

DIN EN 583-5:2001-02

**Im DIN-Anzeiger für technische Regeln 3/2004
wurden folgende Berichtigungen veröffentlicht:**

DIN EN 583-5:2001-02

Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 5: Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten; Deutsche Fassung EN 583-5:2000
In dieser Norm ist der informative Anhang ZA aufgrund der BT-Resolution C 067/2003 ersatzlos zu streichen. Damit gilt die vom CMC des CEN am 10. Dezember 2003 verteilte Änderung als anerkannt.

	Zerstörungsfreie Prüfung Ultraschallprüfung Teil 5: Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten Deutsche Fassung EN 583-5:2000	DIN EN 583-5
ICS 19.100 Non-destructive testing – Ultrasonic examination – Part 5: Characterization and sizing of discontinuities; German version EN 583-5:2000 Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons – Partie 5: Caractérisation et dimensionnement des discontinuités; Version allemande EN 583-5:2000 Die Europäische Norm EN 583-5:2000 hat den Status einer Deutschen Norm. Nationales Vorwort Diese Europäische Norm wurde im Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ unter intensiver deutscher Mitarbeit ausgearbeitet. Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NMP 823 „Ultraschallprüfung“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich. Fortsetzung 47 Seiten EN Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.		

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Zerstörungsfreie Prüfung
Ultraschallprüfung

Teil 5: Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten

Non-destructive testing – Ultrasonic
examination – Part 5: Characterization and
sizing of discontinuities

Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons –
Partie 5: Caractérisation et dimensionnement
des discontinuités

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. Juni 2000 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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



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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Grundsätze für die Beschreibung von Inhomogenitäten	4
3.1 Allgemeines	4
3.2 Anforderungen an den Oberflächenzustand	4
4 Impuls-Echo-Techniken	4
4.1 Allgemeines	4
4.2 Ortung einer Inhomogenität	4
4.3 Orientierung der Inhomogenität	5
4.4 Beurteilung von Mehrfachanzeigen	5
4.5 Form einer Inhomogenität	5
4.6 Maximale Echohöhe einer Inhomogenität	6
4.7 Größe der Inhomogenität	6
5 Durchschallungstechnik	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Ortung einer Inhomogenität	9
5.3 Bewertung von mehrfachen Inhomogenitäten	9
5.4 Abfall der Amplitude des Durchschallungssignals	9
5.5 Bestimmung der Größe einer Inhomogenität	10
Anhang A (normativ) Analyse von Mehrfachanzeigen	13
Anhang B (normativ) Techniken zur Klassifizierung der Form von Inhomogenitäten	15
Anhang C (informativ) Techniken zur Größenbestimmung mit maximaler Echohöhe	24
Anhang D (normativ) Techniken zur Größenbestimmung mit Prüfkopfbewegung	25
Anhang E (normativ) Techniken zur Größenbestimmung unter Verwendung von fokussierten Schallbündeln	36
Anhang F (normativ) Mathematische Algorithmen zur Ermittlung der tatsächlichen Größe einer Inhomogenität	41
Anhang G (informativ) Beispiele für besondere Techniken zur Größenbestimmung	45
Anhang ZA (informativ) Abschnitte dieser Europäischen Norm, die grundlegende Anforderungen oder andere Vorgaben von EU-Richtlinien betreffen	47

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, mit dessen Sekretariat AFNOR betraut ist.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2001, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2001 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinie(n).

Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieser Norm ist.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Diese Norm besteht aus den folgenden Teilen mit dem allgemeinen Titel: „Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung“

Teil 1: Allgemeine Grundsätze.

Teil 2: Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung.

Teil 3: Durchschallungstechnik.

Teil 4: Prüfung auf Inhomogenitäten senkrecht zur Oberfläche.

Teil 5: Beschreibung und Größenbestimmung von Inhomogenitäten.

Teil 6: Beugungslaufzeittechnik, eine Technik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die allgemeinen Grundsätze und Techniken zur Beschreibung und Größenbestimmung von vorher nachgewiesenen Inhomogenitäten fest, um ihre Bewertung im Vergleich zu den gültigen Zulässigkeitskriterien sicherzustellen. Sie ist allgemein auf Inhomogenitäten in den Werkstoffen und für die Anwendungen anwendbar, die in EN 583-1:1998 behandelt werden.

2 Normative Verweisungen

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

EN 583-1:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 1: Allgemeine Grundsätze.*

prEN 583-2:2000, *Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 2: Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung.*

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

ENV 583-6, *Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 6: Beugungslaufzeittechnik, eine Technik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten.*

EN 1713, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Charakterisierung von Anzeigen in Schweißnähten.*

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 die folgenden Punkte umfassen:

- a) Bestimmung der Ultraschalldaten (Echohöhe, Laufzeit);
- b) Bestimmung ihrer Grundform und Orientierung;
- c) Größenbestimmung, die folgendermaßen durchgeführt werden darf:
 - i) Messung einer oder mehrerer Abmessungen (oder Fläche/Volumen) innerhalb der verfahrensbedingten Grenzen; oder
 - ii) Messung von festgelegten Parametern, z. B. der Echohöhe, wenn angenommen wird, dass sie für ihre 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 dies durch ausreichende metallurgische Kenntnisse über den Prüfgegenstand und seine Herstellung ermöglicht wird.

Wenn die Untersuchung eines Gegenstandes nach den Grundsätzen von EN 583-1 ausreichende Angaben zur Inhomogenität für deren Bewertung in Bezug auf die anzuwendenden Zulässigkeitskriterien liefert, ist keine weitere Beschreibung notwendig.

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

3.2 Anforderungen an den Oberflächenzustand

Die Oberflächenbeschaffenheit und Rauigkeit 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 Oberflächenrauigkeit von $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ für bearbeitete Oberflächen und von $R_a = 12,5 \mu\text{m}$ für sandgestrahlte Oberflächen empfohlen.

Der Zwischenraum zwischen Prüfkopf und der Oberfläche sollte 0,5 mm nicht überschreiten.

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

Das Verfahren der Oberflächenvorbereitung darf nicht eine 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 den anzuwendenden Normen oder in maßgeblichen Vertragsdokumenten festgelegt sein, und sie müssen die Anforderungen von 10.1 in EN 583-1:1998 erfüllen.

4.2 Ortung einer Inhomogenität

Die Ortung einer Inhomogenität wird als Bestimmung ihrer Lage im Innern eines Gegenstandes bezüglich eines vereinbarten Systems von Bezugskoordinaten definiert.

Sie muss in Bezug auf einen oder mehrere Lagefestpunkt(e) aus der Kenntnis von Schallaustrittspunkt und Einschallwinkel des Prüfkopfes und Messung der Prüfkopfposition und des Schallweges bestimmt werden, 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 geometriebedingte Wellenumwandlung ausgelöst 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 analog zu der für die Ortung beschriebenen bestimmt werden, mit dem Unterschied, dass im Allgemeinen mehr Einschallwinkel und/oder Prüfrichtungen als bei einer einfachen Ortung erforderlich sind.

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

Bei vielen Anwendungen ist keine genaue Bestimmung der räumlichen Orientierung der Inhomogenität, sondern nur die Bestimmung der signifikanten Projektion der Inhomogenität in eine oder mehrere festgelegte Ebene(n) und/oder Querschnitt(e) erforderlich.

4.4 Beurteilung von Mehrfachanzeigen

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

Die qualitative Bestimmung besteht in der Beobachtung der Veränderungen von Ultraschallanzeigen, um festzustellen, ob derartige Anzeigen einer oder mehreren getrennten Inhomogenitäten entsprechen oder ob dies nicht der Fall ist. Bild 1 zeigt typische Beispiele für eine Gruppe von Inhomogenitäten in einem Schmiede- oder Gussstück.

Wenn maximal zulässige Abmessungen als Zulässigkeitskriterien angegeben sind, müssen quantitative Messungen durchgeführt werden, um zu bestimmen, ob jede einzelne Inhomogenität individuell zu bewerten ist, oder ob vorgegebene Regeln anzuwenden sind, die die Bewertung der Gruppe von Inhomogenitäten als Ganzes festlegen.

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 von einer einzelnen stetigen Inhomogenität mit einer Anzahl von getrennten Reflexionsflächen ausgelöst werden, wobei die im Anhang A beschriebenen Techniken anzuwenden sind.

4.5 Form einer Inhomogenität

4.5.1 Einfache Klassifizierung

Es gibt eine begrenzte Anzahl von Reflektorgrundformen, die durch Ultraschallprüfung festgelegt werden kann. In vielen Fällen erfordert die Bewertung nach den anzuwendenden Zulässigkeitskriterien nur eine relativ einfache Klassifizierung, die in Anhang B, Abschnitt B.1, beschrieben ist. Danach wird die Inhomogenität folgenderweise klassifiziert:

- 1) punktförmig, d. h. ohne signifikante/messbare Ausdehnung in jeder beliebigen Richtung;
- 2) langgestreckt, d. h. mit signifikanter/messbarer Ausdehnung in nur einer Richtung;
- 3) komplex, d. h. mit signifikanter/messbarer 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 Konfiguration, in 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 von den Prüfköpfen und Prüftechniken, die im Prüfverfahren 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 für eine detailliertere Klassifizierung sind in Anhang B, Abschnitt B.2, enthalten. Dabei kann der Einsatz weiterer Prüfköpfe und -richtungen 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 Zusatzverfahren 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 der Geräte und der Prüfköpfe.

4.6 Maximale Echohöhe einer Inhomogenität

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 EN 583-2 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 beim selben 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 mit Prüfkopfbewegung eingesetzt werden, die auf einem festgelegten Abfall von der maximalen Echohöhe (z. B. 6 dB) basieren, 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 mehreren in festgelegte Richtungen und/oder Schnitte projizierten Abmessungen/Flächen der Inhomogenität. Eine kurze Beschreibung dieser Techniken ist in Anhang F, weitere Einzelheiten in EN 583-2 enthalten.

4.7.2 Techniken mit maximaler Echohöhe

Diese Techniken basieren auf einem Vergleich der von einer Inhomogenität erzeugten maximalen Echohöhe mit der Echohöhe von einem Vergleichsreflektor im selben 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, wenn Form und Orientierung nicht bereits bekannt sind;
- b) die Abmessungen der Inhomogenität senkrecht zur akustischen Achse geringer als die Schallbündelbreite in einer oder beiden Richtungen sind;
- c) Grundform und -orientierung des Vergleichsreflektors denen der zu bewertenden Inhomogenität ähnlich sind.

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

Inhomogenitäten, deren Größe bestimmt wird, dürfen wie folgt unterteilt werden:

- a) Inhomogenitäten, deren Reflexionsfläche in jeder beliebigen Richtung kleinere Abmessungen als die Schallbündelbreite aufweist;
- b) Inhomogenitäten, deren Reflexionsfläche eine schmale, langgestreckte Form aufweist, d. h. eine Länge ist größer und eine Abmessung quer dazu ist kleiner als die Schallbündelbreite.

Wenn Inhomogenitäten a) entsprechen, wird angenommen, dass die Projektion der Fläche der Inhomogenität senkrecht zur akustischen Achse der Fläche eines Kreisscheibenreflektors senkrecht zur akustischen Achse gleicht, der bei identischem Schallweg ein Echo mit derselben maximalen Höhe ergibt.

Bei Inhomogenitäten, die b) entsprechen, haben die Vergleichsreflektoren im Allgemeinen eine langgestreckte Form quer zur akustischen Achse 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:

- a) Abmessung l in einer Richtung parallel zur Ebene der Prüffläche, durch seitliche Bewegung des Prüfkopfes bestimmt (siehe Bild 2);
- b) Abmessung h in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Prüffläche, durch Querbewegung des Prüfkopfes bestimmt (siehe Bild 2).

Beim Einsatz eines Senkrechtprüfkopfes werden im Allgemeinen die Abmessungen l_1 und l_2 parallel zur Ebene 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 dargestellten Positionen entsprechen, bei denen die Echohöhe unter eine vereinbarte Bewertungshöhe abfällt;
- 2) Techniken, bei denen angenommen wird, dass die Ränder der Inhomogenität den dargestellten 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 akustischen Achse oder eines festgelegten Randstrahls 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 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)) können 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

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 durch eine iterative Technik 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. Die Technik wird im Anhang E 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 als maximal zulässigen Abmessungen (oder Flächen/Volumina) angegebenen Zulässigkeitsgrenzen zu vergleichen.

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 nachgewiesen.

a) Technik 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“ von Bild 2) einer flächigen Inhomogenität herangezogen werden. Sie basieren auf dem Nachweis und der Ortung von den Echos, die an den Rändern der Inhomogenität gebeugt werden.

b) Technik mit Wellenumwandlung

Soweit anwendbar, können diese Techniken zum Nachweis und zur Beschreibung von flächigen Inhomogenitäten eingesetzt werden. Unter Nutzung der Wellenumwandlung wird ein zusätzliches Schallbündel mit einem anderen Reflexionswinkel und anderer Schallgeschwindigkeit erzeugt, wenn

die Ebene der Inhomogenität schräg 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 Holographie;
- akustische Tomographie;
- Techniken mit veränderlichem Einschallwinkel;
- Techniken mit synthetischer Aperturfokussierung (SAFT);
- Rekonstruktion von sektorweisen B-Bildern.

Grundsätze und hauptsächliche Charakteristika der SAFT-Technik sind in Anhang G, Abschnitt G.2 beschrieben.

5 Durchschallungstechnik

5.1 Allgemeines

Die allgemeinen Grundsätze und die Anforderungen an die Durchschallungstechnik sind in EN 583-3 angegeben. 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 die Ortung einer Inhomogenität als Ort auf der Oberfläche des Gegenstandes verstanden, an dem, 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 im Bild 4 dargestellt, kann der Ort der Inhomogenität dreidimensional bestimmt werden.

5.3 Bewertung von mehrfachen Inhomogenitäten

Ob eine Inhomogenität 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 hinreichend konstant, so kann die Inhomogenität als zusammenhängend klassifiziert und als solche anhand der Zulässigkeitskriterien bewertet werden.

Umgekehrt darf die Inhomogenität, wenn die Amplitude des Durchschallungssignals deutliche Maxima und Minima aufweist, als unterbrochen klassifiziert werden. 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) Verhältnis zwischen den Abmessungen (oder der Fläche) einzelner Inhomogenitäten und dem zwischen ihnen liegenden Abstand;
- b) Verhältnis zwischen der gesamten Länge von Inhomogenitäten und einer gegebenen Gesamtlänge und
- c) 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, in dem dies aufgetreten ist, bestimmt werden.

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

Wenn das Gebiet auf der Prüffläche, das eine Signalverminderung zeigt, kleiner als die Querschnittsfläche des Schallbündels ist, darf die Größe der Inhomogenität senkrecht zum Schallbündel durch Vergleich deren Amplitudenverminderung mit derjenigen durch einen bekannten Vergleichsreflektor bestimmt werden, z. B. eine 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 Verminderung 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 für ultraschallhalbdurchlässigen Werkstoff oder einer großen 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 besonders immer dann mit den gültigen 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 nach den 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).

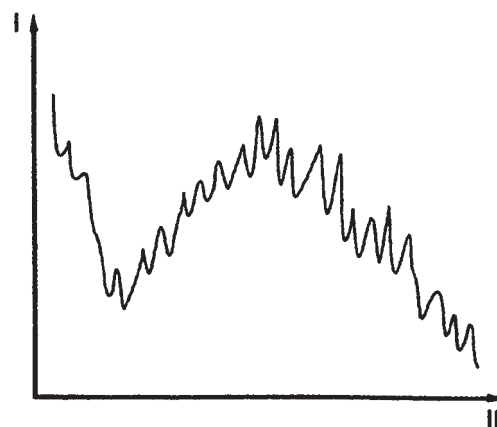
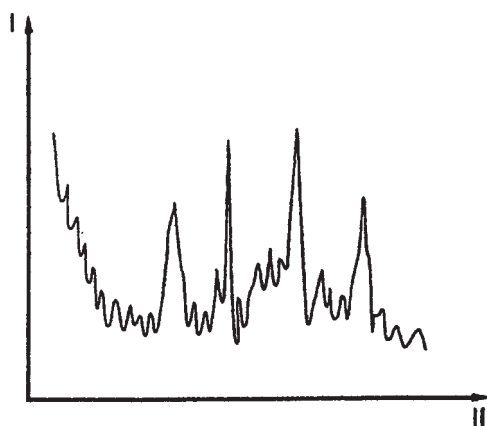
In diesem Fall wird die maximale Verminderung der Amplitude des Durchschallungssignals in Bezug auf die Signalamplitude in einem fehlerfreien Bereich zusammen mit dem Reflektor (im Allgemeinen eine Flachbodenbohrung senkrecht zum Hauptstrahl) bestimmt, der sich in einer vorgegebenen Tiefe (z. B. der halben Dicke) befindet und dieselbe maximale Verminderung der Amplitude des Durchschallungssignals hervorruft. Die Abmessung (oder Fläche) der in eine Ebene senkrecht zum Hauptstrahl 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, der entweder dem Ausfall des Durchschallungssignals oder einer Verminderung seiner Amplitude entspricht, die einem gegebenen Wert (meist 6 dB) bezogen auf die Signalamplitude in einem inhomogenitätsfreien Bereich entspricht oder diesen überschreitet.

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

Die auf diese Weise bestimmte Ausdehnung des Bereiches wird als Ausdehnung 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 Untersuchung sichergestellt werden kann als eine Grundlage zur direkten Bestimmung der Größe von Inhomogenitäten.



Legende

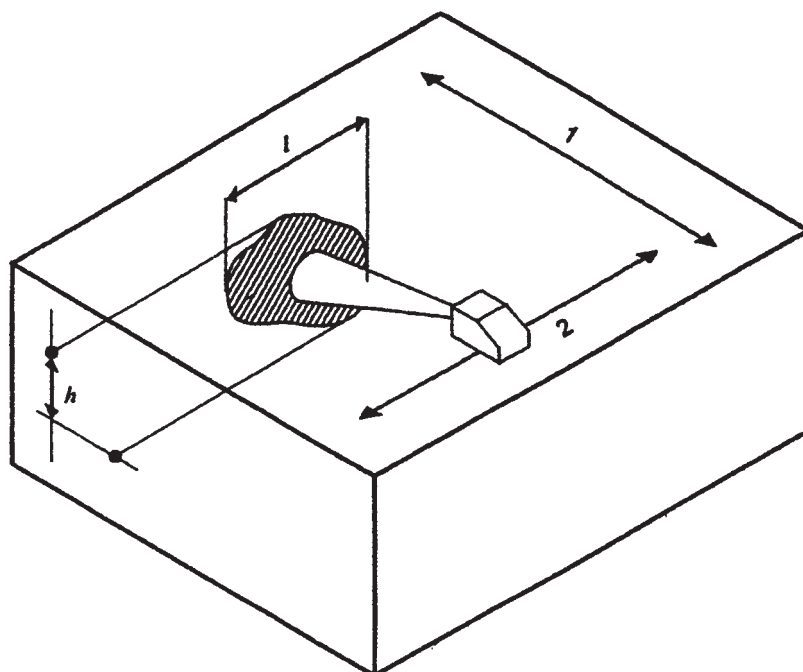
I Signalthöhe

II Laufzeit

**a) auflösbare Gruppierung von
Inhomogenitäten**

**b) nicht auflösbare Gruppierung von
Inhomogenitäten**

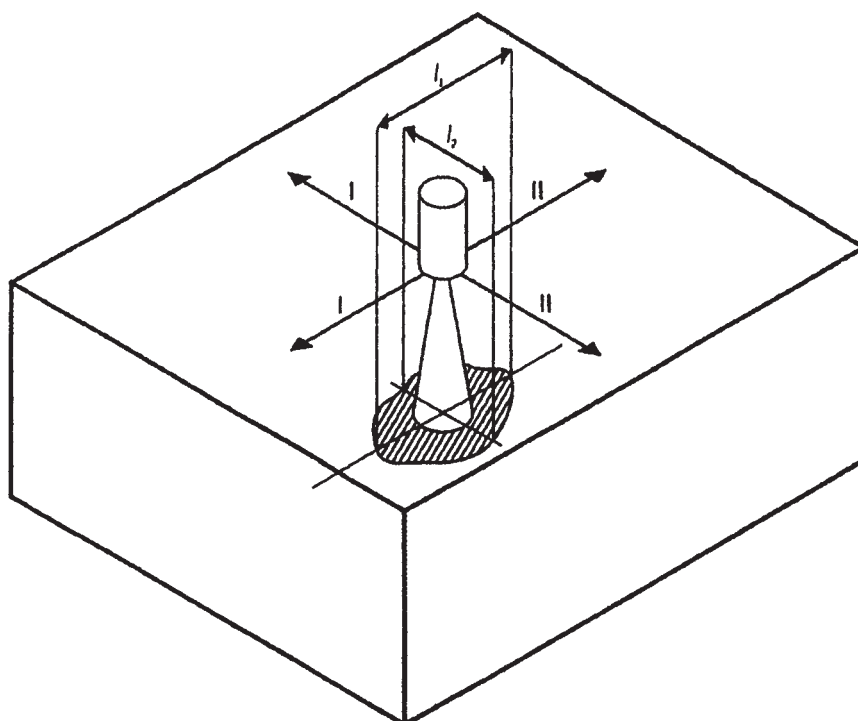
Bild 1 – Beispiele für Gruppierungen von Inhomogenitäten in einem Schmiede- oder Gussstück



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



Legende

- I Prüfkopfbewegung
- II Prüfbewegung

Bild 3 – Parameter l_1 und l_2 bei der herkömmlichen Bestimmung der Größe mit einem Senkrechtprüfkopf