

DIN EN 17290



ICS 19.100

Einsprüche bis 2018-11-07

Entwurf

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Ultraschallprüfung –
Prüfung für den Verlust der Dicke aufgrund von Erosion und/oder
Korrosion unter Anwendung der Beugungslaufzeittechnik (TOFD);
Deutsche und Englische Fassung prEN 17290:2018**

Non-destructive testing –

Ultrasonic testing –

Examination for loss of thickness due to erosion and/or corrosion using the TOFD technique;
German and English version prEN 17290:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-09-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- 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, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17290:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Prüfung für den Verlust der Dicke aufgrund von Erosion und/oder Korrosion unter Anwendung der Beugungslaufzeittechnik (TOFD)

Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Examination for loss of thickness due to erosion and/or corrosion using the TOFD technique

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Allgemeine Anforderungen	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Grenzen der Prüftechnik	6
5 Prüfausrüstung	6
5.1 Messgerät	6
5.2 Prüfköpfe und Anordnung einer TOFD	6
5.3 Weggeber	7
5.4 Komplette Prüfausrüstung	7
5.5 Vergleichskörper	7
5.6 Koppelmittel	7
6 Anwendung der Technik	7
6.1 Oberflächenzustand	7
6.2 Temperatur	8
6.3 Kennzeichnung	8
6.4 Auswahl von Prüfköpfen und PCS	8
6.5 Geräteeinstellungen	9
6.5.1 Zeitfenster	9
6.5.2 Laufzeit-Tiefenlage-Umsetzung	9
6.5.3 Einstellung der Empfindlichkeit	9
6.5.4 Überprüfung der kompletten Prüfausrüstung	10
6.6 Prüfung	10
6.6.1 Allgemeines	10
6.6.2 Abtastplan	11
6.6.3 Komplementäre Auswertung	11
6.6.4 Schrittweite	11
6.6.5 Verschiebungsgeschwindigkeit	11
7 Beurteilung und Analyse der TOFD-Bilder	11
7.1 Validierung von TOFD-Bildern	11
7.2 Wichtige Anzeigen	12
7.3 Bestimmung der Maße und Lage	12
7.3.1 Allgemeines	12
7.3.2 Tiefenausdehnung einer Inhomogenität	15
7.3.3 Lage einer Inhomogenität in der Ebene parallel zur Prüffläche	15
7.3.4 Länge einer Inhomogenität	16
8 Qualifikation des Personals	16
9 Prüfbericht	16
Anhang A (informativ) Beispiel eines Vergleichskörpers	18
Anhang B (informativ) Beispiel typischer TOFD-Bilder mit Dickenverlust durch Korrosion/Erosion	20

Anhang C (informativ) Beispiel für Referenzkoordinaten zur Lokalisierung von Dickenverlusten.....	23
Literaturhinweise.....	24

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17290:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anwendung der Beugungslaufzeittechnik (en: time-of-flight diffraction, TOFD) bei der Prüfung von Metallen zur Quantifizierung von Dickenverlusten durch Erosion und/oder Korrosion fest.

Dieses Dokument gilt für alle Arten von Korrosions- oder Erosionsschäden, insbesondere für die in ISO 16809 festgelegten.

Diese Prüfung gilt für unlegierte oder niedrig legierte Stahlwerkstoffe.

Sie gilt für Bauteile mit einer Nenndicke von ≥ 6 mm. Für kleinere Dicken werden Machbarkeitsprüfungen durchgeführt, um die Technik zu bestätigen.

Auch für andere Werkstoffe sind Machbarkeitsprüfungen unerlässlich.

Die TOFD-Technik kann hier als eigenständige Technik oder in Kombination mit anderen zerstörungsfreien Prüftechniken verwendet werden, während der Herstellung oder für die betriebsbegleitende Prüfung, um durch Erosion und/oder Korrosion verursachten Werkstoffverlust festzustellen.

Diese Technik basiert auf der Auswertung von TOFD-Bildern, die mit reflektierten und/oder gebeugten Ultraschallsignalen erstellt wurden.

Dieses Dokument legt keine Zulässigkeitsgrenzen fest.

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).

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

EN 12668-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 2: Prüfköpfe*

EN 12668-3:2013, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 3: Komplette Prüfausrüstung*

EN ISO 5577, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Terminologie (ISO 5577)*

EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712)*

EN ISO 10863:2011, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Anwendung der Beugungslaufzeittechnik (TOFD) (ISO 10863:2011)*

EN ISO 15626:2013, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Beugungslaufzeittechnik (TOFD) — Zulässigkeitsgrenzen (ISO 15626:2011)*

EN ISO 16828:2014, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beugungslaufzeittechnik, eine Technik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten (ISO 16828:2012)*

EN ISO 17659, *Schweißen — Mehrsprachige Benennungen für Schweißverbindungen mit bildlichen Darstellungen (ISO 17659)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 5577, EN ISO 16828 und EN ISO 10863.

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Allgemeines

Die TOFD-Technik kann für die Messung der Dicke an Bauteilkörpern, Rohren und entlang von Schweißverbindungen angewendet werden.

Die Prüfung und Bestimmung der Dicke muss von der gegenüberliegenden Seite der korrodierten Oberfläche durchgeführt werden.

4.2 Grenzen der Prüftechnik

Für Rohre, Bauteile und Gerätehüllen im Betrieb gelten die in EN ISO 16828 beschriebenen Grenzen. Innere Inhomogenitäten können die Prüfung auf Waddickenverlust erschweren.

Bei der Anwendung an Schweißverbindungen müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, wenn Inhomogenitäten der folgenden Typen vorliegen:

- a) Abstand;
- b) Fehlausrichtung;
- c) Verjüngung; und
- d) Schweißnaht auf ortsfestem Träger.

Vor der Verwendung der TOFD-Technik werden Durchführbarkeitsprüfungen an repräsentativen Schweißnähten empfohlen.

5 Prüfausrüstung

5.1 Messgerät

Das für die Untersuchung verwendete Ultraschallgerät entspricht den Anforderungen nach EN 12668-1 und EN ISO 16828.

5.2 Prüfköpfe und Anordnung einer TOFD

Die für die TOFD-Technik verwendeten Ultraschall-Prüfköpfe müssen den Anforderungen nach EN 12668-2 und EN ISO 16828 entsprechen. Die Auswahl der Prüfkopf-Eigenschaften ist in 6.4 beschrieben.

Der Effekt der Beugung wird maximal, wenn der eingeschlossene Winkel etwa 120° beträgt. Die Prüfköpfe sollten so angeordnet werden, dass sich die Schallbündelachsen unter etwa diesem Winkel in dem Tiefenbereich schneiden, in dem geprüft wird.

Abweichungen von diesem Wert um mehr als -35° oder $+45^\circ$ können dazu führen, dass die gebeugten Echos zu schwach sind und sollten nicht verwendet werden, es sei denn, das Nachweisvermögen kann aufgezeigt werden.

Die Stützvorrichtung des Prüfkopfes muss einen Prüfkopfabstand (en: probe centre separation, PCS) innerhalb von ± 1 mm und konstanter Ausrichtung zwischen den Schallaustrittspunkten sicherstellen.

5.3 Weggeber

Angaben zur Position müssen durch ein Weggeber-System bereitgestellt werden.

Das Weggeber-System muss mit den für das räumliche Auflösungsvermögen festgelegten Zulässigkeitsgrenzen kompatibel sein.

5.4 Komplette Prüfausrüstung

Jede verwendete komplette Prüfausrüstung (Messgerät, Prüfkopf und Kabel) muss den Anforderungen nach EN ISO 16828 entsprechen und mindestens die in EN 12668-3:2013, 3.2.1, 3.2.2, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4 und 5.7.4 dieses Dokuments festgelegten Überprüfungen bestehen.

5.5 Vergleichskörper

Die Verwendung eines oder mehrerer Vergleichskörper wird empfohlen.

Die Vergleichskörper sollten aus einem Werkstoff bestehen, dessen akustische Eigenschaften denen des Prüfgegenstands mindestens hinsichtlich Schallgeschwindigkeit, Oberflächenzustand und Geometrie entsprechen.

Bei der Verwendung der TOFD-Technik für die Messung der Dicke von Schweißverbindungen wird mindestens ein Vergleichskörper mit einer Schweißnaht empfohlen.

Für die Dicke der Vergleichskörper wird ein Wert zwischen dem 0,8- und dem 1,2-Fachen der Dicke des Prüfgegenstands empfohlen, wobei der Unterschied der Dicke zum Prüfgegenstand höchstens 20 mm betragen darf.

Die Geometrie der Bezugsreflektoren hängt von dem zu prüfenden Korrosionsprofil ab. Diese dürfen Flachbodenbohrungen, halbkugelige Bohrungen, Querbohrungen oder durch Funkenerosion (en: electrical discharge machining, EDM) erzeugte Nuten sein.

Die Eigenschaften des Bezugsreflektors (Typ, Größe, Geometrie, Maße, Position, Genauigkeit der Ausführung) muss in Übereinstimmung mit den erwarteten Leistungsstufen sein.

Ein Beispiel für einen Vergleichskörper ist in Anhang A angegeben.

5.6 Koppelmittel

Für die Einstellungen und die Prüfung muss das gleiche Koppelmittel verwendet werden.

6 Anwendung der Technik

6.1 Oberflächenzustand

Die zu untersuchende Prüffläche muss frei von Farbe, losem Zunder, getrocknetem Koppelmittel und allen anderen Produkten oder Unregelmäßigkeiten der Oberfläche sein, die auf die Übertragung von Ultraschall in den Prüfgegenstand einwirken können oder die die freie Bewegung der Prüfköpfe oder Prüfkopfhalter behindern können. Die Oberflächenrauheit, R_a , darf nicht mehr als 12,5 μm betragen. Die Oberfläche sollte geschliffen werden, sofern erforderlich.

Es ist zulässig, die Prüfung durch die Farbe (haftende Beschichtung) an Teilen der Rohrleitung durchzuführen, vorausgesetzt, dass die Prüfleistung überprüft wird.

6.2 Temperatur

Die Oberflächentemperatur des Gegenstandes darf 50 °C nicht überschreiten, es sei denn, es werden geeignete Prüfköpfe und Koppelmittel verwendet und eine Korrektur der Temperatur durchgeführt.

6.3 Kennzeichnung

Die geprüften Zonen müssen gekennzeichnet und die verwendeten Referenzen dokumentiert werden, um die Identifizierung der Zonen und Lokalisierung aller Inhomogenitäten zu ermöglichen.

6.4 Auswahl von Prüfköpfen und PCS

Die Anordnung einer TOFD (Sende-Prüfkopf, Empfangs-Prüfkopf und PCS) ist durch die Dicke der zu prüfenden Zone festgelegt. Die Dicke wird anhand einer der drei folgenden Fälle bestimmt:

- Fall 1: Nenndicke;
- Fall 2: Referenzdicke (Basismessung);
- Fall 3: Dicke neben der korrodierten Zone, jedoch nicht von Korrosion betroffen.

Als eine Anleitung stellt Tabelle 1 empfohlene Parameter für die Auswahl von Prüfköpfen bereit, wenn Longitudinalwellen eingesetzt werden.

Tabelle 1 — Empfohlene Parameter für TOFD-Prüfköpfe

Wanddicke t (mm)	Mittenfrequenz (MHz)	Nennwinkel α (°)	Maße des Wandlers (mm)
6 bis 10	15	70	2 bis 3
10 bis 15	10 bis 15	70	2 bis 3
15 bis 35	5 bis 10	60 bis 70	2 bis 6
35 bis 50	3 bis 5	60 bis 70	3 bis 6
50 bis 100	3 bis 5	45 bis 60	6 bis 12
100 bis 200	2 bis 5	45 bis 60	6 bis 20
200 bis 300	1 bis 3	40 bis 50	10 bis 20

Der PCS muss so gewählt werden, dass der Schallbündel-Schnittpunkt auf dem Wert der Dicke liegt.

Für weitere Prüfungen dürfen andere Anordnungen einer TOFD verwendet werden.

In diesem Fall ist der PCS in Abhängigkeit von der Geometrie und dem Abbaumechanismus so zu wählen, dass der Schallbündel-Schnittpunkt auf einer geringeren Dicke liegt. Die Kombination von Nenn-Einschallwinkel und PCS bestimmt den Schnittpunkt, allerdings auch die Tiefenauflösung (Genauigkeit) und die Form der Ortskurve (Nachweis von versetzten Anzeigen).

Möglicherweise sind mehrere Anordnungen notwendig, um die erforderliche Abdeckung und Genauigkeit in Abhängigkeit der Anwendung zu erreichen.

Wenn möglich und in Übereinstimmung mit der erforderlichen Anwendung:

- a) wird die höchstmögliche Frequenz gewählt, die mit der Kornstruktur, der Dicke und dem Oberflächenzustand des Prüfgegenstands kompatibel ist;
- b) wird ein kurzer PSC gewählt (liefert bessere Auflösung in der Tiefe).

6.5 Geräteeinstellungen

6.5.1 Zeitfenster

Der interessierende Bereich wird anhand einer der drei folgenden Fälle festgelegt:

- a) durch die Lateralwelle und das Rückwandecho;
- b) durch die messbare Mindest-Restwanddicke und das Rückwandecho;
- c) durch die Anforderungen des Kunden.

Das Zeitfenster beginnt mindestens 1 μ s vor dem interessierenden Bereich und endet mindestens 1 μ s nach dem interessierenden Bereich.

Dieses Fenster kann auf das erste Echo mit Wellenumwandlung erweitert werden (Nachweis von Dickenverlusten, die in Bezug auf das Tandem abgelenkt werden).

6.5.2 Laufzeit-Tiefenlage-Umsetzung

Für einen bestimmten PCS wird die Laufzeit-Tiefenlage-Umsetzung über ein oder mehrere Zeitreferenzsignale (Lateralwelle, Rückwandecho, Reflektor bei bekannter Tiefe) bei bekannter Schallgeschwindigkeit des Werkstoffs eingestellt. Dies muss mit EN ISO 15626:2013, 5.3, übereinstimmen.

Nach der Umsetzung muss die an dem Vergleichskörper gemessene Dicke oder Tiefe innerhalb von $\pm 0,2$ mm der Dicke oder Tiefe des Vergleichskörpers liegen.

Korrekturen sind bei Bauteilen mit komplexer Geometrie erforderlich.

6.5.3 Einstellung der Empfindlichkeit

Die Prüfeempfindlichkeit wird anhand einer der folgenden Alternativen eingestellt:

- a) an den Reflektoren des Vergleichskörpers;
- b) an dem Prüfgegenstand.

Im Fall a):

Die Höhe des Echos vom Bezugsreflektor, der der Dicke des Prüfgegenstands am nächsten liegt, muss auf mindestens 80 % der vollen Bildschirmhöhe (en: full screen height, FSH) eingestellt werden.

Im Fall b):

Die Empfindlichkeit muss so eingestellt werden, dass die Amplitude des Rückwandsignals zwischen 18 dB und 30 dB oberhalb der FSH liegt. Wenn die Verwendung eines Rückwandsignals nicht angemessen ist, muss die Empfindlichkeit so eingestellt werden, dass das Gefügerauschen zwischen 5 % und 10 % der FSH beträgt.

Typischerweise ist diese Einstellung der Empfindlichkeit geeignet für das Auffinden von Beugungssignalen. Wenn nur Reflexionssignale benötigt werden, ist möglicherweise eine niedrigere Einstellung der Empfindlichkeit geeignet.

In beiden Fällen muss das Signal-Rausch-Verhältnis mindestens 6 dB betragen. Ansonsten sind andere Prüfköpfe und/oder Einstellungen nach Tabelle 1 zu verwenden.

6.5.4 Überprüfung der kompletten Prüfausrüstung

Überprüfungen zur Bestätigung des Zeitbereiches und der Einstellungen der Empfindlichkeit müssen mindestens alle 4 Stunden und nach Abschluss der Prüfung durchgeführt werden.

Überprüfungen müssen auch immer dann durchgeführt werden, wenn ein Systemparameter geändert wird oder wenn Änderungen der Einstellungen vermutet werden.

Sofern für die erste Anordnung ein Vergleichskörper verwendet wurde, sollte derselbe Vergleichskörper auch für die nachfolgenden Überprüfungen verwendet werden. Ein anderer Vergleichskörper darf verwendet werden, vorausgesetzt, es erfolgte eine Verweisung auf den ursprünglichen Vergleichskörper.

Wenn während der Überprüfungen Abweichungen von der ersten Anordnung festgestellt werden, müssen die in Tabelle 2 angegebenen Korrekturen durchgeführt werden.

Tabelle 2 — Korrekturen der Empfindlichkeit und des Zeitbereichs

Empfindlichkeit	
Abweichungen ≤ 6 dB	Keine Korrekturmaßnahmen erforderlich (die Daten dürfen mit Hilfe der Software korrigiert werden)
Abweichungen > 6 dB	Die Einstellungen müssen korrigiert werden, und alle im Anschluss an die letzte gültige Überprüfung durchgeführten Prüfungen müssen wiederholt werden
Zeitbereich	
Abweichungen $\leq 0,5$ mm oder 2 % des Tiefenbereichs (je nachdem, welcher Wert der größere ist)	Keine Korrekturmaßnahmen erforderlich
Abweichungen $> 0,5$ mm oder 2 % des Tiefenbereichs (je nachdem, welcher Wert der größere ist)	Die Einstellungen müssen korrigiert werden, und alle im Anschluss an die letzte gültige Überprüfung durchgeführten Prüfungen müssen wiederholt werden

6.6 Prüfung

6.6.1 Allgemeines

Die Prüfungen unter Verwendung der TOFD-Technik müssen in Übereinstimmung mit den Empfehlungen nach 6.6.2 bis 6.6.5 durchgeführt werden, so dass die Qualität der aufgezeichneten Daten und zugehörigen Bilder die Auswertung der Ergebnisse auf der erwarteten Leistungsstufe ermöglicht.

6.6.2 Abtastplan

Die Prüfung muss mit Abtastungen durchgeführt werden (parallel und/oder nichtparallel, überschritten oder nicht überschritten), die an die Eigenschaften des erwarteten Dickenverlustes der Dicke und das Ausmaß der Prüfzone angepasst sind oder Abtastung entsprechend eines Gitternetzes, das durch den interessierenden Bereich festgelegt ist.

Das Gitternetzinkrement muss an die Kontur des erwarteten Dickenverlustes angepasst werden.

Für eine bessere Abdeckung und/oder zur Bestimmung der Links-rechts-Position von Anzeigen können zusätzliche Abtastungen mit unterschiedlichen Positionen der Mittellinie durchgeführt werden, so genannte Anschallungen mit Versatz.

Der Nenn-Einschallwinkel und der PCS müssen in Abhängigkeit von der Geometrie und dem Abbaumechanismus gewählt werden, abhängig von der Anwendung.

6.6.3 Komplementäre Auswertung

Eine komplementäre Auswertung muss durchgeführt werden:

- a) wenn eine Anzeige zwischen dem Rückwandecho und dem ersten Echo mit Wellenumwandlung vorliegt;
- b) um die Bestimmung der Eigenschaften des Korrosionsschadens zu optimieren (Ausmaß, Lage und Tiefe).

6.6.4 Schrittweite

Die Verschiebungsgeschwindigkeit muss mit der ausgewählten Schrittweite kompatibel sein.

6.6.5 Verschiebungsgeschwindigkeit

Die Einstellungen müssen mit einem oder mehreren Vergleichskörpern validiert werden.

Für eine bestimmte Dicke und Art der Beschädigung muss Folgendes beurteilt werden:

- a) der Tiefenbereich, der vom Prüfsystem abgedeckt ist;
- b) die Fähigkeit des Prüfsystems, den für die Prüfung erforderlichen minimalen Dickenverlust festzustellen und zu quantifizieren;
- c) die Fähigkeit des Prüfsystems, die Mindestrestdicke festzustellen und zu quantifizieren;
- d) der minimal feststellbare Schadensbereich;
- e) die Genauigkeit bei der Bestimmung der Lage.

7 Beurteilung und Analyse der TOFD-Bilder

7.1 Validierung von TOFD-Bildern

Die Qualität der Aufzeichnung muss überprüft und validiert werden, bevor mit der Interpretation der Prüfergebnisse fortgefahren wird. Sofern nicht anders festgelegt, werden Bilder als zufriedenstellend erachtet, wenn sie die in EN ISO 10863:2011, 12.2, dargelegten Kriterien erfüllen.

Die maximal zulässige Anzahl von aufeinander folgenden fehlenden Linien auf TOFD-Bildern beträgt 2.

Die maximal zulässige Anzahl von fehlenden Linien im gesamten Bild beträgt 5 % der gesamten Anzahl erfasster Linien.

7.2 Wichtige Anzeigen

Alle Anzeigen, die auf einen Dickenverlust an der der Prüffläche gegenüberliegenden Wand hinweisen, gelten als wichtig und müssen aufgezeichnet werden. Daher sollten relevante Anzeigen von denjenigen unterschieden werden, die sich auf andere Ursachen beziehen (zum Beispiel Geometrie, Kompaktheitsfehler), die nur bei Bedarf berichtet werden.

Anhang B zeigt typische TOFD-Bilder mit Dickenverlust durch Korrosion/Erosion.

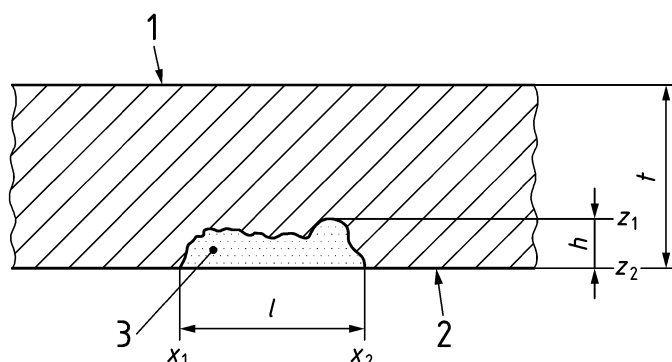
Die folgenden Zonen der Bilder werden untersucht, um die wichtigen Anzeigen zu identifizieren:

- Zone zwischen der Lateralwelle und dem ersten Rückwandecho;
- Zone zwischen dem ersten Rückwandecho und dem ersten Echo mit Wellenumwandlung (zweites Rückwandecho), bezeichnet als „Wellenumwandlungszone“, sofern zutreffend.

7.3 Bestimmung der Maße und Lage

7.3.1 Allgemeines

Für die Messungen der Dicke werden nur die Anzeigen in der Laufzeitzone zwischen der Lateralwelle und dem Rückwandecho einbezogen.



Legende

1	Prüffläche	l	Länge = $x_2 - x_1$
2	gegenüberliegende Fläche	z_1	Anfangstiefe der Inhomogenität
3	korrodierte Bereich	h	Tiefenausdehnung = $t - z_1$
x_1	Anfangsposition der Inhomogenität	t	Dicke
x_2	Endposition der Inhomogenität		

Bild 1 — Bestimmung der Lage und Größe der Inhomogenität

TOFD-Bilder werden dazu verwendet, die Maße des Korrosionsschadens (Tiefenlage, Tiefenausdehnung und Länge von Korrosion/Erosion) zu bestimmen.

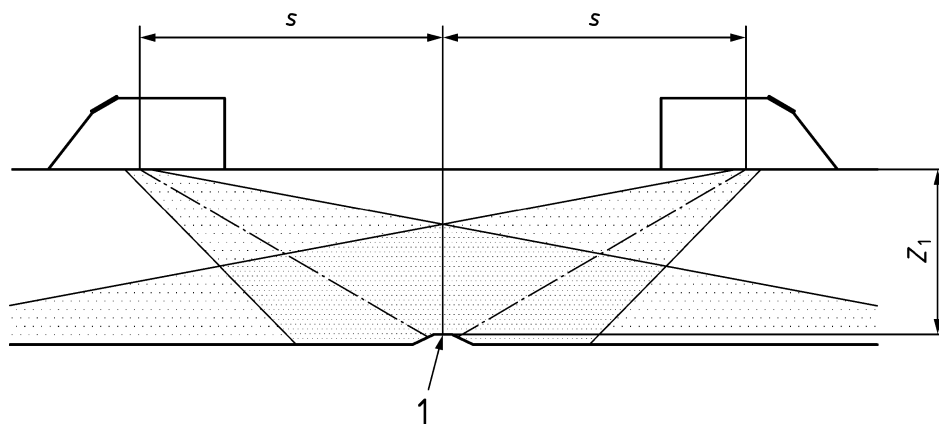
Die einer ausgewerteten Erosions-/Korrosionsanzeige zugehörige Dicke entspricht der Tiefenlage z_1 (siehe Bild 1 und 7.3.5). Dies entspricht der wirksamen Dicke, wie in EN ISO 17659 festgelegt.

Der damit verbundene Dickenverlust entspricht der Tiefenausdehnung dieser Erosions-/Korrosionsanzeige (siehe 7.3.3).

Die Lage des Dickenverlustes entspricht der Lage dieser gleichen Anzeige (siehe 7.3.4). Ihre Länge entspricht der Länge der Anzeige (siehe 7.3.5).

Die Tiefenlage der Inhomogenität ist durch Z_1 festgelegt (siehe Bild 1), in Übereinstimmung mit EN ISO 15626.

Bei Gegenständen mit ebener Oberfläche kann die Tiefenlage Z_1 der Anzeige aus den TOFD-Bilder bestimmt werden, indem die Differenz entlang der Z-Achse zwischen dieser Anzeige und der Lateralwelle oder dem Rückwandecho direkt berücksichtigt wird (siehe Bild 2).



Legende

- 1 korrodierte Bereich
- s halber PCS
- Z_1 Tiefenlage von Korrosion

Bild 2 — Tiefenlage von Korrosion Z_1 auf einer ebenen Oberfläche

In diesem Fall, nach EN ISO 16828, und um die Fehler zu vermeiden, die sich aus der Bestimmung der Vorlaufzeiten der Prüfköpfe ergeben können, kann die Tiefenlage Z_1 aus den Laufzeitdifferenzen Δt zwischen der Lateralwelle und den gebeugten Impulsen berechnet werden.

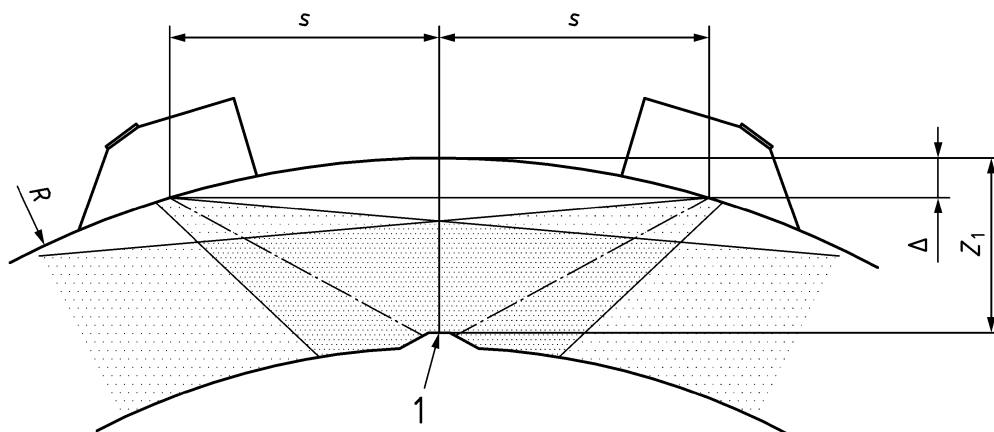
$$Z_1 = \frac{1}{2} [(c\Delta t)^2 + 4cs\Delta t]^{1/2} \quad (1)$$

Dabei ist

c die Schallgeschwindigkeit.

Bei Gegenständen mit gekrümmten Oberflächen (konvex oder konkav) kann die Tiefenlage Z_1 einer Inhomogenität nicht so leicht von den TOFD-Bildern abgeleitet werden, indem der Z-Wert relativ zur Lateralwelle wie im ebenen Fall in Bild 2 berücksichtigt wird.

Bild 3 zeigt den maximalen Abstand Δd zwischen der äußeren Oberfläche und der Linie zwischen den beiden Schallaustrittspunkten. Der Abstand Δd muss zu Z_1 , erhalten für die flache Konfiguration nach Bild 2, addiert werden, um die richtige Z_1 für eine konvexe Oberfläche zu erhalten.



Legende

1	korrodierten Bereich	s	halber PCS
d	maximaler Abstand	Z ₁	Tiefenlage von Korrosion
R	Außenradius des Teils		

Bild 3 — Tiefenlage von Korrosion Z₁ auf einer konvexen Oberfläche

Bei einer äußeren Oberfläche kann der maximale Abstand d mit Gleichung (2) berechnet werden:

$$d = R - \sqrt{R^2 - s^2} \quad (2)$$

Die Laufzeiten der Lateralwelle t_L und dem gebeugten Impuls t_W werden mit Gleichung (3) und Gleichung (4) festgelegt:

$$\Delta t_L = \frac{2s}{c} + 2W_d \quad (3)$$

$$t_W = \frac{2}{c} [s^2 + (Z_1 - d)^2]^{1/2} + 2W_d \quad (4)$$

Dabei ist

W_d die Vorlaufzeit des Prüfkopfes.

Unter Berücksichtigung der Laufzeitdifferenz Δt zwischen der Lateralwelle und dem gebeugten Impuls kann die Tiefenlage Z_1 im Fall äußerer Inspektion berechnet werden mit der Gleichung:

$$Z_1 = \frac{1}{2} [(c\Delta t)^2 + 4cs\Delta t]^{1/2} + d \quad (5)$$

Bild 4 zeigt den maximalen Abstand d zwischen der inneren Oberfläche und der Linie zwischen den beiden Schallaustrittspunkten.