

DIN EN ISO 18081



ICS 19.100

Einsprüche bis 2023-10-18
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 18081:2016-11

Entwurf

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Schallemissionsprüfung –
Dichtheitsprüfung mittels Schallemission (ISO/DIS 18081:2023);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 18081:2023**

Non-destructive testing –
Acoustic emission testing (AT) –
Leak detection by means of acoustic emission (ISO/DIS 18081:2023);
German and English version prEN ISO 18081:2023

Essais non destructifs –
Contrôle par émission acoustique –
Détection de fuites par émission acoustique (ISO/DIS 18081:2023);
Version allemande et anglaise prEN ISO 18081:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-08-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, 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 79 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18081:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 9712	siehe	DIN EN ISO 9712
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025
ISO 20484	siehe	DIN EN ISO 20484

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 18081:2016-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Klarstellung in welchen Fällen unbewegliche Prüfausrüstung verwendet wird;
- c) Bild 2, das eine einstellbare Luftdüse zeigt, hinzugefügt;
- d) Unterabschnitt 9.4 „Wellenart- und wellenbasierte Ortung“ entfernt;
- e) Tabelle 2 über Leckageneinordnung und die notwendigen Aktivitäten bei der Prüfung hinzugefügt;
- f) Unterabschnitt A.5.4 „Abhängigkeit des Leckagegeräusches“ von der Druckdifferenz entfernt;
- g) Abschnitt A.6 „Dichtigkeit in unterirdischen Speichertanks“ aufgenommen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

DIN EN ISO 20484, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Begriffe*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 18081:2023-09

– Leerseite –

**Zerstörungsfreie Prüfung – Schallemissionsprüfung – Dichtheitsprüfung mittels
Schallemission (ISO/DIS 18081:2023)**

Non-destructive testing – Acoustic emission testing (AT) – Leak detection by means of acoustic emission
(ISO/DIS 18081:2023)

Essais non destructifs – Contrôle par émission acoustique – Détection de fuites par émission acoustique
(ISO/DIS 18081:2023)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Qualifizierung des Prüfpersonals	8
5 Grundlagen der Schallemissionsprüfung	8
5.1 Das Phänomen der Schallemission	8
5.2 Einfluss unterschiedlicher Medien und unterschiedlicher Phasen	8
5.3 Einfluss von Druckdifferenzen	10
5.4 Einfluss der Geometrie des Leckagekanals	10
5.5 Einfluss der Wellenausbreitung	10
6 Anwendungen	11
7 Prüfausrüstung	12
7.1 Allgemeine Anforderungen	12
7.2 Sensoren	12
7.2.1 Typische Frequenzbereiche (Bandbreiten)	12
7.2.2 Befestigungstechnik	12
7.2.3 Temperaturbereich, Wellenleiter	12
7.2.4 Eigensicherheit	13
7.2.5 Tauchsensoren	13
7.2.6 Integrierte Elektronik (Verstärker, RMS-Konverter, ASL-Konverter, Bandfilter)	13
7.3 Tragbare und nichttragbare AE-Geräte	13
7.4 Einkanalige und mehrkanalige AT-Geräte	13
7.4.1 Einkanalige Geräte	13
7.4.2 Mehrkanalige Geräte	13
7.5 Bestimmung von Merkmalen (RMS-Wert, ASL-Wert gegen Hit oder kontinuierliche AE gegen Burst-AE)	14
7.6 Systemverifizierung mittels künstlicher Quellen von Leckagegeräuschen	14
8 Verfahrensbeschreibung der Dichtheitsprüfung	14
8.1 Befestigung der Sensoren	14
8.2 Zusätzliche bestimmte Merkmale	15
8.3 Hintergrundgeräusch	16
8.3.1 Allgemeines	16
8.3.2 Umgebungsgeräusch	16
8.3.3 Betriebsgeräusch	16
8.4 Datenerfassung	16
9 Ortungsverfahren	16
9.1 Allgemeines	16
9.2 Ortung mit einem Sensor basierend auf der Schwächung der AE-Wellen	17
9.3 Ortung mit mehreren Sensoren basierend auf Δt -Werten (linear, planar)	17
9.3.1 Schwellenwert- und Spitzenwert-Zeittechnik	17
9.3.2 Kreuzkorrelationstechnik	18
10 Darstellung der Daten	19
10.1 Numerische Darstellung der Daten (Schallpegelmessgerät)	19
10.2 Parameterabhängige Funktion	19
10.3 Frequenzspektrum	20
11 Auswertung der Daten	20
11.1 Leckagevalidierung	20
11.1.1 Vor Ort (während der Prüfung) und außerhalb des Einsatzortes (spätere Analyse)	20
11.1.2 Korrelation mit dem Druck	20

11.1.3	Verwerfen falscher Anzeigen	20
11.2	Abschätzung der Leckagerate	21
11.3	Anforderung an die Folgemaßnahmen	21
12	Qualitätsmanagement-Dokumente	22
12.1	Verfahrensbeschreibung	22
12.2	Prüfanweisung	22
13	Prüfdokumente und Prüfbericht	23
13.1	Prüfdokumente	23
13.2	Prüfbericht	24
Anhang A (normativ) Anwendungen für die Dichtheitsprüfung		25
A.1	Funktionsprüfung von Kondensatabscheidern	25
A.1.1	Kondensatabscheider	25
A.1.2	Prüfausrüstung	25
A.1.3	Prüfpersonal	25
A.1.4	Verfahrensbeschreibung	25
A.1.5	Auswertung der Prüfergebnisse	27
A.1.6	Dokumentation	27
A.2	Dichtheitsprüfung an Rohrleitungen	27
A.2.1	Bestimmung der Wellenschwächung	27
A.2.2	Kreuzkorrelation	27
A.2.3	Molchtechnik	28
A.3	Dichtheitsprüfung während der Wasserdruckprüfung von Primärkreisläufen im Kernkraftwerk	30
A.3.1	Allgemeines	30
A.3.2	Technik	30
A.3.3	Überwachung der Wasserdruckprüfung des Primärkreislaufs	31
A.3.4	Qualifizierung und wichtigste Ergebnisse	31
A.4	Dichtheitsprüfung an Tankböden	32
A.4.1	Allgemeines	32
A.4.2	Prüfung	33
A.4.3	Prüfergebnis	35
A.5	Dichtheitsprüfung an Sicherheitsbehältern	35
A.5.1	Allgemeines	35
A.5.2	Umfassende Überwachung	35
A.5.3	Kartierung des akustischen Feldes in der Nähe einer Leckagequelle — Lokale Überwachung	36
A.6	Dichtheit in unterirdischen Lagertanks	36
A.6.1	Allgemeines	36
A.6.2	Prüfausrüstung	37
A.6.3	Prüfpersonal	37
A.6.4	Verfahrensbeschreibung	37
A.6.5	Auswertung der Prüfergebnisse	38
A.6.6	Dokumentation	39
Literaturhinweise		40

Bilder

Bild 1	— Schematische Darstellung des Prinzips der Schallemission und ihres Nachweises	8
Bild 2	— Einstellbarer Luftstrahl	14
Bild 3	— Beispiel für RMS und Druck als Funktion der mit Zeit	19
Bild A.1	— Prüfaufbau für die Kreuzkorrelation	29
Bild A.2	— Skizze eines Molches	30
Bild A.3	— Positionen der AE-Sensoren am Primärkreislauf eines Kernkraftwerkes	32
Bild A.4	— Sensoranordnung an einem mit Flüssigkeit gefüllten Tank mit schwimmendem Dach	34

Bild A.5 — Akustisches Feld in einem Bereich mit möglicherweise drei Lecks oder einem komplexen Leckagekanal	36
---	-----------

Tabellen

Tabelle 1 — Einfluss verschiedener Parameter auf die AE-Aktivität	9
Tabelle 2 — Leckageeinstufung und Einfluss der Dynamik der Leckageströmung auf die AE-Aktivität	22
Tabelle A.1 — Korrelation zwischen Druck und Temperatur	27
Tabelle A.2 — Zeitraum zwischen den Prüfungen	39

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18081:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 18081:2016 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 18081:2023 wurde von CEN als prEN ISO 18081:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135, *Non-destructive testing*, Unterkomitee SC 9, *Acoustic emission testing*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 18081:2016), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

— xxx xxxxxxxx xxx xxxxx

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die allgemeinen Grundlagen fest, die für die Dichtheitsprüfung mittels Schallemissionsprüfung (en: acoustic emission testing, AT) erforderlich sind. Es behandelt die Anwendung der Technik auf Konstruktionen und Bauteile, bei denen ein Leakagestrom aufgrund von Druckdifferenzen auftritt und Schallemission (en: acoustic emission, AE) hervorruft.

Es beschreibt Phänomene der AE-Entstehung und den Einfluss der Art des Fluids, der Spaltform, der Wellenausbreitung und der Umgebung.

Die verschiedenen Anwendungstechniken, Messgeräte und Darstellungen der AE-Ergebnisse werden erörtert. Außerdem sind Leitlinien für die Erstellung der Anwendungsdokumente, die spezielle Anforderungen an die Anwendung der Schallemissionsprüfung beschreiben, enthalten.

Anhang A enthält Verfahren für Anwendungen der Dichtheitsprüfung.

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).

ISO 9712, *Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel*

ISO 12716, *Non-destructive testing — Acoustic emission inspection — Vocabulary*

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

ISO/TS 18173, *Non-destructive testing — General terms and definitions*

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*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 12716, ISO/TS 18173, EN 1330-1, EN 1330-2 und EN 1330-9.

ANMERKUNG Die Definitionen von Leck, Leckagerate und Dichtheit entsprechen den Definitionen in ISO 20484.

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/>

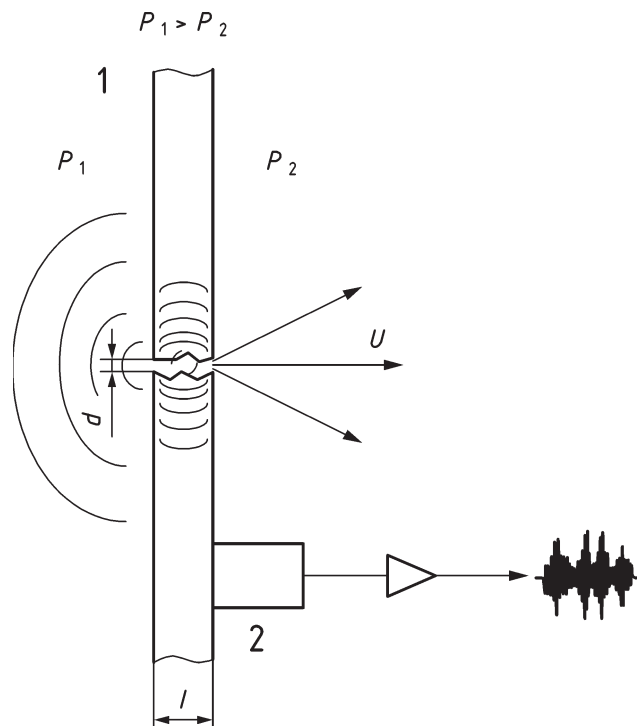
4 Qualifizierung des Prüfpersonals

Es wird angenommen, dass die Schallemissionsprüfung von qualifiziertem und kompetentem Personal durchgeführt wird. Um die Qualifikation nachzuweisen, wird empfohlen, das Personal nach ISO 9712 zu zertifizieren.

5 Grundlagen der Schallemissionsprüfung

5.1 Das Phänomen der Schallemission

Siehe Bild 1.



Legende

- 1 Fluid
- 2 AE-Sensor
- P_1 Druck auf der Seite des Fluids
- P_2 Druck auf der Seite des Sensors
- d Hauptmaß der Lecköffnung
- l Wanddicke
- U austretendes Fluid

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

In einem Frequenzbereich sieht die kontinuierliche Schallemission bei einem Leck wie ein scheinbarer Anstieg des Hintergrundgeräusches in Abhängigkeit vom Druck aus.

5.2 Einfluss unterschiedlicher Medien und unterschiedlicher Phasen

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

Tabelle 1 — Einfluss verschiedener Parameter auf die AE-Aktivität

Unter- abschnitt	Parameter	Stärkere Aktivität	Geringere Aktivität
5.2	Prüfmedium	Gas	flüssig
		zweiphasig	
	Viskosität	niedrig	hoch
	Art der Strömung	turbulent	laminar
	Strömungsgeschwindigkeit	hoch	niedrig
5.3	Druckdifferenz	hoch	niedrig
5.4	Form des Lecks	rissähnlich	Loch
	Länge des Leckagekanals	lang	kurz
	Oberfläche des Leckagekanals	rau	glatt

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

Akustische Signale im Zusammenhang mit einer Leckage werden hervorgerufen durch:

- turbulente Strömung des ausströmenden Gases oder der ausströmenden Fluid;
- Fluidreibung im Leckagekanal;
- Kavitation bei zweiphasiger Strömung (aus einer Lösung austretendes Gas) durch eine Leckageöffnung;
- den plötzlichen Druckanstieg, der entsteht, wenn eine Leckageströmung einsetzt oder aufhört;
- Rückspülen von Partikeln gegen die Oberfläche des überwachten Gerätes;
- gasförmigen oder flüssigen Strahl (Verifizierungsquelle);
- pulsierende Blasen;
- Explosion von Blasen;
- Schockblasen an den Wänden;
- Verdampfen der Flüssigkeit (schlagartig).

Der Frequenzinhalt der Kavitation kann von mehreren kHz bis zu mehreren MHz reichen.

Kavitation resultiert in einer Burstemission, deren Energie mindestens eine Größenordnung höher ist als die der durch Turbulenzen verursachten Energie.

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

Die durch Lecks hervorgerufenen akustischen Wellen können sich sowohl über die Wände der Konstruktion als auch über die Fluide im Inneren ausbreiten.

Akustische Wellen werden durch Schwingung der Moleküle des Fluids mit Ultraschallfrequenzen hervorgerufen. Die Schwingungen werden durch Turbulenz erzeugt und treten beim Übergang zwischen einer laminaren

und einer turbulenten Strömung im Leckagekanal sowie beim Entweichen dieser Moleküle aus einer Öffnung auf.

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

5.3 Einfluss von Druckdifferenzen

Die Druckdifferenz ist der wichtigste Faktor, der die Leckagerate beeinflusst. Jedoch kann das Vorhandensein von Leckagekanälen von einem Schwellenwert der Fluidtemperatur oder des Fluiddrucks abhängen.

Es wurden druckabhängige und temperaturabhängige Lecks beobachtet; allerdings in sehr geringer Anzahl.

Druckabhängige oder temperaturabhängige Lecks kennzeichnen einen Zustand, in dem keine Leckage auftritt, bis ein Schwellenwert des Drucks oder der Temperatur erreicht ist. Zu diesem Zeitpunkt setzt die Leckage plötzlich ein und kann nachgewiesen werden.

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 sich öffnen, 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 Betriebsdrucks.

Schallwellen, die aufgrund eines Lecks emittiert werden, weisen normalerweise ein charakteristisches Frequenzspektrum auf, das von der Druckdifferenz und der Form des Leckagekanals abhängt.

Daher hängt die Nachweisbarkeit des Lecks vom Frequenzgang des Sensors ab; dies muss bei der Auswahl der Prüfausrüstung berücksichtigt werden.

5.4 Einfluss der Geometrie des Leckagekanals

Die AE-Intensität eines natürlichen komplexen Leckagekanals (z. B. Lochfraßkorrosion, Ermüdungsrisse oder Spannungskorrosionsrisse) ist im Allgemeinen größer als die, die durch eine künstliche Quelle erzeugt wird, wie beispielsweise der Verifizierung verwendete Bohrloch.

Die wesentlichen Parameter, die die Komplexität festlegen, sind der Querschnitt, die Länge und die Oberflächenrauheit des Leckagekanals.

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 Fluiden ausbreitenden elastischen Wellen, sind jedoch komplexer, weil feste Medien auch Scherkräften widerstehen können.

Wellen, die von einem in ein anderes Medium wechseln, in dem sie sich ausbreiten, können ihre Richtung ändern oder reflektiert werden. Zusätzlich zur Reflexion bewirkt die Grenzfläche, dass die Welle von ihrer ursprünglichen Ausbreitungsrichtung abweicht oder in das zweite Medium gebrochen wird. Außerdem kann sich bei Reflexion und/oder Brechung die Wellenart 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.

Die folgenden Faktoren sind wichtig für die Schallemissionsprüfung:

- a) die Wellenausbreitung hat den stärksten Einfluss auf die Form der nachgewiesenen Signale;
- b) die Wellengeschwindigkeit ist entscheidend für die errechnete Position der Schallquelle;
- c) die Wellenschwächung bestimmt den für einen effektiven Nachweis größten zulässigen Sensorabstand.

Die Wellenausbreitung beeinflusst die empfangene Wellenform folgendermaßen:

- d) Reflexionen, Brechungen und Wellenumwandlungen auf dem Weg von der Quelle zum Sensor resultieren in vielen verschiedenen Ausbreitungswegen mit unterschiedlichen Längen;
- e) unterschiedliche Ausbreitungswege von der Schallquelle bis zum Sensor können, sogar ohne reflektierende Grenzflächen, durch die Konstruktion selber verursacht werden, zum Beispiel spiralförmige Wege auf einem Zylinder;
- f) Trennung unterschiedlicher Wellenkomponenten (verschiedene Wellenmodi, unterschiedliche Frequenzen), die sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ausbreiten;
- g) Wellenschwächung (volumetrische Dispersion, Absorption sowie Schwächung aufgrund der in 5.5 d) und 5.5 f) aufgeführten Einflüsse).

Die Wellenschwächung wird durch Flüssigkeiten in einer Konstruktion oder in einem Rohr beeinflusst, die die Ausbreitung der Schallwellen unterstützen, während Flüssigkeiten (innerhalb und außerhalb) die Tendenz haben, das nachweisbare Signal der Schallwellen zu verringern.

Dieser Effekt hängt vom Verhältnis der akustischen Impedanzen der verschiedenen Werkstoffe ab.

Die Schallwelle im Inneren wird normalerweise für den Nachweis von AE-Quellen über große Strecken verwendet, wegen der geringen Schallschwächung der meisten Flüssigkeiten.

6 Anwendungen

Die Schallemissionsprüfung (AT) bietet viele Möglichkeiten, Lecks an druckbeaufschlagten und atmosphärischen Geräten in Industrie und Forschung nachzuweisen.

AT wird in den folgenden Bereichen angewendet:

- a) Druckbehälter;
- b) Rohrleitungen und Rohrleitungssysteme;
- c) oberirdische Lagertanks;
- d) unterirdische Lagertanks;
- e) Druckkessel;
- f) Kesselrohre;
- g) Autoklaven;
- h) Wärmetauscher;
- i) Sicherheitsbehälter;

- j) Armaturen;
- k) Sicherheitsventile;
- l) Pumpen;
- m) Vakuumsysteme.

7 Prüfausrüstung

7.1 Allgemeine Anforderungen

Die Prüfausrüstung (Hardware und Software) muss den Anforderungen nach EN 13477-1 und EN 13477-2 entsprechen.

7.2 Sensoren

7.2.1 Typische Frequenzbereiche (Bandbreiten)

Der optimale Frequenzbereich für die Dichtheitsprüfung hängt sehr stark von der Anwendung ab, der Art des Fluids, der Druckdifferenz am Leck, der Leckagerate, dem Abstand zwischen Sensor und Quelle, usw.

Beispielsweise beträgt bei der Dichtheitsprüfung an Tankböden atmosphärischer Tanks der optimale Frequenzbereich etwa 20 kHz bis 80 kHz, weil der Abstand vom Sensor zur Quelle groß sein kann und bei diesen Frequenzen die Schwächung gering ist.

Der bevorzugte Frequenzbereich bei der Dichtheitsprüfung an Hochdruckrohrleitungen darf für ein optimales Signal-Rausch-Verhältnis bis auf 500 kHz ansteigen, selbst wenn Hintergrundgeräusche vorhanden sind.

Die Dichtheitsprüfung an Rohrleitungen für Niederdruck (z. B. bei der Wasserversorgung) wird üblicherweise bei Frequenzen bis 5 kHz hinab durchgeführt.

- a) Üblicherweise muss sich der Sensor in direktem Kontakt mit dem Prüfgegenstand befinden.
- b) Dann muss für eine optimale und stabile Wellenübertragung zwischen Sensor und Prüfgegenstand ein Koppelmittel verwendet werden.
- c) Die Beständigkeit, die Konsistenz und die chemische Zusammensetzung des Koppelmittels müssen der Dauer der Überwachung, dem Temperaturbereich und der Korrosionsbeständigkeit des Prüfgegenstands entsprechen.

7.2.2 Befestigungstechnik

Das Befestigungsverfahren wird von der Dauer der Überwachung beeinflusst.

Für eine temporäre Installation auf einem ferromagnetischen Prüfgegenstand darf ein Magnethalter das bevorzugte Befestigungsmittel sein.

Für ständige Installationen dürfen die Sensoren mit Metallklemmen befestigt oder mit einer geeigneten Klebverbindung am Prüfgegenstand festgeklebt werden.

7.2.3 Temperaturbereich, Wellenleiter

Der Temperaturbereich zum Betrieb des AE-Sensors muss den Oberflächentemperaturen des Prüfgegenstands entsprechen, andernfalls müssen zwischen Sensor und Prüfgegenstand Wellenleiter verwendet werden.

7.2.4 Eigensicherheit

Wenn der Sensor in einer potentiell explosionsfähigen Atmosphäre installiert werden muss, muss der Sensor eigensicher sein und sollte der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU (Geräte) und 1999/92/EG (Arbeitsplatz) entsprechend der am Einsatzort klassifizierten Gefährdung entsprechen. Siehe auch EN 60079-0, EN 60079-11 und EN 60079-14 für explosionssichere Installationen.

7.2.5 Tauchsensoren

- a) Wenn der Sensor in eine Flüssigkeit getaucht werden muss, muss der IP-Code des Sensors (definiert in EN 60529) mindestens mit IP68 festgelegt sein.
- b) Sensoren und anderes eingetauchtes Zubehör müssen bis zum größtmöglichen Druck der Flüssigkeit dicht sein.

7.2.6 Integrierte Elektronik (Verstärker, RMS-Konverter, ASL-Konverter, Bandfilter)

Zur Verfügung stehen passive Sensoren und Sensoren mit integriertem Vorverstärker mit geeigneter Bandbreite.

Sensoren mit eingebauter Elektronik sind durch Wegfall des Kabels zwischen Sensor und Vorverstärker weniger anfällig für elektromagnetische Störungen.

Diese Sensoren sind normalerweise etwas größer und schwerer und ihr Temperaturbereich ist aufgrund der internen Elektronik stärker eingeschränkt, z. B. 80 °C.

Sensoren dürfen auch einen Signal-zu-RMS-Konverter, einen Signal-zu-ASL-Konverter und/oder einen Limit-Komparator mit digitalem Ausgang enthalten.

7.3 Tragbare und nichttragbare AE-Geräte

Ein Gerät für die Dichtheitsprüfung mittels Schallemission, das für die tragbare Verwendung ausgelegt ist, hat normalerweise einen oder mehrere Kanäle.

Die Entscheidung für ein tragbares AT-Gerät hängt im Allgemeinen von verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. den Kosten, der Größe des Gerätes, der Prüfdauer, den Umweltbedingungen (z. B. gefährliche Bereiche) und der Verfügbarkeit einer externen Stromversorgung.

Tragbare AT-Geräte werden für Dichtheitsprüfungen vor Ort in begrenzten Bereichen eingesetzt.

Nichttragbare Geräte werden für die Prüfung großer Konstruktionen oder für die kontinuierliche Überwachung von Lecks in kritischen Anwendungen im Betrieb eingesetzt.

7.4 Einkanalige und mehrkanalige AT-Geräte

7.4.1 Einkanalige Geräte

Einkanalige Geräte werden vorwiegend bei einer Punkt-zu-Punkt-Suchstrategie verwendet, wobei der Sensor zu den interessierenden Bereichen über die Konstruktion bewegt wird.

Diese Geräte erfassen und speichern üblicherweise RMS-, ASL-, Signalamplituden- und Daten zur Wellenform des Signals zur Bestimmung von Zeit- und Frequenzmerkmalen.

7.4.2 Mehrkanalige Geräte

Mehrkanalige Geräte werden hauptsächlich bei großen Konstruktionen verwendet, bei denen die Sensorpositionen fixiert sind und eines der Ortungsverfahren nach 9.3 angewendet werden kann.

Zur kontinuierlichen Fernüberwachung im Betrieb bei der Dichtheitsprüfung im Rohrleitungsnetzwerk von Kernkraftwerken werden häufig auch fest installierte Prüfgeräte in Mehrkanalausführungen verwendet.

7.5 Bestimmung von Merkmalen (RMS-Wert, ASL-Wert gegen Hit oder kontinuierliche AE gegen Burst-AE)

Einfache Geräte bestimmen kontinuierlich als Funktion der Zeit den ASL-Wert (arithmetischer Mittelwert des Logarithmus des gleichgerichteten AE-Signals innerhalb einer festgelegten Zeitdauer) und/oder den RMS-Wert (Quadratwurzel des Mittelwertes des quadrierten AE-Signals innerhalb einer festgelegten Zeitdauer) und/oder den Mittelwert des Höchstwertes der Signalamplitude innerhalb einer festgelegten Zeitdauer und stellen die Ergebnisse dar.

Bei einigen Geräten können die resultierenden Funktionen in Abhängigkeit von der Zeit für jeden Kanal numerisch oder graphisch dargestellt werden und mit statischen oder berechneten Alarmstufen verglichen werden, so dass die Alarmbedingungen automatisch einen Alarm auslösen können.

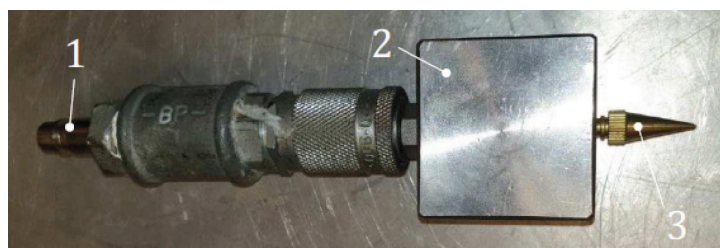
Anspruchsvollere Geräte können außerdem die Daten der Wellenformen, zur Bestimmung von Zeitunterschieden mittels Δt -Messung oder durch Kreuzkorrelation, erfassen und speichern.

7.6 Systemverifizierung mittels künstlicher Quellen von Leakagegeräuschen

Zur Systemverifizierung muss eine künstliche Quelle von Leakagegeräuschen verwendet werden, siehe Bild 2.

Zur Bestimmung der Abhängigkeit der in einem festgelegten Abstand vom Sender gemessenen stimulierten Gas- oder Flüssigkeitsströmung und Signalamplitude von der Stimulationssignalamplitude darf eine Prüfanordnung mit einem Luftstrahl oder mit einem Testblock oder Testrohr, die ein Bohrloch enthalten, das einen kontrollierten Gas- oder Flüssigkeitsstrom durchlässt, verwendet werden.

Zur regelmäßigen Systemverifizierung darf eine gut reproduzierbare künstliche Quelle von Leakagegeräuschen verwendet werden, wie beispielsweise ein passiver Sensor, der durch eine elektrische Welle, wie weißes Rauschen, oder durch ein Sinussignal mit einer bestimmten Frequenz von einem Funktionsgenerator angeregt wird.



Legende

- 1 Ankopplung für Druckluft
- 2 Metallblock
- 3 Stutzen mit einstellbarem Luftstrahl

Bild 2 — Einstellbarer Luftstrahl

8 Verfahrensbeschreibung der Dichtheitsprüfung

8.1 Befestigung der Sensoren

- a) Bei oberirdischen Konstruktionen müssen oberflächenmontierte AE-Sensoren mit festen Positionen angebracht werden, die mit dem Prüfgegenstand direkten Kontakt haben oder über akustische Wellenleiter mit dem Prüfgegenstand in Kontakt stehen.

- b) Bei der Dichtheitsprüfung von erdverlegten Druckgeräten dürfen Hilfsmittel wie Wellenleiter (z. B. an Behältern) oder Molche (z. B. in Rohrleitungen) verwendet werden.
- c) Die Montagetechnik und die Koppelmedien müssen in Abhängigkeit von der Temperatur und der Dauer der Messung ausgewählt werden (siehe 7.6).
- d) Die Qualität der Sensorankopplung darf durch Spezialschuhe verbessert werden, die an den Durchmesser/die Wölbung des Prüfgegenstands angepasst sind.
- e) Bei Lecksuchmolchen für erdverlegte Rohrleitungen müssen die AT-Sensoren auf dem Molch befestigt werden, und die Messungen erfolgen üblicherweise während des Molchdurchlaufs (siehe A.2).
- f) Die entsprechende Position des Molches muss mit Hilfe eines Encoders und/oder eines akustischen Markers bestimmt werden, die sich an der Außenseite des Rohres befinden.
- g) Die Sensoren sind so zu positionieren, dass eine Leckortung sichergestellt ist, die auf einer geeigneten Ortungstechnik basiert (siehe Abschnitt 9), und die erforderliche Ortungsgenauigkeit erreicht wird.
- h) Bei der Positionierung der Sensoren auf der Konstruktion müssen Schweißnähte, Formveränderungen, die das Strömungsverhalten beeinflussen, Abschattungen von Stutzen und Zusatzgeräte berücksichtigt werden.
- i) Vor der Prüfung müssen am Prüfgegenstand die Wellenausbreitung und die Schwächung mit Hilfe einer Hsu-Nielsen-Quelle oder mit künstlichen Quellen von Leakagegeräuschen gemessen werden (siehe 7.2), um die effektive Wellengeschwindigkeit zu bestimmen und den bei der Dichtheitsprüfung erforderlichen größten zulässigen Sensorabstand mit festgelegter Empfindlichkeit zu berechnen.

Der größte Sensorabstand beim Nachweis von Lecks und ihrer Ortung wird durch viele Faktoren beeinflusst, wie z. B. der Abdeckung der Oberfläche durch eine Beschichtung, einer Plattierung oder Isolierung, dem Hintergrundgeräuschpegel, dem Druck auf den Prüfgegenstand, der Art des Fluids, der Art des Lecks.

8.2 Zusätzliche bestimmte Merkmale

Die einfachste Dichtheitsprüfung umfasst die Messung der RMS-/ASL-Werte an jeder festgelegten Sensorposition als Funktion der Zeit zur Abschätzung der ungefähren Position der Quelle.

Zusätzlich wird der Druck als Funktion der Zeit gemessen und das Auftreten einer Änderung der RMS-/ASL-Werte kann mit der Druckänderung korreliert werden.

Für Verifizierungszwecke wird empfohlen, die RMS-/ASL-Werte als Funktion des Druckanstiegs oder Druckabfalls zu bestimmen.

In komplexeren Situationen oder für eine verbesserte Diagnose dürfen weitere Merkmale bestimmt werden, wie z. B. die folgenden:

- a) Crestfaktor;
- b) Ankunftszeit;
- c) Höchstwert der Signalamplitude;
- d) Wellenform des Signals;
- e) Frequenzspektrum;
- f) zugehörige externe Parameter, z. B. Rohr- oder Ventiltemperatur, Druckdifferenz am Ventil.

8.3 Hintergrundgeräusch

8.3.1 Allgemeines

Das Hintergrundgeräusch ist üblicherweise eine Kombination aus Umgebungs- und Betriebsgeräuschen.

8.3.2 Umgebungsgeräusch

Manchmal ist es unvermeidbar, dass zusätzlich zum interessierenden Schall ein Umgebungsgeräusch, sogar Luftschall, aufgefangen wird. Das kann ein z. B. durch Wetterbedingungen, Straßenverkehr, Eisenbahn, Flugzeuge oder Vögel hervorgerufenes Geräusch sein.

In diesen Fällen kann es hilfreich sein, zur Überwachung des Luftschalls (bei Unterwasserumgebung des Wasserschalls) einen Sensor (Wächtersensor) hinzuzufügen, um das Umgebungsgeräusch zu identifizieren und außer Acht zu lassen.

8.3.3 Betriebsgeräusch

Das Betriebsgeräusch wird durch die Bedingungen im Betrieb der geprüften Konstruktion verursacht, z. B. Produktströmungsgeräusch.

Der Einfluss des Betriebsgeräuschs kann verringert werden durch:

- Wahl einer geeigneten Prüfdauer;
- Isolieren von den Störquellen; und
- Anwendung anspruchsvollerer Analyseverfahren, Filtern, Mustererkennung.

8.4 Datenerfassung

Die einfachste Datenerfassung umfasst Punktmessungen einer Variablen (z. B. RMS-Wert, ASL-Wert oder Signalamplitude) in einem Suchmodus, um ein Leck nachzuweisen und zu orten.

- a) Wann immer es die Ausrüstung gestattet, müssen die Ergebnisse aller Messungen sowie alle Prüfparameter gespeichert werden.
- b) Wenn weiter fortgeschrittene Geräte verwendet werden, müssen die erforderlichen Signalparameter erfasst und kontinuierlich oder periodisch aufgezeichnet werden.
- c) Die Dauer der Erfassung muss unter Berücksichtigung der Werte und Schwankung des Hintergrundgeräuschs gewählt werden.

9 Ortungsverfahren

9.1 Allgemeines

Die AE-Signale, die durch ein Fluidleck verursacht sind, werden üblicherweise kontinuierlich durch vorübergehende Signale überlagert, die die Natur der Fluidodynamik, des Leckagekanals, des Verhaltens der Konstruktion und des Wellenausbreitungsweges im Behälteraufbau widerspiegeln.

Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, müssen die Schwächung der Schallwellen (z. B. durch Beschichtungen, Umhüllungen, Isolierungen) und mögliche mehrfache Wellenpfade (Metallwand oder flüssiges Fluid) zwischen Quelle und Sensorstandort berücksichtigt werden.

Für die Leckortung sind mehrere Strategien entwickelt worden.

Im Allgemeinen liefert keine der Strategien eine hochgenaue Ortung, aber für industrielle Anwendungen kann sogar eine ungefähre Ortung sehr wirtschaftlich sein.

9.2 Ortung mit einem Sensor basierend auf der Schwächung der AE-Wellen

Diese Strategie nutzt die Schwächung der AE-Wellen im Behälteraufbau. In der Nähe der Quelle sind die Signalpegel höher als weiter entfernt von der Quelle. Die Lage des Lecks wird der Messposition mit dem höchsten Signalpegel zugeordnet, z. B. RMS-Wert, ASL-Wert oder Mittelwert des Höchstwertes der Signalamplitude.

Häufig wird ein tragbares Gerät verwendet, um die Prüfungen an verschiedenen Stellen auf einer Konstruktion durchzuführen. In diesem Fall müssen die Prüfungen über einen längeren Zeitraum oder an der gleichen Stelle mehrmals wiederholt durchgeführt werden, um die möglichen Fluktuationen in den AE-Signalen zu identifizieren, die die Ortung beeinflussen könnten.

Eine Variante der zuvor genannten Strategie ist die Technik der „Schallfeld-Kartierung“, bei dem nach einem Messraster Punkt-für-Punkt-Prüfungen durchgeführt werden.

Eine weitere Anwendung für diese Technik ist das Differenzverfahren mit einem Zweipunktzugang.

- Die Berechnung muss mit der Differenz der Signalpegel an den Zugangspunkten A und B durchgeführt werden.
- Wenn die Differenz Null ist, muss die Quelle in der Mitte zwischen A und B liegen.
- Bei einer linearen Konstruktion mit den Zugangspunkten A und B muss die Quellenposition X_S nach Gleichung (1) berechnet werden:

$$X_S = 0,5(X_A + X_B) + \frac{0,5(U_B - U_A)}{\alpha} \quad (1)$$

Dabei ist

X_S die X-Position der Quelle;

X_A die X-Position des Zugangspunktes A;

X_B die X-Position des Zugangspunktes B und größer als X_A ;

U_A der Signalpegel beim Zugangspunkt A, in dB_{AE} ;

U_B der Signalpegel beim Zugangspunkt B, in dB_{AE} ;

α der Schwächungskoeffizient, in dB/m , und größer als 0.

- α muss entweder bekannt sein oder experimentell an einem dritten Zugangspunkt mit einem bekannten Abstand von A und B bestimmt werden.

9.3 Ortung mit mehreren Sensoren basierend auf Δt -Werten (linear, planar)

9.3.1 Schwellenwert- und Spitzenwert-Zeittechnik

Bei dieser Strategie ist die Schwächungskurve bekannt und es werden mehrere Sensoren in einem Ortungsschema verwendet, um die Quelle mit Hilfe von Δt -Werten zu orten.

Da die Signale von Natur aus mehr oder weniger kontinuierlich sind, beruht diese Technik auf den die Signale überlagernden vorübergehenden Signalen. Die Ankunftszeiten werden unter Verwendung von Schwellenwerten und/oder Burst-Signalamplituden gemessen.

Das Ergebnis der Schwellenwerttechnik darf durch das Einstellen der Schwelle je Kanal basierend auf der Amplitudenverteilung oder der bekannten Wellenschwächung verbessert werden.

Ein Beispiel für die Anwendung dieser Technik, die planare Ortung am Boden eines oberirdischen Lagertanks, ist in A.4 angegeben.

9.3.2 Kreuzkorrelationstechnik

Korrelation bezieht sich üblicherweise auf eine breite Klasse statistischer Beziehungen unter Einbeziehung der Abhängigkeit. Die Kreuzkorrelation ist ein Maß für die Ähnlichkeit zweier Wellenformen als eine Funktion der Zeitverschiebung, die auf eine der Wellenformen angewendet wird. Obwohl sie häufig bei der Suche nach einem Muster von kürzerer Dauer innerhalb eines lang andauernden Signals angewendet wird, kann sie für andere lineare Messungen angewendet werden. Sie findet auch Anwendung bei der Mustererkennung.

Bei der Schallemissionsprüfung (AT) dient die Kreuzkorrelation dazu, das Zeit-Frequenz-Muster eines Bursts in einer kontinuierlichen Wellenformaufzeichnung zu ermitteln.

Die Zeitverschiebung muss zwischen zwei Kanälen bestimmt und zur Berechnung der Position verwendet werden.

Die Kreuzkorrelation wird definiert als:

$$(f \times g)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f^*(\tau) \times g(t + \tau) d\tau \quad (2)$$

Dabei ist f^* die komplexe Konjugation von f .

Für diskrete Funktionen ist die Kreuzkorrelation ähnlich definiert als:

$$(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f^*[m] \times g[n + m] \quad (3)$$

Die Kreuzkorrelation ähnelt ihrer Natur nach der Faltung zweier Funktionen.

Bei einer Autokorrelation, was die Kreuzkorrelation eines Signals mit sich selbst ist, gibt es immer einen Peak bei einer Zeitverschiebung von Null, es sei denn, das Signal ist ein einfaches Nullsignal. Daher kann die Autokorrelation verwendet werden, um ein Signal aus einem hohen Hintergrundgeräusch hervorzuheben.

Als Beispiel werden zwei reale Funktionen f und g betrachtet, die nur um eine unbekannte Verschiebung in Richtung der x-Achse voneinander abweichen. Die Kreuzkorrelation kann verwendet werden, um herauszufinden, um wie viel die Funktion g auf der X-Achse verschoben werden muss, damit sie mit der Funktion f deckungsgleich ist. Im Wesentlichen verschiebt die Gleichung die g -Funktion entlang der X-Achse, wobei das Integral ihres Produkts bei jeder Position berechnet wird. Wenn die Funktionen übereinstimmen, ist der Wert von $(f \times g)$ am größten.

Für die Anwendung bei der Dichtheitsprüfung ist die Kreuzkorrelation nützlich bei der Bestimmung der Zeitverschiebung zwischen zwei Signalen aus der gleichen Quelle, die sich entlang eines Rohres unter einem Sensorarray ausbreiten. Nach dem Berechnen der Kreuzkorrelation zwischen den beiden Signalen, ergibt das Maximum der Kreuzkorrelationsfunktion den Zeitpunkt, zu dem die Signale am besten übereinstimmen. Die Zeitverschiebung zwischen den beiden Signalen wird durch das Argument des Maximums ($\arg.\max$) der Kreuzkorrelation bestimmt als:

$$\tau_{\text{lag}} = \arg \max_t [(f \times g)(t)] \quad (4)$$

Nach dieser Technik wird das von zwei oder mehr Sensoren nachgewiesene Wellenpaket kreuzkorreliert, um den Zeitunterschied zwischen den empfangenen Signalen für die verschiedenen Sensoren zu bestimmen, der aus den unterschiedlichen Wellenausbreitungswegen herrührt.

Sobald die Zeitunterschiede bekannt sind, können die normalen Δt -Ortungs-Algorithmen angewendet werden.

Falls die zuvor beschriebenen Techniken ein Ortungsergebnis mit unzureichender Genauigkeit ergeben, darf die Genauigkeit durch Kombinieren von Techniken verbessert werden.

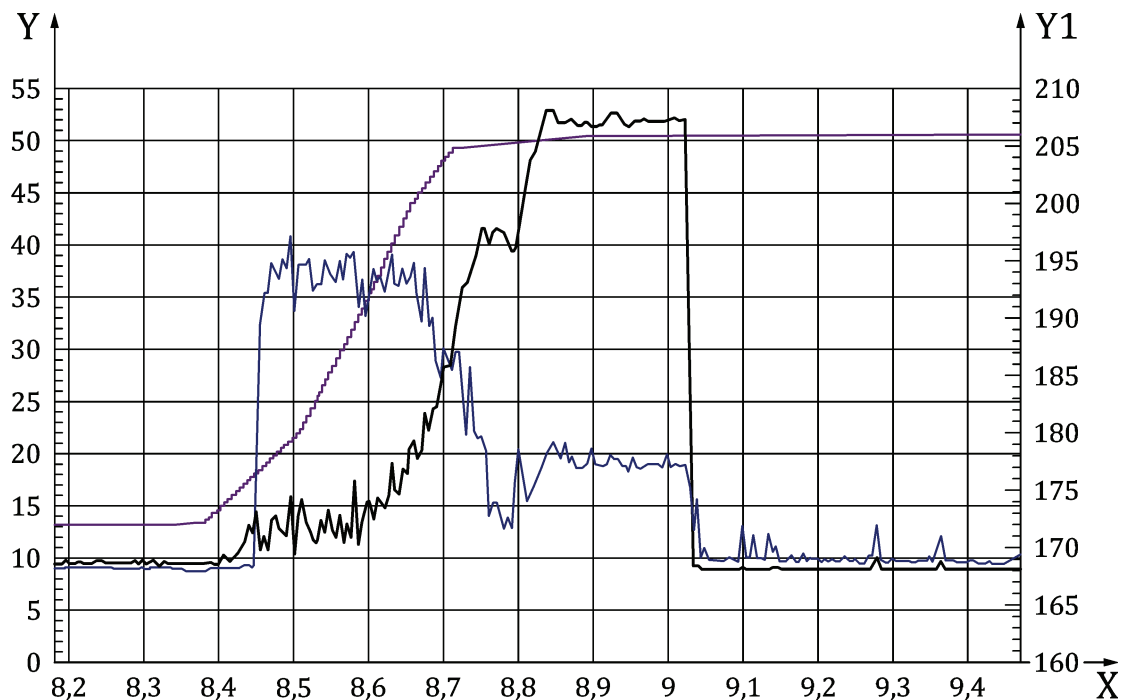
Beispiele sind in A.2 und A.4 gegeben.

10 Darstellung der Daten

10.1 Numerische Darstellung der Daten (Schallpegelmessgerät)

In der einfachsten Form ist dies eine Darstellung der RMS- oder ASL-Werte.

10.2 Parameterabhängige Funktion



Legende

X örtliche Zeit, in h

Y RMS-Wert, in dB_{AE}

Z absoluter Druck, in bar

— RMS-Kurve bezogen auf einen AE-Kanal, der in der Nähe eines undichten Ventils platziert ist, was durch eine aufgetretene Wasserleckage bestätigt wurde

— RMS-Kurve bezogen auf einen AE-Kanal, der in einem Bereich platziert ist, in dem kein Leck vorhanden ist

— Absolutdruckkurve

Bild 3 — Beispiel für RMS und Druck als Funktion der mit Zeit

Ein Beispiel ist in Bild 3 dargestellt.

Der RMS-Wert nimmt während des Druckanstiegs stetig zu und kehrt nicht auf einen normalen Wert zurück, wenn die Haltephase des endgültigen Drucks erreicht ist.

Nachdem das undichte Ventil identifiziert war, wurde der Hahn geschlossen und der RMS-Wert fiel auf allen Kanälen auf den Ausgangswert zurück.

10.3 Frequenzspektrum

- a) Der Frequenzbereich der Messung muss der Anwendung angepasst sein.
- b) Die erfassten Signale müssen Leakage- und Hintergrundgeräusche enthalten.
- c) Die Spektralanalyse der Signale kann z. B. bei Verwendung von Analog-Digital-Filtern oder der Wavelet-Analyse ein verbessertes Signal-Rausch-Verhältnis liefern.
- d) Um die durch Leckagen hervorgerufenen AE-Signale vom Hintergrundgeräusch zu unterscheiden, dürfen eigenschaftsbasierte oder zeitbasierte Filter- oder Mustererkennungssoftware und Wellenform-Strömungsanalyse verwendet werden.

11 Auswertung der Daten

11.1 Leckagevalidierung

11.1.1 Vor Ort (während der Prüfung) und außerhalb des Einsatzortes (spätere Analyse)

- a) Bei Punktmessungen mit tragbaren einkanaligen Systemen müssen die Leckageanzeigen durch Messungen um die erwartete Leckageposition verifiziert werden, z. B. bei Ventilen stromauf und stromab. Dadurch können Störgeräusche von außen erkannt und von den relevanten Signalen unterschieden werden.
- b) Bei anderen Anwendungen darf die Validierung eines Lecks durch Überwachung der ASL-/RMS-Werte sowie des Mittelwertes des Maximums der Signalamplitude während des Druckanstiegs durchgeführt werden.
- c) Die vermutete Position darf auch in Ortungsdiagrammen dargestellt werden. Durch Bewertung anderer AE-Eigenschaften (Dauer, Überschwüngen (en: counts), Anstiegszeit usw.) kann die Ortung verbessert werden, und geortete Störquellen können von der tatsächlichen Leckagequelle leicht unterschieden werden.

Nach der Erfassung sorgt die weitere Analyse durch das Herausfiltern von Störsignalen für ein klareres Bild des georteten Lecks.

11.1.2 Korrelation mit dem Druck

Eine größere Druckdifferenz durch eine undichte Öffnung erhöht die ASL-/RMS-Werte sowie den Mittelwert des Maximums der Signalamplitude des hervorgerufenen AE-Signals. Die erfassten ASL-/RMS-Werte und der Mittelwert des Maximums der Signalamplitude steigen nur bei Überschreiten eines bestimmten Mindestschwellenwertes des Differenzdrucks an.

Auch bei der Anwendung der Burstemission gibt es einen Grenzwert des Drucks, der überschritten werden muss, bevor die AE-Signale nachgewiesen werden können. Dieser Grenzwert des Drucks hängt von der Größe der Öffnung, der Viskosität des Prüffluids und vom Abstand der AE-Sensoren von der Öffnung ab.

11.1.3 Verwerfen falscher Anzeigen

Der AE-Sensor muss so nahe wie möglich am vermuteten Leck platziert werden, und der Prüfgegenstand muss bei kleinstem und größtem Druck geprüft werden, um die aufgezeichneten Signale weiter zu analysieren und zu vergleichen.