

DIN EN 16696

ICS 19.100

Einsprüche bis 2014-03-10

Entwurf**Zerstörungsfreie Prüfung –
Schallemission –
Dichtheitsprüfung mittels Schallemission;
Deutsche Fassung prEN 16696:2013**

Non-destructive testing –
Acoustic emission –
Leak detection by means of acoustic emission;
German version prEN 16696:2013

Essais non destructifs –
Émission acoustique –
Test d'étanchéité avec émission acoustique;
Version allemande prEN 16696:2013

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-01-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: 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 36 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16696:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemission — Dichtheitsprüfung mittels Schallemission

Essais non destructifs — Emission acoustique — Test d'étanchéité avec emission acoustique

Non-destructive testing — Acoustic emission — Leak detection by means of acoustic emission

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Qualifizierung von Personal	6
5 Grundlagen der Schallemissionsprüfung	6
5.1 Phänomen der Schallemission	6
5.2 Einfluss unterschiedlicher Medien und unterschiedlicher Phasen	7
5.3 Einfluss von Druckdifferenzen	8
5.4 Einfluss der Geometrie des Leckkanals	8
5.5 Einfluss der Wellenausbreitung	8
6 Anwendungen	9
7 Prüfausrüstung	10
7.1 Allgemeine Anforderung	10
7.2 Sensoren	10
7.2.1 Typische Frequenzbereiche (Bandbreite)	10
7.2.2 Befestigungsart	10
7.2.3 Temperaturbereich, Wellenleiter	10
7.2.4 Eigensicherheit	10
7.2.5 Tauchsensoren	10
7.2.6 Integrierte Elektronik (Verstärker, RMS-Konverter, ASL-Konverter, Durchlassbereich)	10
7.3 Tragbare und nichttragbare (fest installierte) Schallemissionsprüfgeräte	11
7.4 Schallemissionsprüfgeräte mit Einkanal- und Mehrkanalsystemen	11
7.4.1 Einkanalsysteme	11
7.4.2 Mehrkanalsysteme	11
7.5 Messmerkmale (RMS-Wert, ASL-Wert als Funktion der Hits oder kontinuierlich als Funktion der Bursts)	11
7.6 Verifizierung mit künstlichen Quellen von Leckgeräuschen	11
8 Prüfschritte der Dichtheitsprüfung	12
8.1 Anbringung der Sensoren	12
8.2 Gemessene Merkmale	12
8.3 Hintergrundgeräusch	12
8.4 Umgebungsgeräusch	13
8.5 Prozessgeräusch	13
8.6 Datenerfassung	13
9 Ortungstechniken	13
9.1 Allgemeine Betrachtungen	13
9.2 Ortung mit einem Sensor auf Basis der AE-Wellendämpfung	13
9.3 Ortung mit mehreren Sensoren auf Basis von Δt -Werten (linear, planar)	14
9.3.1 Schwellenwert- und Spitzenwert-Zeitverfahren	14
9.3.2 Kreuzkorrelationsverfahren	14
9.4 Wellenart- und wellenmodebasierte Ortung	15
10 Darstellung der Daten	16
10.1 Numerische Darstellung der Daten (Schallpegelmessgerät)	16
10.2 Parameterabhängige Funktion (z. B. Druck)	16

10.3	Frequenzspektrum	17
11	Interpretation der Daten.....	17
11.1	Leckvalidierung	17
11.1.1	Vor Ort (während der Prüfung) und außerhalb des Einsatzortes (spätere Analyse).....	17
11.1.2	Korrelation mit dem Druck	17
11.1.3	Verwerfen falscher Anzeigen	17
11.2	Abschätzung der Leckagerate	18
11.3	Anforderungen an die Folgemaßnahmen	18
12	QM-Dokumente	18
12.1	Prüfverfahren	18
12.2	Prüfanweisung	19
13	Prüfunterlagen und Prüfbericht	19
13.1	Prüfunterlagen	19
13.2	Prüfbericht	20
	Anhang A (normativ) Beispiele für die Dichtheitsprüfung.....	21
A.1	Funktionsprüfung von Kondensatabscheidern	21
A.1.1	Kondensatabscheider	21
A.1.2	Geräte	21
A.1.3	Personal.....	21
A.1.4	Prozess	21
A.1.5	Auswertung	22
A.1.6	Dokumentation	23
A.2	Anwendung bei Rohrleitungen	23
A.2.1	Messung der Wellendämpfung	23
A.2.2	Kreuzkorrelation	23
A.2.3	Molchtechnik.....	23
A.3	Anwendung der Dichtheitsprüfung während der Hydroprüfung von nuklearen Druckgeräten	26
A.3.1	Ziel und Anwendungsbereich	26
A.3.2	Technik	27
A.3.3	Überwachung der Hypoprüfung des Primärkreislaufs	27
A.3.4	Qualifizierung und wichtigste Ergebnisse	28
A.4	Anwendung an Tankböden.....	29
A.4.1	Anwendungsbereich	29
A.4.2	Allgemeines	29
A.4.3	Prüfergebnis	31
A.5	Dichtheitsprüfung von Sicherheitsbehältern	31
A.5.1	Hintergrund	31
A.5.2	Globale Überwachung.....	31
A.5.3	Akustisches Feld-Mapping in der Nähe einer Leckquelle — lokale Überwachung	31
A.5.4	Abhängigkeit des Leckgeräuschs von der Druckdifferenz	32
	Literaturhinweise	34

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16696:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die allgemeinen Grundlagen fest, die für die Dichtheitsprüfung mittels Schallemission (en: acoustic emission, AE) erforderlich sind. Die Norm behandelt die Anwendung der Technik bei Strukturen und Bauteilen, bei denen ein Leckagestrom aufgrund von Druckdifferenzen auftritt und Schallemission hervorruft.

Sie beschreibt Phänomene der Entstehung von Schallemission und den Einfluss der Art des Fluid, der Spaltform, der Wellenausbreitung und der Umwelt.

Es werden verschiedene Anwendungsverfahren, Messgeräte und Darstellungen der Ergebnisse der Schallemission erörtert. Die Norm enthält außerdem die Richtlinien für die Erstellung der Anwendungsdokumente, die spezielle Anforderungen an die Anwendung der Schallemissionsprüfung beschreiben.

Die Norm enthält verschiedene Anwendungsbeispiele.

Sofern in den in Bezug genommenen Dokumenten nichts anderes festgelegt ist, gelten die Mindestanforderungen dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN 473, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*

EN 1330-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 1: Allgemeine Begriffe*

EN 1330-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 2: Begriffe, die von allen zerstörungsfreien Prüfverfahren benutzt werden*

EN 1330-9, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 9: Begriffe der Schallemissionsprüfung*

EN 13477-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemissionsprüfung — Charakterisierung der Prüfausrüstung — Teil 1: Gerätebeschreibung*

EN 13477-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemissionsprüfung — Charakterisierung der Prüfausrüstung — Teil 2: Überprüfung der Betriebskenngrößen*

EN 13554, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemissionsprüfung — Allgemeine Grundsätze*

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1330-1, EN 1330-2 und EN 1330-9.

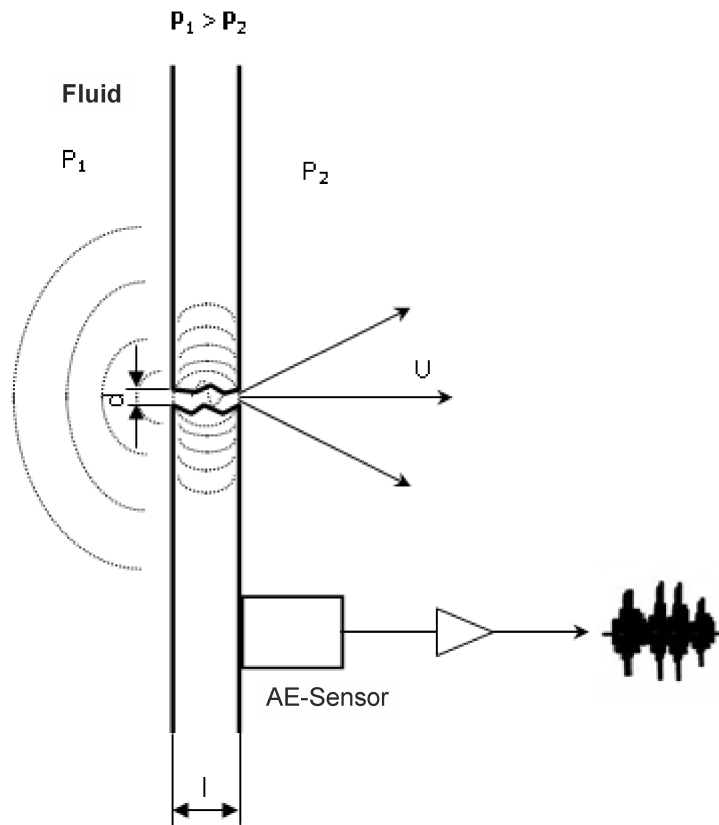
Die Definitionen von „Leck“, „Leckagerate“ und „dicht“ entsprechen den Definitionen nach EN 1330-8 „Begriffe für die Dichtheitsprüfung“.

4 Qualifizierung von Personal

Es wird angenommen, dass die Schallemissionsprüfung von qualifiziertem und kompetentem Personal durchgeführt wird. Um die Qualifikation nachzuweisen, wird empfohlen, das Personal nach EN 473 zu zertifizieren.

5 Grundlagen der Schallemissionsprüfung

5.1 Phänomen der Schallemission



Legende

Bild 1 — Schematische Darstellung des Prinzips der Schallemission und ihres Nachweises

Die kontinuierliche Schallemission sieht bei einem Leck wie ein scheinbarer Anstieg des Hintergrundgeräuschs aus. (Transienten von Druckschwankungen sind völlig unterschiedlich; sie führen zu einer Breitband-Schallemission.) Zeitliche Abweichungen von Druckschwankungen sind völlig unterschiedlich; das Frequenzspektrum des akustischen Rauschens ist dann sehr breit.

Tabelle 1 — Einfluss verschiedener Parameter auf die AE-Aktivität

	Parameter	Stärkere Aktivität	Geringere Aktivität
5.2	Prüfmedium	Gas zweiphasig	flüssig
	Viskosität	niedrig	hoch
	Art der Strömung	turbulent	laminar
	Fluidgeschwindigkeit	hoch	niedrig
5.3	Druckdifferenz	hoch	niedrig
5.4	Form des Lecks	rissähnlich	Loch
	Leckkanallänge	lang	kurz
	Leckkanaloberfläche	rau	glatt

5.2 Einfluss unterschiedlicher Medien und unterschiedlicher Phasen

Die Nachweisbarkeit des Lecks hängt von der Art und den physikalischen Eigenschaften des Fluid ab. Diese tragen zum dynamischen Verhalten der Leckageströmung bei (laminar, turbulent; siehe Tabelle 1).

Im Gegensatz zur turbulenten Strömung ruft die laminare Strömung im Allgemeinen keine erkennbaren Schallemissionssignale hervor.

Akustische Signale der Leckage werden im Allgemeinen hervorgerufen durch:

- turbulente Strömung des ausströmenden Gases oder der ausströmenden Flüssigkeit;
- Fluidreibung im Leckkanal;
- Kavitation bei zweiphasiger Strömung (aus Lösung austretendes Gas) durch eine Leckageöffnung;
- den erzeugten plötzlichen Druckanstieg, wenn eine Leckageströmung einsetzt oder aufhört;
- Rückspülen von Partikeln gegen die Oberfläche der überwachten Geräte;
- gasförmiger oder flüssiger Strahl;
- pulsierende Blasen;
- Explosion von Blasen;
- Schockblasen an den Wänden;
- Verdampfen der Flüssigkeit (Flashing)

Die Dauer einer Kavitation in Wasser wird auf einige zehn Mikrosekunden geschätzt, was einer Emissionswellenlänge im Frequenzbereich von einigen kHz bis einigen MHz entspricht.

Kavitation resultiert in einer diskreten Emission, deren Energie sich dann mindestens um eine Größenordnung von der Magnitude der durch Turbulenz verursachten Energie unterscheidet.

Das Frühstadium der Kavitation wird stark vom Gehalt an Gas oder Luft beeinflusst.

Wenn der Gehalt an Gas oder Luft zunimmt, erleichtert das die Dichtheitsprüfung, aber gleichzeitig hat die Signalstärke die Tendenz abzunehmen aufgrund der Wellendämpfung infolge der Luftblasen.

Die durch Lecks hervorgerufenen akustischen Wellen können sich über die Systemwände und die Fluide im Inneren ausbreiten. Die Quelle der akustischen Wellen ist die durch Turbulenz hervorgerufene Schwingung von Fluidmolekülen bei Ultraschallfrequenzen, die beim Übergang von laminarer zur turbulenten Strömung im Leckkanal und wenn sie aus einer Öffnung entweichen auftritt.

Die durch die zuvor erwähnten Faktoren hervorgerufenen Schallwellen werden für die Dichtheitsprüfung und Leckortung verwendet.

5.3 Einfluss von Druckdifferenzen

Die Druckdifferenz ist der wichtigste Faktor, der die Leckagerate beeinflusst. Trotzdem kann das Vorhandensein von Leckkanälen von einem Schwellenwert der Fluidtemperatur oder des Fluiddruckes abhängen. Sowohl druckabhängige als auch temperaturabhängige Lecks wurden untersucht; allerdings in sehr geringer Anzahl. Druckabhängige oder temperaturabhängige Lecks kennzeichnen einen Zustand, in dem keine Leckage auftritt, bis der Schwellenwert des Druckes oder der Temperatur erreicht ist. Zu diesem Zeitpunkt setzt die Leckage plötzlich ein und kann nachweisbar sein. Wenn Druck oder Temperatur umgekehrt werden, folgt die Leckage dem beschriebenen Verlauf bis zum kritischen Punkt, bei dem die Leckage auf null abfällt. Temperatur und Druck werden normalerweise im Verlauf der Dichtheitsprüfung nicht angewandt, um derartige Lecks zu orten. Stattdessen werden sie verwendet, damit vorhandene Inhomogenitäten eine Öffnung hervorrufen, um so die Leckagerate einzuleiten oder bis zur Nachweisgrenze zu erhöhen.

Ein Beispiel für diesen Effekt sind reversible Leckagen an Dichtungen unterhalb der Betriebstemperatur und/oder unterhalb des Betriebsdruckes.

Aufgrund eines Lecks emittierte Schallemissionswellen weisen ein charakteristisches Frequenzspektrum auf, das von der Druckdifferenz und der Form des Leckkanals abhängt. Daher hängt die Nachweisbarkeit des Lecks von der Frequenzantwort des Sensors ab; das ist bei der Auswahl der Prüfausrüstung zu berücksichtigen.

5.4 Einfluss der Geometrie des Leckkanals

Die AE-Intensität eines natürlich komplexen Leckkanals (z. B. Lochfraßkorrosion, Risse durch Ermüdungs- oder Spannungsrisskorrosion) ist im Allgemeinen größer als die, die durch eine genormte künstliche Quelle erzeugt wird, wie z. B. ein bei der Verifizierung verwendetes Bohrloch. Die wesentlichen Parameter, die die Komplexität festlegen, sind der Querschnitt, die Länge und die Oberflächenrauheit des Leckkanals.

5.5 Einfluss der Wellenausbreitung

Schallemissionssignale sind die Antwort eines Sensors auf die in festen Medien erzeugten Schallwellen. Diese Wellen ähneln den sich in Luft und anderen Fluiden ausbreitenden Schallwellen, sind jedoch komplexer, weil feste Medien Scherkräften widerstehen können.

Wellen, bei denen sich das Medium, in dem sie sich ausbreiten, ändert, können ihre Richtung ändern oder reflektiert werden. Neben Reflexion bewirkt die Grenzfläche, dass die Welle von ihrer ursprünglichen Ausbreitungsrichtung abweicht oder im zweiten Medium gebrochen wird. Außerdem kann sich bei Reflexion und/oder Brechung der Wellenmode ändern.

Eine auf eine Grenzfläche zwischen zwei Medien einfallende Welle wird so reflektiert oder gebrochen, dass die Richtungen der einfallenden, reflektierten und gebrochenen Wellen alle in der gleichen Ebene liegen. Diese Ebene wird definiert durch die Richtung, in der sich die einfallende Welle ausbreitet, und durch die Senkrechte zur Grenzfläche.

Nachfolgend sind wichtige Faktoren für die AE-Technik angegeben:

- a) die Wellenausbreitung hat den stärksten Einfluss auf die Form des nachgewiesenen Signals;
- b) die Wellengeschwindigkeit ist entscheidend für die errechnete Position der Schallquelle;
- c) die Dämpfung bestimmt den für einen effektiven Lecknachweis erforderlichen Sensorabstand.

Die Wellenausbreitung beeinflusst die empfangene Wellenform folgendermaßen:

- Reflexionen, Brechungen und Wellenmodeumwandlungen auf dem Weg von der Quelle zum Sensor resultieren in vielen verschiedenen Ausbreitungswegen der unterschiedlichen Wellenlängen;
- auf dem Weg von der Schallquelle zum Sensor, sogar ohne reflektierende Grenzflächen, können mehrere Ausbreitungswege durch die Struktur selbst verursacht werden. Zum Beispiel spiralförmige Wege auf einem Zylinder;
- Trennung unterschiedlicher Wellenkomponenten (verschiedene Wellenmoden, unterschiedliche Frequenzen), die sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ausbreiten;
- Dämpfung (volumetrische Dispersion, Absorption sowie Dämpfung aufgrund der zuvor unter 1. und 3. aufgeführten Auswirkungen).

Die Dämpfung wird durch Flüssigkeiten in einem System oder einem Rohr beeinflusst, die die Ausbreitung der Schallwellen fördern, während Flüssigkeiten außerhalb (z. B. Feuchtigkeit im Boden) die Tendenz haben, das nachweisbare Signal der Schallwellenausbreitung zu verringern. Dieser Effekt hängt von der relativen akustischen Impedanz der verschiedenen Werkstoffe ab.

6 Anwendungen

Die Schallemissionsprüfung bietet viele Möglichkeiten in Industrie und Forschung, Lecks an druckbeaufschlagten Behältern nachzuweisen. Die Schallemission wird angewendet bei:

- a) Druckbehältern;
- b) Rohrleitungen und Rohrleitungssystemen;
- c) Lagertanks;
- d) Druckkesseln;
- e) Kesselrohren;
- f) Autoklaven;
- g) Wärmetauschern;
- h) Sicherheitsbehältern;
- i) Armaturen;
- j) Sicherheitsventilen;
- k) Pumpen;
- l) Vakuumsystemen.