

DIN EN 17391

ICS 19.100

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Schallemissionsprüfung –
Überwachung der Schallemission von metallischen Druckgeräten und
-strukturen im Betrieb –
Allgemeine Grundsätze;
Deutsche Fassung EN 17391:2022**

Non-destructive testing –
Acoustic emission testing –
In-service acoustic emission monitoring of metallic pressure equipment and structures –
General requirements;
German version EN 17391:2022

Essais non destructifs –
Contrôle par émission acoustique –
Surveillance en service par émission acoustique des équipements et structures métalliques
sous pression –
Exigences générales;
Version allemande EN 17391:2022

Gesamtumfang 45 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 17391:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung dieser Norm wurden dabei vom Arbeitsausschuss NA 062-08-23 AA „Ultraschallprüfung“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) wahrgenommen.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Deutsche Fassung

Zerstörungsfreie Prüfung —
Schallemissionsprüfung —
Überwachung der Schallemission von metallischen
Druckgeräten und -strukturen im Betrieb —
Allgemeine Grundsätze

Non-destructive testing —
Acoustic emission testing —
In-service acoustic emission monitoring of metallic
pressure equipment and structures —
General requirements

Essais non destructifs —
Contrôle par émission acoustique —
Surveillance en service par émission acoustique des
équipements et structures métalliques sous pression —
Exigences générales

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. März 2021 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 CEN-CENELEC-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 Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Qualifizierung von Prüfpersonal	7
5 Informationen im Vorfeld der Überwachung	7
5.1 Informationen zur Konstruktion	7
5.2 Betriebsbedingungen	7
5.3 AE-Ereignismechanismen	8
5.3.1 Allgemeines	8
5.3.2 Risswachstum	8
5.3.3 Korrosion	9
5.3.4 Reibung, Reibverschleiß und Kavitationserosion	9
6 Überwachungsmethodik	9
6.1 Periodische, temporäre oder kontinuierliche Überwachung	9
6.2 Vor-Ort- oder ferngesteuerte Überwachung	10
6.3 Beaufsichtigte oder automatisierte Überwachung	11
7 Überwachungsmessgeräte	12
7.1 Systemanforderungen	12
7.2 Sensoren und Vorverstärker	12
7.2.1 Allgemeine Anforderungen	12
7.2.2 Frequenzbereich (Bandbreite)	13
7.2.3 Koppelmittel	13
7.2.4 Montageverfahren	13
7.2.5 Temperaturbereich, Einsatz von Wellenleitern	13
7.2.6 Verwendung in explosionsgefährdeter Atmosphäre	13
7.2.7 Eingetauchte Sensoren	14
7.2.8 Integrierte Elektronik (Verstärker, Bandpassfilter, RMS-Wandler, ASL-Wandler)	14
7.2.9 Erdung	14
7.2.10 Externe Vorverstärker	14
7.2.11 Sensor- und Vorverstärkercabel	14
7.3 Tragbare AE-Geräte	15
7.4 Einkanal- oder Mehrkanal-AE-Geräte	15
7.5 Messparameter	15
7.5.1 Parameter eines transienten Signals	15
7.5.2 Parameter eines kontinuierlichen Signals	15
7.6 Verifizierung der Sensorempfindlichkeit und Kopplungsgüte	16
7.7 Externe Parameter	16
7.8 AE-System	16
7.9 Überwachung in gefährdeten Bereichen	17
8 Messungen im Vorfeld der Überwachung	17
8.1 Wellenausbreitungsverhalten	17
8.1.1 Allgemeines	17

8.1.2	Umhüllungen für Flüssigkeiten oder Gase	17
8.1.3	Wanddicke	17
8.1.4	Geometrie der Konstruktion	18
8.1.5	Isolierung	18
8.1.6	Oberflächenvorbereitung	18
8.2	Hintergrundgeräuschmessung	18
8.2.1	Repräsentative Anordnung	18
8.2.2	Prozessgeräusch	18
8.2.3	Sonstige Störgeräusche	19
8.2.4	Dauer der Geräuschaufzeichnung	19
8.3	Empfindlichkeit der AE-Überwachung unter Verwendung linearer oder planarer Ortung	19
9	Überwachungsverfahren	19
9.1	Sensorpositionierung	19
9.2	Externe Parameter	20
9.3	Verifizierung von Messgeräten	20
9.4	Datenerfassung und Online-Filterung	20
10	Datenanalyse	21
10.1	Allgemeines	21
10.2	Online-Analyse	21
10.3	Datenverarbeitung	21
10.3.1	Allgemeines	21
10.3.2	Analyse des Hintergrundgeräuschs	22
10.3.3	Datenanalyse vor der Ortung	22
10.3.4	Ortung des AE-Ereignisses	22
10.3.5	Clusteranalyse	23
10.3.6	Mustererkennung	23
11	Interpretation und Bewertung einer AE-Quelle	24
11.1	Interpretation von AE-Ergebnissen	24
11.2	Kriterien zur Quellenbewertung	24
11.3	Klassifizierung von AE-Quellen	28
11.4	Verifizierung von AE-Quellen und Folge-ZfP	28
12	Dokumentation und Berichterstattung	28
Anhang A (informativ) Ermüdungsrisswachstum und damit verbundene Schallemissionen, angewendet auf die Überwachung maritimer Konstruktionen		30
A.1	Leistung, Energie und Intensität der Schallemission	30
A.1.1	Allgemeines	30
A.1.2	Schallemissionsleistung	30
A.1.3	Schallemissionsenergie	30
A.1.4	Schallemissionsintensität	31
A.2	AE-Leistung und resultierende Wellen aus einem Mikrobruch-Ereignis (AE-Quelle)	31
A.3	AE-Nachweisbarkeit	32
A.4	Ermüdungsrisswachstum	33
A.5	Kritische Risstiefe	36
A.6	Risswachstumsrate und erforderliche Dauer der Überwachung	36
A.7	AE-Überwachung der Ermüdung von Schiffshüllenkonstruktionen	40
Literaturhinweise		42

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 17391:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2022 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

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

Einleitung

Die Schallemissionsprüfung (AT, en: acoustic emission testing) ist für den Nachweis von Ungängen in metallischen Strukturen fest etabliert. Des Weiteren ist die Schallemissionsprüfung weitgehend akzeptiert und wird während hydraulischer oder pneumatischer Prüfungen angewendet. Die Überwachung der Schallemission (AE, en: acoustic emission) im Betrieb kann eine allgemeine Überwachung von Strukturdetails für den frühen Nachweis aktiver Risse und der Schadensentwicklung bieten. Sie ermöglicht, gestützt auf eine Schadensbewertung hinsichtlich der Lebensdauer, die anschließende zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) zu Zwecken der Bestätigung und Bemessung des Schadens zu lenken.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen an die Überwachung der Schallemission (AE) während des Betriebs fest. Es bezieht sich auf die Erkennung, Ortung und Klassifizierung von AE-Quellen von metallischen Druckgeräten und andere Konstruktionen, wie Brücken, Brückenseile, Krane, Lagertanks, Rohrleitungen, Windenergiemaste, Schiffe und Offshore-Bauwerke. Die Überwachung kann periodisch, temporär oder kontinuierlich, vor Ort oder ferngesteuert, beaufsichtigt oder automatisiert erfolgen. Das Ziel der AE-Überwachung ist, Bereiche zu bestimmen, die aufgrund von Schäden oder Fehlerentwicklungen akustisch aktiv sind.

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 1330-1:2014, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 1: Allgemeine Begriffe*

EN 1330-2:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 2: Begriffe, die von allen zerstörungsfreien Prüfverfahren benutzt werden*

EN 1330-9:2017, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 9: Begriffe der Schallemissionsprüfung*

EN 13477-1:2001, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemissionsprüfung — Charakterisierung der Prüfausrüstung — Teil 1: Gerätebeschreibung*

EN 13477-2:2010, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemissionsprüfung — Charakterisierung der Prüfausrüstung — Teil 2: Überprüfung der Betriebskenngrößen*

EN 13554:2011, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemissionsprüfung — Allgemeine Grundsätze*

EN 60529:1991, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*¹

EN ISO/IEC 17025:2017, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1330-1:2014, EN 1330-2:1998 und EN 1330-9:2017.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

¹ Korrigiert bzw. geändert durch EN 60529:1991/Corrigendum Mai 1993, EN 60529:1991/A1:2000, EN 60529:1991/A2:2013, EN 60529:1991/AC:2016-12 und EN 60529:1991/A2:2013/AC:2019-02.

4 Qualifizierung von Prüfpersonal

Es wird vorausgesetzt, dass die Überwachung mittels Schallemission von qualifiziertem Personal durchgeführt wird. Um diese Qualifizierung nachzuweisen, wird empfohlen, das Personal in Übereinstimmung mit EN ISO 9712 zu qualifizieren.

5 Informationen im Vorfeld der Überwachung

5.1 Informationen zur Konstruktion

Die Überwachung der Konstruktion ist abhängig von den historischen Betriebsdaten. Die Kenntnis der Betriebsbedingungen (z. B. maximales Belastungsniveau, Lastspiele bei Wechselbeanspruchung, Umgebungsbedingungen) und möglicher Reparaturen sind Hauptfaktoren für die Bestimmung der Überwachungsstrategie.

Die Zugänglichkeit der Konstruktion muss berücksichtigt werden, wenn die Überwachungsaufgabe geplant, gestaltet und durchgeführt wird.

Die Art und Größe der Konstruktion (sowie andere Faktoren) bestimmen, ob die Überwachung global oder lokal erfolgen kann. Falls Schädigungen in einigen spezifischen Bereichen der Konstruktion erwartet werden, muss sich die Sensorkonfiguration auf diese Bereiche konzentrieren, um die mögliche Schadensentwicklung zu überwachen. In diesem Fall darf die Überwachung beschränkt werden auf:

- einen bekannten Schadensmechanismus an einem spezifischen Ort aufgrund von Erfahrung oder
- stark belastete Bereiche (Schwachstellen) mit bekannter oder vorhergesehener Versagensanfälligkeit (z. B. Finite-Elemente-Analyse).

5.2 Betriebsbedingungen

Im Fall einer potenziell explosionsgefährdeten Umgebung sollten die verwendeten Messgeräte und deren Installation der Richtlinie 2014/34/EU (ATEX) [7] entsprechen. Besonders Sensoren und Vorverstärker müssen nach ATEX zertifiziert sein.

Bei Konstruktionen, die über oder unter einem bestimmten Temperaturniveau betrieben werden (z. B. oberhalb +80 °C oder unterhalb -40 °C), müssen spezielle Messgeräte für hohe/niedrige Temperaturen verwendet werden. Entsprechendes Augenmerk muss auf das Sensor-Koppelmittel (siehe 7.2.3) gelegt werden.

Eine hohe Betriebstemperatur kann die Schadensmechanismen in der Konstruktion entweder selbst oder in Kombination mit der Belastung beeinflussen (z. B. erfordert Hochtemperaturkorrosion eine Hochtemperaturumgebung).

Im Fall von Niedertemperatur-Betriebsbedingungen muss auf die Bruchzähigkeit (Zäh-Spröd-Übergang) des Materials der Konstruktion geachtet werden. Wenn die Konstruktion, wie in vielen Fällen, isoliert ist, sollte die Reifbildung in den Öffnungen der Isolierung verhindert werden, damit die AE-Überwachung nicht durch Rissbildung des gefrorenen Produkts gestört wird.

Wenn sich die Konstruktion im Außenbereich (im Freien) befindet, können Naturereignisse wie Wind, Regen oder Hagel die AE-Überwachung stören. Derartige Naturereignisse müssen bei der Vorbereitung des Überwachungsverfahrens berücksichtigt werden. Falls die Konstruktion nicht vor der Umgebung geschützt werden kann, müssen diese Naturereignisse gemessen sowie aufgezeichnet werden und die Daten der zugehörigen parametrischen Eingangsgrößen mit den AE-Daten korreliert werden.

Im Fall von aggressiven und/oder korrosiven Umgebungen, wie sie auftreten bei

- Schiffs- oder Offshore-Konstruktionen (z. B. salzhaltiger Nebel, Wellengang, Stürme usw.),
- Konstruktionen von Chemieanlagen (z. B. Säure),
- kerntechnischen Anlagen (z. B. Strahlung),

muss besondere Sorgfalt zum Schutz sämtlicher exponierter AE-Messgeräte, -Sensoren und -Vorverstärker aufgewendet werden. Das Datenerfassungssystem muss sich soweit wie möglich von den vorstehend genannten Gefahrenbereichen entfernt befinden.

Im Fall von Konstruktionen zum Betrieb unter hohen oder niedrigen Temperaturen müssen im Vorfeld Messungen unter Bedingungen durchgeführt werden, die den realen Betriebsbedingungen möglichst nah kommen.

Der Einfluss des Prozessgeräuschs auf die Empfindlichkeit der Überwachung muss vor Beginn der eigentlichen Überwachung bestimmt werden.

Der Auftraggeber/Eigentümer/Betreiber muss sämtliche Informationen zu den verschiedenen Prozessphasen bereitstellen. Für die Bestimmung, ob die Überwachung kontinuierlich oder periodisch möglich ist, müssen Prozessperioden mit den rauesten Betriebsbedingungen berücksichtigt werden.

5.3 AE-Ereignismechanismen

5.3.1 Allgemeines

In technischen Anwendungen wird die Nachweisbarkeit früher Stadien strukturellen Abbaus oder struktureller Schädigung, z. B. aufgrund von Ermüdung und Spannungskorrosion, durch Materialversprödung unterstützt (niedrige Temperatur, Wasserstoffversprödung oder strahlungsinduzierte Versprödung, aufgehärtete Wärmeeinflusszone von Schweißnähten). Die Nachweisbarkeit kann durch aus sekundären Effekten oder Prozessen induzierte größere AE-Ereignisse im Materialvolumen verbessert werden. Sekundäre Effekte sind häufig von größerer Bedeutung für die frühe Nachweisbarkeit von Rissen im Vergleich zum stabilen Risswachstum.

Gleichzeitig auftretende sekundäre Effekte oder Prozesse können starke Quellen mit hoher Schallemissionsaktivität und/oder höheren Maximalamplituden von transienten Signalen durch die Überlappung vieler einzelner Ereignisse geringer Energie erzeugen, z. B.:

- lawinenartige Versetzungsprozesse in einer ausgedehnten plastischen Zone an der Spitze großer Risse;
- Reibung von nicht korrodierten oder korrodierten Rissflächen oder durch Spannungsübertragung induzierte lokale Grenzflächenreibung während Öffnungs-/Schließvorgängen von Ermüdungsrissen ohne jegliches Risswachstum;
- Prozesse, bei denen Schallemissionen aufgrund der Materialmorphologie ausgesendet werden, die durch örtliche Spannungsfelder um/vor Risspitzen verursacht werden, z. B. Bruch von harten Einschlüssen oder hochschmelzenden Verunreinigungsphasen im Ferritkorn oder von Korngrenzenausscheidungen;
- Bruch von Korrosionsprodukten (z. B. Rostpartikeln) im Inneren oder auf korrodierten Rissflächen usw.

5.3.2 Risswachstum

Ermüdung ist die üblichste Ursache für mechanisches Versagen von Maschinen und Konstruktionen, die Wechselbeanspruchungen ausgesetzt sind. Spannungsrisskorrosion (SCC, en: stress corrosion cracking) ist eine der gängigsten Ursachen für Versagen in chemischen Reaktoren und Fluidübertragungsleitungen.

Schallemission ist empfindlich für mikroskopische Spröbruchereignisse, die stabile Rissausbreitung und korrosionsbedingte Bruchereignisse begleiten. Der Zusammenhang zwischen Schallemissionen aus stabilem Risswachstum in Metallen und den zugehörigen Schadensmechanismen, ob Ermüdung oder Spannungsrissskorrosion, erfordert ein umfassenderes Verständnis der Physik bezüglich plastischer Verformung und Bruchvorgängen auf der Ebene der Kristall-Mikrostruktur.

Anhang A enthält Bruchparameter in Zusammenhang mit den Schallemissionen aus stabilem Ermüdungsrissswachstum in Bezug auf maritime Konstruktionen. Die treibende Kraft hinter dem Risswachstum ist die Spannungskonzentration an der Rissspitze. Solange dem Riss nicht kontinuierlich Formänderungsenergie zugeführt wird, wird er sich nicht ausbreiten.

Andere Mechanismen des stabilen Risswachstums, bei denen Schallemissionen entstehen, sind die wasserstoffinduzierte Rissbildung und die thermisch induzierte Rissbildung. Die AE-Überwachung darf auch für den Nachweis von Wasserstoff-Blasenbildung, Delamination, Kriechen und Alterung (Materialabbau) verwendet werden.

5.3.3 Korrosion

Die Mechanismen der Korrosion sind andere als beim stabilen Risswachstum. Allgemeine Korrosion ist üblicherweise eine großflächige Oberflächenoxidation. Aktivität und Intensität der Schallemission sind abhängig von der Schwere des ablaufenden Korrosionsprozesses.

Darüber hinaus führen Spannungen aufgrund von Druck- oder Temperaturwechsel üblicherweise zu Rissbildung und Ablösung der spröden Oxidschicht, was zu einer hohen Aktivität der Schallemission im gesamten korrodierten Bereich führt.

Andere örtliche Korrosionsprozesse können zu Schäden mit örtlichen Spannungskonzentrationen und daraus folgendem Anriss (z. B. im Bereich von Gasblasen oder Lochfraß) führen.

5.3.4 Reibung, Reibverschleiß und Kavitationserosion

Diese Schadensmechanismen sind besonders intensive Schallemissionsquellen.

Kavitation in einer Flüssigkeit führt zur Implosion von Blasen, die Druckwellen von großer Intensität (bis zu 1 000 MPa) und kurzer Dauer (im Bereich von μs) erzeugen. Insbesondere Schallemissionen von Kavitation führen zu diskreten Ereignissen, deren Schallenergie mindestens eine Größenordnung über solchen Ereignissen liegt, die durch Turbulenzphänomene erzeugt werden.

Reibverschleiß und Reibungsphänomene erzeugen Schallemissionen von hoher Energie; diese Mechanismen können in einem Riss während der Be- und Entlastung der Struktur erzeugt werden.

6 Überwachungsmethodik

6.1 Periodische, temporäre oder kontinuierliche Überwachung

Die Integrität oder der Gesundheitszustand einer Struktur kann durch AE-Überwachung zu jedem beliebigen Zeitpunkt der Gebrauchsdauer untersucht werden, d. h. im Einsatz unter üblichen Betriebsbedingungen, bei Anlauf- und Abschaltzyklen, vorausgesetzt, dass mögliche Schwankungen der Betriebsbedingungen nicht in Konflikt mit technischen Spezifikationen der AE-Instrumentierung oder des Messaufbaus während der Datenerfassung geraten.

Sehr große und/oder komplexe Strukturen, z. B. Schiffshüllen, Offshore-Plattformen oder Brücken lassen AE-Überwachung nur in Bereichen zu, die als stark beansprucht und ermüdungs- und/oder korrosionsempfindlich identifiziert wurden.

Unterschiedliche Methodiken zur AE-Überwachung im Betrieb können in Abhängigkeit vom Ziel der Messung angepasst werden, z. B.:

- temporär (kurz- oder mittelfristig), wenn die Überwachung während eines einzelnen kurzen (Stunden/Tage) oder mittleren (Wochen/Monate) Zeitintervalls durchgeführt wird;
- periodisch, wenn die Überwachung wiederholt an derselben Struktur für spezifische Zeitperioden, nicht notwendigerweise auf Grundlage desselben Zeitintervalls, durchgeführt wird;
- kontinuierlich, wenn die Überwachung dauerhaft an derselben Struktur über einen langen Zeitraum (Monate oder Jahre) durchgeführt wird.

Bei der Auswahl der Methodik und der Dauer der AE-Überwachung muss Folgendes berücksichtigt werden:

- die Art der bekannten oder erwarteten Schadensmechanismen, die Schallemissionsquellen aktivieren, wie Risswachstum, Korrosion, Kavitation;
- die Betriebsbedingungen, wie Temperatur, gefährliche Umgebung, Druckänderungsrate, Fluidstrom, Schwingungs- oder Reibungsgeräusch, Prozesszyklusdauer;
- das Umgebungsgeräusch, z. B. durch Wind, Regen, Abbau thermischer Spannung.

Die erforderlichen Zeitspannen und die Minstdauer der AE-Überwachung müssen für jede Art von Fehler oder Schadensmechanismus sowie für das Stadium und die Geschwindigkeit der Degradation festgelegt werden.

Andere zu berücksichtigende Faktoren umfassen beispielsweise: Anlagenalter, Materialart und Wanddicke, Wechsel von Fluiden oder Speichermedien mit unterschiedlichen Korrosivitäten in Abhängigkeit von der Zeit oder Nutzung im Betrieb, dem Betriebsdruck und der Betriebstemperatur.

Falls die Parameter, die zur Abschätzung der Minstdauer der AE-Überwachung benötigt werden, nur mit großer Unsicherheit bekannt sind, muss kontinuierliche Überwachung angewendet werden.

In jedem Fall muss die Minstdauer der AE-Überwachung verlängert werden, wenn relevante Indikationen (z. B. Cluster von Schallemissionsortungen) nachgewiesen werden oder signifikante Schwankungen der AE-Aktivität oder Intensität auftreten.

Das AE-Messsystem muss bezüglich der überwachten Struktur, des nachzuweisenden Schadensmechanismus und der spezifischen Messbedingungen angepasst werden.

Die AE-Überwachung der Struktur im Betrieb ist eventuell nicht möglich, wenn Störungen aufgrund starker Betriebs- oder Umgebungsgeräuschquellen auftreten. In diesem Fall müssen Maßnahmen ergriffen werden, um den Effekt von Geräuschen zu eliminieren oder auf annehmbare Grenzwerte zu reduzieren, indem AE-Hardware- oder AE-Software-Filter verwendet werden, oder indem sie durch anschließende Klassifizierung der AE-Signale ausgesondert werden.

Die AE-Überwachung von Strukturen darf auch durch Schallemissionsprüfungen (AT) in Verbindung mit einer geeigneten Beanspruchung der Struktur unterstützt werden, um während der Standzeiten Schallemissionen von beschädigten Bereichen anzuregen, oder sie könnte im Rahmen einer routinemäßigen wiederkehrenden Prüfung während einer Betriebsunterbrechung durchgeführt werden.

6.2 Vor-Ort- oder ferngesteuerte Überwachung

AE-Überwachung kann entweder vor Ort oder ferngesteuert durchgeführt werden.

Abgesehen von der traditionellen verdrahteten AE-Sensortechnologie ist auch die AE-Überwachung auf Grundlage eines drahtlosen Sensornetzwerks (WSN, en: wireless sensor network) anwendbar, solange die Anforderungen an die AE-Quellenortung und die Autonomie der Stromversorgung erfüllt werden.

Die schriftliche Prüfanweisung muss die Art der Beaufsichtigung der AE-Überwachungsmessgeräte festlegen.

Während der vor Ort gesteuerten Überwachung wird das AE-System durch das Prüfpersonal beaufsichtigt, welches erforderlichenfalls sofort geeignete Maßnahmen (Hardware oder Software) oder Anpassungen durchführen muss.

Die Vorteile der ferngesteuerten Überwachung sind:

- die Möglichkeit, die Daten zu sichten und zu kontrollieren sowie die Datenverarbeitung aus der Ferne durch Internet-Datenübertragung ohne dauerhafte Anwesenheit eines AE-Systembedieners vor Ort auszuführen und
- die Möglichkeit, viele Orte mit einem Team zu beaufsichtigen.

Die Einschränkungen bei ferngesteuerten Systemen sind:

- das Risiko einer verzögerten Reaktionszeit des Systembedieners für erforderliche Änderungen der Datenerfassungseinstellungen und Hardwarelösungen bei Problemen, die während der Datenerfassung auftreten, und
- das Erfordernis zur Bearbeitung und Komprimierung von AE-Daten auf die Hauptmerkmale durch spezifische Algorithmen für eine schnelle Datenübertragung und Senkung der Hardwarekosten.

6.3 Beaufsichtigte oder automatisierte Überwachung

Ein automatisiertes Überwachungsmessgerät hat Warn- und Alarmfähigkeiten. Ein beaufsichtigtes AE-Überwachungsmessgerät erfordert die Anwesenheit des AE-Systembedieners entweder vor Ort oder außerhalb mit geeignetem Fernzugriff.

In den Fällen, in denen eine AE-Überwachung noch nie durchgeführt wurde oder in denen keine Erfahrung mit dem AE-Verhalten aufgrund der Einleitung und Entwicklung einer spezifischen Schädigung unter besonders kritischen Bedingungen im Betrieb vorliegt, wird eine sorgfältige Überwachung des ersten Versuchs dringend empfohlen. Die AE-Datenerfassung sollte beaufsichtigt werden, bis ein annehmbarer Lernstand erreicht wurde sowie zuverlässige Alarm-/Warneinstellungen festgelegt sind und Fehlalarme vermieden werden.

Häufig angetroffene AE-Quellen, die ein oder mehrere Merkmale von wachsenden Rissen aufweisen oder die Schallemissionen des Ermüdungsrissewachstums überdecken können, schließen Folgendes ein:

- Schweißnähte minderer Qualität mit harmlosen (unbedeutenden) nichtmetallischen Einschlüssen, die unter zyklischer Belastung ohne Entwicklung eines Risses brechen oder sich ablösen können;
- örtlicher Reibverschleiß, Abrieb, Reibung an Kontaktpunkten mit anderen metallischen Komponenten innerhalb der Sensorgruppe;
- Reibung zwischen zwei Komponenten als Ergebnis der relativen Bewegung aufgrund von Schwingung, Wärmeausdehnung, z. B. an Rohrtragsätteln;
- wiederholter Partikelaufrall, Flüssigkeitstropfen an dieselbe Stelle einer Struktur;
- gelegentlicher Gebrauch mechanischer Werkzeuge während Instandhaltungsarbeiten;
- Ablösen und Bruch von spröden Beschichtungen und Korrosionsprodukten;
- Fluidleckagen.

In Fällen, in denen derartige AE-Quellen unwichtig sind, muss das AE-Überwachungsmessgerät so konfiguriert werden, dass Fehlalarme verhindert werden.

7 Überwachungsmessgeräte

7.1 Systemanforderungen

Das AE-Überwachungsmessgerät besteht aus dem AE-System, den AE-Sensoren und -Vorverstärkern, den Kabeln sowie allen anderen Komponenten, die zur Durchführung der Überwachung erforderlich sind.

Die Hard- und Softwarekomponenten des Überwachungsmessgerätes müssen mindestens die Anforderungen nach EN 13477-1:2001 und EN 13477-2:2010 erfüllen.

7.2 Sensoren und Vorverstärker

7.2.1 Allgemeine Anforderungen

AE-Sensoren, Vorverstärker, Koppelmittel und Kabel müssen in Übereinstimmung mit den funktionellen Erfordernissen und den mechanischen Bedingungen und den Umgebungsbedingungen an ihrem Einsatzort ausgewählt werden.

Die folgenden Funktionsanforderungen an den externen oder im Sensor integrierten Vorverstärker müssen berücksichtigt werden:

- einpoliger oder differentieller Eingang;
- Eingangsspannungsbereich und erforderliche Verstärkung;
- Spezifikationen des Eingangsgeräuschs und erforderlicher Dynamikbereich;
- Frequenzbereich und integrierte oder externe Frequenzfilter;
- Langzeitstabilität;
- Impulsfähigkeit und Verfahren für die Prüfimpulserzeugung (gesondert oder im Vorverstärker) für die automatisierte Verifizierung der Kopplungsgüte.

Die folgenden mechanischen Bedingungen müssen berücksichtigt werden:

- Masse und Größe des Sensors und des externen Vorverstärkers, sofern nicht integriert;
- Montageverfahren, Montagehilfen und Koppelmittel;
- ob die Erdung des Sensorgehäuses am Prüfobjekt oder eine Masseisolierung am Prüfobjekt zulässig ist.

ANMERKUNG Für Messgeräte, die in einer potenziell explosionsgefährdeten Atmosphäre installiert sind, sind in den entsprechenden Normen Erdungsbedingungen festgelegt, z. B. in EN 60079-14:2014, Abschnitt 9 bis Abschnitt 14.

Die Messgeräte müssen vor Schäden geschützt werden, die aus der Betriebsumgebung resultieren, wie Chemikalien, Strahlung, Eindringen von Partikeln oder Flüssigkeit. Der Schutzgrad gegen das Eindringen von Feststoffpartikeln und Flüssigkeit muss durch den IP-Code mit Verweisung auf EN 60529:1991¹ festgelegt werden.

Die Messgeräte selbst dürfen weder Gefährdungen erzeugen noch die Integrität des Geräts/der Struktur beeinträchtigen (siehe 7.2.6).