

	DIN EN ISO 16827	
ICS 19.100	<div>Entwurf</div>	Einsprüche bis 2024-04-16 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN ISO 16827:2014-06
<p>Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten (ISO/DIS 16827:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16827:2024</p> <p>Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Characterization and sizing of discontinuities (ISO/DIS 16827:2024); German and English version prEN ISO 16827:2024</p> <p>Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons – Caractérisation et dimensionnement des discontinuités (ISO/DIS 16827:2024); Version allemande et anglaise prEN ISO 16827:2024</p> <p>Anwendungswarnvermerk</p> <p>Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-02-16 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 126 Seiten</p> <p>DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)</p>		

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 16827:2024) 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 nationale 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 5577	siehe	DIN EN ISO 5577
ISO 16810	siehe	DIN EN ISO 16810
ISO 16811	siehe	DIN EN ISO 16811
ISO 16823	siehe	DIN EN ISO 16823
ISO 16828	siehe	DIN EN ISO 16828
ISO 23279	siehe	DIN EN ISO 23279

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 16827:2014-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Bilder wurden aktualisiert;
- b) Verweisungen wurden aktualisiert;
- c) im Aufgabenbereich wurde ein Hinweis hinzugefügt, dass die Technik auch mit Phased Array verwendet werden kann.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN ISO 16810, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Allgemeine Grundsätze*

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

DIN EN ISO 16823, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Durchschallungstechnik*

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

DIN EN ISO 23279, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Charakterisierung von Inhomogenitäten in Schweißnähten*

– Leerseite –

Februar 2024

prEN ISO 16827

**Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Beschreibung und
Größenbestimmung von Inhomogenitäten (ISO/DIS 16827:2024)**

Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Characterization and sizing of discontinuities
(ISO/DIS 16827:2024)

Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons – Caractérisation et dimensionnement des discontinuités
(ISO/DIS 16827:2024)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Grundsätze für die Beschreibung von Inhomogenitäten	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Anforderungen an den Oberflächenzustand	9
5 Impuls-Echo-Techniken	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Ortung einer Inhomogenität	9
5.3 Orientierung einer Inhomogenität	10
5.4 Beurteilung von Mehrfachanzeigen	10
5.5 Form einer Inhomogenität	11
5.5.1 Einfache Klassifizierung	11
5.5.2 Detaillierte Klassifizierung	12
5.6 Maximale Echohöhe einer Anzeige	12
5.7 Größe der Inhomogenität	12
5.7.1 Allgemeines	12
5.7.2 Techniken mit maximaler Echohöhe	12
5.7.3 Techniken zur Größenbestimmung mit Prüfkopfbewegung	13
5.7.4 Auswahl von Techniken zur Größenbestimmung	15
5.7.5 Techniken zur Größenbestimmung mit fokussierenden Prüfköpfen	16
5.7.6 Anwendung mathematischer Algorithmen zur Größenbestimmung	16
5.7.7 Besondere Techniken zur Größenbestimmung	16
6 Durchschallungstechnik	17
6.1 Allgemeines	17
6.2 Ortung einer Inhomogenität	17
6.3 Bewertung von mehrfachen Inhomogenitäten	18
6.4 Abfall der Amplitude des Durchschallungssignals	18
6.5 Bestimmung der Größe einer Inhomogenität	19
Anhang A (normativ) Analyse von Mehrfachanzeigen	21
A.1 Allgemeines	21
A.2 Charakterisierung in Längsrichtung	21
A.3 Charakterisierung in Querrichtung (Dickendurchschallung)	21
A.4 Schattenmethode	21
Anhang B (normativ) Techniken zur Klassifizierung der Form von Inhomogenitäten	23
B.1 Einfache Klassifizierung	23
B.1.1 Allgemeines	23
B.1.2 Rekonstruktionstechnik	23
B.1.3 Echodynamiktechnik	23
B.2 Detaillierte Klassifizierung	24
B.2.1 Allgemeines	24
B.2.2 Techniken mit Mustern der Echodynamik	25
B.2.3 Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens	26
B.3 Kombination von Informationen	27
Anhang C (informativ) Techniken zur Größenbestimmung mit maximaler Echohöhe	34
C.1 AVG-Technik	34
C.1.1 Kurzbeschreibung	34
C.1.2 Anwendung und Einschränkungen	34

C.2	Bezugslinientechnik (DAC)	35
C.2.1	Kurzbeschreibung	35
C.2.2	Anwendung und Einschränkungen	35
Anhang D (normativ)	Techniken zur Größenbestimmung mit Prüfkopfbewegung	36
D.1	Techniken mit fester Amplitudenhöhe	36
D.1.1	Kurzbeschreibung	36
D.1.2	Anwendung und Einschränkungen	38
D.2	Halbwertsmethode	38
D.2.1	Kurzbeschreibung	38
D.2.2	Anwendung und Einschränkungen	39
D.3	Technik mit einem Abfall von der maximalen Echohöhe um 12 dB oder 20 dB	40
D.3.1	Kurzbeschreibung	40
D.3.2	Anwendung und Einschränkungen	41
D.4	Technik mit einem Abfall auf den Störpegel	41
D.4.1	Kurzbeschreibung	41
D.4.2	Anwendung und Einschränkungen	42
D.5	Ortung von Endpunkten mit der Halbwertsmethode	43
D.5.1	Kurzbeschreibung	43
D.5.2	Anwendung und Einschränkungen	44
D.6	Ortung von Endpunkten mit der Schallbündelachse	45
D.6.1	Kurzbeschreibung	45
D.6.2	Anwendung und Einschränkungen	45
D.7	Technik zur Ortung von Endpunkten mit dem 20-dB-Abfall	46
D.7.1	Kurzbeschreibung	46
D.7.2	Anwendung und Einschränkungen	47
Anhang E (normativ)	Iterative Technik zur Größenbestimmung	49
E.1	Allgemeines	49
E.2	Prüfung mit senkrechter Einschallung	49
E.2.1	Kurzbeschreibung	49
E.2.2	Verstärkungseinstellung	49
E.2.3	Durchführung	49
E.2.4	Bewertung	49
E.3	Prüfung mit Schrägeinschallung	52
Anhang F (normativ)	Mathematische Algorithmen zur Bestimmung der tatsächlichen Größe einer Inhomogenität	54
F.1	Allgemeines	54
F.2	Große flächige Inhomogenitäten	54
F.3	Kleine flächige Inhomogenitäten	56
F.4	Flächige Inhomogenitäten in einem zylindrischen Prüfgegenstand	58
Anhang G (informativ)	Beispiele für besondere Techniken zur Größenbestimmung	61
G.1	Techniken mit Beugung an Rissspitzen	61
G.1.1	Beugungslaufzeittechnik (TOFD)	61
G.1.2	Beispiel für eine Technik mit Beugung an Rissspitzen mit einem einzelnen Prüfkopf	62
G.2	Fokussierung durch synthetische Apertur (SAFT)	62
Literaturhinweise		65

Bilder

Bild 1	— Beispiele für A-Bild-Anzeigen für Gruppierungen von Inhomogenitäten	11
Bild 2	— Parameter l_1 und l_2 bei der herkömmlichen Bestimmung der Größe einer Inhomogenität mit einem Senkrechtprüfkopf	14
Bild 3	— Projizierte Parameter l und h für die herkömmliche Bestimmung der Größe einer Inhomogenität mit einem Winkelprüfkopf	15
Bild 4	— Ortung von Inhomogenitäten mit Hilfe der Durchschallungstechnik mit Winkelprüfköpfen	18

Bild A.1 — Schattentechnik zum Unterscheiden von zusammenhängenden und unterbrochenen Inhomogenitäten	22
Bild B.1 — Prüfkopfbewegungen und Abtastrichtungen zur einfachen Klassifizierung der Form einer Inhomogenität mit Winkelprüfköpfen	28
Bild B.2 — Ultraschallecho — Muster 1	29
Bild B.3 — Ultraschallecho — Muster 2	30
Bild B.4 — Ultraschallecho — Muster 3a — Senkrechte Einschallung zur Inhomogenität	31
Bild B.5 — Ultraschallecho — Muster 3b — Schrägeinschallung zur Inhomogenität	32
Bild B.6 — Ultraschallecho — Muster 4	33
Bild D.1 — Technik mit 6-dB-Abfall	37
Bild D.2 — Technik mit fester Amplitudenhöhe bei Verwendung der Randstrahlen	38
Bild D.3 — Halbwertsmethode	39
Bild D.4 — Technik mit einem Abfall um 12 dB oder 20 dB von der maximalen Echohöhe	40
Bild D.5 — Technik mit einem Abfall auf den Störpegel (für einen Senkrechtprüfkopf)	42
Bild D.6 — Technik zur Ortung von Endpunkten mit der Halbwertsmethode	44
Bild D.7 — Technik zur Ortung von Endpunkten mit der Schallbündelachse	45
Bild D.8 — Technik zur Ortung von Endpunkten mit dem 20-dB-Abfall	47
Bild E.1 — Prüfung mit senkrecht eingeschallten Longitudinalwellen	51
Bild E.2 — Flussdiagramm der Beurteilungsschritte	52
Bild E.3 — Prüfung mit schräg eingeschallten Transversalwellen oder Longitudinalwellen	53
Bild F.1 — Größenbestimmung einer großen Inhomogenität parallel zur Prüffläche	55
Bild F.2 — Größenbestimmung einer kleinen Inhomogenität parallel zur Abtastfläche	57
Bild F.3 — Größenbestimmung einer Inhomogenität von einer zylindrischen Abtastfläche aus	60
Bild G.1 — Anordnung der Prüfköpfe und typisches Hochfrequenz-Echo-Bild bei der Beugungslaufzeittechnik	62
Bild G.2 — Technik mit Beugung an Risspitzen für einen Riss, der zur Abtastfläche gegenüberliegenden Fläche geöffnet ist	64

Tabellen

Tabelle B.1 — Leitfaden für eine detaillierte Klassifizierung von Inhomogenitäten	27
---	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 16827:2024) 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 16827:2014 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 16827:2024 wurde von CEN als prEN ISO 16827:2024 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 16827:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- die Bilder wurden aktualisiert,
- die Verweisungen wurden aktualisiert,
- im Anwendungsbereich wurde ein Hinweis hinzugefügt, dass die Technik auch mit Phased Array verwendet werden kann.

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 verknüpft:

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 Grundsätze und Techniken zur Charakterisierung und Größenbestimmung von vorher nachgewiesenen Inhomogenitäten fest, um deren Bewertung im Vergleich zu den geltenden Zulässigkeitskriterien sicherzustellen.

Es ist allgemein für Inhomogenitäten in den Werkstoffen und für die Anwendungen anwendbar, die in ISO 16810 behandelt werden.

Es dürfen auch Phased-Array-Techniken angewendet werden, aber es können zusätzliche Schritte oder Überprüfungen erforderlich sein.

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

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 23279, *Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Characterization of discontinuities in welds*

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 Grundsätze für die Beschreibung von Inhomogenitäten

4.1 Allgemeines

Die Beschreibung einer Inhomogenität besteht in der Bestimmung der Merkmale, die zu deren Bewertung in Bezug auf festgelegte Zulässigkeitskriterien erforderlich sind.

Die Beschreibung einer Inhomogenität kann umfassen:

- a) Bestimmung der wesentlichen Ultraschalldaten (Echohöhe, Laufzeit);
- b) Bestimmung ihrer Grundform und Orientierung;
- c) Größenbestimmung, die auf eine der beiden folgenden Arten durchgeführt werden darf:
 - 1) Bestimmung einer oder mehrerer Maße (oder Fläche/Volumen), innerhalb der verfahrensbedingten Grenzen; oder

- 2) Bestimmung einiger festgelegter Parameter, z. B. der Echohöhe, wobei angenommen wird, dass sie für die physikalische Größe der Inhomogenität repräsentativ sind;
- d) Ortung, z. B. die Nähe zur Oberfläche oder zu weiteren Inhomogenitäten;
- e) Bestimmung von weiteren Parametern oder charakteristischen Kennwerten, die für eine vollständige Bewertung notwendig sein können;
- f) Beurteilung der wahrscheinlichen Beschaffenheit, z. B. Riss oder Einschluss, wenn das durch ausreichende Kenntnisse über den Prüfgegenstand und dessen Herstellung ermöglicht wird.
- g) Die Anforderungen der ISO 16810 gelten, sofern nichts anderes angegeben wurde.

Wo die Prüfung nach den Grundsätzen von ISO 16810 ausreichende Angaben zur Inhomogenität für dessen Bewertung in Bezug auf die anzuwendenden Zulässigkeitskriterien liefert, ist keine weitere Beschreibung notwendig.

- h) Die zur Charakterisierung verwendeten Techniken müssen in Verbindung mit den anzuwendenden Zulässigkeitskriterien festgelegt werden.

4.2 Anforderungen an den Oberflächenzustand

- a) Die Beschaffenheit und das Profil der Oberfläche müssen so sein, dass sie die Größenbestimmung der Inhomogenitäten mit der gewünschten Genauigkeit erlauben.

Im Allgemeinen werden die Ergebnisse umso genauer, je glatter und ebener die Oberfläche ist.

Für die meisten praktischen Belange werden eine Oberflächenrauheit von $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ für bearbeitete Oberflächenrauheit von $R_a = 12,5 \mu\text{m}$ für sandgestrahlte Oberflächen empfohlen.

- b) Der Spalt zwischen Prüfkopf und der Oberfläche darf 0,5 mm nicht überschreiten.
- c) Die zuvor angegebenen Oberflächenanforderungen müssen üblicherweise auf die Bereiche beschränkt bleiben, von denen aus eine Größenbestimmung durchgeführt werden muss, da sie für den Nachweis von Inhomogenitäten im Allgemeinen nicht notwendig sind.
- d) Das Verfahren zur Oberflächenvorbereitung darf keine Oberfläche erzeugen, die einen hohen Rauschpegel liefert.

5 Impuls-Echo-Techniken

5.1 Allgemeines

Die hauptsächlichen Ultraschallmerkmale/parameter einer Inhomogenität, die am häufigsten zur Bewertung durch Impuls-Echo-Techniken herangezogen werden, sind in 5.2 bis einschließlich 5.7 beschrieben.

Die zu bestimmenden Merkmale/Parameter müssen in der anzuwendenden Norm oder in den maßgeblichen Vertragsdokumenten festgelegt sein, und sie müssen die Anforderungen nach ISO 16810:2012, 10.1, erfüllen.

5.2 Ortung einer Inhomogenität

Die Ortung einer Inhomogenität wird definiert als ihre Lage im Innern eines Prüfgegenstandes bezüglich eines vereinbarten Systems von Bezugskoordinaten.

- a) Sie muss mit Bezug auf einen oder mehrere Festpunkte unter Berücksichtigung des Schallaustrittspunktes und des Einschallwinkels des Prüfkopfes bestimmt werden und durch Bestimmung der Prüfkopfposition und des Schallweges, bei der die maximale Echohöhe beobachtet wird.

- b) In Abhängigkeit von der Geometrie des Prüfgegenstandes und der Art der Inhomogenität kann es erforderlich sein, die Lage der Inhomogenität aus einer anderen Richtung oder mit einem anderen Einschallwinkel zu bestätigen, um sicherzustellen, dass das Echo nicht z. B. durch eine Wellenumwandlung an einer geometrischen Besonderheit des Prüfobjektes erzeugt wird.

5.3 Orientierung einer Inhomogenität

Die Orientierung einer Inhomogenität wird als die Richtung oder Ebene festgelegt, in der die Hauptachse(n) der Inhomogenität hinsichtlich der Bezugsebene auf dem Prüfgegenstand liegt/liegen.

- a) Die Orientierung kann durch eine geometrische Rekonstruktion bestimmt werden, analog zu der für die Ortung beschriebenen, mit dem Unterschied, dass im Allgemeinen mehr Einschallwinkel und/oder Abtastrichtungen als bei einer einfachen Ortung erforderlich sind.
- b) Die Orientierung kann auch durch die Ermittlung der Prüfrichtung bestimmt werden, bei der die maximale Echohöhe erzielt wird.
- c) Bei vielen Anwendungen ist keine genaue Bestimmung der räumlichen Orientierung der Inhomogenität erforderlich, sondern nur die Bestimmung der Projektion der Inhomogenität in eine oder mehrere festgelegte Ebene(n) und/oder Querschnitt(e) innerhalb des Prüfobjektes.

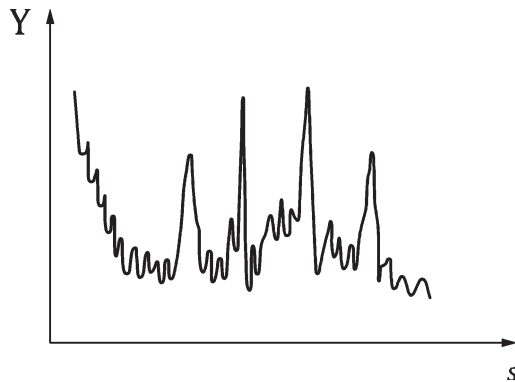
5.4 Beurteilung von Mehrfachanzeigen

Das Verfahren zur Unterscheidung zwischen einzelnen und mehrfachen Inhomogenitäten kann entweder auf einer qualitativen Bewertung oder auf quantitativen Kriterien beruhen.

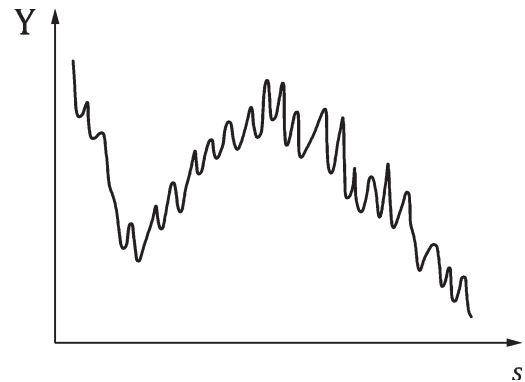
- a) Die qualitative Bestimmung besteht in der Beobachtung der Veränderungen von Ultraschallanzeigen, um sicherzustellen, ob derartige Anzeigen zu einer oder zu mehreren getrennten Inhomogenitäten gehören oder nicht. Bild 1 zeigt Beispiele typischer Signale von einer Gruppe von Inhomogenitäten in einem Schmiede- oder Gussstück.
- b) Wenn Zulässigkeitskriterien als maximal zulässige Maße angegeben sind, müssen quantitative Bestimmungen durchgeführt werden, um zu bestimmen, ob jede einzelne Inhomogenität individuell oder aber im Ganzen bewertet werden muss, nach vorgegebenen Regeln, die für die Bewertung der Gruppe von Inhomogenitäten gelten.
- c) Derartige Regeln dürfen auf der Häufung einzelner Inhomogenitäten innerhalb der Gruppe basieren und werden als Summenwerte ihrer Längen, Flächen oder Volumina in Bezug auf die Gesamtlänge, -fläche oder das Gesamtvolumen der Gruppe angegeben.

Alternativ dazu dürfen die Regeln den Mindestabstand zwischen einzelnen Inhomogenitäten festlegen, häufig als Verhältnis der Maße der benachbarten Inhomogenitäten.

- d) Wenn eine genauere Charakterisierung einer Gruppe von Anzeigen erforderlich ist, darf versucht werden zu bestimmen, ob die Echos von einer Reihe eng benachbarter, aber getrennter Inhomogenitäten oder von einer einzelnen zusammenhängenden Inhomogenität mit einer Anzahl von getrennten Reflexionsflächen ausgelöst werden, wobei die im Anhang A beschriebenen Techniken benutzt werden.



a) auflösbare Gruppierung von Inhomogenitäten



b) nicht auflösbare Gruppierung von Inhomogenitäten

Legende

s Schallweg
Y Signalthöhe

Bild 1 — Beispiele für A-Bild-Anzeigen für Gruppierungen von Inhomogenitäten

5.5 Form einer Inhomogenität

5.5.1 Einfache Klassifizierung

Es gibt eine begrenzte Anzahl von Reflektorgrundformen, die durch eine Ultraschallprüfung erkannt werden kann.

In vielen Fällen erfordert die Bewertung mit den anzuwendenden Zulässigkeitskriterien nur eine relativ einfache Klassifizierung, die in Abschnitt B.1 beschrieben ist.

- a) Danach muss die Inhomogenität folgendermaßen klassifiziert werden:
 - 1) punktförmig, d. h. ohne signifikante Ausdehnung in jeder beliebigen Richtung;
 - 2) langgestreckt, d. h. mit signifikanter Ausdehnung in nur einer Richtung;
 - 3) komplex, d. h. mit signifikanter Ausdehnung in mehr als einer Richtung.
- b) Falls erforderlich, darf diese Klassifizierung weiter unterteilt werden in:
 - 1) flächig, d. h. mit signifikanter Ausdehnung in nur 2 Richtungen, und
 - 2) volumetrisch, d. h. mit signifikanter Ausdehnung in 3 Richtungen.
- c) In Abhängigkeit von den Anforderungen der Abnahmenorm:
 - 1) dürfen getrennte Zulässigkeitskriterien für jede der vorausgehend genannten Klassifizierungen gelten, oder
 - 2) die Inhomogenität wird, ungeachtet ihrer punktförmigen, langgestreckten oder komplexen Gestalt, auf einen oder mehrere vorher festgelegte Schnitte projiziert, und jede Projektion wird in herkömmlicher Weise als rissartige flächige Inhomogenität behandelt.
- d) Die einfache Klassifizierung beschränkt sich üblicherweise auf die Anwendung der Prüfköpfe und Prüftechniken, die in der Prüfanweisung festgelegt sind.

- e) Zusätzliche Prüfköpfe oder Techniken nur nach Vereinbarung eingesetzt werden.

5.5.2 Detaillierte Klassifizierung

- a) Um die in den Zulässigkeitskriterien festgelegten Fehlerarten richtig zu bestimmen, oder um die Gebrauchstauglichkeit zutreffend zu beurteilen, kann es erforderlich sein, eine detailliertere Bewertung der Form der Inhomogenität vorzunehmen.

Hinweise zu den Techniken, die für eine detailliertere Klassifizierung verwendet werden dürfen, sind in Abschnitt B.2 enthalten.

Dies kann den Einsatz weiterer Prüfköpfe und Abtastrichtungen über die im Prüfverfahren für den Nachweis von Inhomogenitäten festgelegten hinaus erfordern und kann durch die Anwendung der im Anhang E, Anhang F und Anhang G beschriebenen Sondertechniken unterstützt werden.

- b) Die Klassifizierung der Form der Inhomogenität wird auf die Bestimmung der Formen der Inhomogenität begrenzt, die zur Bewertung einer Inhomogenität entsprechend der Zulässigkeitskriterien oder anderen Anforderungen notwendig sind.

Die Gültigkeit einer derartigen Klassifizierung sollte für die spezielle Anwendung nachgewiesen werden, z. B. für die Werkstoffe und Konfiguration des Prüfgegenstandes, das Prüfverfahren, die Art des Prüfgerätes und die verwendeten Prüfköpfe.

5.6 Maximale Echohöhe einer Anzeige

Die maximale Höhe des von einer Inhomogenität erzeugten Echos hängt von ihrer Größe, Form und Orientierung ab. Sie wird durch Vergleich mit einer festgelegten Bezugshöhe nach den in ISO 16811 beschriebenen Verfahren gemessen.

In Abhängigkeit vom Zweck und den Zulässigkeitskriterien kann die maximale Echohöhe:

- a) direkt mit einem Bezugswert verglichen werden, der in der Abnahmenorm enthalten ist;
- b) verwendet werden, um die Ersatzgröße einer Inhomogenität durch Vergleich mit dem Echo von einem Bezugsreflektor mit dem gleichen Schallweg im geprüften Werkstoff oder in einem Vergleichskörper mit identischen akustischen Eigenschaften zu bestimmen, wie in 5.7.2 beschrieben;
- c) bei den Techniken zur Größenbestimmung über die Prüfkopfbewegung verwendet werden, die auf einem festgelegten Abfall (z. B. 6 dB) von der maximalen Echohöhe beruht, wie in 5.7.3 beschrieben.

5.7 Größe der Inhomogenität

5.7.1 Allgemeines

Die Bestimmung der Größe einer Inhomogenität besteht in der Bestimmung von einer oder mehreren Maßen/Flächen der Inhomogenität, die in festgelegte Richtungen und/oder auf Schnitte projiziert wurden.

Eine kurze Beschreibung dieser Techniken ist in Anhang F enthalten, und weitere Einzelheiten sind in ISO 16811 enthalten.

5.7.2 Techniken mit maximaler Echohöhe

Diese Techniken basieren auf einem Vergleich der von einer Inhomogenität erzeugten maximalen Echohöhe mit der Echohöhe eines Vergleichsreflektors mit dem gleichen Schallweg.

Sie sind nur aussagekräftig, wenn:

- a) Form und Orientierung der Inhomogenität eine Reflexion begünstigen, daher ist es notwendig, Echohöhenbestimmungen in mehreren Richtungen oder mit mehreren Winkeln durchzuführen, außer wenn Form und Orientierung bereits bekannt sind; und
- b) die Maße der Inhomogenität senkrecht zur Schallbündelachse kleiner sind als die Schallbündelbreite in einer oder in beiden Richtungen;
- c) die Grundform und -orientierung des Vergleichsreflektors denen der zu bewertenden Inhomogenität ähnlich sind.
- d) Der Vergleichsreflektor darf entweder ein Kreisscheibenreflektor sein, z. B. eine Flachbodenbohrung, oder ein langgestreckter Reflektor, z. B. eine Querbohrung oder Nut.
- e) Inhomogenitäten dürfen, abhängig von deren Größe, wie folgt unterteilt werden:
 - 1) Inhomogenitäten, deren Reflexionsfläche in jeder beliebigen Richtung kleinere Maße als die Schallbündelbreite aufweisen;
 - 2) Inhomogenitäten, deren Reflexionsfläche eine schmale, langgestreckte Form aufweisen, d. h. mit einer Länge, die größer ist als die Schallbündelbreite und ein Maß quer dazu, die kleiner ist als die Schallbündelbreite.
- f) Wenn Inhomogenitäten dem Fall e) 1) entsprechen, wird angenommen, dass die Projektion der Fläche der Inhomogenität senkrecht zur Schallbündelachse der Fläche eines Kreisscheibenreflektors senkrecht zur Schallbündelachse entspricht, der bei gleichem Schallweg ein Echo mit derselben Höhe erzeugt.
- g) Bei Inhomogenitäten, die dem Fall e) 2) entsprechen, haben die Vergleichsreflektoren im Allgemeinen eine langgestreckte Form quer zur Schallbündelachse und weisen einen festgelegten Querschnitt auf.

Derartige Reflektoren können Nuten mit rechteckigem, U-förmigem oder V-förmigem Querschnitt oder zylinderförmige Bohrungen sein.

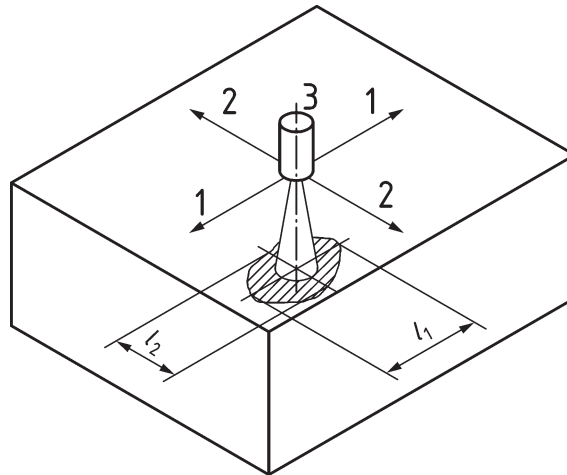
5.7.3 Techniken zur Größenbestimmung mit Prüfkopfbewegung

- a) Beim Einsatz eines Senkrechtprüfkopfes werden im Allgemeinen die Maße l_1 und l_2 in Richtungen parallel zur Prüffläche durch Bewegung des Prüfkopfes in zwei zueinander senkrechten Richtungen bestimmt (siehe Bild 2).
- b) Beim Einsatz eines Winkelprüfkopfes werden im Allgemeinen die folgenden Maße bestimmt:
 - 1) Maß l in der Prüffläche, parallel zur Abtastrichtung, bestimmt durch seitliche Bewegung des Prüfkopfes (siehe Bild 3);
 - 2) Maß h in der Prüffläche, senkrecht zur Abtastfläche, bestimmt durch Querbewegung des Prüfkopfes (siehe Bild 3).
- c) Die Techniken werden wie folgt in drei Kategorien unterteilt:
 - 1) Techniken mit fester Amplitudenhöhe, bei denen angenommen wird, dass die Enden einer Inhomogenität den aufgezeichneten Positionen entsprechen, bei denen die Echohöhe unter eine festgelegte Bewertungsschwelle abfällt;
 - 2) Techniken, bei denen angenommen wird, dass die Ränder der Inhomogenität den aufgezeichneten Positionen entsprechen, bei denen die maximale Echohöhe an jedem beliebigen Ort entlang der Inhomogenität um eine festgelegte Anzahl dB abgefallen ist.

Die Ränder der Inhomogenität dürfen entlang der Schallbündelachse oder entlang eines festgelegten Randstrahles aufgezeichnet werden;

- 3) Techniken mit dem Ziel, die Lage der einzelnen Echos von den Enden der Inhomogenität oder von reflektierenden Flächen in unmittelbarer Nähe der Ränder zu ermitteln.

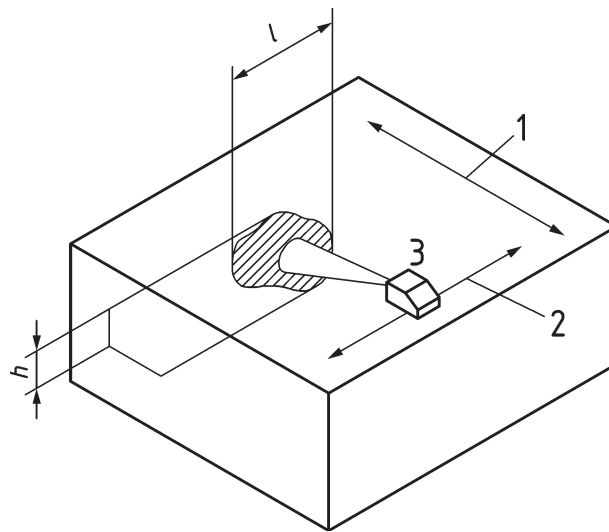
Die hauptsächlichen Techniken zur Größenbestimmung mit Prüfkopfbewegung sind in Anhang D beschrieben.



Legende

- 1 Prüfkopfbewegung in x-Richtung
- 2 Prüfkopfbewegung in y-Richtung
- 3 Senkrechtprüfkopf
- l_1 Ausdehnung in x-Richtung
- l_2 Ausdehnung in y-Richtung

Bild 2 — Parameter l_1 und l_2 bei der herkömmlichen Bestimmung der Größe einer Inhomogenität mit einem Senkrechtprüfkopf



Legende

- 1 Bewegung in Querrichtung
- 2 Bewegung in Längsrichtung
- 3 Winkelprüfköpfe
- l Prüffläche parallel zur Abtastrichtung
- h Prüffläche senkrecht zur Abtastfläche

Bild 3 — Projizierte Parameter l und h für die herkömmliche Bestimmung der Größe einer Inhomogenität mit einem Winkelprüfkopf

5.7.4 Auswahl von Techniken zur Größenbestimmung

Die Auswahl der Technik(en) zur Größenbestimmung hängt von der speziellen Anwendung und der Produktart sowie von der Größe und Beschaffenheit der Inhomogenität ab.

Es gelten folgende allgemeine Regeln:

- a) Techniken mit maximaler Echohöhe (siehe 5.7.2) dürfen nur angewendet werden, wenn das zu bestimmende Maß kleiner als die 6-dB-Schallbündelbreite ist;
- b) Techniken mit fester Amplitudenhöhe [siehe 5.7.3, c)1)] dürfen bei Inhomogenitäten beliebigen Maßes angewendet werden; da die gemessene Größe jedoch ein willkürlicher Wert ist, der von der jeweils gewählten Amplitudenhöhe abhängt, sollten diese Techniken nur dann angewendet werden, wenn dies in der Abnahmenorm ausdrücklich gefordert wird;
- c) Techniken auf der Basis einer Prüfkopfbewegung bei einem festgelegten dB-Abfall unter die maximale Echohöhe der Inhomogenität [siehe 5.7.3, c)2)] dürfen nur eingesetzt werden, wenn das bestimmte Maß größer als die Schallbündelbreite bei gleichem dB-Abfall ist.
- d) Wenn Bedingung c) nicht erfüllt ist, muss angenommen werden, dass die Inhomogenität so groß wie die vorhandene Bündelbreite ist;
- e) Techniken auf der Grundlage der Lagebestimmung der einzelnen Ränder einer Inhomogenität [siehe 5.7.3, c)3)] können nur angewendet werden, wenn die Ultraschallanzeige von einer Inhomogenität zwei oder mehr auflösbare Echomaxima aufweist;
- f) wenn das zu bestimmende Maß mit mehr als einem der in 5.7.3 aufgeführten Techniken gemessen wird, muss der Wert als richtig angenommen werden, der mit der Technik gemessen wurde, deren Zuverlässigkeit und Genauigkeit nachweislich am besten sind.

g) Anderenfalls muss der größte Messwert angenommen werden.

5.7.5 Techniken zur Größenbestimmung mit fokussierenden Prüfköpfen

Wenn zur Größenbestimmung fokussierende Prüfköpfe eingesetzt werden, können die in 5.7.2 und 5.7.3 beschriebenen Techniken ebenfalls angewendet werden, vorausgesetzt, die Inhomogenität liegt im Fokusbereich des Schallbündels.

Allgemein gelten die in 5.7.4 angegebenen Regeln auch für fokussierende Prüfköpfe.

Wenn eine Größenbestimmung mit höherer Genauigkeit erforderlich ist, kann eine weitere Technik eingesetzt werden, die auf der Herstellung einer Reihe von C-Bildern der Inhomogenität beruht.

Diese müssen in einem iterativen Prozess in 6-dB-Schritten aufgezeichnet werden, beginnend mit einer Ausgangsdarstellung, die dem 6 dB-Schritt von der maximalen Höhe des Echos der Inhomogenität entspricht, bis hin zu dem Schritt, bei dem die Veränderung der Aufzeichnung, die einem 6-dB-Abfallschritt entspricht, kleiner oder gleich der 6-dB-Halbwertsbreite des Ultraschallbündels ist.

Diese iterative Technik kann prinzipiell sowohl bei fokussierten als auch bei unfokussierten Schallbündeln eingesetzt werden; wenn jedoch eine hohe Genauigkeit gefordert wird, ist sie besonders für den Einsatz bei fokussierten Schallbündeln geeignet.

In Anhang E wird diese Technik im Detail erläutert.

5.7.6 Anwendung mathematischer Algorithmen zur Größenbestimmung

Der hauptsächliche Zweck der in 5.7.2 und 5.7.3 beschriebenen Techniken zur Größenbestimmung ist es, die bestimmte Größe der Inhomogenität mit den Zulässigkeitsgrenzen zu vergleichen, die als maximal zulässige Maße (oder Flächen/Volumina) angegeben sind.

Wenn eine höhere Genauigkeit erforderlich ist, um die tatsächliche Größe einer Inhomogenität besser abschätzen zu können, jedoch nur Daten der in 5.7.2 und 5.7.3 beschriebenen Techniken verfügbar sind, können mathematische Algorithmen hilfreich sein.

Anhang F veranschaulicht detailliert die Algorithmen, die zur Bestimmung der tatsächlichen Größe von Inhomogenitäten verwendet werden können, die größer oder kleiner als der Durchmesser des Schallbündels sind.

5.7.7 Besondere Techniken zur Größenbestimmung

Besondere Techniken zur Größenbestimmung ergänzen die in 5.7.2 bis 5.7.6 beschriebenen, und sie dürfen bei besonderen Anwendungen eingesetzt werden, bei denen ein höherer Zuverlässigkeits- und Genauigkeitsgrad gefordert wird.

- a) Falls erforderlich, müssen Zuverlässigkeit und Genauigkeit einer besonderen Technik, die zur Einhaltung festgelegter Zulässigkeitskriterien angewendet wird, für dieselbe Konfiguration und Art des Werkstoffs unter Einsatz desselben Prüfverfahrens, derselben Geräteart und derselben Prüfköpfe nachgewiesen werden.
- b) Die folgende Auflistung von besonderen Techniken erhebt infolge ihrer großen Vielfalt und ständigen Weiterentwicklung keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die hier beschriebenen Techniken werden am häufigsten angewendet, und ihre Anwendung ist in ausreichendem Maße verbreitet.

1) Techniken mit Beugung an Rissspitzen

Diese Techniken können zum Nachweis der flächigen Beschaffenheit einer Inhomogenität (falls dies der Fall ist) und zur Größenbestimmung des Quermaßes („h“ in Bild 3) einer flächigen Inhomogenität herangezogen werden. Sie basieren auf dem Nachweis und der Ortung der Impulse, die an den Rändern der Inhomogenität gebeugt werden.

2) Techniken mit Wellenumwandlung

Soweit anwendbar, können diese Techniken zum Nachweis und zur Beschreibung von flächigen Inhomogenitäten eingesetzt werden.

Sie benutzen die Wellenumwandlung um ein zusätzliches Schallbündel mit einem anderen Reflexionswinkel und mit einer anderen Schallgeschwindigkeit zu erzeugen, wenn die Ebene der Inhomogenität im geeigneten Winkel zum einfallenden Bündel liegt.

In bestimmten Fällen können diese Techniken außerdem zur Größenbestimmung eingesetzt werden, hierfür werden jedoch besondere Vergleichskörper benötigt, die repräsentativ für den Prüfgegenstand sind und flächige Reflektoren unterschiedlicher Größe enthalten.

3) Weitere besondere Techniken

Weitere Beispiele für Ultraschalltechniken zur Bestimmung der Größe von volumetrischen und flächigen Inhomogenitäten sind:

- akustische Holographie;
- akustische Tomographie;
- Techniken mit veränderlichem Einschallwinkel;
- Techniken mit Fokussierung durch synthetische Apertur (SAFT, en: synthetic aperture focusing technique); und
- Erstellung eines B-Bildes oder S-Bildes, falls zutreffend.

ANMERKUNG G.2 beschreibt das Prinzip und hauptsächlichen Charakteristika der SAFT.

6 Durchschallungstechnik

6.1 Allgemeines

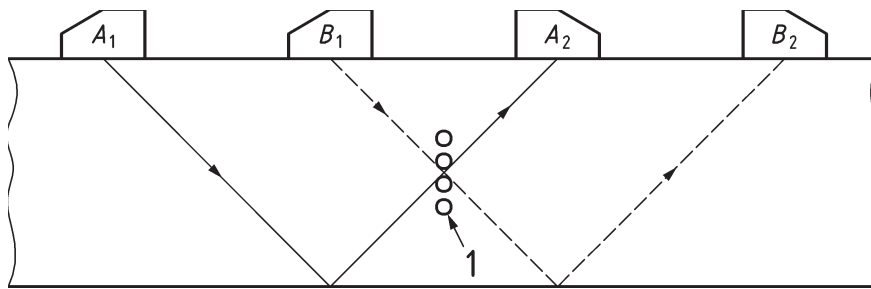
Die allgemeinen Grundsätze und die Anforderungen an die Durchschallungstechnik sind in ISO 16823 beschrieben.

6.2 bis 6.5 beschreiben einige der Ultraschallparameter der Empfangssignale, die entweder einzeln oder kombiniert zur Bewertung einer Inhomogenität mit Hilfe dieser Technik herangezogen werden dürfen.

6.2 Ortung einer Inhomogenität

Bei der Anwendung von Senkrechtprüfköpfen, wie in Bild 3 gezeigt, wird als Ort einer Inhomogenität die Position auf der Oberfläche des Gegenstandes festgelegt, an der, bezogen auf ein zweidimensionales Koordinatensystem, die größte Abnahme der Amplitude des empfangenen Signals beobachtet wird.

Wenn es möglich ist, Schallbündel in zwei verschiedenen Richtungen durch den zu prüfenden Bereich zu richten, z. B. durch die Verwendung von Winkelprüfkopfpaaren, darf die Lage der Inhomogenität in 3 Richtungen bestimmt werden, wie in Bild 4 dargestellt.



Legende

A_1, A_2 Winkelprüfkopfpaar

B_1, B_2 Winkelprüfkopfpaar

1 künstliche Inhomogenität, dargestellt durch Querbohrungen

Bild 4 — Ortung von Inhomogenitäten mit Hilfe der Durchschallungstechnik mit Winkelprüfköpfen

6.3 Bewertung von mehrfachen Inhomogenitäten

- Ob eine Inhomogenität zusammenhängend oder unterbrochen ist, muss zuerst qualitativ durch Beobachtung der Veränderung der Signalamplitude beim Abtasten über der Inhomogenität bestimmt werden.
- Bleibt die Amplitude des Durchschallungssignals relativ konstant, muss die Inhomogenität als zusammenhängend klassifiziert und als solche anhand der Zulässigkeitskriterien bewertet werden.
- Umgekehrt darf die Inhomogenität als unterbrochen klassifiziert werden, wenn die Signalamplitude deutliche Maxima und Minima aufweist.

In diesem Fall ist es notwendig, quantitativ zu bestimmen, ob die Häufung von diskreten Inhomogenitäten innerhalb des betreffenden Bereiches ausreichend hoch ist, um die durch die Zulässigkeitskriterien auferlegten Größen-/Flächen-Einschränkungen anwenden zu können.

- Die Häufung von Inhomogenitäten innerhalb des betreffenden Bereiches darf z. B. durch folgende Verhältnisse ausgedrückt werden:
 - als Verhältnis zwischen den Maßen (oder Flächen) einzelner Inhomogenitäten und dem zwischen ihnen liegenden Abstand;
 - als Verhältnis zwischen der gesamten Länge der Inhomogenitäten und einer festgelegten Gesamtlänge; und
 - als Verhältnis zwischen der gesamten Fläche einzelner Inhomogenitäten und einer festgelegten Gesamtfläche.

6.4 Abfall der Amplitude des Durchschallungssignals

- Die Abnahme der Signalamplitude muss immer dann berücksichtigt werden, wenn die Signalamplitude unter die festgelegte Bewertungsschwelle fällt.
- Bei vollständigem Verlust des Signals müssen die Grenzen des Bereiches auf der Abtastfläche bestimmt werden, in dem dies aufgetreten ist.
- Bei nur teilweisem Verlust des Signals muss der Ort auf der Abtastfläche, mit der größten Abnahme der Amplitude zusammen mit dem dB-Wert der Verminderung bestimmt werden, bezogen auf das Signal aus einem Bereich ohne Inhomogenitäten.

- d) Wenn das Gebiet auf der Prüffläche, das eine Signalverminderung zeigt, kleiner ist als die Querschnittsfläche des Ultraschallbündels, muss die Größe der Inhomogenität senkrecht zum Schallbündel durch Vergleich deren Amplitudenabnahme mit derjenigen eines bekannten Vergleichsreflektors, z. B. einer Flachbodenbohrung, in einem Vergleichskörper aus einem Werkstoff ohne Inhomogenitäten bestimmt werden (siehe 6.5 a)).
- e) Wenn über einem Bereich, der deutlich größer als die Fläche des Schallbündels ist, eine hinreichend konstante Abnahme der Signalamplitude beobachtet wird, ist es wahrscheinlich, dass die Inhomogenität z. B. die Form eines Bandes aus zahlreichen kleinen Einschlüssen, eines Bereiches mit anomalem Gefüge, einer Schicht im Werkstoff, die für Ultraschall halbdurchlässig ist oder eine große Inhomogenität aufweist, die unter hoher Druckspannung steht, annehmen kann.

6.5 Bestimmung der Größe einer Inhomogenität

Die Bestimmung der Größe einer Inhomogenität besteht in der Bestimmung einer oder mehrerer Maße (oder der Fläche) der in die Prüffläche projizierten Inhomogenität. Die auf diese Weise bestimmten Maße (oder Flächen) werden immer dann mit den angewendeten Abnahmenormen verglichen, wenn in diesen maximal zulässige Maße (oder Flächen) angegeben sind, um die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit einer Inhomogenität zu beurteilen.

Die Techniken zur Größenbestimmung können im Wesentlichen in die folgenden beiden Kategorien unterteilt werden:

- a) Techniken auf der Grundlage eines Vergleichs der maximalen Amplitudenverminderung des Signals mit der maximalen Amplitudenverminderung durch einen Vergleichsreflektor.

Die Anwendung dieser Techniken zur Größenbestimmung ist auf den Fall beschränkt, bei dem das Maß (oder die Fläche) des Bereiches auf der Abtastfläche, die dem Abfall der Signalamplitude unter die Bewertungsschwelle entspricht, kleiner ist als das in die Prüffläche projizierte Prüfkopfmaß (oder -fläche).

In diesem Fall muss die maximale Abnahme der Amplitude des Signals in Bezug auf die Signalamplitude in einem Bereich ohne Inhomogenitäten bestimmt werden, zusammen mit dem Reflektor, im Allgemeinen eine Flachbodenbohrung senkrecht zur Bündelachse, der sich in einer vorgegebenen Tiefe (z. B. der halben Dicke) befindet und dieselbe maximale Abnahme der Amplitude des Durchschallungssignals hervorruft.

Das Maß (oder die Fläche) der auf eine Ebene senkrecht zur Bündelachse projizierten Inhomogenität muss mit dem Maß (oder der Fläche) der Flachbodenbohrung gleichgesetzt werden;

- b) Techniken auf der Basis der Verminderung der Amplitude des Signals in Verbindung mit der Bewegung des Prüfkopfes.

Diese Techniken bestehen aus der Bestimmung des Bereiches auf der Abtastfläche, in dem entweder ein Ausfall des Signals oder eine Verminderung seiner Amplitude auftritt, die einem gegebenen Wert (meist 6 dB) bezogen auf die Signalamplitude in einem Bereich frei von Inhomogenitäten entspricht

Es dürfen andere Werte als 6 dB angewendet werden, wenn dies durch Bezugsdokumente festgelegt ist, insbesondere bei der Bewertung von teilweise ultraschalldurchlässigen Inhomogenitäten.

Die Ausdehnung des auf diese Weise bestimmten Bereiches wird als die der in die Abtastfläche projizierten Inhomogenität angenommen.

Da die Durchschallungstechnik meist zum Nachweis von vergleichsweise großen Inhomogenitäten eingesetzt wird, bei denen die erforderliche Genauigkeit der Größenbestimmung relativ gering ist, sind die unter b) beschriebenen Techniken für die meisten Anwendungen ausreichend.

E DIN EN ISO 16827:2024-03
prEN ISO 16827:2024 (D)

In diesem Zusammenhang stellen die Daten, die mit den vorausgehend unter a) beschriebenen Techniken gesammelt wurden, eher Bezugswerte dar, mit denen die Reproduzierbarkeit der Prüfung sichergestellt werden kann, als die Grundlage zur direkten Bestimmung der Größe von Inhomogenitäten.

Die Inhomogenität liegt im Schnittpunkt der beiden Schallwege A_1A_2 und B_1B_2 , bei denen die kleinste Amplitude des Durchschallungssignals beobachtet wird.

Anhang A (normativ)

Analyse von Mehrfachanzeigen

A.1 Allgemeines

Einige der Techniken, die zur Unterscheidung von unterbrochenen und zusammenhängenden Inhomogenitäten eingesetzt werden dürfen, werden in A.2 bis A.4 beschrieben.

Die Techniken A.2 bis A.4 sind besonders bei Schweißnähten anwendbar, dürfen jedoch für andere Anwendungen übernommen werden, bei denen eine Prüfung mit Winkelprüfköpfen durchführbar ist.

Die Technik A.4 hat einen größeren Anwendungsbereich, ist jedoch bezüglich der bewertbaren Mindestfläche von Inhomogenitäten eingeschränkt.

A.2 Charakterisierung in Längsrichtung

- a) Bei Inhomogenitäten mit einer einzelnen, scharfen A-Bild-Anzeige müssen Abtastrichtung, Einschallwinkel, Größe und Frequenz des Prüfkopfes so gewählt werden, dass im Abstand der Inhomogenität ein möglichst schmales Schallbündel erhalten wird, und unter konstanten Ankoppelbedingungen muss eine sorgfältige Längsabtastung durchgeführt werden.
- b) Ausgeprägte Einbrüche in der Echohöhendynamik entlang seiner Länge deuten darauf hin, dass die Inhomogenität unterbrochen ist.

Dies muss durch Abtastungen unter Wedeln und Abtastungen unter Kreisen in der Nähe der scheinbaren Unterbrechungen bestätigt werden, und man geht davon aus, dass die Echohöhe im Vergleich zum senkrechten Einfall stark abfällt und dass keine signifikanten Sekundärechos zu beobachten sind.

Jedes andere Verhalten lässt darauf schließen, dass die scheinbare Unterbrechung auf eine Veränderung der Längsorientierung zurückzuführen ist.

A.3 Charakterisierung in Querrichtung (Dickendurchschallung)

- a) Sorgfältige Querabtastungen über die Inhomogenität müssen in mindestens zwei Richtungen bei kurzen Schallwegen durchgeführt werden und die Form der Echodynamik muss aufgezeichnet werden.

Signifikante Einbrüche oder vollständige Unterbrechungen in der Echodynamik deuten darauf hin, dass die Inhomogenität unterbrochen sein kann.

- b) Wo ein Zugang möglich ist, wird empfohlen, dass durch die Aufzeichnung sämtlicher aus einer Anzahl von unterschiedlichen Richtungen und Winkeln beobachteten Echos ein zusammengesetztes Bild der Inhomogenität in Dickenrichtung erstellt wird.
- c) Um bei dieser Technik sinnvolle Ergebnisse zu erhalten, sind glatte ebene Prüfflächen auf beiden Seiten der Inhomogenität und eine hohe Aufzeichnungsgenauigkeit erforderlich.

A.4 Schattenmethode

Diese Methode ist nützlich, wenn die Maße der Inhomogenität, oder einer Gruppe von Inhomogenitäten, mindestens der Schallbündelbreite entsprechen.

E DIN EN ISO 16827:2024-03
prEN ISO 16827:2024 (D)

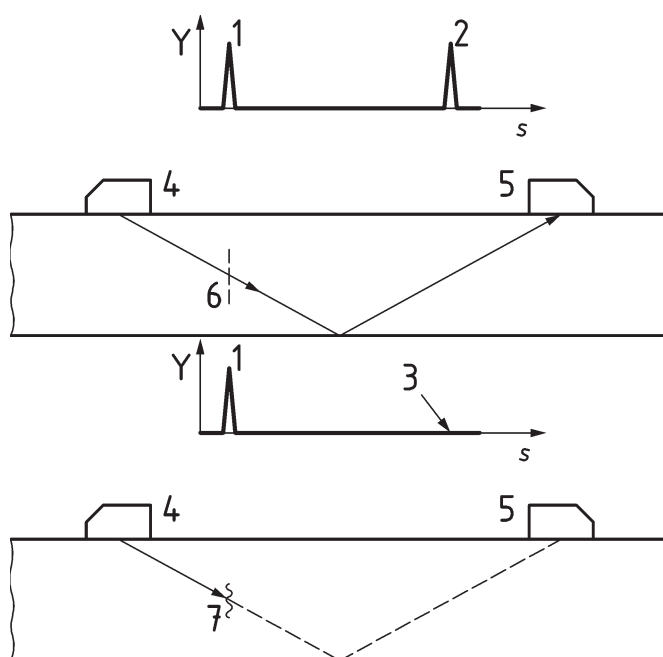
Die beschriebene Schattentechnik ist eine Form der Durchschallungstechnik, wie sie in Abschnitt 6 beschrieben ist.

In Bild A.1 ist sie für Winkelprüfköpfe dargestellt, sie ist jedoch in gleicher Weise für Senkrechtprüfköpfe anwendbar, entweder durch Einsatz getrennter Sende- und Empfangsprüfköpfe oder durch Überwachung von Veränderungen der Höhe des Rückwandechos.

Ein starkes Empfangssignal durch den betreffenden Bereich ist die positive Bestätigung für die Abwesenheit einer größeren Inhomogenität. Die Amplitude des Empfangssignals hängt vom Verhältnis der Fläche der Inhomogenität zum Schallbündelquerschnitt ab.

Das Auflösungsvermögen sämtlicher Techniken darf durch den Einsatz von Fokusprüfköpfen verbessert werden, die einen Fokusabstand nahe dem Schallweg der Inhomogenität besitzen.

Da das Maß einer Inhomogenität in Dickenrichtung im Allgemeinen von entscheidender Bedeutung ist, muss es als zusammenhängend angenommen werden, es sei denn, es gibt schlüssige Anhaltspunkte dafür, dass sie in dieser Richtung unterbrochen ist.



Legende

- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| 1 Sendeimpuls | 6 unterbrochene Inhomogenität |
| 2 Empfangssignal | 7 zusammenhängende Inhomogenität |
| 3 kein Empfangssignal | s Schallweg |
| 4 Sende-Winkelprüfkopf | Y Signalamplitude |
| 5 Empfangs-Winkelprüfkopf | |

Bild A.1 — Schattentechnik zum Unterscheiden von zusammenhängenden und unterbrochenen Inhomogenitäten

Anhang B (normativ)

Techniken zur Klassifizierung der Form von Inhomogenitäten

B.1 Einfache Klassifizierung

B.1.1 Allgemeines

Die einfache Klassifizierung der Form einer Inhomogenität basiert darauf, zu bestimmen, ob die Inhomogenität in einer oder mehreren Richtung(en) eine signifikante Ausdehnung aufweist.

Im Zusammenhang mit diesem Dokument wird der Begriff „signifikante Ausdehnung“ als ein Maß definiert, das größer ist als das kleinste messbare Maß, wenn die Bündelbreite und die Auflösung des Schallbündels für den Schallweg der Inhomogenität berücksichtigt werden.

Die Grundformen von Inhomogenitäten sind in diesem Dokument wie folgt festgelegt:

- a) punktförmig: keine signifikante Ausdehnung in irgendeiner Richtung;
- b) langgestreckt: signifikante Ausdehnung nur in einer Richtung;
- c) groß: signifikante Ausdehnung entweder in zwei (flächig) oder in drei zueinander senkrechten Richtungen (volumetrisch).

Jede der beiden nachfolgend aufgeführten Techniken (siehe B.1.2 und B.1.3) muss herangezogen werden, um zu beurteilen, ob die Inhomogenität eine signifikante Ausdehnung aufweist. Bei beiden Techniken wird die Inhomogenität aus zwei zueinander senkrechten Prüfrichtungen und unter Anwendung von zwei Prüfkopfbewegungen (senkrecht und parallel zur Prüfrichtung) bei jeder Prüfrichtung abgetastet (siehe Bild B.1).

Ein Beispiel für die Vorgehensweise zur Charakterisierung von Inhomogenitäten in Schweißnähten ist in einem Flussdiagramm in ISO 23279 angegeben.

B.1.2 Rekonstruktionstechnik

- a) Bei jeder Abtastbewegung muss durch Aufzeichnen einer Reihe von Anzeigen von der Inhomogenität, die die Beobachtungs- bzw. Registrierschwelle überschreiten, ein Bild der Inhomogenität rekonstruiert werden.
- b) Die Maße aus diesen Bildern müssen dann dem in B.1.1 angegebenen messbaren Mindestmaß gegenübergestellt werden.

B.1.3 Echodynamiktechnik

- a) Bei jeder Abtastbewegung müssen die Form der A-Bild-Anzeige von der Inhomogenität und die Veränderung ihrer Echohöhe bei der Bewegung des Prüfkopfes beobachtet werden.
- b) Eine Inhomogenität, die ein deutliches Einzelsignal liefert, das gleichmäßig bis auf eine Maximalhöhe ansteigt, bevor es gleichmäßig zur Grundlinie abfällt, muss als Inhomogenität ohne signifikante Ausdehnung klassifiziert werden.
- c) Alle anderen Arten von Anzeigen, z. B. mehrfache Spitzen im A-Bild oder unregelmäßige Schwankungen der Echohöhe bei Bewegung des Prüfkopfes müssen als charakteristisch für Inhomogenitäten mit einer signifikanten Ausdehnung angesehen werden.

B.2 Detaillierte Klassifizierung

B.2.1 Allgemeines

- a) Die in B.2 beschriebenen Techniken sind anwendbar, wenn eine genauere Abschätzung von Form und Beschaffenheit einer Inhomogenität im Vergleich zu B.1 erforderlich ist.

Bei dieser Art der Bewertung ist es wichtig, ein Bild der Art und Größe der Inhomogenität zu konstruieren, das sämtlichen erhaltenen Bestimmungen entspricht.

- b) Wenn signifikante Gegensätze auftreten, die nicht geklärt werden können, müssen die Art der Inhomogenität, die die strengsten Zulässigkeitskriterien aufweist, und die ungünstigsten Werte für die Größe der Inhomogenität festgehalten werden.
- c) Die Grundtypen und Grundformen von Inhomogenitäten, die möglicherweise unterschieden werden können, sind folgende:

1) punktförmig

- kugelförmig;
- flächig;

2) langgestreckt

- zylinderförmig;
- flächig;

3) groß

- volumetrisch;
- glatt flächig;
- rau flächig;

4) mehrfach

- kugelförmig.

- d) Diese Aufzählung sollte nicht als Auflistung von Inhomogenitäten für die Festlegung der Zulässigkeit aufgefasst werden, sondern vielmehr als eine Auflistung von Formen, deren Erkennung die korrekte Klassifizierung der Fehlerarten, die in der Abnahmenorm für Inhomogenitäten festgelegt sind, unterstützen kann.

Um diese Formen zu identifizieren und deren Orientierung zu bestimmen, dürfen drei Techniken kombiniert eingesetzt werden. Sie basieren auf:

- 1) Mustern der Echodynamik (siehe B.2.2);
- 2) dem richtungsabhängigen Reflexionsvermögen (siehe B.2.3);
- 3) zusätzlichen Parametern, z. B. der Ortung, der Orientierung, Mehrfachanzeigen (siehe 5.2, 5.3 und 5.4).

B.2.2 Techniken mit Mustern der Echodynamik

Das Muster der Echodynamik einer Inhomogenität entwickelt die Veränderung der Form und Amplitude ihres Echos, wenn ein Schallbündel die Inhomogenität überstreicht.

Das beobachtete Muster der Echodynamik hängt von der Form und Größe der Inhomogenität, dem eingesetzten Prüfkopf sowie von der Abtastrichtung und dem Winkel ab.

Inhomogenitäten müssen mit jedem Prüfkopf in zwei zueinander senkrechten Richtungen abgetastet werden, d. h. sowohl längs der Inhomogenität als auch quer dazu, dabei muss das Muster in jeder Richtung aufgezeichnet werden.

Abtastungen aus zusätzlichen Richtungen und mit weiteren Prüfköpfen können nützliche Zusatzinformationen liefern.

Typische Echobilder von verschiedenen Typen von Inhomogenitäten nach B.2.1 werden in Bild B.2 bis Bild B.5 gezeigt.

Muster 1

Eine typisches Echo einer punktförmigen Inhomogenität wird in Bild B.2 gezeigt. Bei jeder Prüfkopfstellung zeigt das A-Bild ein deutliches Einzelecho. Bei Bewegung des Prüfkopfes erhöht sich die Amplitude des Echos gleichmäßig bis auf ein einzelnes Maximum, bevor sie gleichmäßig auf den Störpegel abfällt.

Im Allgemeinen ist das echodynamische Muster 1 ein Hinweis auf eine einzelne reflektierende Fläche in Richtung des querenden Schallbündels. Diese Oberfläche kann gekrümmt (d. h. kugel- oder zylinderförmig) oder alternativ, flach und entweder glatt oder rau sein, jedoch zu klein, um das Muster 2 oder das Muster 3 zu erzeugen.

Muster 2

Eine typisches Echo einer langgestreckten, glatten Inhomogenität wird in Bild B.3 gezeigt.

Bei jeder Prüfkopfstellung zeigt das A-Bild ein deutliches Einzelecho. Wird das Schallbündel über die Inhomogenität bewegt, so erhöht sich das Echo allmählich bis auf einen Plateauwert, den es mit nur geringfügigen Amplitudenschwankungen von bis zu 4 dB beibehält, bis das Schallbündel die Inhomogenität verlässt, wobei das Echo allmählich auf den Störpegel abfällt.

Das Muster 2 ist ein Hinweis auf eine größere reflektierende Fläche, gleich der ungefähren 6-dB-Bündelbreite oder größer, die in Abtastrichtung etwa rechtwinklig zur Bündelachse liegt.

Beispielsweise würde ein zylinderförmiger Reflektor über seinen Durchmesser das Muster 1 und entlang seiner Länge das Muster 2 aufweisen.

In einem zweiten Beispiel würde eine ebene Inhomogenität in einem Blech bei der Prüfung mit einem Senkrechtprüfkopf in beiden Richtungen Muster 2 aufweisen.

Muster 3

Typische Echos von großen rauen Inhomogenitäten werden in Bild B.4a) und Bild B.5 gezeigt.

Bei diesem Muster gibt es zwei Varianten, die vom Einfallwinkel des Schallbündels auf die Inhomogenität abhängen.

— Wenn bei senkrechter oder schräger Einschallung die Inhomogenität senkrecht getroffen wurde, gilt Bild B.4a). Bei jeder Prüfkopfstellung zeigt das A-Bild ein einzelnes, aber zerklüftetes Echo.

Wird der Prüfkopf bewegt, kann das Echo große zufällige Amplitudenschwankungen erfahren ($> \pm 6$ dB). (Die Schwankungen werden durch Reflexion an unterschiedlichen Flächen der Inhomogenität und durch zufällige Interferenz von Wellen, die an Flächengruppen gestreut werden, hervorgerufen.)

- Wenn die Inhomogenität schräg vom Schallbündel getroffen wird, gilt das „Wanderecho-Bild“ in Bild B.5. Bei jeder Lage des Prüfkopfes zeigt das A-Bild einen ausgedehnten Signalzug („mit Nebenspitzen“) innerhalb einer glockenförmigen Einhüllenden des Impulses.

Wird der Prüfkopf bewegt, wandert jedes Nebensignal durch die Impuls-Einhüllende, erreicht sein eigenes Maximum in Richtung des Mittelpunktes der Einhüllenden und fällt dann ab. Das Gesamtsignal kann große zufällige Amplitudenschwankungen ($> \pm 6$ dB) aufweisen.

Das Muster 3 ist ein Hinweis auf eine raue oder unregelmäßig geformte Inhomogenität, die aus einer großen Anzahl von diskreten reflektierenden Flächen besteht. Ein Beispiel hierfür wäre ein großer Riss mit rauer Oberfläche.

Ein wichtiges Merkmal des Musters 3 ist, dass innerhalb des Gesamtechos jedes einzelne Signal nacheinander seine maximale Höhe erreicht, was wie ein „laufendes Echo“ aussieht.

Muster 4

Ein typisches Echo von mehrfachen Inhomogenitäten mit einem Senkrecht- und einem Winkelprüfkopf wird in Bild B.6 gezeigt. Bei jeder Prüfkopfstellung weist das A-Bild eine Schar von Signalen auf, die im Zeitbereich gut aufgelöst sein können oder auch nicht.

Wird der Prüfkopf bewegt, steigen oder fallen die Signale regellos, jedoch zeigt das Signal jedes einzelnen Elements der Inhomogenität, wenn es aufgelöst werden kann, Echomuster 1.

Das Muster 4 ist ein Hinweis auf eine Schar aus kleinen, zufällig verteilten Reflektoren, das sich von Muster 3 darin unterscheidet, dass es kein „laufendes Echo“ aufweist.

Die Anwendung dieser echodynamischen Muster, in kombinierter Form und in Verbindung mit den Angaben zur Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens und anderen Parametern, werden in B.3 behandelt.

B.2.3 Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens

Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens wird verwendet, um die Veränderung der Echohöhe von einer Inhomogenität in Abhängigkeit vom Winkel zu beschreiben, unter dem das Schallbündel auftrifft.

Inhomogenitäten, die über einen großen Bereich von Einschallwinkeln relativ konstante Echohöhen aufweisen, besitzen ein Reflexionsvermögen mit nur geringer Richtungsabhängigkeit, und umgekehrt.

Die Höhe des Echos von einer Inhomogenität hängt von ihrer Größe, Orientierung und der Oberflächenkontur ab. Durch Bestimmung der Echohöhe über unterschiedliche Richtungen und Winkel (unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Schallwegs auf die Echohöhe) ist es möglich, Informationen über diese Charakteristika zu erhalten.

So ist beispielsweise eine Inhomogenität, die ein Reflexionsvermögen mit sehr geringer Richtungsabhängigkeit aufweist, vermutlich kugelförmig. Im Gegensatz dazu ist eine Inhomogenität, die eine sehr hohe Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens aufweist, vermutlich ein großer glatter Reflektor, der senkrecht zu dem Schallbündel liegt, bei dem die maximale Echohöhe beobachtet wurde.

Die Richtungsabhängigkeit sehr kleiner flächiger Reflektoren ist relativ gering, und sie erhöht sich mit der Größe des Reflektors, bis die Breite des Schallbündels erreicht wird. Dieser Effekt kann benutzt werden, um die Abschätzung der Größe einer Inhomogenität zu erleichtern.

So kann beispielsweise bei der kreisförmigen Abtastung eines kurzen Schweißnahteinschlusses durch Feststellung der Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens in Längsrichtung eine qualitative Längenabschätzung getroffen werden.

B.3 Kombination von Informationen

Metallurgische Inhomogenitäten können komplizierte Formen aufweisen und beim Abtasten zu einem komplizierten Echoverhalten führen.

Jedoch ist es in den meisten Fällen möglich, ihre Grundform aus den echodynamischen Mustern und der Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens herauszufinden, bei großen Inhomogenitäten ergänzt um eine genaue Ortung der einzelnen Flächen oder der äußersten Punkte ihrer Oberfläche.

Tabelle B.1 führt alle Merkmale typischer Antworten aller Typen und Formen von Inhomogenitäten auf, die in B.2.1 definiert sind, um die Ergebnisse der Klassifizierung nach B.2.2 und B.2.3 zusammenzufassen.

Die Orientierung von kleinen flächigen Inhomogenitäten muss im Allgemeinen durch Bestimmen des Einschallwinkels bestimmt werden, bei dem die maximale Echohöhe erzielt wird, wobei die Orientierung senkrecht zur Bündelachse ist.

Je größer die Anzahl der Winkel ist, mit denen die Inhomogenität geprüft wird, desto größer ist die Genauigkeit.

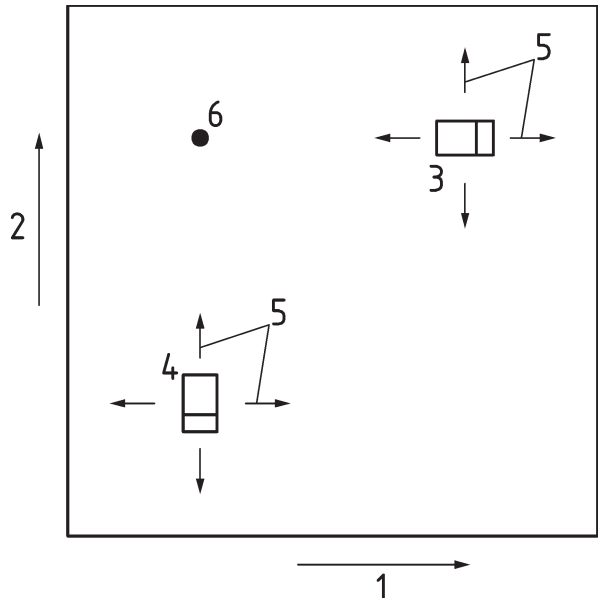
Inhomogenitäten, die senkrecht zur Oberfläche des Prüfgegenstandes liegen und entweder zur Oberfläche offen sind oder sich sehr nahe an der Oberfläche befinden, weisen im Allgemeinen aus beiden Richtungen eine maximale Echohöhe auf, wenn der Auftreffwinkel zwischen 40° und 50° liegt.

Tabelle B.1 — Leitfaden für eine detaillierte Klassifizierung von Inhomogenitäten

Form/Typ	Echodynamische Muster		Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens	Bemerkungen
	Bewegung in Querrichtung	Bewegung in Längsrichtung		
Punktförmig kugelförmig	Muster 1	Muster 1	Sehr gering	Punktortung
Punktförmig flächig	Muster 1	Muster 1	Mäßig	Nur Punktortung
Langgestreckt zylinderförmig	Muster 1	Muster 2	Sehr gering in der Querebene. Hoch in der Längsebene (siehe Anmerkung)	Punktortung durch Querbewegung
Langgestreckt flächig	Muster 1	Muster 2	Mäßig in der Querebene. Hoch in der Längsebene (siehe Anmerkung)	Enden dürfen einzeln durch Längsbewegung geortet werden
Groß volumetrisch	Muster 3	Muster 2 oder Muster 3	Mäßig in der Querebene. Mäßig in der Längsebene (siehe Anmerkung)	Näherungsweise Umriss im Allgemeinen möglich
Groß, glatt, flächig	Muster 2	Muster 2	Sehr hoch	Enden können einzeln geortet werden
Groß, rau, flächig	Muster 3	Muster 3	Mäßig	Ortung einzelner Flächen und Enden im Allgemeinen möglich

Tabelle B.1 (fortgesetzt)

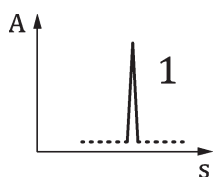
Form/Typ	Echodynamische Muster		Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens	Bemerkungen
	Bewegung in Querrichtung	Bewegung in Längsrichtung		
Mehrfach kugelförmig	Muster 4	Muster 4	Sehr gering	Ortung des Randes von Gruppen im Allgemeinen möglich
Mehrfach flächig	Muster 4	Muster 4	Mäßig	
ANMERKUNG Quer- und Längsebene sind wie folgt festgelegt: Querebene – senkrecht zur Hauptachse der Inhomogenität oder zu einer festgelegten Richtung; Längsebene – parallel zur Hauptachse der Inhomogenität oder rechtwinklig zur Querebene.				



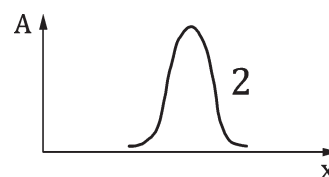
Legende

- 1 Abtastrichtung 1
- 2 Abtastrichtung 2
- 3 Prüfkopf mit Orientierung in Abtastrichtung 1, Schallbündelrichtung nach links
- 4 Prüfkopf mit Orientierung in Abtastrichtung 2, Schallbündelrichtung nach oben
- 5 Prüfkopfbewegungen parallel zu den Abtastachsen
- 6 Inhomogenität

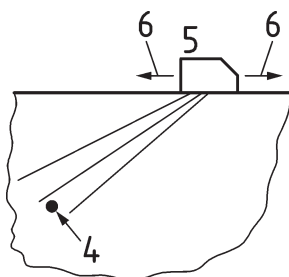
Bild B.1 — Prüfkopfbewegungen und Abtastrichtungen zur einfachen Klassifizierung der Form einer Inhomogenität mit Winkelprüfköpfen



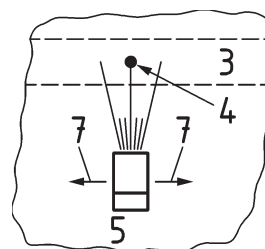
a) A-Bild an der Position der maximalen Signalamplitude



b) Änderung der maximalen Signalamplitude in Abhängigkeit von der Position



c) typisches Auftreten in Dickenrichtung



d) typisches Auftreten in Längsrichtung

Legende

A Signalamplitude

s Schallweg

x Prüfkopfposition

1 maximale Signalamplitude

2 Veränderung der maximalen Signalamplitude

3 Schweißnaht

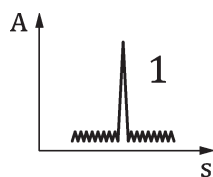
4 Reflektor

5 Prüfkopf

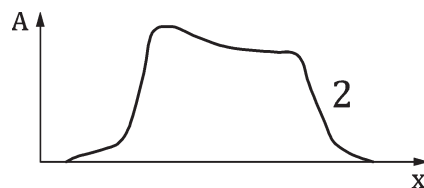
6 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 2

7 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 1

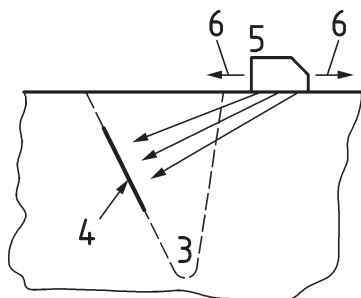
Bild B.2 — Ultraschallecho — Muster 1



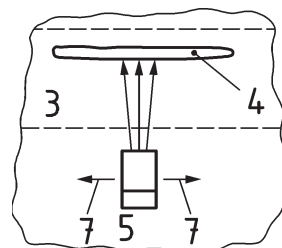
a) A-Bild an der Position der maximalen Signalamplitude



b) Änderung der maximalen Signalamplitude in Abhängigkeit von der Position



c) typisches Auftreten in Dickenrichtung



d) typisches Auftreten in Längsrichtung (Länge)

Legende

A Signalamplitude

s Schallweg

x Prüfkopfposition

1 maximale Signalamplitude

2 Veränderung der maximalen Signalamplitude

3 Schweißnaht

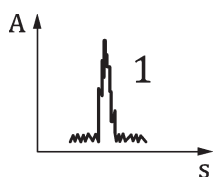
4 Reflektor

5 Prüfkopf

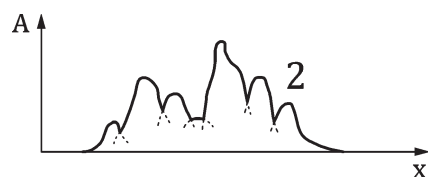
6 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 2

7 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 1

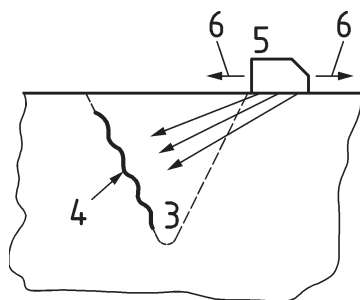
Bild B.3 — Ultraschallecho — Muster 2



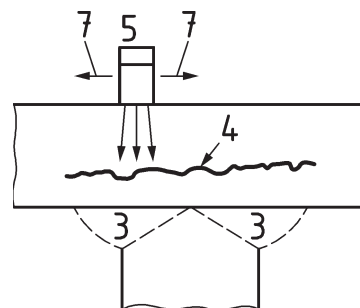
a) A-Bild bei maximaler Signalamplitude



b) Änderung der maximalen Signalamplitude in Abhängigkeit von der Position



c) typisches Auftreten in Dickenrichtung



d) typisches Auftreten in Längsrichtung (Länge)

Legende

A Signalamplitude

s Schallweg

x Prüfkopfposition

1 maximale Signalamplitude

2 Veränderung der maximalen Signalamplitude

3 Schweißnaht

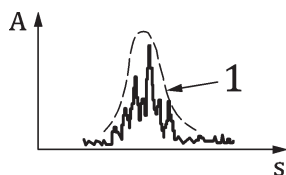
4 Reflektor

5 Prüfkopf

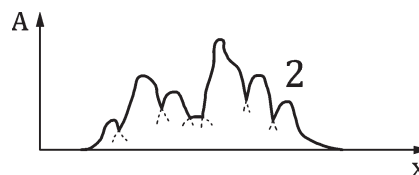
6 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 2

7 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 1

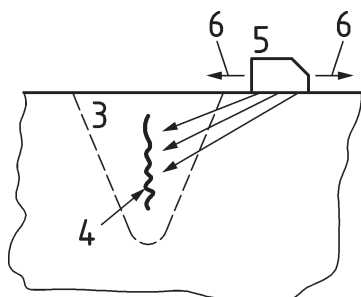
Bild B.4 — Ultraschallecho — Muster 3a — Senkrechte Einschallung zur Inhomogenität



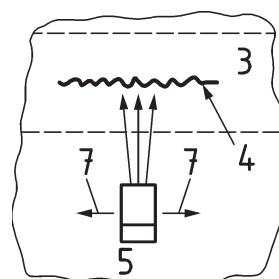
a) A-Bild an der Position der maximalen Signalamplitude



b) Änderung der maximalen Signalamplitude in Abhängigkeit von der Position



c) typisches Auftreten in Dickenrichtung



d) typisches Auftreten in Längsrichtung (Länge)

Legende

A Signalamplitude

s Schallweg

x Prüfkopfposition

1 maximale Signalamplitude

2 Veränderung der maximalen Signalamplitude

3 Schweißnaht

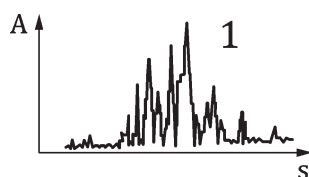
4 Reflektor

5 Prüfkopf

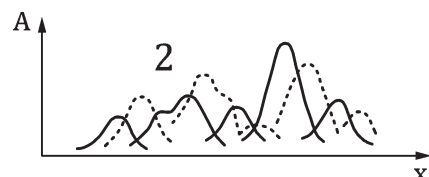
6 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 2

7 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 1

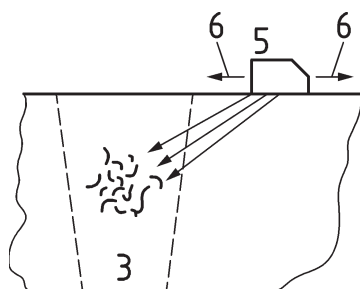
Bild B.5 — Ultraschallecho — Muster 3b — Schrägeinschallung zur Inhomogenität



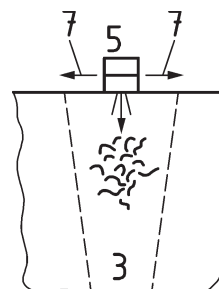
a) A-Bild an der Position der maximalen Signalamplitude



b) Änderung der maximalen Signalamplitude in Abhängigkeit von der Position



c) typisches Auftreten in Dickenrichtung



d) typisches Auftreten in Längsrichtung (Länge)

Legende

A Signalamplitude

s Schallweg

x Prüfkopfposition

1 maximale Signalamplitude

2 Veränderung der maximalen Signalamplitude

3 Schweißnaht

4 Reflektor

5 Prüfkopf

6 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 2

7 Bewegung des Prüfkopfes parallel zur Abtastachse 1

— Echos bei kurzen Schallwegen

..... Echos bei langen Schallwegen

Bild B.6 — Ultraschallecho — Muster 4

Anhang C (informativ)

Techniken zur Größenbestimmung mit maximaler Echohöhe

C.1 AVG-Technik

C.1.1 Kurzbeschreibung

Bei dieser Technik wird die maximale Höhe des Echos von einer Inhomogenität ausgedrückt durch den Ersatzdurchmesser eines Kreisscheibenreflektors senkrecht zur Schallbündelachse und im selben Schallweg wie die gemessene Inhomogenität.

AVG-Diagramme, die Echohöhe, Abstand und Reflektordurchmesser miteinander in Beziehung setzen, werden im Allgemeinen auf theoretischem Wege für eine bestimmte Prüfkopffart, einen bestimmten Wandlerdurchmesser und für eine bestimmte Frequenz ermittelt.

Bei der Anwendung eines AVG-Diagramms müssen die Auswirkungen auf die Echohöhe von Unterschieden der Schallschwächung und der Transferverluste zwischen Prüfgegenstand und verwendetem Vergleichskörper für die Gerätejustierung berücksichtigt werden.

Einzelheiten darüber, wie die Technik angewendet wird, sind in ISO 16811 enthalten.

C.1.2 Anwendung und Einschränkungen

- a) Je glatter die Inhomogenität ist, und je mehr das Schallbündel senkrechter zur Inhomogenität ist, desto genauer wird die bestimmte Größe sein.
- b) Bei der Prüfung mit langen Schallwegen bietet diese Technik gegenüber der Bezugslinientechnik den Vorteil, dass keine großen Vergleichskörper benötigt werden.
- c) Der Anwendungsbereich erstreckt sich vom Ende des Nahfeldes bis zu einer Entfernung im Werkstoff, bei der die Signale von der Inhomogenität noch vom Störpegel unterschieden werden können.

Weitere Bedingungen sind:

- 1) das von der Inhomogenität kommende Signal ist beim Maximum;
- 2) die zur Größenbestimmung genutzten Anzeigen kann vom Störpegel unterschieden werden;
- 3) die Anzeige von der Inhomogenität wird nicht durch Interferenzwirkungen von weiteren Echos gestört, z. B. Reflexionen von den Seitenflächen des Prüfgegenstandes;
- d) Die Geometrie des Prüfgegenstandes oder einer geeigneten repräsentativen Werkstoffprobe sollte ein gutes Rückwandecho liefern, das zur Bestimmung der Schallschwächung des Werkstoffes und der Transferverluste genutzt werden kann;
- e) Da die Echohöhe des Reflektors frequenzabhängig ist, sollten nur schmalbandige Prüfköpfe eingesetzt werden.