muss ein Datenblatt zur Verfügung stellen, das die Werte zu den entsprechenden Parametern mit Toleranzen aufführt;
- f) es wird eine Konformitätserklärung erstellt, die die Messergebnisse für jeden Prüfkopf angibt.

5 Technische Spezifikation für Prüfköpfe

Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Informationen, die in einem Datenblatt zu jedem Prüfkopf angegeben werden müssen, der in den Anwendungsbereich dieser Norm fällt (I = Information, M = Messung, C = Berechnung). Das Datenblatt muss darüber hinaus auch Informationen geben über die für die Prüfung verwendeten Ultraschallgeräte, ihre Einstellungen, die Ankopplungsbedingungen usw.

Der Arbeitstemperaturbereich des Prüfkopfes sowie alle besonderen Bedingungen für Lagerung und Transportsicherung müssen ebenfalls in dem Datenblatt angegeben werden.

Für Prüfköpfe, die bei erhöhten Temperaturen betrieben werden sollen, muss der Hersteller Angaben über die höchste Arbeitstemperatur in Bezug zur Nutzungsdauer und auch über den Einfluss der Temperatur auf die Prüfeempfindlichkeit und den Einschallwinkel machen.

Tabelle 1 — Übersicht über die in einem Datenblatt anzugebenden Informationen

Anzugebende Information	Prüfkopfkatgorie														
	Kontakttechnik													Tauchttechnik	
	Senkrecht					Winkel									Senkrecht
	longitudinal				trans-versal	longitudinal				transversal				longitudinal	
	einzeln		SE		einzeln	einzeln		SE		einzeln		SE		einzeln	
	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend
Name des Herstellers	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Prüfkopftyp	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Gewicht und Größe des Prüfkopfes	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Art der Anschlussbuchsen	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
SE-Anschlüsse tauschbar?			I	I				I	I			I	I		
Wandlerwerkstoff	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Wandlerform, -größe	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Vorlauf-, Keilwerkstoff	I	I	I	I		I	I	I	I	I	I	I	I		
Schutzschichtwerkstoff	I														
zulässige Abnutzung	I	I	I	I		I	I	I	I	I	I	I	I		
I = Information; M = Messwert; C = Berechnung															

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Parameter, die gemessen oder berechnet werden müssen	Prüfkopfkategorie														
	Kontakttechnik													Tauchtechnik	
	Senkrecht					Winkel								Senkrecht	
	longitudinal				trans-versal	longitudinal				transversal				longitudinal	
	einzeln		SE		einzeln	einzeln		SE		einzeln		SE		einzeln	
	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend	Nicht fokus-sierend	Fokus-sierend
Übersprechdämpfung			M	M				M	M			M	M		
Impulsform (Zeit und Frequenz)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Mittenfrequenz, Bandbreite	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Echo-Empfindlichkeit	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Abstand-Amplituden-Kurve	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C
Impedanz, statische Kapazität	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Einschallpunkt						M	M	M	M	M	M	M	M		
Einschallwinkel						M	M	M	M	M	M	M	M		
Divergenzwinkel	M				M	M				M				M	
Versatz Bündelachse	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
Schielwinkel	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
Fokusabstand, Nahfeld	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C	M,C
Fokusedurchmesser	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Länge Fokusbereich	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Äußeres Erscheinungsbild	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

I = Information; M = Messwert; C = Berechnung; M,C = Messwert oder Berechnung

6 Prüfausrüstung

6.1 Elektronische Geräte

Das Ultraschallgerät (oder ein labormäßiger Impulssender/-empfänger), das für die Prüfungen nach Abschnitt 7 verwendet wird, muss vom gleichem Typ sein wie auf dem Prüfkopf-Datenblatt angegeben und muss, soweit anwendbar, die Anforderungen nach EN 12668-1 erfüllen. Wenn mehr als ein Ultraschallgeräte-Typ im Datenblatt aufgeführt ist, müssen die Prüfungen mit jedem der zusätzlich aufgeführten Typen durchgeführt werden.

Die Prüfung muss mit den zum gewählten Ultraschallgeräte-Typ im Datenblatt für den Prüfkopf festgelegten Kabeln und elektrischen Anpassvorrichtungen durchgeführt werden.

ANMERKUNG Prüfkopfkabel von mehr als 2 m Länge könnten einen erheblichen Einfluss auf die Prüfkopfeigenschaften haben.

Zusätzlich zum Ultraschallgerät oder einem labormäßigen Impulssender/-empfänger sind zur Beurteilung von Prüfköpfen nach dieser Norm noch folgende Ausrüstungsgegenstände erforderlich:

- a) ein Oszilloskop mit einer Mindestbandbreite von 100 MHz;
- b) ein Frequenzspektrum-Analysator mit einer Mindestbandbreite von 100 MHz oder ein Oszilloskop/Digitaloszilloskop oder Computer zur Fourier-Transformation (DFT);
- c) ein Impedanz-Messgerät.

Die folgende zusätzliche Ausrüstung kann wahlweise hinzugezogen werden:

- d) nur für Prüfköpfe für direkten Kontakt:
 - 1) ein elektromagnetisch-akustischer Prüfkopf (EMA) und Empfänger;
 - 2) ein Plotter zur Aufnahme von Richtcharakteristiken.
- e) nur für Tauchtechnik-Prüfköpfe:
 - 1) ein Hydrophon als Empfänger mit einem aktiven Durchmesser von weniger als dem Doppelten der Wellenlänge (zur Mittenfrequenz) des zu prüfenden Prüfkopfes, jedoch nicht kleiner als 0,5 mm. Die Bandbreite des Verstärkers sollte größer als die Bandbreite des zu prüfenden Prüfkopfes sein.

6.2 Vergleichskörper und weitere Ausrüstung

Die folgenden Vergleichskörper sind zur Durchführung der festgelegten Auswahl von Prüfungen ausschließlich bei Prüfköpfen für direkten Kontakt zu verwenden:

- a) Halbzylinder mit unterschiedlichen Radien (R) im Bereich von 12 mm bis 200 mm. Es wird ein Satz mit Abstufungen entsprechend dem Faktor $R\sqrt{2}$ empfohlen. Die Stahlqualität muss die gleiche sein, wie in EN ISO 7963 festgelegt. Die Dicke jedes Vergleichskörpers muss größer oder gleich seinem Radius sein, darf aber höchstens 100 mm betragen;
- b) Stahlkörper mit parallelen Flächen und Querbohrungen von 3 mm Durchmesser, wie in Bild 4 dargestellt. Die Abmessungen der Körper müssen folgende Anforderungen erfüllen:
 - 1) Länge (l), Höhe (h) und Breite (w) müssen so beschaffen sein, dass die Seiten der Körper nicht auf das Ultraschallbündel einwirken können;

- 2) die Tiefe der Bohrungen d_1 , d_2 , etc. muss derart sein, dass mindestens drei Bohrungen außerhalb des Nahfeldes liegen;
- 3) die Abstände (s) zwischen den Bohrungen müssen derart sein, dass das Amplitudenprofil entlang der Bohrungen einen Amplitudenabfall von mindestens 26 dB zwischen zwei benachbarten Bohrungen aufweist;
- 4) die Stahlqualität ist die gleiche, wie in EN ISO 7963 festgelegt.
- c) Stahlkörper mit geneigten Flächen, die, wie in Bild 5 dargestellt, eine Nut aufweisen, und Stahlkörper mit Bohrungen mit halbkugeligem Boden, wie in Bild 6 gezeigt. Die Stahlqualität ist die gleiche, wie in EN ISO 7963 festgelegt. Diese Stahlkörper dienen zur Messung der Bündeldivergenz in der vertikalen bzw. in der horizontalen Ebene;
- d) alternativer Stahlkörper zur Bestimmung des Einschallpunktes, des Einschallwinkels und der Bündeldivergenz für Winkelprüfköpfe ist in Anhang B beschrieben;
- e) Stahlmaß;
- f) Messfühler beginnend bei einer Dicke von 0,05 mm.

ANMERKUNG Wenn nur bestimmte Arten von Prüfköpfen überprüft werden sollen, sind nicht alle Stahlkörper erforderlich, z. B. sind Stahlkörper zur Bestimmung des Einschallpunktes und des Einschallwinkels nicht erforderlich, wenn nur Senkrecht-Prüfköpfe gemessen werden müssen.

Zur Prüfung von Tauchtechnik-Prüfköpfen müssen die folgenden Reflektoren und die folgende zusätzliche Ausrüstung verwendet werden:

- g) Stahlkugel oder Stange mit halbkugeligem Ende mit glatter, reflektierender Oberfläche. Der Durchmesser der zu verwendenden Kugel (oder Stange) ist zu jedem Frequenzbereich in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 — Durchmesser von Stahlkugeln (Stangen) für unterschiedliche Frequenzen

Prüfkopf-Mittenfrequenz MHz	Durchmesser d der Kugel oder Stange mm
$3 < f \leq 15$	$d \leq 3$
$0,5 \leq f \leq 3$	$3 < d \leq 5$

- h) große, ebene und glatte Reflektorscheibe. Die seitlichen Abmessungen dieses Reflektors müssen mindestens das Zehnfache des Schallbündeldurchmessers des zu prüfenden Prüfkopfes am Ende des Fokusbereiches betragen, wie in 7.7.2.2 festgelegt.

Die Dicke, die mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit des Werkstoffes des Reflektors berechnet wird, muss mindestens das Fünffache der Wellenlänge des zu prüfenden Prüfkopfes betragen;

- i) Tauchtechnik-Tank, ausgerüstet mit einer manuellen oder mechanisierten Verfahrbrücke mit fünf freien Achsen:
 - drei lineare Achsen X, Y, Z;
 - zwei Drehachsen θ und ψ .
- j) automatische Aufzeichnungsgeräte: Wenn die Amplituden der Ultraschallsignale automatisch aufgezeichnet werden, ist der Hersteller dafür verantwortlich, sicherzustellen, dass das System mit ausreichender Genauigkeit arbeitet. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei dem Einfluss der Bandbreite des Systems,

dem räumlichen Auflösungsvermögen, der Datenverarbeitung und der Datenspeicherung auf die Genauigkeit der Ergebnisse zu widmen.

Darstellungen des üblichen Prüfaufbaus zur Messung des Schallbündels von Tauchtechnik-Prüfköpfen sind in den Bildern 15, 16 und 17 enthalten.

Die für den Tauchtechnik-Tank verwendete Abtastmechanik sollte in der Lage sein, mit Prüfkopf und Reflektor in der X- und Y-Richtung zu fluchten, d. h. sie darf bei 100 mm Abstand in der Z-Richtung nur um $\pm 0,1$ mm in der X- und Y-Richtung abweichen.

Die Wassertemperatur im Tank muss während der Vermessung des Schallbündels von Tauchtechnik-Prüfköpfen nach 7.7 im Bereich von (20 ± 2) °C gehalten werden.

Der Einfluss der Schallschwächung im Wasser muss beachtet werden, da sie bei Verwendung von breitbandigen Prüfköpfen und hohen Frequenzen eine Frequenzerniedrigung beim Echo verursacht.

Die Tabelle 3 zeigt das Verhältnis zwischen der Frequenzerniedrigung und der Wasserstrecke.

Tabelle 3 — Frequenzerniedrigung in Prozent der Mittenfrequenz f_0 in Abhängigkeit vom Gesamtschallweg im Wasser, für die relativen Bandbreiten 50 % und 100 %

f_0 MHz	Bandbreite %	Gesamter Schallweg in Wasser mm															
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300	350	400
5	50	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
	100	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	5	6	7	9	10	11
10	50	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	5	6	7	9	10	11
	100	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	16	21	24	28	31	34
15	50	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	10	13	15	18	20	23
	100	3	6	8	10	13	15	17	19	21	23	30	37	42	47	50	54
20	50	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	16	21	24	28	31	34
	100	5	10	13	17	21	24	27	29	32	34	44	51	56	61	64	67
25	50	2	4	6	7	9	11	12	14	15	17	23	29	34	38	41	45
	100	7	14	20	24	29	33	36	39	42	45	55	62	67	70	74	76
30	50	3	6	8	10	13	15	17	19	21	23	30	37	42	47	50	54
	100	10	19	26	32	37	41	45	48	51	54	64	70	74	78	80	82

7 Anforderungen an die Prüfkopfeigenschaften

7.1 Äußeres Erscheinungsbild

7.1.1 Verfahren

Das Äußere des Prüfkopfes ist im Hinblick auf seine korrekte Identifizierung und Zusammenbau, und hinsichtlich physischer Beschädigungen, die die aktuelle oder zukünftige Zuverlässigkeit beeinträchtigen könnten, einer Sichtprüfung zu unterziehen. Insbesondere bei Prüfköpfen für direkten Kontakt muss die Ebenheit der Kontaktfläche des Prüfkopfes mit einem Stahlmaß und Messfühlern gemessen werden.

7.1.2 Zulässigkeitskriterium

Bei Prüfköpfen mit ebenen Flächen darf die Abweichung von der ebenen Fläche über die gesamte Ankopplungsfläche des Prüfkopfes nicht größer sein als 0,05 mm.

7.2 Form des Hochfrequenz-Impulses

7.2.1 Verfahren

Die Amplitude und die Impulsdauer des Echos werden mit einer Messeinrichtung wie in Bild 7 (Kontakt-Prüfköpfe) oder wie in Bild 17 (Tauchtechnik-Prüfköpfe) bestimmt.

- Bei Prüfköpfen für direkten Kontakt mit einem Schwinger wird das Echo aus einem Halbzylinder benutzt, dessen Radius größer ist als das 1,5fache der Nahfeldlänge des Prüfkopfes oder der bei fokussierenden Prüfköpfen innerhalb des Fokusbereiches liegt.
- Bei SE-Prüfköpfen wird ein Halbzylinder benutzt, dessen Radius am nächsten zum Fokusabstand des Prüfkopfes liegt.
- Bei Tauchtechnik-Prüfköpfen wird ein großer, ebener Reflektor eingesetzt, der sich bei fokussierenden Prüfköpfen im Fokusabstand und bei ebenen Schwingern im Abstand von mehr als einer Nahfeldlänge befinden muss.

Die Einstellung des Impulserzeugers ist aufzuzeichnen, und die Spitze-Spitze-Amplitude des Sendeimpulses V_a muss gemessen werden. Es wird empfohlen, die Form des Sendeimpulses aufzuzeichnen und es ist wünschenswert, dass diese Aufzeichnung des Sendeimpulses zu den Ergebnissen dieser Prüfung hinzugefügt wird.

7.2.2 Zulässigkeitskriterium

Die Impulsdauer darf um nicht mehr als $\pm 10\%$ von der Herstellerangabe abweichen.

7.3 Impulsspektrum und Bandbreite

7.3.1 Verfahren

Es wird der gleiche Prüfaufbau wie in 7.2 benutzt. Über das Reflektorecho wird eine Blende gesetzt und das Frequenzspektrum wird mit einem Spektrumanalysator oder einer Fast-Fourier-Transformation bestimmt.

Störende Echos aus dem Prüfkopfkeil, dem Gehäuse, dem Dämpfungskörper usw. dürfen nicht zusammen mit dem Echo aus dem Halbzylinder analysiert werden. Die Blendenlänge muss mindestens das Doppelte der Impulsdauer betragen, wobei die Blende auf das Maximum des Impulses zentriert wird.

Die unteren und oberen Grenzfrequenzen für eine –6-dB-Abnahme des Echos müssen gemessen werden. Bei einer Tauchtechnik-Messung müssen die Werte nach Tabelle 3 korrigiert werden.

Mit diesen oberen und unteren Grenzfrequenzen f_u und f_l wird die Mittenfrequenz f_0 berechnet:

$$f_0 = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (2)$$

Die Bandbreite beträgt:

$$\Delta f = f_u - f_l \quad (3)$$

und die relative Bandbreite, in Prozent (%), wird berechnet als:

$$\Delta f_{\text{rel}} = (\Delta f / f_0) \times 100 \% \quad (4)$$

7.3.2 Zulässigkeitskriterien

Die Mittenfrequenz muss bis auf eine Abweichung von $\pm 10 \%$ mit der im Datenblatt angegebenen Frequenz übereinstimmen.

Die –6-dB-Bandbreite muss innerhalb einer Abweichung von $\pm 15 \%$ mit der Nennbandbreite übereinstimmen.

Bei Breitband-Prüfköpfen mit einer relativen Bandbreite, die über 100 % hinausgeht, darf die untere Frequenz nicht höher sein als $f_l + 10 \%$, während die obere Frequenz nicht kleiner sein darf als $f_u - 10 \%$.

Wenn das Spektrum zwischen f_l und f_u mehr als ein Maximum aufweist, darf die Amplitudendifferenz zwischen benachbarten Minima und Maxima nicht mehr als 3 dB betragen.

7.4 Relative Echo-Empfindlichkeit

7.4.1 Verfahren

Die relative Echo-Empfindlichkeit wird festgelegt als:

$$S_{\text{rel}} = 20 \log_{10}(V_e / V_a) \quad (5)$$

Dabei ist

V_e die Spitze-Spitze-Spannung des Echos von einem festgelegten Reflektor vor der Verstärkung, die nach 7.2 gemessen wird;

V_a die auf den Prüfkopf aufgebrachte Spitze-Spitze-Spannung, wobei das Ultraschallgerät auf den Betrieb mit getrenntem Sender/Empfänger eingestellt ist.

Vergleichsmessungen der Prüfkopfempfindlichkeit an verschiedenen Ultraschallgeräte-Typen können unterschiedliche Werte zeigen, weil die Prüfkopfempfindlichkeit durch die Ankoppelbedingungen und durch die Impedanzen von Impulserzeuger, Prüfkopf, Verbindungsleitung und Empfänger beeinflusst werden. Deshalb müssen diese Parameter im Datenblatt festgelegt werden.

7.4.2 Zulässigkeitskriterium

Die relative Echo-Empfindlichkeit muss bis auf eine Abweichung von $\pm 3 \text{ dB}$ mit den Herstellerangaben übereinstimmen.