



ÖNORM EN ISO 16148

Ausgabe: 2006-08-01

Normengruppe M

Ident (IDT) mit ISO 16148:2006 (Übersetzung)

Ident (IDT) mit EN ISO 16148:2006

ICS 23.020.30

Gasflaschen – Wiederbefüllbare, nahtlose Gasflaschen aus Stahl Schallemissionsverfahren bei der wiederkehrenden Prüfung (ISO 16148:2006)

Gas cylinders – Refillable seamless steel gas cylinders – Acoustic emission testing (AT)
for periodic inspection
(ISO 16148:2006)

Bouteilles à gaz – Bouteilles à gaz rechargeables en acier sans soudures – Essai par
émission acoustique pour contrôle périodique
(ISO 16148:2006)

Die Europäische Norm EN ISO 16148 hat den Status einer Österreichischen Norm.

Die ÖNORM EN ISO 16148 besteht aus

- diesem nationalen Deckblatt sowie
- der offiziellen deutschsprachigen Fassung der EN ISO 16148:2006.

Fortsetzung
EN ISO 16148 Seiten 1 bis 25

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN ISO 16148

Mai 2006

ICS 23.020.30

Deutsche Fassung

**Gasflaschen - Wiederbefüllbare, nahtlose Gasflaschen aus
Stahl - Schallemissionsverfahren bei der wiederkehrenden
Prüfung (ISO 16148:2006)**

Gas cylinders - Refillable seamless steel gas cylinders -
Acoustic emission testing (AT) for periodic inspection (ISO
16148:2006)

Bouteilles à gaz - Bouteilles à gaz rechargeables en acier
sans soudures - Essai par émission acoustique pour
contrôle périodique (ISO 16148:2006)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. April 2006 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 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

© 2006 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN ISO 16148:2006 D

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Grundlagen.....	6
5 Qualifikation des Prüfpersonals.....	7
6 Besondere Angaben zur Sicherstellung wirksamer Prüfungen	7
6.1 Allgemeines	7
6.2 Druckbeaufschlagung	7
7 Prüfgerät	8
8 Kalibrierung und Überprüfung der Ausrüstung	10
8.1 Kalibrierung.....	10
8.2 Überprüfung der Ausrüstung	10
9 Verfahren	11
10 Echtzeit-Bewertungskriterien	12
11 Prüfbericht.....	12
Anhang A (normativ) Geräteangaben	14
A.1 Sensoren.....	14
A.2 Signalkabel	14
A.3 Kontaktmittel	14
A.4 Vorverstärker.....	14
A.5 Kabel für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung.....	15
A.6 Energieversorgung.....	15
A.7 Signalprozessor.....	15
Anhang B (informativ) Alternatives Verfahren für die Quellenortung	16
B.1 Sensor.....	16
B.2 Signalkabel	16
B.3 Kontaktmittel	16
B.4 Vorverstärker.....	16
B.5 Nachverstärker und Filterung.....	17
B.6 Kabel für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung.....	17
B.7 Digitale elektronische Aufzeichnung.....	17
B.8 Signalprozessor.....	17
Anhang C (informativ) Beispiele für Geräteeinstellungen, Prüfverfahren und Zurückweisungskriterien bei modaler Schallemission (MAE)	19
C.1 MAE-Angaben	19
C.1.1 Einführung in MAE.....	19
C.1.2 Ortungsanalyse.....	19
C.1.3 Ortung von Dehnungs- und Biegeschwingungen.....	20
C.1.4 Reflexionen.....	20
C.1.5 Ortungsmerkmale	21
C.2 MAE-Geräteeinstellungen und Datenanalyse	21
C.2.1 Eingangsgeschwindigkeit.....	21
C.2.2 MAE-Ortung am zylindrischen Teil der Flasche	21
C.2.3 MAE-Ortung an den Böden der Flaschen	21
C.3 Nachfolgende Prüfkriterien.....	21
C.3.1 Zylindrischer Teil der Flasche	21
C.3.2 Flaschenböden.....	21
Anhang D (informativ) Korrekturverfahren für Abstandsamplituden	22
Literaturhinweise	25

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 16148:2006) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 58 „Gasflaschen“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 23 „Ortsbewegliche Gasflaschen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2006, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2006 zurückgezogen werden.

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

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 16148:2006 wurde vom CEN als EN ISO 16148:2006 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

In den letzten Jahren wurden erfolgreich neue Techniken der zerstörungsfreien Prüfung (NDT, en: non-destructive testing) als Alternative zu den konventionellen Verfahren der wiederkehrenden Prüfung bei Gasflaschen, Großflaschen und anderen Behältern eingeführt.

Ein alternatives NDT-Verfahren für bestimmte Anwendungen ist die Schallemissionsprüfung (AT, en: acoustic emission testing), die in einigen Ländern als anerkanntes Verfahren bei der wiederkehrenden Prüfung zugelassen wurde.

Das Prüfverfahren erfordert eine Druckbeaufschlagung, die über dem üblichen Fülldruck liegt.

Das Druckmedium kann entweder Gas oder Flüssigkeit sein.

Messungen der Schallemission (AE) werden zur Bestimmung und Ortung von Schallemissionsquellen angewendet. Andere NDT-Verfahren sind für die Bewertung der Bedeutung der durch die Messungen der Schallemission (AE) entdeckten Emissionsquellen erforderlich. Verfahren für andere zerstörungsfreie Prüfungen werden von dieser Internationalen Norm nicht erfasst. Beispielsweise wird die Ultraschallprüfung mit Scherwellen, Bündelwellen am häufigsten zur Bestimmung der genauen Lage und der Masse der Kerben, die Schallemissionen erzeugen, angewendet.

Diese Internationale Norm enthält zwei AT-Verfahren, diese werden als Verfahren A und Verfahren B bezeichnet (siehe Abschnitt 3).

Mit Einverständnis der von der zuständigen Behörde im Zulassungsland anerkannten Prüf- und Zertifizierungsstelle darf die hydraulische Druckbeanspruchung von Flaschen und Großflaschen durch ein gleichwertiges, auf Schallemission beruhendes Verfahren ersetzt werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm ist eine Richtlinie für die Anwendung der Schallemissionsprüfung (AT) während der wiederkehrenden Prüfung von nahtlosen Flaschen und Großflaschen aus Stahl mit einem Fassungsraum bis zu 3 000 Liter für verdichtete und verflüssigte Gase. Für Flaschen mit einem Fassungsraum bis zu 20 Liter sind wegen der potentiellen Reflexionen von den Enden zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen zu treffen. Diese Prüfung ergibt Anzeigen und Ortungen, die durch eine andere Prüfung auf eine mögliche Kerbe in der Flasche bewertet werden sollten. Diese Internationale Norm gilt für Monolithische Stahlflaschen.

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 6406, *Gas cylinders — Seamless steel gas cylinders — Periodic inspection and testing*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

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

EN 13477-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemissionsprüfung — Gerätecharakterisierung — Teil 1: Gerätebeschreibung*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1330-9 und die folgenden Begriffe.

3.1

bruchkritische Kerbe

Kerbe, die groß genug ist, um den Verlauf des Ermüdungsrissses unter bestimmten Betriebsbedingungen anzuzeigen

3.2

Arbeitsdruck

festgelegter Druck bei einer einheitlichen Temperatur von 288 K (15 °C) in einer vollen Flasche mit der maximal zulässigen Füllung an verdichtetem Gas

ANMERKUNG 1 In Nordamerika wird der Arbeitsdruck oftmals für ähnliche Bedingungen verwendet – gewöhnlich bei 21,1 °C (70 F).

ANMERKUNG 2 Für verdichtete Gase wird der Wert gewöhnlich auf die Flasche gestempelt.

3.3

normaler Fülldruck

Druck, mit dem die Flasche beim Füllen beaufschlagt wird

ANMERKUNG Dieser ist durch die bei der Verdichtung auftretende Wärme üblicherweise größer als der gekennzeichnete Arbeitsdruck.

3.4

Schallemissionsprüfdruck

maximaler Druck, bei dem die Schallemissionsprüfung durchgeführt wird

EN ISO 16148:2006 (D)**3.5****höchstzulässiger Druck**

maximaler Druck, dem ein Behälter ausgesetzt werden kann

ANMERKUNG Bei verflüssigten Gasen ist dies der sich einstellende Druck bei der maximalen Betriebstemperatur (z. B. 65 °C).

3.6**Bereich des Schallemissionsprüfdruckes**

Druckbereich, in dem die Schallemissionen überwacht werden

3.7**Verfahren A**

Schallemissionsprüfung mit einer pneumatischen Druckbeaufschlagung von mindestens 110 % des normalen Fülldruckes

3.8**Verfahren B**

Schallemissionsprüfung mit einer Beaufschlagung mit Wasserdruck bis zum Druck bei der wiederkehrenden Prüfung

3.9**Störquellen**

andere Schallemissionen als auf Grund von Risswachstum oder plastischer Verformung

ANMERKUNG Beispiele für Störquellen sind Reibgeräusche von den Oberflächen der Kerbe, wenn sich die Flasche ausdehnt, oder Reibgeräusche des Walzzunders innerhalb der Kerbe beim Ausdehnen der Flasche.

4 Grundlagen

Wenn Flaschen mit Kerben druckbeaufschlagt werden, können Schallwellen (AE) durch unterschiedliche Quellen (z. B. Störquellen oder aufgrund von Risswachstum) erzeugt werden. Diese Quellen können Schallwellen bei einem Druck, der kleiner, gleich oder größer als der Arbeitsdruck ist, erzeugen. Die Schallwellen breiten sich über die gesamte Struktur aus.

An der Flaschenoberfläche angebrachte piezoelektrische Sensoren nehmen die Schallwellen auf. Sie sind mit einem Signalprozessor verbunden, der die mit dem Wellendurchgang am Sensor verbundenen AE-Signalparameter aufzeichnet. Schallwellen breiten sich mit Durchschnittsgeschwindigkeiten aus. Mit mindestens zwei Sensoren, von denen je einer am Flaschenboden angebracht ist, kann die annähernde Ortung der Schallquellen durch Auswertung der Laufzeitunterschiede der Schallwellen zu den verschiedenen Sensoren erfolgen.

Überschreiten die gemessenen Wellen die festgelegten Werte, müssen derartige Ortungen einer gezielten Nachprüfung (z. B. Ultraschallprüfung) unterzogen werden, um das Vorhandensein von Kerben zu bestätigen und deren Abmessungen zu bestimmen. Von dieser Nachprüfung und davon, ob die Tiefe der Kerbe einen festgelegten Wert übersteigt (dieser Wert hängt von einer Anzahl von Faktoren ab, d. h. Flaschenwerkstoff, Wanddicke, geschätzter Verlauf des Ermüdungsrisses, Berechnungen von bruchkritischen Kerben und von jeglicher praktischen Erfahrung), ist es abhängig, ob die Flasche aus dem Betrieb genommen werden muss.

Erweist sich nach der Prüfung ein erneutes Kalibrierungsverfahren als negativ, muss die betreffende Flasche mittels eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens (NDT), ausgenommen das AE-Verfahren A, erneut untersucht werden.

5 Qualifikation des Prüfpersonals

Schallemissionsprüfungen müssen durch dafür qualifiziertes und befähigtes Personal durchgeführt werden. Für den Nachweis dieser Qualifizierung muss das Personal entsprechend den von den Nationalen Behörden anerkannten zutreffenden Normen zertifiziert werden (z. B. ISO 9712, EN 473, ASNT TC 1A).

6 Besondere Angaben zur Sicherstellung wirksamer Prüfungen

6.1 Allgemeines

Um ungültige AE-Prüfungen bei Anwendung des Verfahrens A zu vermeiden und um den Kaiser-Effekt zu überwinden (siehe ANMERKUNG 1), muss der AE-Prüfdruck den Druck überschreiten, dem die Flasche vorher während des Betriebes ausgesetzt war, d. h. den normalen Fülldruck für verdichtete Gase und den höchstzulässigen Druck für verflüssigte Gase.

Nach der Druckbeaufschlagung über den AE-Prüfdruck hinaus, darf das Verfahren A innerhalb eines Zeitraumes von weniger als einem Jahr oder bevor eine genügende Anzahl von Druckzyklen erfolgt ist (siehe ANMERKUNG 2), nicht durchgeführt werden, da dies die Empfindlichkeit der Prüfung vermindern kann.

Wurde bei Anwendung eines Druckes, der größer als der normale Fülldruck ist, ein Zeitraum von mindestens einem Jahr oder eine ausreichende Anzahl von Druckzyklen nicht erreicht, muss die AE-Prüfung bei 10 % über diesem Überdruck liegen, darf aber den Auslegungsprüfdruck (TP) des Gefäßes nicht überschreiten. Immer wenn ein Gefäß für verflüssigte Gase überfüllt worden ist, muss dies dem Prüfer durch den Eigentümer des Gefäßes oder den Betreiber gemeldet werden. Wenn die AE-Prüfung einen Druck ergibt, der über dem Auslegungsprüfdruck liegt, dann darf Verfahren A nicht angewendet werden. Nur Verfahren B oder eine konventionelle wiederkehrende Prüfung darf durchgeführt werden.

WARNUNG — Es sind geeignete Maßnahmen für einen sicheren Betrieb zu ergreifen und dabei ist jegliche bei der Wasserdruckprüfung freigesetzte Energie aufzufangen. Es ist zu beachten, dass pneumatische Druckprüfungen mehr Vorkehrungen erfordern als Wasserdruckprüfungen, da unabhängig von der Flaschengröße jeder Fehler bei der Durchführung der Prüfung mit großer Wahrscheinlichkeit zum Bersten unter dem Gasdruck führt. Daher sollten diese Prüfungen nur dann durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass die Sicherheitsmaßnahmen den sicherheitstechnischen Anforderungen genügen.

ANMERKUNG 1 Der Kaiser-Effekt ist gekennzeichnet durch das Ausbleiben der Schallemission, bis die vorangegangene maximale Belastung überschritten worden ist.

ANMERKUNG 2 Eine ausreichende Anzahl von Druckzyklen ist abhängig von den Konstruktionsparametern — insbesondere von der Werkstoffzusammensetzung – der Flasche, welche der wiederkehrenden Prüfung unterzogen wird.

6.2 Druckbeaufschlagung

In der Gasindustrie werden im Allgemeinen niedrige Druckbeaufschlagungsraten angewendet. Dies fördert die Sicherheit und verringert die Kosten für neue Geräte. AE-Prüfungen sollten mit ausreichend niedrigen Druckbeaufschlagungsraten durchgeführt werden, um die Verformung der Flaschen im Gleichgewicht mit der aufgetragenen Beanspruchung zu ermöglichen. Die Druckbeaufschlagung sollte so langsam erfolgen, dass keine störenden Geräusche durch das Druckmedium erzeugt werden. Für Verfahren A ist es gängige Praxis, eine Druckanstiegsgeschwindigkeit von annähernd 35 bar/h (3,5 MPa/h) für Großflaschen zu benutzen.

ANMERKUNG Für kleinere Flaschen kann eine höhere Druckbeaufschlagungsrate geeignet sein, vorausgesetzt, es wird nachgewiesen, dass alle nachteiligen Fehler erkannt werden können und dass die Druckbeaufschlagungsrate gering genug ist, um ein Anhalten der Druckbeaufschlagung vor dem Bersten der Flasche zu ermöglichen. Drucksperrn sind nicht erforderlich, können jedoch aus anderen Gründen als AE-Messung nützlich sein.

Störquellen können während der gesamten Druckbeaufschlagung Wellen hervorrufen. Wachstum von Ermüdungsrissen erzeugt gewöhnlich Wellen aufgrund von Drücken, die höher als der normale Fülldruck sind.

EN ISO 16148:2006 (D)

Ist der Druck innerhalb einer Flasche niedrig und Gas das Druckmedium, dann sind die Fließgeschwindigkeiten verhältnismäßig hoch. Strömendes Gas (Turbulenzen) und Einwirkungen durch mitgerissene Partikel können messbare Wellen erzeugen. In Anbetracht dessen kann der Erwerb der AE-Daten bei einem Druck beginnen, der größer als der Anfangsdruck ist (z. B. 1/2 des AE-Prüfdruckes).

ANMERKUNG Nach Abschnitt 3 ist der AE-Prüfdruck der maximale Druck, bei dem die AT durchgeführt wird.

Schwerwiegende Risse können mehr Schallwellen aus Störquellen erzeugen als durch Ermüdungsrisse. Wenn Flaschen druckbeaufschlagt werden, können durch Risse Schallwellen infolge von Drücken erzeugt werden, die niedriger als der normale Fülldruck sind. Ein AE-Prüfdruck, der mindestens um 10 % über dem normalen Fülldruck liegt, ermöglicht Messungen von Wellen aus Störquellen in Kerben und Ermüdungsrisse.

Unnötiges Hintergrundrauschen kann AE-Daten verfälschen oder wertlos machen. Die Anwender müssen sich der folgenden üblichen Quellen von Hintergrundrauschen bewusst sein:

- hohe Füllrate des Gases (messbares Durchflussgeräusch);
- mechanischer Kontakt der Flasche mit Gegenständen;
- elektromagnetische und durch Radiofrequenzen aus umliegenden Rundfunkstationen und durch andere Quellen verursachte Beeinflussung;
- Undichtigkeiten an den Rohr- und Schlauchverbindungen;
- umherfliegende Sandpartikel, Insekten, Regentropfen oder Schnee usw.

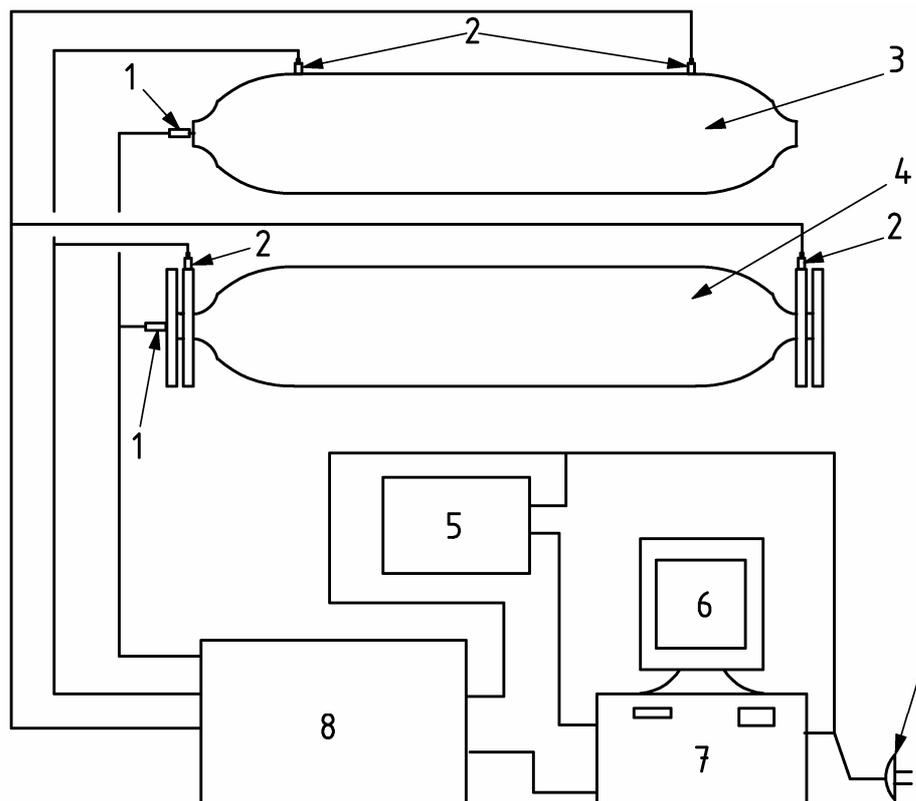
AT darf nicht angewendet werden, wenn das Hintergrundrauschen nicht unterdrückt bzw. nicht ausreichend überprüft wird.

Bei der Durchführung der AT (insbesondere der pneumatischen AT) sind Sicherheitsvorkehrungen zum Schutz des ausführenden Prüfpersonals zu ergreifen wegen des erheblichen Gefahrenpotenzials durch mögliche Freisetzung gespeicherter Energie. Da das AT-Gerät nicht explosionsgeschützt ist, müssen zusätzlich Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden, wenn das Druckmedium ein brennbares Gas ist, wegen der Möglichkeit des Austritts brennbarer Gase.

Es ist wichtig, dass eine gute ständige Kommunikation während des manuellen Prüfbetriebes zwischen dem AT-Prüfer und der Steuerungsstelle für die Druckbeaufschlagung existiert, so dass bei Bedarf die Druckbeaufschlagung unterbrochen oder der Druck verringert werden kann. Während eines automatischen Prüfbetriebes muss dies durch die automatisch funktionierende Prüfausrüstung sichergestellt werden.

7 Prüfgerät

Typische Merkmale der für dieses Prüfverfahren erforderlichen Geräte sind in Bild 1 dargestellt. Vollständige Festlegungen enthält Anhang A. In den Anhängen B und C sind optionale Angaben zur Ortung von Schallquellen enthalten.



Legende

- 1 Druckaufnehmer
- 2 Schallwellen-Sensoren mit integriertem Vorverstärker (zwei für jede Leitung)
- 3 Sensoren an der Seitenwand
- 4 Sensoren an den Endflanschen
- 5 Drucker
- 6 Videobildschirm
- 7 Computer
- 8 Schallwellen-Signalprozessor

^a Energie

Bild 1 — Grundsätzlicher Aufbau des Schallwellen-Prüfstandes

Die Flaschenoberfläche an der Position des Sensors muss gereinigt sein (siehe Abschnitt 9).

Der Sensor muss auf der Flaschenoberfläche mit akustischem Kopplungsmittel befestigt werden. Nur Klebstoffe mit ausreichenden akustischen Eigenschaften sind zulässig (siehe A.3). Sensoren müssen mit der Flaschenwand in Kontakt gehalten werden, um eine entsprechende akustische Kopplung sicherzustellen, z. B. durch Magnete, Klebeband oder andere mechanische Einrichtungen.

Ein Vorverstärker darf im Sensorgehäuse oder in einem separaten Gehäuse untergebracht sein. Bei Verwendung eines separaten Vorverstärkers sind die Kabeleigenschaften als kritisch anzusehen (siehe A.4 und EN 13447-1).

Die Kabellänge für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung (d. h. Kabel zwischen Vorverstärker und Signalprozessor) darf 150 m nicht überschreiten (siehe A.5 und EN 13447-1).

EN ISO 16148:2006 (D)

Signalprozessoren sind computergestützte Geräte mit zugewiesenen Kanälen zum Filtern, Messen und Umwandeln von analogen in digitale Daten, zur Anzeige und zum dauerhaften Speichern. Ein Signalprozessor muss eine ausreichende Rechengeschwindigkeit und ein ausreichendes Speichervermögen haben, damit er alle Daten unabhängig von allen Sensoren gleichzeitig verarbeiten kann. Zusätzlich darf er nicht die Datenverarbeitung unterbrechen und muss eindeutig den Bediener erkennen, sofern eine Situation eintritt, in der ununterbrochenes Rauschen auftritt, z. B. durch Undichtigkeiten am Ventil, Durchflussgeräusche oder wenn eine hohe Schallgeschwindigkeit das Signal dauerhaft oberhalb des Systemschwellenwertes hält. Der Signalprozessor muss ausreichende Möglichkeiten zum Filtern von Daten für die Wiedergabe haben.

Ein Videobildschirm sollte die verarbeiteten Daten in verschiedenen Formaten anzeigen können. Das Anzeigenformat darf durch den Prüfer bestimmt werden.

Ein Speichermedium für Daten, wie eine CD, darf für den Fall der Wiedergabe oder zur Archivierung vorgesehen werden.

Die Möglichkeit zum Ausdrucken der Aufzeichnungen über einen Kurven-/Zeilendrucker oder eine ähnliche Einrichtung muss vorhanden sein.

8 Kalibrierung und Überprüfung der Ausrüstung

8.1 Kalibrierung

Die Drucksensoren müssen jährlich von Personal, das durch Kalibrierlaboratorien zertifiziert wurde, die ihrerseits nach ISO/IEC 17025 oder anderen gleichwertigen Anforderungen zertifiziert worden sind, kalibriert und die richtige Funktionsweise des Gerätes zur Druckbeaufschlagung muss entsprechend dessen Gebrauch wiederholt, z. B. jährlich, überprüft werden.

Die Funktionsfähigkeit des vollständigen AE-Systems muss nach EN 13477-2 oder jeder anderen gleichwertigen Norm überprüft sowie auch nach den Spezifikationen des Geräteherstellers eingestellt werden.

8.2 Überprüfung der Ausrüstung

Vor der Prüfung muss die Funktionsfähigkeit der AE- Messgeräte überprüft werden. Vor und nach der Prüfung müssen die Antwort jedes Sensors mit zugehöriger Messkette und die Genauigkeit der Quellenortung durch Messen der Antwort mit einem veranlassten unechten AE-Signal überprüft werden. Die vorzugsweise anzuwendende Technik zur Durchführung der Überprüfung ist die Hsu-Nielsen-Quelle (siehe EN 1330-9). Der Durchmesser der Bleistiftmine, der Abstand zu den Druckaufnehmern und die zu erwartende Spitzenamplitude sind voneinander abhängig; sie müssen in den schriftlichen Prüfanweisungen festgelegt werden.

Die Überprüfung muss bei einem Abstand erfolgen, bei dem die erwartete Spitzenamplitude innerhalb des Dynamikbereiches der Messkette liegt. Die zulässige Grenzabweichung darf ± 3 dB zwischen allen Kanälen betragen. Jegliche darüber hinausgehende Abweichung muss korrigiert werden.

Die Anwendung eines elektronischen Impulsgebers zur Überprüfung, dass keine nachfolgende Veränderung der Empfindlichkeit im Vergleich zu der bei der Prüfung eintritt, ist eine zulässige Alternative zur Prüfung mit der Hsu-Nielsen-Quelle. Wenn ein Impulsgeber angewendet wird, ist ein zugelassenes Verfahren für den Gebrauch und die Kalibrierung vorzusehen. Bei der Prüfung ähnlicher Flaschen kann der elektronische Impulsgeber auch zur ersten Empfindlichkeitsprüfung verwendet werden, beruhend auf vorher durchgeführten Prüfungen.

9 Verfahren

Die zugänglichen Außenflächen der Flaschen müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden. Beobachtungen sind im Prüfbericht anzugeben (siehe ISO 6406 oder gleichwertige Angaben zu Zurückweisungskriterien). Das Verfahren ist wie nachfolgend angegeben.

ANMERKUNG Zugänglich beinhaltet, dass der Trailer bei der Prüfung nach Verfahren A nicht notwendigerweise geöffnet wird.

- a) Die Flasche ist mechanisch zu isolieren, damit jeglicher Kontakt mit den Oberflächen anderer Flaschen, der Hardware usw. verhindert wird. Kann die Flasche nicht vollständig isoliert werden, sind die äußeren Störquellen, die Schallemissionen hervorgerufen haben können, im Prüfbericht anzugeben.
- b) Der Füllschlauch und der Druckaufnehmer sind anzuschließen. Jegliche Undichtigkeiten an den Verbindungen sind zu beseitigen.
- c) Der Sensor ist auf einer glatten Oberfläche anzubringen, jedoch nicht notwendigerweise auf bloßem Metall. Als Vorsichtsmaßnahme sollte das Koaxialkabel abgestützt werden, so dass der Sensor nicht durch dessen Gewicht von der Flasche getrennt wird (siehe Bild 1).
- d) Die Einstellungen am Signalprozessor sind zu justieren.
- e) Eine Systemüberprüfung muss mit Hilfe eines Bleistiftminenbruches (Hsu-Nielsen-Quelle) oder durch Anwendung eines elektronischen Impulsgebers an der Flasche in einer Entfernung von weniger als 10 cm vom Sensor durchgeführt werden. Es ist zu verifizieren, dass die Spitzenamplitude $70 \text{ dB}_{\text{AE}}$ bei einer 0,3-mm-Bleistiftmine übersteigt. Die Signalprozessorschwelle ist oberhalb des maximalen Hintergrundrauschens zu justieren. Der Dynamikbereich, beschrieben durch die Differenz zwischen der mittleren Spitzenamplitude (Antwort zur Hsu-Nielsen-Quelle) und den Einstellungen der Schwellenwerte hängt von dem angewendeten Verfahren (A oder B) ab. Für Verfahren A wird ein Schwellenwert von 40 dB unterhalb des Mindestwertes der maximalen Spitzenamplitude des Bleistiftminenbruches in einem Abstand von 10 cm empfohlen; für Verfahren B wird ein Schwellenwert von 30 dB unterhalb der Spitzenamplitude des Bleistiftminenbruches in einem Abstand von 10 cm empfohlen.
- f) Es ist zu überprüfen, ob das AE-System die korrekte Lage für die mechanische Einrichtung anzeigt, welche die Schallwellen erzeugt. Dafür müssen Bleistiftminenbrüche an der Flaschenwand innerhalb des axialen Abstandes der zwei Sensoren durchgeführt werden. Der Unterschied zwischen der vom AE-System angezeigten axialen Lage und der tatsächlichen Lage an der Flasche zur Lage der Sensoren muss für jeden Bleistiftminenbruch bestimmt werden. Die Standardabweichung muss $\pm 5 \%$ innerhalb des Sensorabstandes betragen. Die Ungenauigkeit zwischen den tatsächlichen und den festgestellten Lagen darf $\pm 5 \%$ des Sensorabstandes während der Kalibrierung nicht überschreiten. Kann diese Genauigkeit nicht erreicht werden, sollten mehr Sensoren hinzugefügt werden, um den Sensorabstand zu reduzieren und dadurch möglicherweise die allgemeine Ungenauigkeit zu verringern.
- g) Die Druckbeaufschlagung der Flasche ist zu beginnen. Diese ist bei einem exponentiellen Anstieg der AE-Aktivitäten aus jedem Kanal, der eine Funktion des Druckes darstellt, zu unterbrechen. Die Druckbeaufschlagungsraten müssen ausreichend niedrig sein, um sicherzustellen, dass das Durchflussgeräusch nicht aufgezeichnet wird.
- h) Die Prüfung ist durch Beobachtung der Anzeigen von graphischen Darstellungen der AE-Daten, die infolge der axialen Lage erzeugt wurden, zu überwachen. Wenn die AE-Angaben die Kriterien von Abschnitt 10 erfüllen, ist die Druckbeaufschlagung zu stoppen und eine Untersuchung einzuleiten.
 Im Falle einer automatischen Systemsteuerung werden kritische Signale unter der Aufsicht einer Behörde (z. B. zugelassene Stelle) im System gespeichert. Werden diese Signale während der Prüfung erreicht oder übertroffen, muss das System unverzüglich die Prüffolge unterbrechen und den Druck aus dem System entfernen. Gleichzeitig müssen ein optisches Signal (Lampe) und ein akustisches Signal das verantwortliche Prüfpersonal alarmieren.
 Abhängig von der nachfolgenden Prüfung der Flasche durch andere NDT-Verfahren, z. B. Ultraschallprüfung, ist die Flasche zurückzuweisen oder sie kann weiterhin im Betrieb bleiben.
- i) Alle Daten sind auf einem ausreichend großen Speichermedium zu speichern. Die Druckbeaufschlagung ist zu beenden, wenn der Druck den AE-Prüfdruck erreicht. Der Druck muss mit einer Genauigkeit von $\pm 2 \%$ des AE-Prüfdruckes überwacht werden.

10 Echtzeit-Bewertungskriterien

Die Kriterien, die zu einem Stopp der Druckbeaufschlagung bei der Überprüfung der Zurückweisungskriterien oder zu einer Unterbrechung für weitere Analysen von AE-Daten führen, müssen genau festgelegt werden. Hilfsdaten für die Auswahl von Kriterien für einen Prüfstopp müssen einer geeigneten Datensammlung, Norm oder geeigneter Erfahrung entnommen werden können. Das Prüfverfahren kann in verschiedenen Jurisdiktionen angewendet werden, wobei die Zurückweisungskriterien schwanken können, aber durch Vorschriften festgelegt sind.

Die Kriterien, welche zu einer Zurückweisung der geprüften Flasche oder zu einem Stopp in der Abfolge der Druckbeaufschlagung führen, werden durch Faktoren beeinflusst wie:

- Flaschenart;
- Werkstoff und Wärmebehandlung;
- erstmalige oder nachfolgende Druckbeaufschlagung.

Zurückweisungskriterien müssen vor einer Prüfung nach einer geeigneten Datensammlung, Vorschrift oder infolge geeigneter Erfahrung genau festgelegt werden. Flaschen, die aufgrund von AE-Daten zurückgewiesen wurden, müssen einer zweiten Prüfung unterzogen werden (z. B. Ultraschallprüfung), bevor sie wieder in den Betrieb zurückgeführt werden.

Die Echtzeit-Bewertungskriterien müssen auf mindestens einer der folgenden Beobachtungen basieren:

- Anstieg der AE-Aktivität und/oder des Energiegehaltes als Funktion des Druckes auf jedem Kanal;
- Nummer N_1 von örtlich begrenzten Berst-Signalen mit einer korrigierten Spitzenamplitude über einem als „hoch“ festgelegten Wert A_1 ;
- Nummer N_2 von örtlich begrenzten Berst-Signalen mit einer korrigierten Spitzenamplitude unter einem als „niedrig“ festgelegten Wert A_2 innerhalb eines Abstandes von „ X “ % des maximalen Abstandes zwischen den Sensoren.

ANMERKUNG Der Wert X hängt von der Genauigkeit der AE-Ausrüstung, der Anzahl der Sensoren und der Größe der Flasche (z. B. Durchmesser) ab.

Des Weiteren muss bei Verfahren A die pneumatische Druckbeaufschlagung sofort beendet werden wenn:

- der AE-Energiegehalt schrittweise von einem festgelegten Wert ansteigt, d. h., er verdoppelt sich zu zwei aufeinander folgenden Druckintervallen von 5 % des maximalen Prüfdruckes; oder
- einer der vorher festgelegten Werte für N_1 oder N_2 überschritten wird.

ANMERKUNG In Anhang D ist das Beispiel eines Verfahrens zur Messung der Wellendämpfung enthalten, um den Abstand der korrekten Spitzenamplitude zu berechnen (EN 14584).

11 Prüfbericht

Für jede AE-Prüfung ist ein Bericht zu erstellen, der die folgenden Angaben enthält:

- a) Name(n) des/der Flascheneigentümer(s);
- b) Seriennummer(n) und Hersteller;
- c) Prüfdatum und Prüfort;
- d) vorheriges Prüfdatum und vorheriger Prüfdruck;

ANMERKUNG Erfährt der Prüfer von Situationen, in denen die Flasche einem Druck ausgesetzt wurde, der über dem normalen Fülldruck lag, sollten diese im Bericht angegeben werden.

- e) normaler Fülldruck (vom Flascheneigentümer zu liefern) und gekennzeichnete Arbeitsdruck;
- f) Druckmedium;
- g) Druckbeaufschlagungsrate;
- h) Druck, bei dem die Datenerfassung erfolgte;
- i) AE-Prüfdruck;
- j) Lage der AE-Sensoren;
- k) Lage der Schallemissionsquellen, welche die Annahmekriterien überschritten haben, einschließlich dem Abstand von dem Flaschenboden, der die Seriennummer trägt (gewöhnlich wird diese auf die Flasche gestempelt);
- l) alle zulässigen Abweichungen vom AE-Prüfverfahren;
- m) Name, Qualifikation und Unterschrift des Prüfers;
- n) Schaubild, das die relativen Lagen der Flaschen und Nummern zugehöriger Kanäle anzeigt, sofern vorhanden;
- o) Ergebnisse der Sichtprüfung;
- p) AE-Prüfergebnisse einschließlich:
 - Auftragen der Ereignisse über die Lage für jede Flasche;
 - Auftragen der Entfernungen korrigierter Maximalamplituden über die Lage für jede Flasche;
 - Auftragen der sich anhäufenden Ereignisse über den Druck (oder die Zeit) für jeden Kanal an jeder Flasche; und
 - Auftragen der sich anhäufenden Energieinhalte über den Druck für jeden Kanal an jeder Flasche sowie Energieverteilungs-Histogramme von jedem Kanal;
- q) Prüfverfahren und Revisionsnummer;
- r) Typ der AE-Instrumente;
- s) Beschreibung der Druckeinrichtung;
- t) bemaßte Zeichnung der Lage der Sensoren und der simulierten Schallquelle;
- u) Ergebnisse der Systemüberprüfungen einschließlich der erreichten Lagegenauigkeit.

Anhang A (normativ)

Geräteangaben

A.1 Sensoren

Die Sensoren müssen ihre Resonanzfrequenz zwischen 100 kHz bis 400 kHz haben.

Die Empfindlichkeit muss im gesamten Frequenzbereich von 100 kHz bis 400 kHz mehr als -77 dB betragen (bezeichnet als $1 \text{ V}/\mu\text{bar}$, bestimmt in der gegenüberstellenden Ultraschallprüfung).

Die Empfindlichkeit darf im Resonanzfrequenzbereich um nicht mehr als 3 dB im für die Anwendung der Sensoren vorgesehenen Temperaturbereich schwanken.

Sensoren müssen gegen elektromagnetische Einflüsse durch entsprechende Konstruktion oder unterschiedliche Auslegung der Einzelteile (Antikoinzidenz) oder durch beides abgeschirmt sein.

Sensoren müssen von elektrisch leitenden Oberflächen durch eine Unterlage (eine Trägerplatte) isoliert werden.

A.2 Signalkabel

Das Signalkabel, welches den Sensor mit dem Vorverstärker verbindet, darf nicht länger als 1,80 m sein. Sensoren mit eingebautem Vorverstärker erfüllen diese Anforderung. Diese haben inhärent kurze, innen liegende Signalkabel.

Das Signalkabel muss gegen elektromagnetische Störung abgeschirmt sein. Ein übliches Koaxialkabel „rauschfrei“ ist allgemein dafür geeignet.

A.3 Kontaktmittel

Das Kontaktmittel muss während der gesamten Prüfung ausreichende Ultraschallankopplung sicherstellen.

Das Kontaktmittel muss innerhalb des für die Anwendung vorgesehenen Temperaturbereiches thermisch stabil sein.

Klebstoffe dürfen verwendet werden, wenn sie ausreichende Ultraschallankopplung und thermische Stabilität bieten.

A.4 Vorverstärker

Vorverstärker dürfen im Bandfilterbereich nach A.1 einen Rauschpegel von höchstens $3 \mu\text{V}$ r.m.s. (bezogen auf einen Kurzschluss-Eingang) haben.

Die Verstärkung darf innerhalb des in A.1 angegebenen Frequenzbandes und innerhalb des vorgesehenen Temperaturbereiches um nicht mehr als ± 1 dB schwanken.

Der Vorverstärker muss gegen elektromagnetische Störung abgeschirmt sein.

Vorverstärker mit differenzieller Bauweise müssen mindestens 40 dB Gleichtaktunterdrückung aufweisen.

Der Vorverstärker muss einen Bandpassfilter mit mindestens 24 dB je Oktave Signaldämpfung oberhalb und unterhalb des gewählten Frequenzbandes aufweisen. Alternativ dazu dürfen Bandpassfilter dem Vorverstärker in der Messkette nachgeordnet sein.

A.5 Kabel für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung

Die Kabel für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung sorgen für die Energieversorgung der Systemverstärker und übertragen die Verstärkungssignale an den Signalprozessor. Diese müssen gegen elektromagnetische Störung abgeschirmt sein.

Die Signalverluste dürfen höchstens 1 dB je 30 m Kabellänge betragen. Übliche Koaxialkabel „rauschfrei“ sind im Allgemeinen geeignet. Insgesamt darf der Signalverlust im Kabel für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung nicht größer als 3 dB sein.

A.6 Energieversorgung

Eine stabile, geerdete Energieversorgung, die den Festlegungen des Signalprozessor-Herstellers entspricht, ist zu verwenden.

A.7 Signalprozessor

Im Temperaturbereich von 0 °C bis 40 °C darf die Verstärkung der gesamten Messkette um nicht mehr als ± 2 dB schwanken.

Der auslösende Schwellenwert muss auf ± 2 dB gemessen werden.

Die gemessenen AE-Parameter müssen einschließen: die Spitzenamplitude, Energie, Ankunftszeit sowie möglicherweise Dauer der Ereignisse und Anzahl der Signale, die den Schwellenwert überschritten haben. Der Innendruck der Flasche muss ebenfalls gemessen werden.

Die den Schwellenwert überschreitenden Signale müssen mit einer Genauigkeit von ± 5 % der tatsächlichen Signalzahl registriert werden.

Die Spitzenamplitude muss auf ± 2 dB_{AE} gemessen werden.

Die Ankunftszeit auf jeden Kanal muss auf ± 1 μ s gemessen werden.

Die Dauer des Signals ist auf ± 10 μ s zu messen.

Die abgelesenen Spannungswerte von Druckaufnehmern müssen eine Genauigkeit von ± 2 % des gekennzeichneten Arbeitsdruckes haben.

Anhang B (informativ)

Alternatives Verfahren für die Quellenortung

B.1 Sensor

Die AE-Sensoren müssen eine hohe Resonanzfrequenz zwischen 50 kHz bis 350 kHz haben. Der Frequenzgang des Sensors darf innerhalb dieses Frequenzbandes um nicht mehr als 12 dB schwanken.

Die Empfindlichkeit muss im gesamten Frequenzbereich von 50 kHz bis 350 kHz größer als -77 dB sein (bezeichnet als $1 \text{ V}/\mu\text{bar}$, bestimmt im Blockübertragungsverfahren).

Der Sensor-Durchmesser darf höchstens 13 mm betragen, um Einflüsse durch die Öffnung auszuschließen.

Die Empfindlichkeit innerhalb des vorgesehenen Frequenzbereiches darf um nicht mehr als 3 dB innerhalb des Temperaturbereiches variieren, für den die Sensoren vorgesehen sind.

Sensoren müssen gegen elektromagnetische Störungen durch entsprechende Konstruktion oder unterschiedliche Auslegung der Einzelteile (Antikoinzidenz) oder durch beides abgeschirmt sein.

Die Sensoren müssen von elektrisch leitenden Oberflächen durch eine Unterlage (eine Trägerplatte) isoliert werden.

B.2 Signalkabel

Das Signalkabel, welches den Sensor mit dem Vorverstärker verbindet, darf den Sensorausgang um nicht mehr als 3 dB über seine gesamte Länge abschwächen. Sensoren mit eingebautem Vorverstärker erfüllen diese Anforderung.

Signalkabel müssen gegen elektromagnetische Störung abgeschirmt sein. Ein übliches Koaxialkabel „rauschfrei“ ist allgemein dafür geeignet.

B.3 Kontaktmittel

Das Kontaktmittel muss während der gesamten Prüfung ausreichende Ultraschallkopplung sicherstellen.

Das Kontaktmittel muss innerhalb des für die Anwendung vorgesehenen Temperaturbereiches thermisch stabil sein.

Klebstoffe dürfen verwendet werden, wenn sie ausreichende Ultraschallkopplung und thermische Stabilität bieten.

B.4 Vorverstärker

Vorverstärker dürfen im Bandfilterbereich nach B.1 einen Rauschpegel von höchstens $3 \mu\text{V}$ r.m.s. (bezogen auf einen Kurzschluss-Eingang) haben.

Die Verstärkung darf innerhalb des in B.1 angegebenen Bandfilterbereiches und innerhalb des vorgesehenen Temperaturbereiches um nicht mehr als ± 1 dB schwanken.

Der Vorverstärker muss gegen elektromagnetische Störung abgeschirmt sein.

B.5 Nachverstärker und Filterung

Der elektronische Schaltkreis darf innerhalb des Temperaturbereiches von 4 °C bis 40 °C höchstens um ± 2 dB schwanken.

Der Schwellenwert muss auf ± 2 dB gemessen werden.

Die Nachverstärker müssen Bandpassfilter mit mindestens 6 dB je Oktave Signaldämpfung jenseits des Frequenzbandes von B.1 aufweisen.

Die Nachverstärkung darf innerhalb des in B.1 angegebenen Bandfilterbereiches und innerhalb des vorgesehenen Temperaturbereiches um nicht mehr als ± 1 dB schwanken.

Der Nachverstärker muss gegen elektromagnetische Störung abgeschirmt sein.

B.6 Kabel für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung

Die Kabel für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung müssen gegen elektromagnetische Störung abgeschirmt sein. Die Signalverluste dürfen höchstens 1 dB je 30 m Kabellänge betragen. Übliche „rauschfreie“ Koaxialkabel sind im Allgemeinen geeignet. Insgesamt darf der Signalverlust im Kabel für die elektrische Energieversorgung/Signalübertragung nicht mehr als 3 dB betragen.

B.7 Digitale elektronische Aufzeichnung

Der Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) muss die folgenden Festlegungen erfüllen:

- die Auflösung darf nicht weniger als 16 Bits über $1 V_{pp}$ betragen;
- die Taktgeschwindigkeit darf nicht weniger als 5 MHz betragen;
- der Dynamikbereich darf nicht weniger als 80 dB betragen;
- er muss innerhalb des in B.5 festgelegten Temperaturbereiches stabil sein (hinsichtlich des zuvor festgelegten Dynamikbereiches);
- er muss in der Lage sein, Daten im Vorimpuls-Modus zu erreichen.

Das System muss in der Lage sein, transiente Signale mit einer Dauer von weniger als 6 ms (bei einer Leitung von 10 m) zu digitalisieren und aufzuzeichnen, wenn beide Kanäle zu gleichen Zeit ausgelöst wurden, oder muss in der Lage sein, transiente Signale mit einer Dauer von weniger als 3 ms (bei einer Leitung von 10 m) zu digitalisieren und aufzuzeichnen und eine Zeitaufzeichnung von jedem aufgezeichneten Signal bis zu $0,2 \mu s$ zu ermöglichen, wenn die Kanäle unabhängig von einander ausgelöst wurden.

Die abgelesenen Spannungswerte von Druckaufnehmern müssen eine Genauigkeit von ± 2 % des zulässigen Arbeitsdruckes einhalten.

Die Daten für den Druck müssen bei einer Rate von nicht weniger als 1 Hz erreicht werden.

B.8 Signalprozessor

Die Daten der modalen Schallemission (MAE) müssen aus digitalisierten Wellenformen bestehen.

Das System muss dem Anwender die Eingabe der Ausbreitungsgeschwindigkeit für die Wellenart ermöglichen, die für die Ortung verwendet wird.

EN ISO 16148:2006 (D)

Das System muss dem Anwender die Festlegung des Sensor-Abstands ermöglichen.

Das System muss es dem Anwender ermöglichen, die Ankunftszeit der ausgewählten Wellenart entsprechend der erforderlichen Genauigkeit für die Überprüfung des Bleistiftminenbruches festzustellen, welcher für die Ortung in dem digitalisierten Signal angewendet wird.

Aufgezeichnete Wellenformen müssen mit dem Druck markiert werden, bei dem das Ereignis eintrat.

Die Ortungszeit für die Auflösung darf nicht weniger als 0,2 μ s betragen.

Das System muss die Berechnungen für die Ortung unter Verwendung genormter linearer Ortungsalgorithmen durchführen.

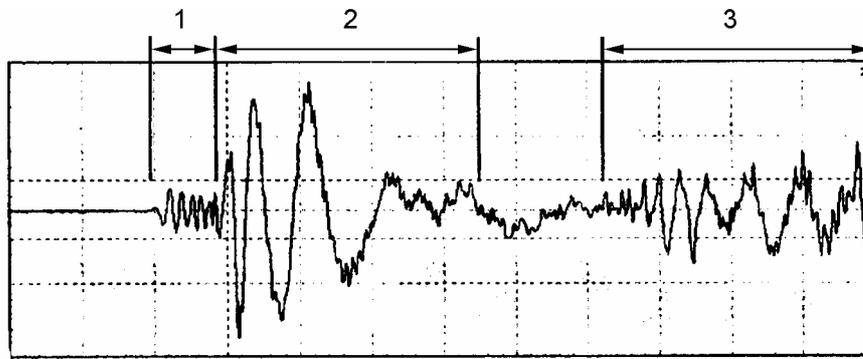
Anhang C (informativ)

Beispiele für Geräteeinstellungen, Prüfverfahren und Zurückweisungskriterien bei modaler Schallemission (MAE)

C.1 MAE-Angaben

C.1.1 Einführung in MAE

Dieser Anhang legt bestimmte Prüfkriterien für die MAE-Prüfung einiger Flaschen fest. Er enthält MAE-Verfahren für die Auswertung der Ortung. Der aktuellen AE-Literatur ist zu entnehmen, dass Ermüdungsrisse in Flaschen aus Stahl zur Freisetzung von Ultraschallwellen führen, die sich als Plattenwellen ausbreiten, insbesondere die geringsten Dehnungs- und Biegeschwingungen, wie im Bild C.1 dargestellt.



Legende

- 1 Dehnungsschwingungen
- 2 Biegeschwingungen
- 3 Reflexion von Biegeschwingungen

**Bild C.1 — Wellenform bei Dehnungs- und Biegeschwingungen
sowie bei der Reflexion von Biegeschwingungen**

C.1.2 Ortungsanalyse

Geräte, die auf AE beruhende Signalparameter angeben, bestimmen die Ankunftszeit mittels eines Hardware-Zeitmessungs-Kreislaufes, der ausgelöst wird, wenn ein beliebiger Teil des zu übertragenden Signals eine Schwellenüberschreitung verursacht. Da Plattenwellen eine signifikante Verteilung darstellen, breitet sich ein anfänglich scharfer Impuls vom Ausgangspunkt aus und ändert seine Form währenddessen beträchtlich (siehe Bild C.2). Ortungsfehler treten dann auf, wenn die Schwellenüberschreitung nicht an den gleichen Phasenpunkten für die Ankunftswellen des Sensors erfolgt. MAE-Messungen ermöglichen dem Anwender die Auswahl der Ankunft der Wellenform aufgrund der Wellenart. Gerätespezifikationen sind in Tabelle C.1 angegeben.

Der Sensoren sind 30 cm voneinander entfernt und der Bleistiftminenbruch erfolgte in der Nähe von Sensor 1. Anders als bei Volumenwellen ist bei Plattenwellen die Ausbreitungsgeschwindigkeit eine Funktion der Frequenz und daher wird die Welle während ihrer Ausbreitung verzerrt.

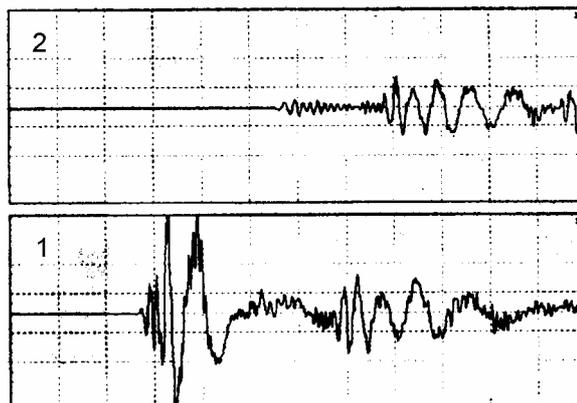


Bild C.2 — Wellenformen mit der Impulsänderung aufgrund der Verzerrung

Tabelle C.1 — Geräte für die modale Schallemission, deren Eigenschaften und Bedingungen für das Einstellen

Parameter	Wert
Sensorempfindlichkeit	-77 dBV bezogen auf 1 V/ μ bar
Kontaktmittel	Siliconfett
Filter Vorverstärker	20 kHz bis 1 000 kHz Bandpass
Filter Signalprozessor	20 kHz bis 1 000 kHz Bandpass
Registrierschwelle	32 dBV (bezogen auf 1 μ V = 0 dB am Vorverstärkereingang)
Hintergrundrauschen	< 27 dBV (bezogen auf 1 μ V = 0 dB am Vorverstärkereingang)
Empfindlichkeitsprüfung	> 80 dBV (bezogen auf 1 μ V = 0 dB am Vorverstärkereingang)
Auflösung des A/D-Wandlers	16 Bits, Bereich 1 V _{pp}
Dynamik des A/D-Wandlers	> 80 dB
Taktgeschwindigkeit des A/D-Wandlers	> 5 MHz
Taktgeschwindigkeit der Parameter	> 1 Hz
Genauigkeit der Parameter	2 % des Betriebsdruckes des Behälters

C.1.3 Ortung von Dehnungs- und Biegeschwingungen

Bei Frequenz x und Dicke < 1 erzeugen Biegeschwingungen Streuungen und Dehnungsschwingungen fast nicht. Bei Frequenz x und Dicke > 1 erzeugen Dehnungsschwingungen Streuungen und Biegeschwingungen nicht (siehe Bild C.1). Zur genauen Ortung muss der Anwender Streukurven in Wellendiagrammen auswerten und feststellen, welche Wellenart Streuungen verursacht und welche nicht. Zur Bestimmung der Ankunftszeiten bei den Sensoren wählt der Benutzer den gleichen Phasenpunkt wie bei den Dehnungsschwingungen. Zur Durchführung der Ortung bei Biegeschwingungen muss der Benutzer die Ankunftszeit der gleichen Frequenzen der Wellenformen benutzen wie bei der Ortung. Dies ist erforderlich, da die Biegeschwingungen in dem die Flaschenprüfung betreffenden Frequenzbereich Streuungen verursachen.

C.1.4 Reflexionen

Reflexionen, die während ihrer Ausbreitung um das Gefäß verlaufen, sollten nicht zur Ortungsanalyse verwendet werden (siehe Bild C.1). Reflexionen können sehr große Amplituden infolge von Konstruktionsstörungen aufweisen, was zu großen Fehlern bei der Ortung führt, wenn sie zur Bestimmung der Laufzeit bei der Ortungsanalyse benutzt werden. Die MAE-Analyse ermöglicht es dem Anwender, diese zu erkennen und von der Analyse auszuschließen.

C.1.5 Ortungsmerkmale

Die Ortung beeinflusst die beobachteten Wellen. Bleistiftminenbrüche erzeugen Wellen mit großen Biegeschwingungen infolge der Verschiebung der Quelle. Ermüdungsrisse erzeugen wegen ihrer größeren Anteile von nicht verschobenen Wellen Wellen mit größeren Dehnungsschwingungen. Der Anwender muss erkennen können, in welcher Weise die Quelle die Wellenarten beeinflusst, um Ortungsberechnungen aufgrund der Wellenarten genau durchführen zu können.

C.2 MAE-Geräteeinstellungen und Datenanalyse

C.2.1 Eingangsgeschwindigkeit

Die bei der Ortungsberechnung verwendete Eingangsgeschwindigkeit wird gemessen. Zur Messung der Geschwindigkeit wird ein Bleistiftminenbruch auf die Sensoren ausgerichtet außerhalb der Sensoranordnung. Die Laufzeit einer bestimmten Wellenart wird gemessen und danach wird der Abstand zwischen den Sensoren durch die Laufzeit dividiert. Dies ergibt die Eingangsgeschwindigkeit, die für jede zu prüfende Flasche ermittelt werden muss.

C.2.2 MAE-Ortung am zylindrischen Teil der Flasche

Der Anwender gibt eine Eingangsgeschwindigkeit für die fragliche Wellenart und den Abstand zwischen den Sensoren an. Die Ankunft dieser Wellenart wird aus den aufgezeichneten Wellenformen ausgewählt und die Differenz der Ankunftszeit der beiden Wellenformen wird berechnet. Die Ortung wird unter Verwendung eines linearen Ortungsalgorithmus, beruhend auf der Differenz der Ankunftszeiten, der Eingangsgeschwindigkeit und der Abstände zwischen den Sensoren, berechnet.

C.2.3 MAE-Ortung an den Böden der Flaschen

Bei Ortungen außerhalb des Sensorenbereiches kann die Entfernung der Ortung berechnet werden, indem die Differenz der Ankunftszeiten und der Dehnungs- und Biegeschwingungen gemessen wird. Die zurückgelegte Entfernung der ausgebreiteten Welle wird durch einen Bereichsalgorithmus, beruhend auf der Eingangsgeschwindigkeit der beiden Wellenarten und der Differenz der Ankunftszeiten, berechnet.

C.3 Nachfolgende Prüfkriterien

C.3.1 Zylindrischer Teil der Flasche

Treten 5 oder mehr Schallemissionsereignisse innerhalb eines axialen Abstandes von 20 cm am zylindrischen Teil der Flasche auf, muss dieser Flaschenbereich einer gezielten zerstörungsfreien Nachprüfung (z. B. Ultraschallprüfung) unterzogen werden. Jede entdeckte Kerbe muss genau geortet und ihre Maße müssen bestimmt werden.

C.3.2 Flaschenböden

Treten 5 oder mehr Schallemissionsereignisse außerhalb des Sensorenbereiches auf, muss der Bereich dieser Ereignisse genau bestimmt werden. Liegen sie innerhalb des gleichen Bereiches, dann muss jener Boden der Flasche geprüft werden, die Kerbe genau geortet und die Maße der Kerbe müssen durch zerstörungsfreie Nachprüfungen (z. B. Ultraschallprüfung) bestimmt werden.

Anhang D (informativ)

Korrekturverfahren für Abstandsamplituden

Zwei Verfahren sind als Beispiele angegeben:

- a) Verwendung einer gemessenen Dämpfungskurve: die Entfernung von der Quelle bis zum nächsten Sensor (an dem die Amplituden gemessen werden) auf der Dämpfungskurve (siehe Bild D.1) ist zu verwenden, die Dämpfung, welche über die Entfernung auftritt, zu messen und zu den Quellamplituden zu addieren.
- b) Berechnung durch Schätzen: das gegebene Beispiel kann auf eine gasgefüllte Einrichtung mit einem Wanddickenbereich von 20 mm bis 100 mm angewendet werden.

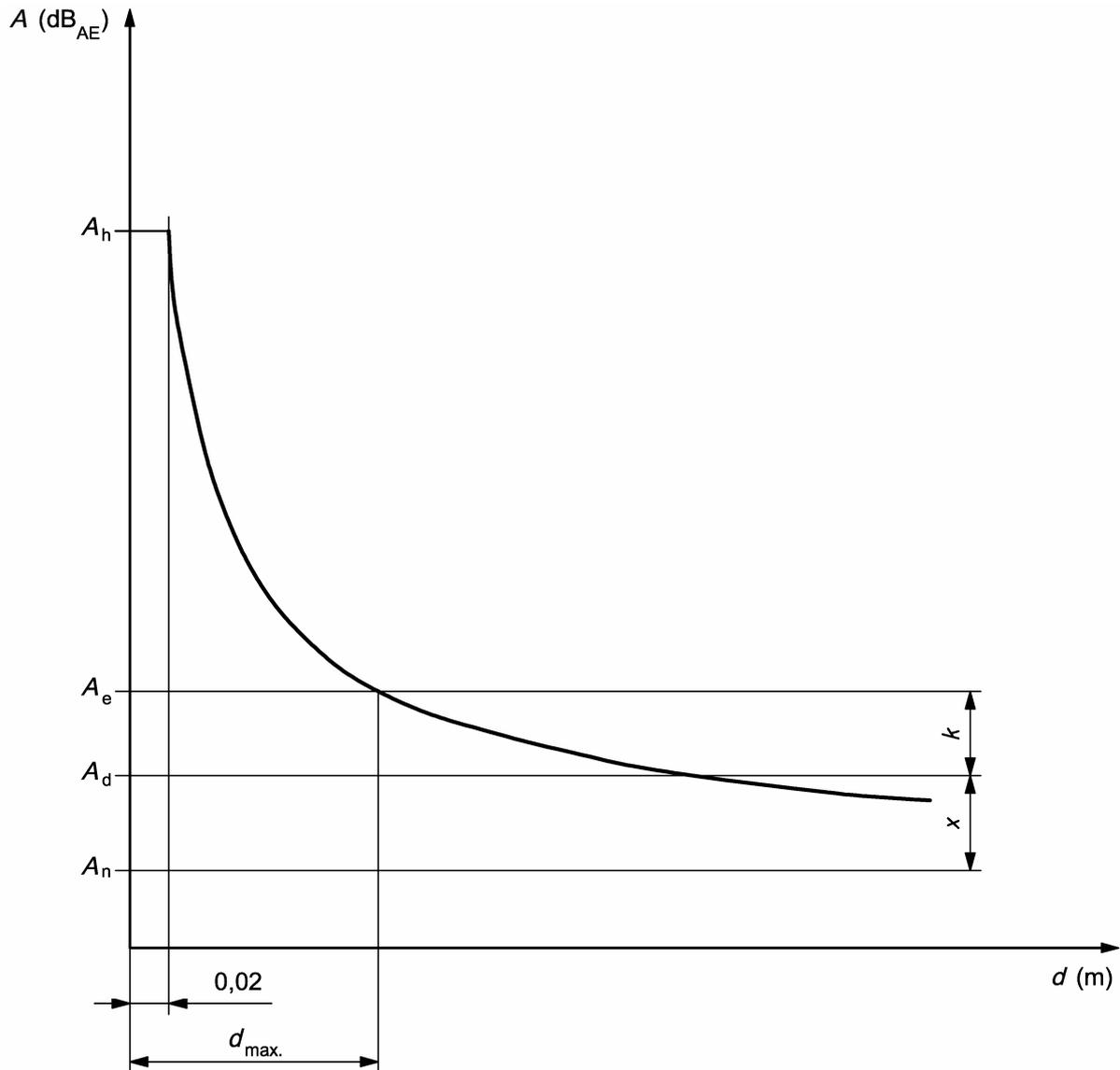
Dies setzt eine Dämpfung im Nahbereich zwischen der Ortung und $20e$ (20fache Wanddicke) von annähernd 25 dB voraus. Die Dämpfung im entfernten Bereich wird unter Verwendung der gemessenen Entfernung zwischen der Signalamplitude der Hsu-Nielsen-Quelle bei $20e$ und der maximalen Entfernung der Entdeckung berechnet. Diese wird als linear angenommen. Die Amplitude wird durch folgende Gleichung korrigiert:

$$A_c = A_m + A_{20e} + \alpha \Delta d \quad (1)$$

Dabei ist

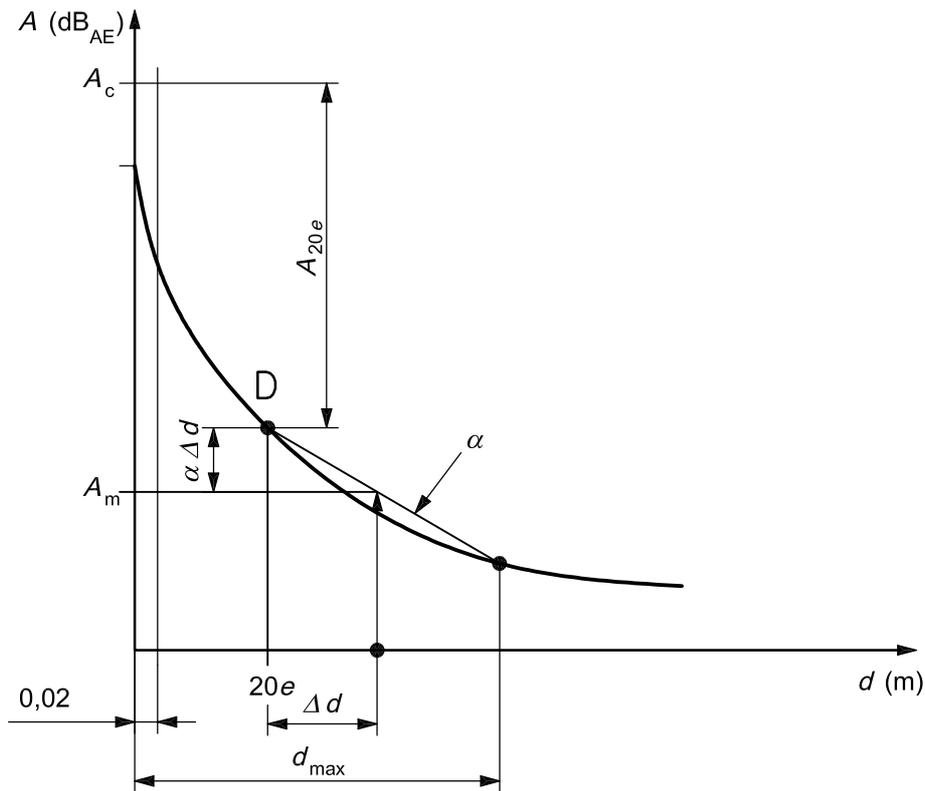
- A_c die korrigierte Quellamplitude (dB_{AE});
- A_m die gemessene Quellamplitude (dB_{AE});
- A_{20e} die gemessene Dämpfung der Hsu-Nielsen-Quelle zwischen einer Entfernung von 20 mm und $20e$ (dB);
- Δd Entfernung von der AE-Quelle zum Sensor – $20e$ (m);
- α der Dämpfungskoeffizient zwischen $20e$ und der maximalen Entfernung der Entdeckung (dB/m).

Beispiel siehe Bild D.2.

**Legende**

- A Amplitude
- A_d erkannter Schwellenwert
- A_e Auswertungs-Schwellenwert
- A_h Amplitude der Hsu-Nielson-Quelle in einem Abstand von $0,02$ m von der Mitte des Sensors
- A_n maximales Hintergrundrauschen
- d Abstand
- k Differenz zwischen dem erkanntem Schwellenwert und dem Hintergrundrauschen in Dezibel
- x Differenz zwischen dem Ausganges-Schwellenwert und dem erkanntem Schwellenwert in Dezibel

Bild D.1 — Bestimmung des maximalen Sensorabstandes von der Dämpfungskurve

**Legende**

- A Amplitude
- A_c die korrigierte Quellamplitude
- A_m die gemessene Quellamplitude
- d Abstand
- α Dämpfungskoeffizient zwischen $20e$ und der maximalen Entfernung der Entdeckung (dB/m)
- Δd Entfernung von der AE-Quelle zum Sensor $-20e$

Bild D.2 — Beispiel zur Kompensation der Entfernung

Literaturhinweise

- [1] ISO 9712, *Non-destructive testing — Qualification and certification of personnel*
- [2] ISO 12713, *Non-destructive testing — Acoustic emission inspection — Primary calibration of transducers*
- [3] ISO 12714, *Non-destructive testing — Acoustic emission inspection — Secondary calibration of acoustic emission sensors*
- [4] ISO 12716, *Non-destructive testing — Acoustic emission inspection — Vocabulary*
- [5] ASTM E 1419, *Standard test method for examination of seamless, gas filled, pressure vessels using acoustic emission*
- [6] CGA C-18, *Methods for acoustic emission requalification of seamless steel compressed gas tubes*
- [7] Blackburn, P.R., "Periodic AE re-tests of seamless steel gas cylinders," *Acoustic emission standards and technology update*, ASTM STP 1353, S.J. Vahaviolos Ed.
- [8] EN 473, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*
- [9] EN 14584, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemission — Prüfung von metallischen Druckgeräten während der Abnahmeprüfung — Planare Ortung von Schallemissionsquellen*
- [10] ASNT TC1A, *Recommended Practice for Personnel Qualification and Certification*.
- [11] Kesten, M., and Sager, D., "The Use of Alternative Testing Procedures for the Retesting of Gas Cylinders and Pressure Vessels"
- [12] Barthélémy, H.M., "Acoustic emission — current practice and future directions," *Periodic inspection of compressed gas cylinders and transport vessels by using AET*, ASTM STP 1077, Feb. 1991
- [13] ASTM 2223, *Standard Practice for examination of seamless, gas-filled, steel pressure vessels using angle beam ultrasonics*