

DIN EN ISO 16827

ICS 19.100

Ersatz für
DIN EN 583-5:2001-02

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Ultraschallprüfung –
Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten
(ISO 16827:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 16827:2014**

Non-destructive testing –
Ultrasonic testing –
Characterization and sizing of discontinuities (ISO 16827:2012);
German version EN ISO 16827:2014

Essais non destructifs –
Contrôle par ultrasons –
Caractérisation et dimensionnement des discontinuités (ISO 16827:2012);
Version allemande EN ISO 16827:2014

Gesamtumfang 61 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 16817:2012 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 16827:2014 durch das Technische Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ übernommen, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 583-5:2001-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme der ISO 16827:2012, deren Grundlage die EN 583-5:2000 ist;
- b) Aktualisierung der normativen Verweisungen;
- c) Dokument redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 583-5: 2001-02

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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 Anzeigen in Schweißnähten*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Zerstörungsfreie Prüfung —
Ultraschallprüfung —
Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten
(ISO 16827:2012)

Non-destructive testing —
Ultrasonic testing —
Characterization and sizing of discontinuities
(ISO 16827:2012)

Essais non destructifs —
Contrôle par ultrasons —
Caractérisation et dimensionnement des discontinuités
(ISO 16827:2012)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. Februar 2014 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Grundsätze für die Beschreibung von Inhomogenitäten	6
3.1 Allgemeines	6
3.2 Anforderungen an den Oberflächenzustand	7
4 Impuls-Echo-Techniken	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Ortung einer Inhomogenität	7
4.3 Orientierung der Inhomogenität.....	7
4.4 Beurteilung von Mehrfachanzeigen	8
4.5 Form einer Inhomogenität	8
4.5.1 Einfache Klassifizierung	8
4.5.2 Detaillierte Klassifizierung.....	9
4.6 Maximale Echohöhe einer Anzeige.....	9
4.7 Größe der Inhomogenität.....	9
4.7.1 Allgemeines	9
4.7.2 Techniken mit maximaler Echohöhe	9
4.7.3 Techniken zur Größenbestimmung mit Prüfkopfbewegung	10
4.7.4 Auswahl von Techniken zur Größenbestimmung	11
4.7.5 Techniken zur Größenbestimmung mit Schallbündelfokussierung der Prüfköpfe	11
4.7.6 Anwendung mathematischer Algorithmen zur Größenbestimmung	11
4.7.7 Zusatztechniken zur Größenbestimmung	12
5 Durchschallungstechnik	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Ortung einer Inhomogenität	13
5.3 Bewertung von mehrfachen Inhomogenitäten	13
5.4 Abfall der Amplitude des Durchschallungssignals.....	13
5.5 Bestimmung der Größe einer Inhomogenität	14
Anhang A (normativ) Analyse von Mehrfachanzeigen	17
A.1 Charakterisierung in Längsrichtung.....	17
A.2 Charakterisierung in Querrichtung (Dickendurchschallung).....	17
A.3 Schattenmethode.....	17
Anhang B (normativ) Techniken zur Klassifizierung der Form von Inhomogenitäten.....	19
B.1 Einfache Klassifizierung	19
B.1.1 Allgemeines	19
B.1.2 Rekonstruktionstechnik.....	19
B.1.3 Echodynamiktechnik	19
B.2 Detaillierte Klassifizierung.....	20
B.2.1 Allgemeines	20
B.2.2 Techniken mit Mustern der Echodynamik	20
B.2.3 Richtungsabhängigkeit des Reflexionsvermögens	22
B.3 Kombination von Informationen	22

Anhang C (informativ) Techniken zur Größenbestimmung mit maximaler Echohöhe	30
C.1 AVG-Technik	30
C.1.1 Kurzbeschreibung	30
C.1.2 Anwendung und Einschränkungen	30
C.2 Bezugslinientechnik (DAC)	31
C.2.1 Kurzbeschreibung	31
C.2.2 Anwendung und Einschränkungen	31
Anhang D (normativ) Techniken zur Größenbestimmung mit Prüfkopfbewegung	32
D.1 Techniken mit fester Amplitudenhöhe	32
D.1.1 Kurzbeschreibung	32
D.1.2 Anwendung und Einschränkungen	32
D.2 Halbwertsmethode	32
D.2.1 Kurzbeschreibung	32
D.2.2 Anwendung und Einschränkungen	33
D.3 Technik mit einem Abfall von 12 dB oder 20 dB von der maximalen Echohöhe.....	33
D.3.1 Kurzbeschreibung	33
D.3.2 Anwendung und Einschränkungen	33
D.4 Technik mit einem Abfall auf den Störpegel	33
D.4.1 Kurzbeschreibung	33
D.4.2 Anwendung und Einschränkungen	34
D.5 Ortung von Endpunkten mit der Halbwertsmethode	34
D.5.1 Kurzbeschreibung	34
D.5.2 Anwendung und Einschränkungen	34
D.6 Ortung von Endpunkten mit der Schallbündelachse	34
D.6.1 Kurzbeschreibung	34
D.6.2 Anwendung und Einschränkungen	35
D.7 Technik zur Ortung von Endpunkten mit dem 20-dB-Abfall	35
D.7.1 Kurzbeschreibung	35
D.7.2 Anwendung und Einschränkungen	35
Anhang E (normativ) Iterative Technik zur Größenbestimmung	44
E.1 Anwendungsbereich	44
E.2 Prüfung mit senkrechter Einschallung	44
E.2.1 Kurzbeschreibung	44
E.2.2 Einstellung der Verstärkung	44
E.2.3 Durchführung.....	44
E.3 Prüfung mit Schrägeinschallung	45
Anhang F (normativ) Mathematische Algorithmen zur Bestimmung der tatsächlichen Größe einer Inhomogenität.....	49
F.1 Große flächige Inhomogenitäten	49
F.2 Kleine flächige Inhomogenitäten	51
F.3 Flächige Inhomogenitäten in einem zylindrischen Prüfgegenstand	52
Anhang G (informativ) Beispiele für besondere Techniken zur Größenbestimmung	55
G.1 Techniken mit Beugung an Rissspitzen	55
G.2 Fokussierung durch synthetische Apertur (SAFT).....	56

Vorwort

Der Text von ISO 16827:2012 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 16827:2014 durch das Technische Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ übernommen, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2014 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 583-5:2000.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 16827:2012 wurde vom CEN als EN ISO 16827:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Diese Internationale Norm beruht auf EN 583-5:2000+A1:2003, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Teil 5: Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten*.

Die folgenden Internationalen Normen 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 — Examination 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 Beschreibung 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.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 16810:2012, *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 16828, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Time-of-flight diffraction technique as a method for detection and sizing of discontinuities*

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

3 Grundsätze für die Beschreibung von Inhomogenitäten

3.1 Allgemeines

Die Beschreibung einer Inhomogenität besteht in der Bestimmung der Merkmale, die zu deren Bewertung in Bezug auf bekannte 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 folgendermaßen durchgeführt werden darf:
 - i) Bestimmung einer oder mehrerer Abmessungen (oder Fläche/Volumen), innerhalb der verfahrensbedingten Grenzen; oder
 - ii) Bestimmung von festgelegten Parametern, z. B. der Echohöhe, wobei angenommen wird, dass sie für deren physikalische Größe 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 metallurgische Kenntnisse über den Prüfgegenstand und dessen Herstellung ermöglicht wird.

Wo die Untersuchung des Prüfgegenstandes 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.

Die zur Beschreibung benutzten Techniken müssen in Verbindung mit den anzuwendenden Zulässigkeitskriterien festgelegt werden.

3.2 Anforderungen an den Oberflächenzustand

Die Rauheit und das Profil der Oberfläche müssen so beschaffen 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 Oberflächenrauigkeit von $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ für bearbeitete Oberflächenrauheit von $R_a = 12,5 \mu\text{m}$ für sandgestrahlte Oberflächen empfohlen. Der Spalt zwischen Prüfkopf und der Oberfläche sollte 0,5 mm nicht überschreiten.

Die oben angegebenen Oberflächenanforderungen sollten üblicherweise auf die Bereiche beschränkt bleiben, von denen aus eine Größenbestimmung durchzuführen ist, da sie für den Nachweis von Inhomogenitäten im Allgemeinen nicht notwendig sind.

Das Verfahren zur Oberflächenvorbereitung darf keine Oberfläche erzeugen, die ein hohes Oberflächenrauschen liefert.

4 Impuls-Echo-Techniken

4.1 Allgemeines

Die hauptsächlichen Ultraschallmerkmale einer Inhomogenität, die am häufigsten zur Bewertung durch Impuls-Echo-Techniken herangezogen werden, sind in 4.2 bis einschließlich 4.7 beschrieben.

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

4.2 Ortung einer Inhomogenität

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

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.

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

4.3 Orientierung der 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.

Die Orientierung kann durch geometrische Rekonstruktion bestimmt werden, analog zu der für die Ortung beschriebenen, mit dem Unterschied, dass im Allgemeinen mehr Einschallwinkel und/oder Prüfrichtungen als bei einer einfachen Ortung erforderlich sind.

Die Orientierung kann auch durch die Ermittlung der Prüfrichtung bestimmt werden, bei der die maximale Echohöhe erzielt wird.

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.

4.4 Beurteilung von Mehrfachanzeigen

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

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 typische Signale von einer Gruppe von Inhomogenitäten in einem Schmiede- oder Gussstück.

Wenn Zulässigkeitskriterien als maximal zulässige Abmessungen angegeben sind, müssen quantitative Messungen durchgeführt werden, um zu bestimmen, ob jede einzelne Inhomogenität individuell oder aber im Ganzen zu bewerten ist, nach vorgegebenen Regeln für die Bewertung der Gruppe von Inhomogenitäten.

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 Abmessungen der benachbarten Inhomogenitäten.

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

4.5 Form einer Inhomogenität

4.5.1 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 B.1 beschrieben ist. Danach wird die Inhomogenität folgendermaßen klassifiziert:

- 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.

Falls erforderlich, darf diese Klassifizierung weiter unterteilt werden in:

- a) flächig (zweidimensional), d. h. mit signifikanter Ausdehnung in nur zwei Richtungen, und
- b) dreidimensional, d. h. mit signifikanter Ausdehnung in drei Richtungen.

In Abhängigkeit von den Anforderungen der Abnahmenorm dürfen entweder:

- a) getrennte Zulässigkeitskriterien für jede der vorausgehend genannten Klassifizierungen gelten, oder
- b) 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.

Die einfache Klassifizierung beschränkt sich üblicherweise auf die Anwendung der Prüfköpfe und Prüftechniken, die in der Prüfanweisung festgelegt sind. Zusätzliche Prüfköpfe dürfen nur nach Vereinbarung eingesetzt werden.

4.5.2 Detaillierte Klassifizierung

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 B.2 enthalten. Dabei kann der Einsatz weiterer Prüfköpfe und Prüfrichtungen über die im Prüfverfahren für den Nachweis von Inhomogenitäten festgelegten hinaus erforderlich sein. Dies kann durch die Anwendung der in den Anhängen E, F und G beschriebenen Sondertechniken unterstützt werden.

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

4.6 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 gegebenen Bezugshöhe nach den in der ISO 16811 beschriebenen Methoden 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) eingesetzt werden, um die Ersatzgröße einer Inhomogenität durch Vergleich mit dem Echo von einem Bezugsreflektor mit dem gleichen Schallweg im untersuchten Werkstoff oder in einem Vergleichskörper mit identischen akustischen Eigenschaften zu bestimmen, wie in 4.7.2 beschrieben;
- c) bei den Techniken zur Größenbestimmung über die Prüfkopfbewegung eingesetzt werden, die auf einem festgelegten Abfall von der maximalen Echohöhe (z. B. 6 dB) beruht, wie in 4.7.3 beschrieben.

4.7 Größe der Inhomogenität

4.7.1 Allgemeines

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

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

4.7.2 Techniken mit maximaler Echohöhe

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

Sie sind nur sinnvoll, wenn:

- a) Form und Orientierung der Inhomogenität eine Reflexion begünstigen, daher ist es notwendig, Echohöhenmessungen in mehreren Richtungen oder mit mehreren Winkeln durchzuführen, außer wenn Form und Orientierung bereits bekannt sind; und
- b) die Abmessungen der Inhomogenität senkrecht zur Schallbündelachse kleiner sind als die Schallbündelbreite in einer oder in beiden Richtungen;
- c) Grundform und -orientierung des Vergleichsreflektors denen der zu bewertenden Inhomogenität ähnlich sind.

Der Vergleichsreflektor darf entweder ein Kreisscheibenreflektor sein, z. B. eine Flachbodenbohrung, oder ein langgestreckter Reflektor, z. B. eine Querbohrung oder Nut.

Inhomogenitäten dürfen, abhängig von deren Größe, wie folgt unterteilt werden:

- i) Inhomogenitäten, deren Reflexionsfläche in jeder beliebigen Richtung kleinere Abmessungen als die Schallbündelbreite aufweisen;
- ii) Inhomogenitäten, deren Reflexionsfläche eine schmale, langgestreckte Form aufweisen, d. h. mit einer Länge, die größer ist als die Schallbündelbreite und eine Abmessung quer dazu, die kleiner ist als die Schallbündelbreite.

Wenn Inhomogenitäten dem Fall i) 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 ergibt.

Bei Inhomogenitäten, die dem Fall ii) 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 usw. sein.

4.7.3 Techniken zur Größenbestimmung mit Prüfkopfbewegung

Beim Einsatz eines Winkelprüfkopfes werden im Allgemeinen die folgenden Abmessungen bestimmt:

- i) Abmessung l in der Prüffläche, parallel zur Abtastrichtung, bestimmt durch seitliche Bewegung des Prüfkopfes (siehe Bild 2);
- ii) Abmessung h in der Prüffläche, senkrecht zur Abtastrichtung, bestimmt durch Querbewegung des Prüfkopfes (siehe Bild 2).

Beim Einsatz eines Senkrechtprüfkopfes werden im Allgemeinen die Abmessungen l_1 und l_2 in der Prüffläche durch Bewegung des Prüfkopfes in zwei zueinander senkrechten Richtungen bestimmt (siehe Bild 3).

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 vereinbarte Bewertungshöhe abfällt;
- 2) Techniken, bei denen angenommen wird, dass die Ränder der Inhomogenität den aufgezeichneten Positionen entsprechen, bei denen die Echohöhe an jedem beliebigen Ort entlang der Inhomogenität um eine vereinbarte dB-Anzahl 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 im Anhang D beschrieben.

4.7.4 Auswahl von Techniken zur Größenbestimmung

Die Auswahl der Technik/der Techniken 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 4.7.2) dürfen nur angewendet werden, wenn die zu bestimmende Abmessung kleiner als die Halbwertsbreite des Schallbündels des Prüfkopfes ist;
- b) Techniken mit fester Amplitudenhöhe (siehe 4.7.3(1)) dürfen bei Inhomogenitäten beliebiger Abmessung 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 4.7.3(2)) dürfen nur eingesetzt werden, wenn die bestimmte Abmessung größer als die Schallbündelbreite bei gleichem dB-Abfall ist. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, muss angenommen werden, dass die Inhomogenität so groß wie die vorhandene Bündelbreite ist;
- d) Techniken auf der Grundlage der Lagebestimmung der einzelnen Ränder einer Inhomogenität (siehe 3.7.3 (3)) dürfen nur angewendet werden, wenn die Ultraschallanzeige von einer Inhomogenität zwei oder mehr auflösbare Echomaxima aufweist;
- e) wenn die zu bestimmende Abmessung mit mehr als einem der in 4.7.3 aufgeführten Techniken gemessen wird, ist der Wert als richtig anzunehmen, der mit der Technik gemessen wurde, deren Zuverlässigkeit und Genauigkeit nachweislich am besten sind.

Anderenfalls ist der größte Messwert anzunehmen.

4.7.5 Techniken zur Größenbestimmung mit Schallbündelfokussierung der Prüfköpfe

Wenn zur Größenbestimmung fokussierende Prüfköpfe eingesetzt werden, können die in 4.7.2 und 4.7.3 beschriebenen Techniken ebenfalls angewendet werden, vorausgesetzt, die Inhomogenität liegt im Fokusbereich des Schallbündels. Allgemein gelten die in 4.7.4 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 werden in einem iterativen Prozess aufgezeichnet, bei der die einzelnen Schritte um jeweils 6 dB vermindert werden, beginnend mit einer Ausgangsdarstellung, die einem Abfall um 6 dB von der maximalen Höhe des Echos von der Inhomogenität entspricht, bis hin zu dem Schritt, bei dem die Veränderung der Aufzeichnung, die einem 6-dB-Schritt 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. Im Anhang E wird diese Technik im Einzelnen erläutert.

4.7.6 Anwendung mathematischer Algorithmen zur Größenbestimmung

Der hauptsächliche Zweck der in 4.7.2 und 4.7.3 beschriebenen Techniken zur Größenbestimmung ist es, die gemessene Größe mit den Zulässigkeitsgrenzen zu vergleichen die als maximal zulässige Abmessungen (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 4.7.2 und 4.7.3 beschriebenen Techniken verfügbar sind, können mathematische Algorithmen hilfreich sein.

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

4.7.7 Zusatztechniken zur Größenbestimmung

Zusatztechniken zur Größenbestimmung ergänzen die in 4.7.2 bis 4.7.6 beschriebenen, und sie dürfen bei besonderen Anwendungen eingesetzt werden, bei denen ein höherer Zuverlässigkeits- und Genauigkeitsgrad gefordert wird.

Falls erforderlich, sind Zuverlässigkeit und Genauigkeit einer besonderen Technik, die zur Einhaltung festgelegter Zulässigkeitskriterien angewendet wird, für eine identische Konfiguration und Art des Werkstoffs unter Einsatz desselben Prüfverfahrens, derselben Geräteart und derselben Prüfköpfe nachzuweisen.

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.

a) Techniken mit Beugung an Rissspitzen

Diese Techniken können zum Nachweis der flächigen Beschaffenheit einer Inhomogenität (falls dies der Fall ist) und zur Größenbestimmung der Querabmessung („h“ in Bild 2) einer flächigen Inhomogenität herangezogen werden. Sie basieren auf dem Nachweis und der Ortung der Echos, die an den Rändern der Inhomogenität gebeugt werden;

b) 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 richtigen 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;

c) weitere Zusatztechniken

Weitere Beispiele für Techniken zur Bestimmung der Größe von voluminösen und flächigen Inhomogenitäten sind:

- akustische Holografie;
- akustische Tomografie;
- Techniken mit veränderlichem Einschallwinkel;
- Techniken mit Fokussierung durch synthetischer Apertur (SAFT, en: synthetic aperture focusing technique);
- Rekonstruktion von Sektor-B-Bildern.

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

5 Durchschallungstechnik

5.1 Allgemeines

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

Die folgenden Abschnitte beschreiben einige der Parameter der Durchschallungssignale, die entweder einzeln oder kombiniert zur Bewertung einer Inhomogenität mit Hilfe dieser Technik herangezogen werden dürfen.

5.2 Ortung einer Inhomogenität

Bei der Anwendung von Senkrechtprüfköpfen wird als Ort einer Inhomogenität die Position auf der Oberfläche des Gegenstandes verstanden, an der, bezogen auf ein zweidimensionales Koordinatensystem, die größte Abnahme der Durchschallungsamplitude beobachtet wird.

Wenn es machbar ist, Schallbündel in zwei unterschiedlichen Richtungen durch den zu untersuchenden Bereich zu lenken, beispielsweise durch paarweisen Einsatz von Winkelprüfköpfen, wie in Bild 4 dargestellt, dann kann der Ort der Inhomogenität dreidimensional bestimmt werden.

5.3 Bewertung von mehrfachen Inhomogenitäten

Ob eine Inhomogenität zusammenhängend oder unterbrochen ist, sollte zuerst qualitativ durch Beobachtung der Veränderung der Amplitude des Durchschallungssignals beim Abtasten der betreffenden Bereiche bestimmt werden.

Bleibt die Amplitude des Durchschallungssignals einigermaßen konstant, so kann die Inhomogenität als zusammenhängend klassifiziert und als solche anhand der Zulässigkeitskriterien bewertet werden.

Umgekehrt darf die Inhomogenität als unterbrochen klassifiziert werden, wenn die Amplitude des Durchschallungssignals deutliche Maxima und Minima aufweist. In diesem Fall muss quantitativ bestimmt werden, 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 beispielsweise durch folgende Verhältnisse ausgedrückt werden:

- a) als Verhältnis zwischen den Abmessungen (oder der Fläche) einzelner Inhomogenitäten und dem zwischen ihnen liegenden Abstand;
- b) als Verhältnis zwischen der gesamten Länge der Inhomogenitäten und einer gegebenen Gesamtlänge; und
- c) als Verhältnis zwischen der gesamten Fläche einzelner Inhomogenitäten und einer gegebenen Gesamtfläche.

5.4 Abfall der Amplitude des Durchschallungssignals

Dieser Parameter wird immer dann berücksichtigt, wenn die Signalamplitude unter die festgelegte Beobachtungsschwelle abfällt.

Bei vollständigem Verlust des Durchschallungssignals sollten die Grenzen des Bereiches auf der Prüffläche bestimmt werden, in dem dies aufgetreten ist.

Bei nur teilweisem Verlust des Durchschallungssignals sollte der Ort auf der Prüffläche, mit der größten Abnahme der Amplitude zusammen mit dem dB-Wert der Verminderung bestimmt werden, bezogen auf das Signal aus einem Bereich ohne Inhomogenitäten.

Wenn das Gebiet auf der Prüffläche, das eine Signalverminderung zeigt, kleiner ist als die Querschnittsfläche des Schallbündels, darf die Größe der Inhomogenität senkrecht zum Schallbündel durch Vergleich deren Amplitudenabnahme mit derjenigen eines bekannten Vergleichsreflektors bestimmt werden, z. B. mit einer Flachbodenbohrung in einem Vergleichskörper aus einem fehlerfreien Werkstoff (siehe 5.5 a)).

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 beispielsweise 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.

5.5 Bestimmung der Größe einer Inhomogenität

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

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

- a) Techniken auf der Grundlage eines Vergleichs der maximalen Amplitudenverminderung des Durchschallungssignals mit der maximalen Amplitudenverminderung durch einen Vergleichsreflektor. Die Anwendung dieser Techniken zur Größenbestimmung ist auf den Fall beschränkt, bei dem die Abmessung (oder Fläche) des Bereiches auf der Prüffläche, die dem Abfall der Signalamplitude unter die Beobachtungsschwelle entspricht, kleiner ist als die in die Prüffläche projizierte Prüfkopfabmessung (oder -fläche).

In diesem Fall wird die maximale Abnahme der Amplitude des Durchschallungssignals in Bezug auf die Signalamplitude in einem fehlerfreien Bereich bestimmt, 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.

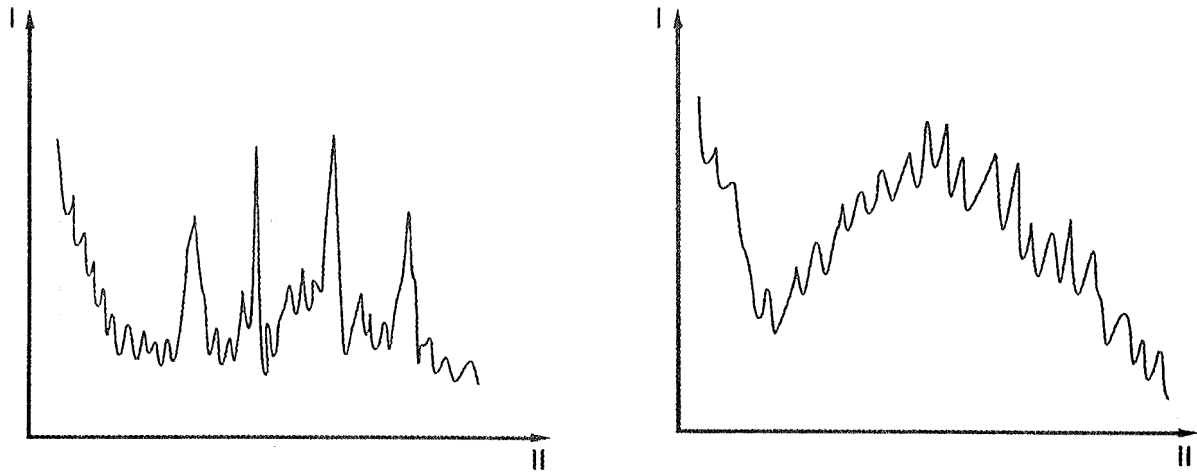
Die Abmessung (oder Fläche) der in eine Ebene senkrecht zur Bündelachse projizierten Inhomogenität wird mit der Abmessung (oder Fläche) der Flachbodenbohrung gleichgesetzt;

- b) Techniken auf der Basis der Verminderung der Amplitude des Durchschallungssignals in Verbindung mit der Bewegung des Prüfkopfes. Diese Techniken bestehen aus der Bestimmung des Bereiches auf der Prüffläche, in dem entweder ein Ausfall des Durchschallungssignals 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 schalldurchlässigen Inhomogenitäten.

Die Ausdehnung des auf diese Weise bestimmten Bereiches wird als die der in die Prüffläche 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. 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 Grundlage zur direkten Bestimmung der Größe von Inhomogenitäten.



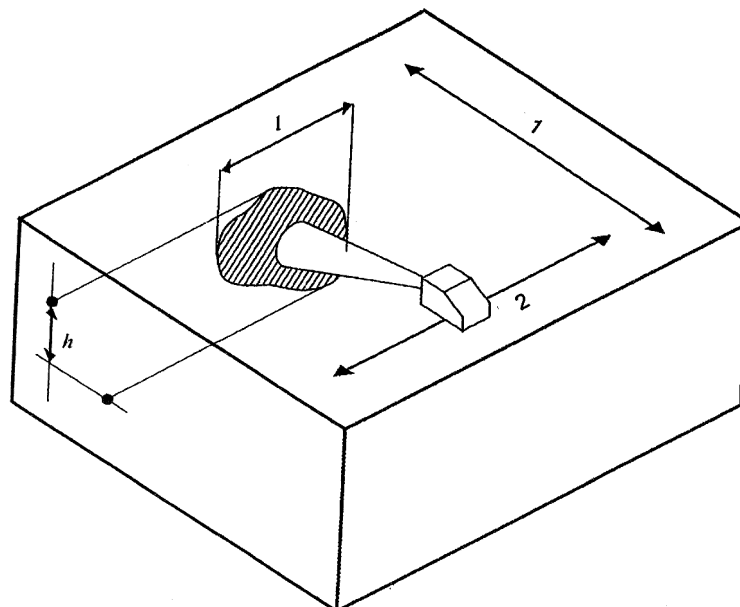
Legende

- I Signalthöhe
- II Laufzeit

a) auflösbare Gruppierung von Inhomogenitäten

b) nicht auflösbare Gruppierung von Inhomogenitäten

Bild 1 — Beispiele von A-Bild-Anzeigen für Gruppierungen von Inhomogenitäten in einem Schmiede- oder Gussstück



Legende

- 1 Bewegung in Querrichtung
- 2 Bewegung in Längsrichtung

Bild 2 — Projizierte Parameter l und h für die herkömmliche Bestimmung der Größe einer Inhomogenität mit einem Winkelprüfkopf