

	DIN EN ISO 16811	
ICS 19.100	<div>Entwurf</div>	Einsprüche bis 2024-03-19 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN ISO 16811:2014-06
<p>Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung (ISO/DIS 16811:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16811:2024</p> <p>Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Sensitivity and range setting (ISO/DIS 16811:2024); German and English version prEN ISO 16811:2024</p> <p>Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons – Réglage de la sensibilité et de la base de temps (ISO/DIS 16811:2024); Version allemande et anglaise prEN ISO 16811:2024</p> <p>Anwendungswarnvermerk</p> <p>Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-01-19 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</p> <p>Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.</p> <p>Stellungnahmen werden erbeten</p> <ul style="list-style-type: none">– 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 nmp@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 Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin. <p>Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</p> <p>Gesamtumfang 100 Seiten</p> <p>DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)</p>		

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN ISO 16811:2024 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

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.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 2400	siehe	DIN EN ISO 2400
ISO 5577	siehe	DIN EN ISO 5577
ISO 7963	siehe	DIN EN ISO 7963
ISO 22232-1	siehe	DIN EN ISO 22232-1
ISO 22232-2	siehe	DIN EN ISO 22232-2
ISO 16826	siehe	DIN EN ISO 16826
ISO 16828	siehe	DIN EN ISO 16828

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 ISO 16811:2014-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Anhang A und Anhang B in Haupttext verschoben;
- c) das gesamte Dokument redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN ISO 5577, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Terminologie*

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

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

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

DIN EN ISO 16828, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beugungslaufzeittechnik, eine Technik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 16811:2024-02

– Leerseite –

**Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Empfindlichkeits- und
Entfernungsjustierung (ISO/DIS 16811:2024)**

Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Sensitivity and range setting (ISO/DIS 16811:2024)

Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons – Réglage de la sensibilité et de la base de temps
(ISO/DIS 16811:2024)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Größen und Symbole	8
5 Qualifizierung des Personals	10
6 Prüfausrüstung	10
6.1 Prüfgerät	10
6.2 Prüfköpfe	10
6.2.1 Wahl des Prüfkopfes	10
6.2.2 Frequenz und Abmessungen des Wandlers	11
6.2.3 Tote Zone	11
6.2.4 Dämpfung	11
6.2.5 Fokussierende Prüfköpfe	11
6.3 Koppelmittel	12
6.4 Kalibrierkörper	12
6.5 Vergleichskörper	12
6.6 Besondere Vergleichskörper	13
7 Geometrieklassen für Prüfgegenstände	13
8 Prüfgegenstände, Vergleichskörper und Bezugsreflektoren	14
9 Prüfköpfe	17
9.1 Allgemeines	17
9.2 Prüfköpfe mit Anpassung in Längsrichtung	17
9.2.1 Konvexe Abtastfläche	17
9.2.2 Konkave Abtastfläche	17
9.3 Prüfköpfe mit Anpassung in Querrichtung	17
9.3.1 Konvexe Abtastfläche	17
9.3.2 Konkave Abtastfläche	18
10 Bestimmung des Schallaustrittspunktes und des Einschallwinkels	18
10.1 Allgemeines	18
10.2 Winkelprüfköpfe mit ebener Sohle	18
10.2.1 Verfahren mit Kalibrierkörper	18
10.2.2 Vergleichskörper-Verfahren	19
10.3 Winkelprüfköpfe mit Anpassung in Längsrichtung	19
10.3.1 Mechanische Bestimmung	19
10.3.2 Vergleichskörper-Verfahren	20
10.4 Winkelprüfköpfe mit Anpassung in Querrichtung	20
10.4.1 Mechanische Bestimmung	20
10.4.2 Vergleichskörper-Verfahren	21
10.5 Prüfköpfe, die in zwei Richtungen angepasst sind	23
10.6 Prüfköpfe für die Verwendung an anderen Werkstoffen als unlegiertem Stahl	23
11 Einstellung der Zeitachse	23
11.1 Allgemeines	23
11.2 Vergleichskörper und Bezugsreflektoren	24
11.3 Senkrechtprüfköpfe	25
11.3.1 Einzelreflektor-Verfahren	25
11.3.2 Verfahren mit mehreren Reflektoren	25
11.4 Winkelprüfköpfe	25
11.4.1 Radian-Verfahren	25

11.4.2	Verfahren mit Senkrechtprüfkopf	25
11.4.3	Vergleichskörper-Verfahren	25
11.4.4	Angepasste Prüfköpfe	25
11.5	Alternative Bereichseinstellungen für Winkelprüfköpfe	26
11.5.1	Ebene Flächen	26
11.5.2	Gekrümmte Oberflächen	26
12	Empfindlichkeitseinstellung und Echohöhenbewertung	27
12.1	Allgemeines	27
12.2	Auftreffwinkel	28
12.3	Bezugslinien-Verfahren (DAC-Verfahren)	28
12.3.1	Vergleichskörper	28
12.3.2	Erzeugung einer Bezugslinie	29
12.3.3	Bewertung von Signalen mittels Bezugslinie (DAC-Kurve)	30
12.3.4	Bewertung von Signalen mit einer Bezugshöhe	31
12.4	Abstand-Verstärkung-Größe- (DGS)-Verfahren	31
12.4.1	Allgemeines	31
12.4.2	Vergleichskörper	33
12.4.3	Verwendung von DGS-Diagrammen	34
12.4.4	Geometrieabhängige Einschränkungen des DGS-Verfahrens	36
12.5	Transferkorrektur	37
12.5.1	Allgemeines	37
12.5.2	Verfahren mit konstantem Schallweg	37
12.5.3	Vergleichendes Verfahren	37
12.5.4	Ausgleich örtlicher Schwankungen der Transferkorrektur	39
Anhang A (normativ) Bestimmung von Schallweg und Auftreffwinkel in Prüfgegenständen der Geometrieklasse 2		40
A.1	Auftreffwinkel	40
A.2	Schallweg bei Abtastung von der Außenfläche aus (konvex)	41
A.2.1	Ganzer Sprung	41
A.2.2	Zwischen halbem und ganzem Sprung	41
A.2.3	Bis zu einem halben Sprung	42
A.3	Schallweg bei Abtastung von der Innenfläche aus (konkav)	42
A.3.1	Ganzer Sprung	42
A.3.2	Zwischen halbem und ganzem Sprung	43
A.3.3	Bis zu einem halben Sprung	44
Anhang B (informativ) Allgemeines DGS-Diagramm		45
B.1	Allgemeines	45
B.2	Abstand	45
B.3	Verstärkung	45
B.4	Größe	46
Anhang C (informativ) Bestimmung von Kontakt-Transfer-Korrekturfaktoren		47
C.1	Allgemeines	47
C.2	Messung	48
C.3	Auswertung	48
Literaturhinweise		50

Bilder

Bild 1	— Länge l_{ps} und Breite w_{ps} des Prüfkopfschuhs in Krümmungsrichtung des Prüfgegenstandes	18
Bild 2	— Bestimmung der Verschiebung des Schallaustrittspunktes an Prüfköpfen mit Anpassung in Längsrichtung	20
Bild 3	— Bestimmung des Einschallwinkels α bei einer Prüfkopfsohle, die in Längsrichtung angepasst ist	20

Bild 4 — Bestimmung der Verschiebung des Schallaustrittspunktes an Prüfköpfen mit Anpassung in Querrichtung	21
Bild 5 — Verschiebung des Schallaustrittspunktes Δx für Vorlaufstrecken aus Acrylglas	22
Bild 6 — Bestimmung des Einschallwinkels mithilfe einer Querbohrung	22
Bild 7 — Festlegungen für die Einstellung der Zeitachse in Form z. B. des verkürzten projizierten Schallwegs	24
Bild 8 — Beispiel für ein Bildschirmraster zur Lokalisierung von Reflektoren mit Zeitachseneinstellung in Bezug auf den verkürzten projizierten Schallweg und die Tiefenlage ($\alpha_t = 51^\circ$, $s_{\max} = 100$ mm)	27
Bild 9 — Bildschirm eines Ultraschallgerätes mit Darstellung einer geteilten Bezugslinie (DAC-Kurve)	30
Bild 10 — Allgemeines DGS-Diagramm	32
Bild 11 — Spezielles DGS-Diagramm für einen Winkelprüfkopf auf Stahl	33
Bild 12 — Beispiel für eine Echohöhenbewertung mit dem Bezugshöhen-Verfahren	35
Bild 13 — Bestimmung der Transferkorrektur mit dem vergleichenden Verfahren	39
Bild A.1 — Nomogramm zur Bestimmung des Auftreffwinkels β	40
Bild A.2 — Bestimmung des Schallweges bei Abtastung von der Außenfläche aus im ganzen Sprung	41
Bild A.3 — Bestimmung des Schallweges bei Abtastung von der Außenfläche aus zwischen halbem und ganzem Sprung	41
Bild A.4 — Bestimmung des Schallweges bei Abtastung von der Außenfläche bis zu einem halben Sprung	42
Bild A.5 — Bestimmung des Schallweges bei Abtastung von der Innenfläche aus zwischen halbem und ganzem Sprung	43
Bild A.6 — Bestimmung des Schallweges bei Abtastung von der Innenfläche aus bis zu einem halben Sprung	44
Bild C.1 — Aufbau zur Bestimmung von Kontakt-Transferverlusten	47
Bild C.2 — Bestimmung von Kontakt-Transferverlusten	49

Tabellen

Tabelle 1 — Größen und Symbole	8
Tabelle 2 — Geometrieklassen für Prüfgegenstände	13
Tabelle 3 — Vergleichskörper — Anforderungen an die Abtastfläche, Wanddicke und Reflektoren	14
Tabelle 4 — Vergleichskörper und Bezugsreflektoren für Prüfgegenstände der Geometrieklasse 1	16

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 16811:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 16811:2014 ersetzen.

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 16811:2024 wurde von CEN als prEN ISO 16811:2024 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135, *Non-destructive testing*, Unterkomitee SC 3, *Ultrasonic testing*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 16811:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- Normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- Anhang A und Anhang B wurden in den Haupttext integriert;
- das gesamte Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Die folgenden Dokumente sind miteinander verbunden:

ISO 16810, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — General principles*

ISO 16811, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Sensitivity and range setting*

ISO 16823, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Transmission technique*

ISO 16826, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Testing for discontinuities perpendicular to the surface*

ISO 16827, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Characterization and sizing of discontinuities*

ISO 16828, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Time-of-flight diffraction technique as a method for detection and sizing of discontinuities*

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die allgemeinen Regeln für die Einstellung des Justierbereichs und der Empfindlichkeit (d. h. die Verstärkungseinstellung) eines manuell betriebenen Ultraschallgeräts mit A-Bild-Darstellung fest, um die Lage und Echohöhe eines Reflektors reproduzierbar messen zu können.

Es ist bei Kontakttechniken anwendbar, bei denen ein einzelner Prüfkopf verwendet wird, der entweder ein Einschwinger-Prüfkopf oder ein SE-Prüfkopf ist, wobei die Tauchtechnik und Techniken mit mehreren Prüfköpfen jedoch ausgeschlossen sind.

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).

ISO 2400, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Specification for calibration block No. 1*

ISO 5577, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Vocabulary*

ISO 7963, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Specification for calibration block No. 2*

ISO 22232-1, *Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic test equipment — Part 1: Instruments*

ISO 22232-2, *Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic test equipment — Part 2: Probes*

ISO 22232-3, *Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic test equipment — Part 3: Combined equipment*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5577.

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/>

4 Größen und Symbole

Eine vollständige Aufstellung der in diesem Dokument verwendeten Größen und Symbole ist in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Größen und Symbole

Symbol	Größe	Einheit
A	normierter Abstand im DGS-Diagramm	
A'	Prüfkopfkoordinate	mm
a	projizierter Schallweg	mm

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Größe	Einheit
a'	verkürzter projizierter Schallweg	mm
α	Einschallwinkel in Stahl	°
α_r	Einschallwinkel in einem Vergleichskörper aus unlegiertem Stahl oder einem Vorsatzkeil	°
α_d	Einfallwinkel (Einschallwinkel im Vorlaufkörper)	°
α_t	Einschallwinkel im Prüfgegenstand	°
β	Auftreffwinkel	°
c_r	Schallgeschwindigkeit im Vergleichskörper	m/s
c_t	Geschwindigkeit der Transversalwellen im Prüfgegenstand	m/s
c_d	Geschwindigkeit der Longitudinalwellen im Vorlaufkörper oder Vorsatzkeil	m/s
D_{obj}	Außendurchmesser des Prüfgegenstandes oder Krümmung der Abtastfläche	mm
d	Wanddicke	mm
D_{eff}	effektive Wandlergröße	mm
D_{SSH}	Durchmesser eines Kugelreflektors	mm
D_{DSR}	Durchmesser eines Kreisscheibenreflektors	mm
D_{ps}	Durchmesser des Prüfkopfschuhs	mm
D_{SDH}	Durchmesser der Querbohrung	mm
e_1 bis e_7	Abmessungen des Vergleichskörpers	mm
g	Anpasstiefe der Prüfkopfsohle	mm
G	normierter Durchmesser des Kreisscheibenreflektors im DGS-Diagramm	
λ	Wellenlänge	mm
ΔH_u	Differenz zwischen der Echohöhe eines Bezugsreflektors und der Echohöhe einer Inhomogenität	dB
l_{ps}	Länge des Prüfkopfschuhs in Richtung der Krümmung	mm
l_d	Länge der Vorlaufstrecke	mm
Δl_{ps}	Anpasslänge der Prüfkopfsohle	mm
N_{eff}	effektive Nahfeldlänge	mm
P_r	Bezugspunkt bei s_{max}	
P_j	Bezugspunkt bei s_j	
q	Koordinate eines Reflektors	mm
s	Schallweg (in eine Richtung)	mm
s_d	äquivalenter Schallweg im Vorlaufkörper	
s_j	Schallweg des Bezugsreflektors	mm
s_{max}	maximaler Schallweg	mm
s_u	Schallweg der bewerteten Anzeige	mm
s_v	zur Vorlaufstrecke akustisch äquivalenter Schallweg im Prüfgegenstand	mm
t	Tiefenkoordinate eines Reflektors	mm
V	Verstärkung im DGS-Diagramm	dB

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Größe	Einheit
V_j	Grundverstärkung	dB
V_r	Registrierverstärkung	dB
V_t	Verstärkung zur Bestimmung von ΔV_t	dB
V_u	Anzeigenverstärkung	dB
ΔV	Verstärkungsdifferenz	dB
$\Delta V_{\sim}$	Korrektur für ΔV_t	dB
ΔV_k	Verstärkungskorrektur für eine zylinderförmige Reflektoroberfläche	dB
ΔV_s	schallwegbedingter Verstärkungsunterschied	dB
ΔV_t	Transferkorrektur (Mittelwert)	dB
$V_{t,r}$	Verstärkung für das Rückwandecho am Vergleichskörper	dB
$V_{t,t}$	Verstärkung für das Rückwandecho am Prüfgegenstand	dB
ΔV_u	Differenz zwischen der Anzeigenverstärkung und der Registrierverstärkung	dB
w_{ps}	Breite des Prüfkopfschuhs in Richtung der Krümmung	mm
Δw_{ps}	Anpassbreite der Prüfkopfsohle	mm
x	Abstand zwischen dem Schallaustrittspunkt des Prüfkopfes und der Vorderkante des Prüfkopfes, bei einem nichtangepassten Prüfkopf	mm
Δx	Verschiebung des Schallaustrittspunktes	mm

5 Qualifizierung des Personals

- Die Prüfung muss von Personal durchgeführt werden, das nach ISO 9712 qualifiziert ist.
- Die Anforderungen an die Qualifizierung des Prüfpersonals müssen in den Produktnormen und/oder anderen anwendbaren Dokumenten festgelegt sein.

6 Prüfausrüstung

6.1 Prüfgerät

Das Ultraschallgerät muss die Anforderungen nach ISO 22232-1 erfüllen.

6.2 Prüfköpfe

Der Prüfkopf/die Prüfköpfe muss/müssen die Anforderungen nach ISO 22232-2 erfüllen.

6.2.1 Wahl des Prüfkopfes

Die Wahl des Prüfkopfes hängt vom Zweck der Prüfung und den Anforderungen der in Bezug genommenen Norm oder Spezifikation ab. Sie hängt ab von:

- der Werkstoffdicke, Form und Oberflächenbeschaffenheit des Prüfgegenstands;
- der Art und dem metallurgischen Zustand des zu prüfenden Werkstoffes;
- der Art, Lage und Ausrichtung der nachzuweisenden und zu bewertenden Inhomogenitäten.

Die in 6.2.2, 6.2.3 und 6.2.4 aufgeführten Parameter für den Prüfkopf müssen in Bezug zu den vorstehend angegebenen Eigenschaften des Prüfgegenstands betrachtet werden.

6.2.2 Frequenz und Abmessungen des Wandlers

Die Frequenz und Abmessungen eines Wandlers bestimmen die Form des Schallbündels (Nahfeldlänge und Schallbündeldivergenz).

- a) Durch deren Wahl muss sichergestellt werden, dass die Eigenschaften des Schallbündels für die Prüfung optimal sind, indem ein Kompromiss zwischen den folgenden Punkten eingegangen wird:
- 1) die Nahfeldlänge muss, wenn möglich, kleiner als die Dicke des Prüfgegenstandes bleiben;
- ANMERKUNG Es ist zwar möglich, Inhomogenitäten im Nahfeld nachzuweisen, deren Charakterisierung ist aber weniger genau und weniger reproduzierbar als im Fernfeld.
- 2) die Schallbündelbreite muss auch in dem am weitesten vom Prüfkopf entfernten Prüfvolumen so klein sein, dass noch ein ausreichendes Nachweisvermögen besteht;
 - 3) die Divergenz des Schallbündels muss ausreichend groß sein, um auch flächige Inhomogenitäten nachweisen zu können, die ungünstig orientiert sind.
- b) Neben den vorstehend aufgeführten Betrachtungen müssen bei der Auswahl der Frequenz die Schallschwächung im Werkstoff und das Reflexionsvermögen von Inhomogenitäten berücksichtigt werden.

Je höher die Frequenz, desto größer ist die Prüfauflösung, jedoch werden die Schallwellen stärker abgeschwächt (oder die unerwünschten, vom Gefüge verursachten Signale werden größer) als bei niedrigeren Frequenzen.

Die Wahl der Frequenz stellt daher einen Kompromiss zwischen diesen beiden Faktoren dar.

Die meisten Ultraschallprüfungen werden bei Frequenzen zwischen 1 MHz und 10 MHz durchgeführt.

6.2.3 Tote Zone

Bei der Auswahl des Prüfkopfes muss die tote Zone im Verhältnis zum Prüfvolumen berücksichtigt werden.

6.2.4 Dämpfung

Bei der Wahl des Prüfkopfes muss auch dessen Dämpfung berücksichtigt werden, die sowohl das Auflösungsvermögen als auch das Frequenzspektrum beeinflusst.

6.2.5 Fokussierende Prüfköpfe

Fokussierende Prüfköpfe werden vorwiegend zum Nachweis kleiner Inhomogenitäten und zur Größenbestimmung von Reflektoren verwendet. Ihre Schallfelder sollten durch den Fokusabstand, den Fokusbereich und den Fokusbereich beschrieben werden.

Ihre Vorteile im Vergleich zu nicht fokussierenden Einschwinger-Prüfköpfen sind eine erhöhte laterale Auflösung und ein höheres Signal-Rausch-Verhältnis als bei nicht fokussierenden Prüfköpfen.

- a) Ihre Schallbündel müssen durch den Fokusabstand, die Fokusbereiche und die Fokusbereiche beschrieben werden.
- b) Die Empfindlichkeit muss mithilfe von Vergleichsreflektoren eingestellt werden.

6.3 Koppelmittel

- a) Es können verschiedene Koppelmittel verwendet werden, jedoch muss deren Typ mit den zu prüfenden Werkstoffen verträglich sein. Beispiele sind:
- Wasser, das möglicherweise Zusätze enthält (z. B. Benetzungs-, Frostschutz-, Korrosionsschutzmittel);
 - Koppelpaste;
 - Öl;
 - Fett;
 - Cellulosepaste, die Wasser enthält.
- b) Die Eigenschaften des Koppelmittels müssen während der Verifizierung, der Einstellvorgänge und der Prüfung konstant bleiben.
- c) Es muss für den Temperaturbereich, in dem es angewendet wird, geeignet sein.
- d) Falls die Beständigkeit der Eigenschaften bei der Justierung und bei der Prüfung nicht sichergestellt werden kann, darf eine Transferkorrektur durchgeführt werden.

Ein Verfahren zur Bestimmung der erforderlichen Korrektur ist in 12.5 beschrieben.

- e) Nach Abschluss der Prüfung muss das Koppelmittel entfernt werden, wenn es nachfolgende Maßnahmen oder die Verwendung des Prüfgegenstandes nachteilig beeinflusst.

6.4 Kalibrierkörper

Die zu verwendenden Kalibrierkörper sind in ISO 2400 und ISO 7963 festgelegt.

Die Beständigkeit der Prüfausrüstung und Justierung kann mit den in ISO 2400 und ISO 7963 angegebenen Kalibrierkörpern verifiziert werden.

6.5 Vergleichskörper

- a) Wenn Echoamplituden aus dem Prüfgegenstand mit Echos aus einem Vergleichskörper verglichen werden, müssen bestimmte Anforderungen an den Werkstoff, Oberflächenzustand, die Geometrie und Temperatur des Körpers beachtet werden.
- b) Wenn möglich, müssen die Vergleichskörper aus einem Werkstoff mit akustischen Eigenschaften hergestellt sein, die bezogen auf den zu prüfenden Werkstoff innerhalb eines festgelegten Bereiches liegen, und sie müssen eine mit dem Prüfgegenstand vergleichbare Oberflächenbeschaffenheit aufweisen.
- c) Falls diese Eigenschaften nicht gleich sind, muss eine Transferkorrektur durchgeführt werden.

Ein Verfahren zur Bestimmung der erforderlichen Korrektur ist in 12.5 beschrieben.

- d) Die geometrischen Bedingungen der Vergleichskörper und des Prüfgegenstands müssen berücksichtigt werden.

Für weitere Einzelheiten, siehe Abschnitt 8.

- e) Die Geometrie der Vergleichskörper, ihre Abmessungen und die Lage aller Reflektoren müssen auf den Anwendungsfall bezogen in den speziellen Normen und Spezifikationen angegeben werden.

- f) Die Lage und Anzahl der Reflektoren müssen auf das Abrastern des gesamten Prüfvolumens abgestimmt sein.
- g) Die am häufigsten verwendeten Reflektoren sind:
 - 1) großflächige Reflektoren, verglichen mit der Schallbündelbreite, senkrecht zur Schallbündelachse (z. B. Rückwand);
 - 2) Flachbodenbohrungen;
 - 3) Querbohrungen;
 - 4) Schlitz- oder Nuten verschiedener Querschnitte.
- h) Wenn Vergleichskörper für Prüfungen mit der Tauchtechnik verwendet werden, muss der Einfluss des Wassers in den Bohrungen berücksichtigt werden, oder die Enden der Bohrungen müssen verschlossen werden.
- i) Die Auswirkungen von Temperaturunterschieden zwischen Prüfgegenstand, Prüfköpfen und Vergleichskörpern müssen berücksichtigt und mit den Anforderungen an die Genauigkeit der Prüfung verglichen werden.
- j) Falls erforderlich müssen die Vergleichskörper während der Prüfung innerhalb des festgelegten Temperaturbereiches gehalten werden.

6.6 Besondere Vergleichskörper

In bestimmten Fällen können besondere Vergleichskörper verwendet werden, z. B. mit nachgewiesenen natürlichen Fehlern, um das Prüfverfahren endgültig festzulegen und um die Konstanz der Prüfempfindlichkeit zu überprüfen.

7 Geometrieklassen für Prüfgegenstände

Die Anforderungen an die Bereichs- und Empfindlichkeitseinstellung hängen von der geometrischen Form des Prüfgegenstandes ab.

In Tabelle 2 sind fünf Geometrieklassen für Prüfgegenstände festgelegt.

Tabelle 2 — Geometrieklassen für Prüfgegenstände

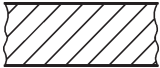
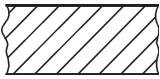
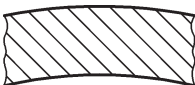
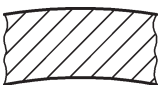
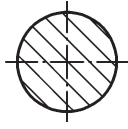
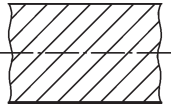
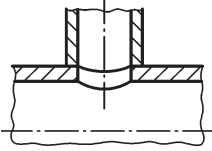
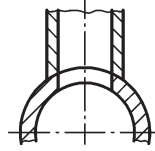
Geometrie- klasse	Merkmal	Schnitt in x-Richtung	Schnitt in y-Richtung
1	planparallele Oberflächen (z. B. Tafeln/Bleche)		
2	parallele, einachsig gekrümmte Oberflächen (z. B. Rohre)		
3	parallele Oberflächen, mehrachsig gekrümmt (z. B. Kumpelböden)		

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Geometrie- klasse	Merkmal	Schnitt in x-Richtung	Schnitt in y-Richtung
4	Vollmaterial mit kreisförmigem Querschnitt (z. B. Stangen und Stäbe)		
5	komplexe Formen (z. B. Stutzen, Buchsen)		

8 Prüfgegenstände, Vergleichskörper und Bezugsreflektoren

Anforderungen an die geometrischen Eigenschaften von Prüfgegenständen, Vergleichskörpern und Bezugsreflektoren im Allgemeinen sind in Tabelle 3 enthalten.

Tabelle 3 — Vergleichskörper — Anforderungen an die Abtastfläche, Wanddicke und Reflektoren

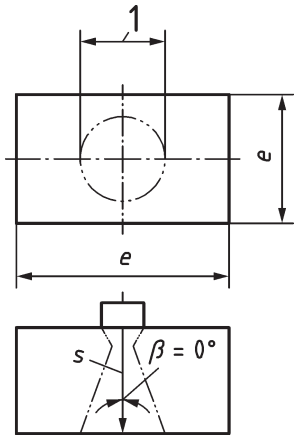
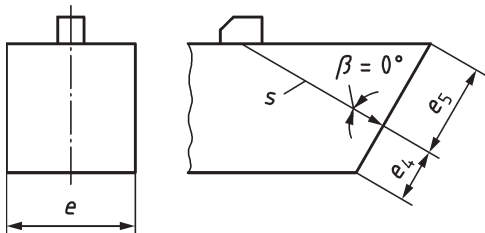
Anforderungen bei Verwendung von Rückwandechos		
Senkrechtprüfkopf	Winkelprüfkopf	Bedingung
 <p>Legende 1 Schallbündeldurchmesser</p>		$e > \frac{2\lambda s}{D_{eff}}$ $e_4, e_5 > \frac{\lambda s}{D_{eff}}$
Anforderungen bei Verwendung von Querbohrungen		
Senkrechtprüfkopf	Winkelprüfkopf	Bedingung

Tabelle 3 (fortgesetzt)

		$D_{SDH} \geq 1,5\lambda$ $e > \frac{2\lambda s}{D_{eff}}$ $e_4, e_5 > \frac{\lambda s}{D_{eff}}$ $s > 1,5N_{eff}$
Anforderungen bei Verwendung von Kreisscheibenreflektoren		
<p align="center">Senkrechtprüfkopf</p> <p>Legende 1 Schallbündeldurchmesser</p>	<p align="center">Winkelprüfkopf</p>	<p align="center">Bedingung</p> $D_{DSR} > \frac{\lambda s}{D_{eff}}$ $e_4, e_5 > \frac{\lambda s}{D_{eff}}$ $s > 0,7N_{eff}$
Anforderungen an die Prüffläche und Wanddicke		
<p align="center">Senkrechtprüfkopf</p>	<p align="center">Winkelprüfkopf</p>	<p align="center">Bedingung</p> <p>d größer als die Länge der Sendeimpulseinflusszone für α gleich 0°.</p> $d > 5\lambda \text{ für } \alpha > 0^\circ$ $e_1 > 1,5 l_{ps1}$ $e_2 > 1,5 l_{ps2}$ $e_3 > 1,5 D_{ps}$
Anforderungen bei Verwendung von Kugelreflektoren		
<p align="center">Senkrechtprüfkopf</p>	<p align="center">Winkelprüfkopf</p>	<p align="center">Bedingung</p>

Tabelle 3 (fortgesetzt)

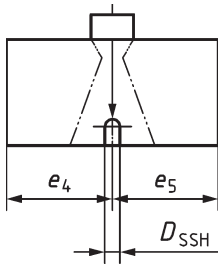
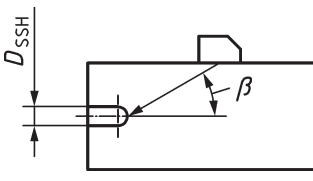
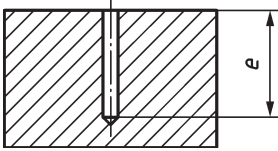
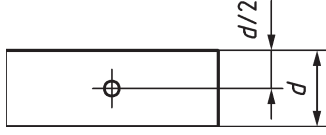
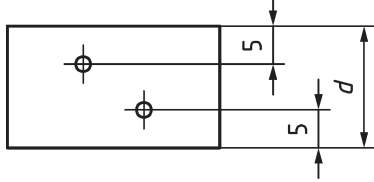
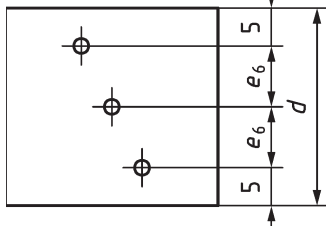
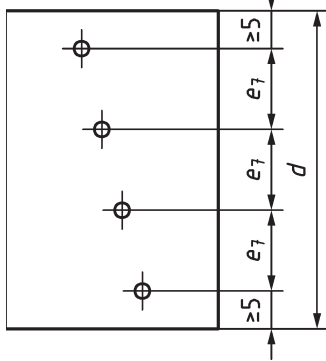
		$s > 1,5 N_{\text{eff}}$ mit $D_{\text{DSR}} = \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} D_{\text{SSH}}$ $\beta \leq 60^\circ$ $e_4, e_5 > \frac{\lambda s}{D_{\text{eff}}}$
---	--	--

Tabelle 4 — Vergleichskörper und Bezugsreflektoren für Prüfgegenstände der Geometrieklasse 1

Wanddicke d in mm	Vergleichskörper und Bezugsreflektoren	Bedingungen
		
$10 \leq d \leq 15$		
$15 \leq d \leq 20$		$e > \frac{2\lambda s}{D_{\text{eff}}}$
$20 \leq d \leq 40$		$D_{\text{SDH}} \geq 1,5\lambda$ $e_6 = \frac{d-10}{2}$
$d > 40$		$e_7 \leq \frac{d-10}{2}$

9 Prüfköpfe

9.1 Allgemeines

Für die Geometrieklassen 2 bis 5 in Tabelle 2 kann es erforderlich sein, den Prüfkopfschuh anzupassen, um ein Kippen des Prüfkopfes zu vermeiden, d. h. einen guten, gleichmäßigen akustischen Kontakt und einen konstanten Einschallwinkel im Prüfgegenstand sicherzustellen.

Die Formanpassung ist nur bei Prüfköpfen mit einem Vorlaufkörper aus hartem Kunststoff möglich (üblicherweise SE-Senkrechtprüfköpfe oder Winkelprüfköpfe mit Vorsatzkeilen).

Die folgenden Bedingungen gelten für die unterschiedlichen Geometrieklassen (siehe Tabelle 2 und Bild 1):

- Geometrieklasse 1: Keine Anpassung des Prüfkopfes erforderlich, weder in x - noch in y -Richtung;
- Geometrieklassen 2 und 4: Anpassung in x -Richtung für alle Prüfköpfe (Prüfwinkel des Winkelprüfkopfs in x -Richtung muss in Längsrichtung angepasst werden; Prüfwinkel des Winkelprüfkopfs in y -Richtung muss in Querrichtung angepasst werden;
- Geometrieklassen 3 und 5: Anpassung sowohl in x - als auch y -Richtung: Anpassen der Prüfkopfsohle in Längs- und Querrichtung.

Bei Verwendung angepasster Prüfköpfe ist es erforderlich, die Bereichs- und Empfindlichkeitseinstellung an Vergleichskörpern vorzunehmen, die ähnlich geformt sind wie der Prüfgegenstand, oder mathematische Korrekturfaktoren anzuwenden.

Bei Anwendung von Gleichung (1) oder Gleichung (2) werden Probleme aufgrund geringer Energieübertragung oder fehlerhafter Ausrichtung des Schallbündels vermieden.

9.2 Prüfköpfe mit Anpassung in Längsrichtung

9.2.1 Konvexe Abtastfläche

Bei der Abtastung auf konvexen Oberflächen muss die Prüfkopfsohle angepasst werden, wenn der Durchmesser D_{obj} des Prüfgegenstands unter dem Zehnfachen der Länge des Prüfkopfschuhs l_{ps} bleibt (siehe Bild 1):

$$D_{\text{obj}} < 10 l_{\text{ps}} \quad (1)$$

9.2.2 Konkave Abtastfläche

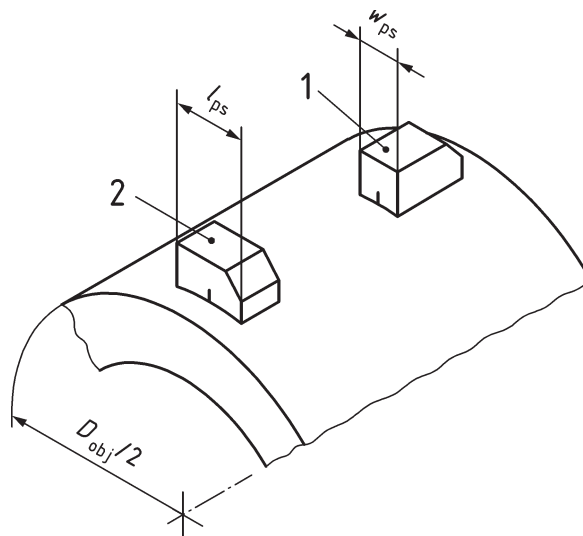
Auf einer konkaven Abtastfläche muss die Sohle des Prüfkopfes immer angepasst werden, es sei denn, auf Grund sehr großer Krümmungsradien kann eine angemessene Ankopplung erreicht werden.

9.3 Prüfköpfe mit Anpassung in Querrichtung

9.3.1 Konvexe Abtastfläche

Bei der Abtastung auf konvexen Oberflächen muss die Prüfkopfsohle angepasst werden, wenn der Durchmesser D_{obj} des Prüfgegenstands unter dem Zehnfachen der Breite w_{ps} des Prüfkopfschuhs bleibt (siehe Bild 1):

$$D_{\text{obj}} < 10 w_{\text{ps}} \quad (2)$$



Legende

- 1 Anpassung in Querrichtung
- 2 Anpassung in Längsrichtung

Bild 1 — Länge l_{ps} und Breite w_{ps} des Prüfkopfschuhs in Krümmungsrichtung des Prüfgegenstandes

9.3.2 Konkave Abtastfläche

Auf einer konkaven Abtastfläche muss die Sohle des Prüfkopfes immer angepasst werden, es sei denn, auf Grund sehr großer Krümmungsradien kann eine angemessene Ankopplung erreicht werden.

10 Bestimmung des Schallaustrittspunktes und des Einschallwinkels

10.1 Allgemeines

- a) Für Senkrechtprüfköpfe ist die Bestimmung von Schallaustrittspunkt und Einschallwinkel nicht erforderlich, weil vorausgesetzt wird, dass der Schallaustrittspunkt des Prüfkopfs in die Mitte der Koppelfläche fällt und der Brechungswinkel null Grad beträgt.
- b) Bei Verwendung von Winkelprüfköpfen müssen diese Parameter bestimmt werden, damit die Lage eines Reflektors im Prüfgegenstand relativ zur Position des Prüfkopfes bestimmt werden kann.

Die angewendeten Techniken und die verwendeten Vergleichskörper hängen von der Anpassung der Prüfkopfsohle ab.

- c) Die gemessenen Einschallwinkel hängen von der Schallgeschwindigkeit des verwendeten Vergleichskörpers ab.

Falls der Vergleichskörper nicht aus unlegiertem Stahl besteht, muss seine Schallgeschwindigkeit bestimmt und aufgezeichnet werden.

10.2 Winkelprüfköpfe mit ebener Sohle

10.2.1 Verfahren mit Kalibrierkörper

Der Schallaustrittspunkt und der Einschallwinkel müssen abhängig von der Größe des Prüfkopfes unter Verwendung des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder des Kalibrierkörpers Nr. 2 entsprechend den Vorgaben in ISO 2400 beziehungsweise ISO 7963 bestimmt werden.

10.2.2 Vergleichskörper-Verfahren

Alternativ darf ein Verfahren mit einem Vergleichskörper angewendet werden, der mindestens 3 Querbohrungen enthält, wie in ISO 22232-3 angegeben.

10.3 Winkelprüfköpfe mit Anpassung in Längsrichtung

10.3.1 Mechanische Bestimmung

- a) Bevor die Prüfkopfsohle angepasst wird, müssen der Schallaustrittspunkt und der Einschallwinkel wie in 10.2.1 beschrieben gemessen werden.
- b) Der Einfallwinkel an der Prüfkopfsohle (α_d) ist aus dem ermittelten Einschallwinkel (α) zu berechnen, und es ist eine Linie an der Seite des Prüfkopfes zu zeichnen, die ausgehend vom Schallaustrittspunkt parallel zum einfallenden Schallstrahl verläuft, wie in Bild 2 dargestellt.
- c) Der Einfallwinkel ist durch Gleichung (3) gegeben:

$$\alpha_d = \arcsin \left(\frac{c_d}{c_t} \sin \alpha \right) \quad (3)$$

Dabei ist

c_d die Longitudinalwellengeschwindigkeit im Vorsatzkeil des Prüfkopfes (üblicherweise 2 730 m/s bei Acrylglas);

c_t die Transversalwellengeschwindigkeit im Prüfgegenstand (3 255 m/s $\pm$ 15 m/s bei unlegiertem Stahl).

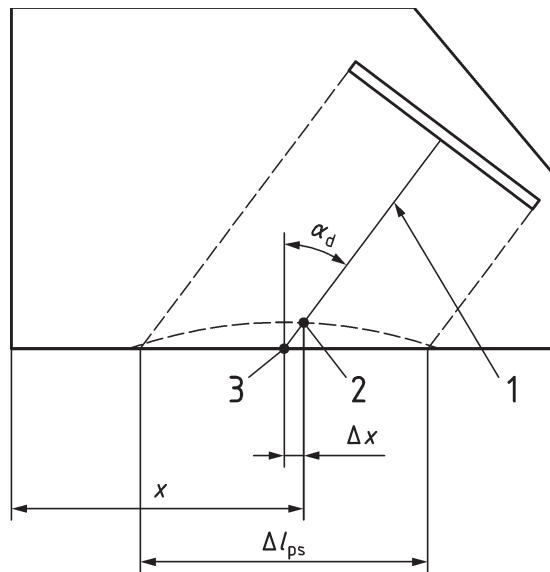
- d) Nach der Anpassung hat sich der Schallaustrittspunkt entlang der gezeichneten Linie verschoben, und seine neue Position kann mechanisch direkt am Gehäuse des Prüfkopfes gemessen werden, wie in Bild 2 darstellt.
- e) Der Einschallwinkel muss bestimmt werden, indem das Echo einer Querbohrung, die die in Tabelle 3 angegebenen Bedingungen erfüllt, maximiert wird.
- f) Der Einschallwinkel kann dann direkt am Prüfgegenstand, am Vergleichskörper oder einer maßstäblichen Skizze bestimmt werden. Siehe Bild 3.
- g) Alternativ dazu kann der Einschallwinkel rechnerisch anhand des am Vergleichskörper mechanisch gemessenen Schallwegs nach Gleichung (4) bestimmt werden.

Dies darf zusammen mit der in 11.4.4 beschriebenen Bereichseinstellung erfolgen.

$$\alpha = \arccos \left\{ \frac{\left[(D_{SDH}/2)^2 + s^2 - t^2 + sD_{SDH} + tD_{obj} \right]}{D_{obj} [s + (D_{SDH}/2)]} \right\} \quad (4)$$

Die in dieser Gleichung verwendeten Symbole sind in Bild 3 dargestellt.

- h) Der Krümmungsradius der bei der Kalibrierung verwendeten Oberfläche muss auf $\pm 10\%$ mit dem Radius des Prüfgegenstandes übereinstimmen.



Legende

- 1 markierte Linie für die Verschiebung des Schallaustrittspunktes
- 2 Schallaustrittspunkt nach der Anpassung
- 3 Schallaustrittspunkt vor der Anpassung

Bild 2 — Bestimmung der Verschiebung des Schallaustrittspunktes an Prüfköpfen mit Anpassung in Längsrichtung

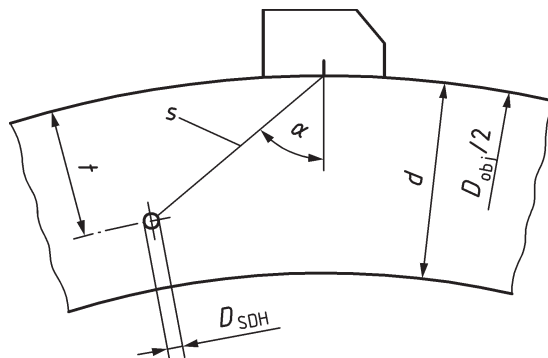


Bild 3 — Bestimmung des Einschallwinkels α bei einer Prüfkopfsohle, die in Längsrichtung angepasst ist

10.3.2 Vergleichskörper-Verfahren

Dieses Verfahren ist ähnlich dem in 10.2.2 in Bezug genommenen Verfahren, mit der Ausnahme, dass der Vergleichskörper einen Krümmungsradius aufweisen muss, der auf $\pm 10\%$ mit dem Radius des Prüfgegenstandes übereinstimmt.

10.4 Winkelprüfköpfe mit Anpassung in Querrichtung

10.4.1 Mechanische Bestimmung

- a) Bevor die Prüfkopfsohle angepasst wird, müssen der Schallaustrittspunkt und der Einschallwinkel wie in 10.2.1 beschrieben bestimmt werden.
- b) Nach der Anpassung muss entweder:

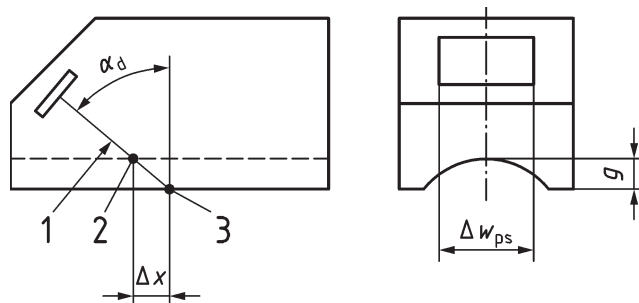
- 1) eine vom Schallaustrittspunkt ausgehende Linie, die den einfallenden Strahl darstellt, an der Seite des Prüfkopfes angebracht werden. Die neue Position des Schallaustrittspunktes muss an der Seite des Prüfkopfes gemessen werden, wie in Bild 4 dargestellt;
- 2) die Verschiebung des Schallaustrittspunktes (Δx) muss nach Gleichung (5) berechnet werden:

$$\Delta x = g \tan(\alpha_d) \quad (5)$$

Die in dieser Gleichung verwendeten Symbole sind in Bild 4 dargestellt.

- c) Für Keile aus Acrylglas ($c_d = 2\,730\text{ m/s}$) und für Prüfgegenstände aus unlegiertem Stahl ($c_t = 3\,255\text{ m/s}$) muss die Verschiebung des Schallaustrittspunktes (Δx) für die drei am häufigsten verwendeten Einschallwinkel relativ zur Anpasstiefe der Prüfkopfsohle (g) aus Bild 5 abgelesen werden.
- d) Der Einschallwinkel darf sich bei der Anpassung nicht ändern.
- e) Falls er jedoch nicht bekannt ist, oder falls die Anpasstiefe entlang der Prüfkopfsohle schwankt, muss der Winkel an einem geeignet gekrümmten Vergleichskörper unter Verwendung einer Querbohrung bestimmt werden, die die in Tabelle 3 angegebenen Bedingungen erfüllt. Der Einschallwinkel muss bestimmt werden:
 - indem auf einer maßstäblichen Zeichnung eine gerade Linie zwischen der Bohrung und dem Schallaustrittspunkt gezeichnet wird; oder
 - durch Berechnung nach Gleichung (6) für die in Bild 6 dargestellte Anordnung:

$$\alpha = \arctan \left[\frac{A' + x - q}{t} \right] \quad (6)$$



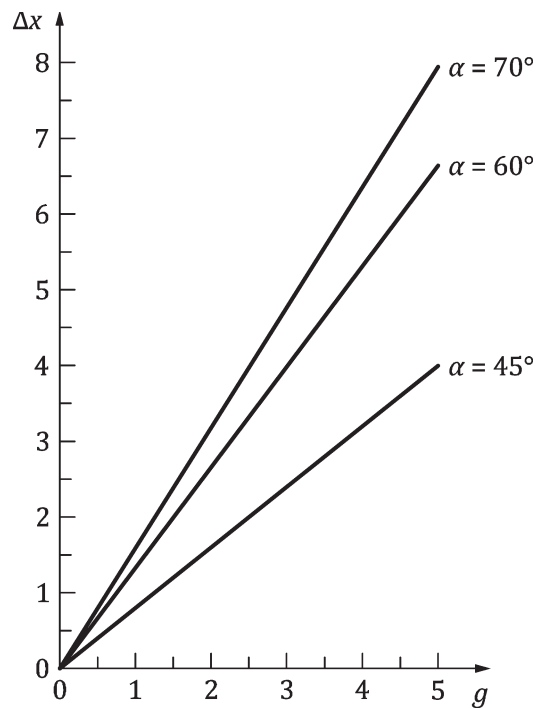
Legende

- 1 markierte Linie für die Verschiebung des Schallaustrittspunktes
- 2 Schallaustrittspunkt nach der Anpassung
- 3 Schallaustrittspunkt vor der Anpassung

Bild 4 — Bestimmung der Verschiebung des Schallaustrittspunktes an Prüfköpfen mit Anpassung in Querrichtung

10.4.2 Vergleichskörper-Verfahren

Dieses Verfahren ist ähnlich dem in 10.2.2 in Bezug genommenen Verfahren, mit der Ausnahme, dass der Vergleichskörper quer zum Prüfkopf gekrümmt sein muss und einen Krümmungsradius aufweisen muss, der höchstens 10 % größer oder 30 % kleiner als der des Prüfgegenstandes ist.

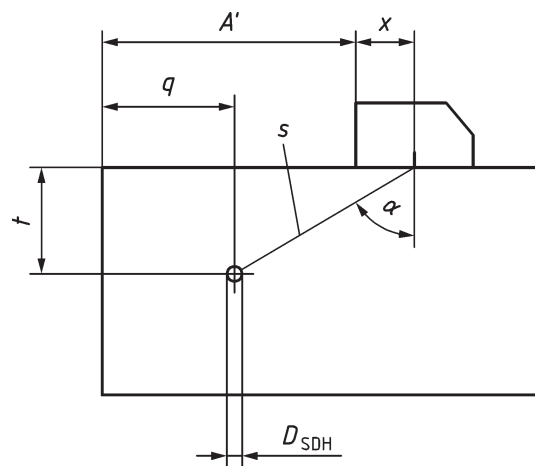


Legende

g Anpasstiefe

Δx Verschiebung des Schallaustrittspunktes

Bild 5 — Verschiebung des Schallaustrittspunktes Δx für Vorlaufstrecken aus Acrylglas



Legende

A' Prüfkopfkoordinate

x Abstand zwischen dem Schallaustrittspunkt des Prüfkopfes und der Vorderkante des Prüfkopfes

q Koordinate eines Reflektors

s Schallweg

t Tiefenkoordinate eines Reflektors

D_{SDH} Durchmesser der Querbohrung

α Einschallwinkel in Stahl

Bild 6 — Bestimmung des Einschallwinkels mithilfe einer Querbohrung

10.5 Prüfköpfe, die in zwei Richtungen angepasst sind

Wenn eine mehrachsige angepasste Prüfkopfsohle nicht vermieden werden kann, z. B. durch Verwendung kleinerer Prüfköpfe, müssen, wie jeweils anwendbar, die in 10.2, 10.3 und 10.4 festgelegten Verfahren angewendet werden.

10.6 Prüfköpfe für die Verwendung an anderen Werkstoffen als unlegiertem Stahl

Falls sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls im geprüften Werkstoff merklich von der in unlegiertem Stahl unterscheidet, werden die Position des Schallaustrittspunktes und der Einschallwinkel wesentlich verändert.

Die Verwendung der Radien von Kalibrierkörper Nr. 1 oder Kalibrierkörper Nr. 2 kann dann zu widersprüchlichen Ergebnissen führen.

Falls die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls bekannt ist, kann der Einschallwinkel nach Gleichung (7) berechnet werden:

$$\alpha_t = \arcsin \left(\frac{c_t}{c_r} \sin \alpha_r \right) \quad (7)$$

Dabei ist

α_r der Einschallwinkel in einem Vergleichskörper aus unlegiertem Stahl;

α_t der Einschallwinkel im Prüfgegenstand;

c_t die Geschwindigkeit der Transversalwelle im Prüfgegenstand;

c_r die Geschwindigkeit der Transversalwelle im Vergleichskörper aus unlegiertem Stahl (3 255 m/s $\pm$ 15 m/s).

Falls die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls nicht bekannt ist, kann der Einschallwinkel, wie jeweils anwendbar, unter Verwendung eines Echos von einer Querbohrung in einer Probe des zu prüfenden Werkstoffs bestimmt werden, wie in Bild 6 dargestellt oder in 10.3.1 oder in 10.4.1 beschrieben.

11 Einstellung der Zeitachse

11.1 Allgemeines

- a) Bei allen Prüfungen auf Grundlage der Impuls-Echo-Technik muss die Zeitachse des Ultraschallgeräts so eingestellt werden, dass auf dem Bildschirm die Schalllaufzeit oder meist einige direkt damit verbundene Parameter angezeigt werden.

Solche Parameter können der Schallweg eines Reflektors, dessen Tiefe unter der Prüfoberfläche, sein projizierter Schallweg a oder sein verkürzter projizierter Schallweg a' sein, siehe Bild 7.

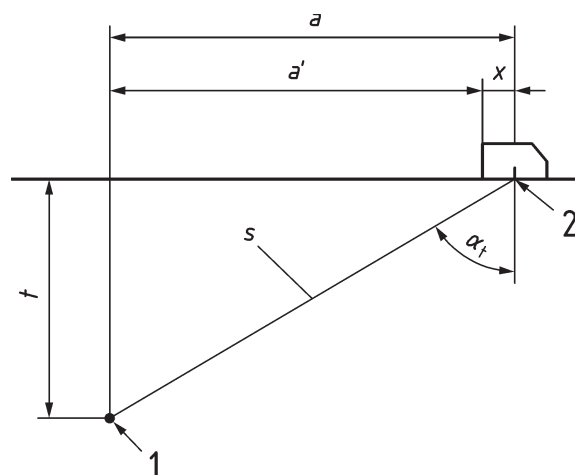
Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich die nachstehend beschriebenen Verfahren auf die Einstellung der Zeitachse in Form des Schallweges in eine Richtung (ein Echo durchläuft diesen Weg zweimal).

- b) Die Einstellung der Zeitachse muss mit zwei Vergleichsechos vorgenommen werden, deren zeitlicher oder räumlicher Abstand voneinander bekannt ist.
- c) Abhängig von der vorgesehenen Einstellung müssen die entsprechenden Schallwege, Tiefenlagen, projizierten Schallwege oder verkürzten projizierten Schallwege bekannt sein.

Mit diesem Verfahren wird sichergestellt, dass die durch den Vorlaufkörper (z. B. Vorsatzkeil des Prüfkopfes) bedingte Schallausbreitungszeit automatisch korrigiert wird.

Nur bei Ausrüstungen mit einer elektronisch kalibrierten Zeitachse ist ein Echo ausreichend, vorausgesetzt, die Schallgeschwindigkeit im Vergleichskörper ist bekannt.

- d) Der Abstand zwischen den Bezugsechos muss innerhalb des Justierbereichs so groß wie praktisch möglich sein.
- e) Mithilfe der Zeitachsen-Verschiebungs- und -Dehnungssteller muss die ansteigende Flanke jedes Echos so eingestellt werden, dass sie auf der Skala der horizontalen Achse des Bildschirms eine vorgegebene Lage einnimmt.
- f) Falls anwendbar, muss zur Einstellung ein Kontrollsignal vorhanden sein, das mit keinem der Justiersignale übereinstimmen darf, jedoch in der berechneten Lage auf dem Schirm erscheinen muss.



Legende

- 1 Reflektor
- 2 Schalleintrittspunkt

Bild 7 — Festlegungen für die Einstellung der Zeitachse in Form z. B. des verkürzten projizierten Schallwegs

11.2 Vergleichskörper und Bezugsreflektoren

- a) Für die Prüfung von ferritischen Stählen wird die Verwendung des in ISO 2400 beziehungsweise ISO 7963 festgelegten Kalibrierkörpers Nr. 1 oder Kalibrierkörpers Nr. 2 empfohlen.
- b) Falls ein Vergleichskörper oder der Prüfgegenstand selbst zur Einstellung des Geräts verwendet wird, dürfen, je nach Eignung, der Prüffläche gegenüberliegende Flächen oder geeignete Reflektoren mit unterschiedlichen, bekannten Schallwegen verwendet werden.
- c) Die Schallgeschwindigkeit innerhalb der Vergleichskörper muss entweder auf $\pm 5\%$ mit der Schallgeschwindigkeit im Prüfgegenstand übereinstimmen, oder es müssen wegen der unterschiedlichen Schallgeschwindigkeiten Korrekturen vorgenommen werden.

11.3 Senkrechtprüfköpfe

11.3.1 Einzelreflektor-Verfahren

- a) Bei diesem Verfahren ist ein Vergleichskörper erforderlich, dessen Dicke den einzustellenden Justierbereich nicht überschreitet.

Geeignete Rückwandechos können mit der Dicke von 25 mm oder 100 mm des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder mit der Dicke von 12,5 mm des Kalibrierkörpers Nr. 2 erzielt werden.

- b) Andere Vergleichskörper mit parallelen oder konzentrischen Oberflächen, bekannter Dicke und derselben Schallgeschwindigkeit wie der Prüfgegenstand dürfen ebenfalls verwendet werden.

11.3.2 Verfahren mit mehreren Reflektoren

- a) Für dieses Verfahren ist ein Vergleichskörper (oder getrennte Vergleichskörper) mit zwei Reflektoren (z. B. Querbohrungen) mit unterschiedlichen bekannten Schallwegen erforderlich.
- b) Der Prüfkopf muss wiederholt neu positioniert werden, um das Echo von jedem Reflektor zu maximieren.
- c) Die Position des Echos des nächstliegenden Reflektors muss mit dem Verschiebungssteller (oder Nullsteller) und die des anderen Reflektors mit dem Dehnungssteller (oder Entfernungssteller) so lange justiert werden, bis die Zeitachse genau eingestellt ist.

11.4 Winkelprüfköpfe

11.4.1 Radien-Verfahren

Die Bereichseinstellung kann unter Verwendung der Radien-Reflektoren des Kalibrierkörpers Nr. 1 oder des Kalibrierkörpers Nr. 2 durchgeführt werden, wie in ISO 2400 beziehungsweise ISO 7963 beschrieben.

11.4.2 Verfahren mit Senkrechtprüfkopf

Für Transversalwellen-Prüfköpfe kann die Bereichseinstellung unter Verwendung eines Longitudinal-Senkrechtprüfkopfes auf der 91-mm-Dicke des Kalibrierkörpers Nr. 1 (beschrieben in ISO 2400) vorgenommen werden, die für Transversalwellen in Stahl einem Schallweg von 50 mm entspricht.

Zum Abschluss der Bereichseinstellung ist es erforderlich, mit dem für die Prüfung zu verwendenden Prüfkopf bei bekanntem Schallweg von einem geeigneten Reflektor ein Echo zu erzeugen, und nur mit dem Steller für die Nullverschiebung dieses Echo auf der Zeitachse in die korrekte Lage zu bringen.

11.4.3 Vergleichskörper-Verfahren

Dieses Verfahren ähnelt vom Prinzip her dem in 11.3.2 für Senkrechtprüfköpfe beschriebenen.

- a) Um jedoch eine ausreichende Genauigkeit zu erreichen, ist es erforderlich, auf der Oberfläche des Vergleichskörpers die Schallaustrittspunkte des Prüfkopfs zu markieren, an denen das jeweilige Echo zuerst maximiert wird, und anschließend den Abstand zwischen jeder Markierung und dem entsprechenden Reflektor mechanisch zu messen.
- b) Bei allen nachfolgenden Einstellungen der Zeitachse muss der Prüfkopf erneut auf diese Marken positioniert werden.

11.4.4 Angepasste Prüfköpfe

- a) Die Bereichseinstellung muss zunächst an einem Prüfkopf mit ebener Sohle, wie in 11.4.1 bis 11.4.3 beschrieben, erfolgen.

- b) Anschließend muss der angepasste Prüfkopf auf einem geeignet geformten Vergleichskörper positioniert werden, der mindestens einen Reflektor mit bekanntem Schallweg aufweist.
- c) Die Lage des Echos von diesem Reflektor muss allein mit dem Verschiebungssteller auf der Zeitachse in die korrekte Position gebracht werden.

11.5 Alternative Bereichseinstellungen für Winkelprüfköpfe

11.5.1 Ebene Flächen

Statt der Einstellung in Bezug auf den Schallweg kann die Zeitachse so eingestellt werden, dass die Tiefe eines Reflektors unter der Prüfoberfläche (Tiefenlage) oder dessen Abstand zur Prüfkopfstirnfläche direkt angegeben wird, siehe Bild 7.

- a) Dafür müssen nach der Wahl der Zeitachse in Bezug auf die Tiefenlage oder den projizierten Schallweg die Echos aus dem Vergleichskörper bei bekannten Schallwegen auf der Zeitachse so positioniert werden, dass sie mit den entsprechenden Tiefenlagen oder projizierten Schallwegen übereinstimmen, die folgendermaßen bestimmt werden können:
- b) Für ein ebenes Blech können diese Werte für einen gegebenen Einschallwinkel entweder aus einer maßstäblichen Zeichnung oder anhand von Gleichung (8), Gleichung (9) oder Gleichung (10) bestimmt werden:

— Tiefe (t):

$$t = s \cos \alpha_t \quad (8)$$

— projizierter Schallweg (a):

$$a = s \sin \alpha_t \quad (9)$$

— verkürzter projizierter Schallweg (a'):

$$a' = (s \sin \alpha_t) - x \quad (10)$$

11.5.2 Gekrümmte Oberflächen

Während die für die Bereichseinstellung in 11.5.1 beschriebenen Prinzipien weiter gelten, ist die Zeitachse in Bezug auf die Tiefenlage oder den projizierten Schallweg nicht linear.

- a) Ein nichtlineares Raster darf konstruiert werden, indem von einer maßstäblichen Zeichnung des Schallwegs an mehreren Stellen Messwerte entnommen werden, oder durch Berechnung mithilfe geeigneter Gleichungen.
- b) Der Schallweg zur gegenüberliegenden Fläche eines konzentrisch gekrümmten Objektes darf nach den in Anhang A angegebenen Gleichungen bestimmt werden.
- c) Alternativ dazu dürfen die Rasterabstände auch mit den maximierten Echos einer Reihe von Reflektoren in einem gekrümmten Vergleichskörper bestimmt werden, wobei die Zwischenwerte durch Interpolation erhalten werden. Siehe Bild 8.