

Kerntechnische Anlagen Überwachungssysteme

Körperschallüberwachung zum Erkennen loser Teile

DIN
25 475
Teil 1

Nuclear facilities; surveillance systems, monitoring of structure born sound for loose parts detection

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	6.2 Systemprüfung vor erstmaliger Inbetriebnahme der Kühlmittelumwälzpumpen	6
2 Zweck	1	6.3 Vorläufige Überwachung ohne Grenzwerte	7
3 Begriffe	1	6.4 Einstellung des Systems auf die speziellen Anlagenbedingungen	7
4 Beschreibung der Überwachungstechnik	2	7 Durchführung der Überwachung	7
5 Anforderungen an das Überwachungssystem	4	7.1 Allgemeines	7
5.1 Prinzipieller Aufbau und Auslegungskriterien	4	7.2 Referenzaufzeichnungen	7
5.2 Signalerfassung	5	7.3 Maßnahmen bei meldungsfreiem Betrieb des Überwachungssystems	8
5.3 Signalaufbereitung	5	7.4 Maßnahmen nach Meldung	8
5.4 Signaldarstellung	5	7.5 Wiederkehrende Überprüfung des Überwachungssystems	8
5.5 Signalüberwachung	6	8 Dokumentation	9
5.6 Kalibrierung	6	Anhang A Beispiele zur Auswertung	9
6 Inbetriebsetzung	6		
6.1 Allgemeines	6		

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden für Verfahren zur kontinuierlichen Überwachung des an der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels von Leichtwasserreaktoren gemessenen Körperschalles zum Erkennen loser Teile. Bei dem hierzu verwendeten Überwachungssystem handelt es sich um eine Einrichtung, die nicht der Norm DIN 25 434/ KTA-Regel 3501 und nicht in allen Einzelheiten den Anforderungen an ein Meßsystem genügen muß.

2 Zweck

Es werden Anforderungen an das Überwachungssystem und die Durchführung der Überwachung festgelegt zu dem Zweck, lose Teile innerhalb der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels festzustellen und zu lokalisieren, um durch geeignete Maßnahmen Folgeschäden vermeiden zu können.

3 Begriffe

3.1 Überwachungsbereiche

Überwachungsbereiche im Sinne dieser Norm sind Bereiche innerhalb der druckführenden Umschließung des Reaktor-

kühlmittels, in denen sich Teile lockern können oder die Aufenthaltswahrscheinlichkeit abgelöster Teile groß ist.

3.2 Lose Teile

3.2.1 Allgemeines

Lose Teile sind abgelöste und lockere Teile. Hierzu gehören auch Fremdkörper.

3.2.2 Abgelöste Teile

Abgelöste Teile sind solche, die keine Verbindung mit den Komponenten innerhalb der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels haben und deshalb mit dem Reaktorkühlmittel mitgeführt werden können.

3.2.3 Lockere Teile

Lockere Teile sind solche, die sich teilweise gelöst haben, jedoch noch in Verbindung mit der jeweiligen Komponente stehen.

3.3 Körperschall

Körperschall ist der Schall, der sich in festen Körpern ausbreitet. Im Sinne dieser Norm wird hierunter überwiegend der Schall im hörbaren Frequenzbereich verstanden.

Fortsetzung Seite 2 bis 11

Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuß Akustik und Schwingungstechnik (FANAK) im DIN

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

3.4 Körperschallaufnehmer

Körperschallaufnehmer sind mechanisch elektrische Wandler zur Aufnahme von Körperschall, der an der Oberfläche der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels als Weg, Geschwindigkeit oder Beschleunigung erfaßt werden kann.

3.5 Hintergrundgeräusch

Das Hintergrundgeräusch ist der Körperschall, der auch ohne Vorhandensein loser Teile beim Betrieb der Reaktoranlage erzeugt wird. Es setzt sich zusammen aus monotonen Grundgeräuschen und betriebsbedingten Einzelschallereignissen.

3.6 Monotone Grundgeräusche

Die monotonen Grundgeräusche setzen sich zusammen aus stochastischen (z. B. Kühlmittelströmungsgeräusch) und deterministischen Anteilen (z. B. drehzahlabhängiges Pumpengeräusch).

3.7 Einzelschallereignis

Ein Einzelschallereignis ist der durch ein Einzelereignis erzeugte Körperschall, der dem monotonen Grundgeräusch erkennbar überlagert ist (z. B. Anschlag eines losen Teiles, Steuerstabantriebsgeräusch, ruckartiger Abbau von Spannungen).

3.8 Burst

Der Burst ist der im Körperschallaufnehmer infolge eines Einzelschallereignisses erzeugte Signalanteil, der dem Signal des monotonen Grundgeräusches überlagert ist (siehe Bild 1 und Bild 2).

3.9 Burst-Intervallverteilung

Die Burst-Intervallverteilung ist die Häufigkeitsverteilung der beobachteten Zeitintervalle zwischen den einzelnen Bursts.

3.10 Burst-Amplitudenverteilung

Die Burst-Amplitudenverteilung ist die Häufigkeitsverteilung der beobachteten maximalen Amplituden der Bursts.

3.11 Laufzeitdifferenz

Die Laufzeitdifferenz ist die Zeitdifferenz zwischen dem Auftreten der Bursts, die durch ein Einzelschallereignis in den Signalen verschiedener Körperschallaufnehmer verursacht werden.

4 Beschreibung der Überwachungstechnik

Beim Auftreffen abgelöster oder beim Anschlagen lockerer Teile auf die innere Oberfläche der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels oder deren Einbauten findet eine Energieübertragung auf die Wandung statt. Hierdurch werden Einzelschallereignisse erzeugt.

Außerdem werden durch die Kühlmittelströmung und Pumpen sowie durch andere in oder an der druckführenden Umschließung angebrachte und während des Betriebes betätigte Komponenten (z. B. Ventilbetätigung und Steuerstabantrieb) Hintergrundgeräusche erzeugt. Diese setzen sich zusammen aus monotonen Grundgeräuschen und betriebsbedingten Einzelschallereignissen.

Der Körperschall wird durch Körperschallaufnehmer erfaßt, die außen an der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels angebracht sind. In dieser Norm wird davon ausgegangen, daß zur Aufnahme des Körperschalls Beschleunigungsaufnehmer verwendet werden.

Zum Erkennen loser Teile werden die Amplituden der gemessenen Signale der Körperschallaufnehmer in einem festgelegten Frequenzbereich überwacht. Die Geräusche werden in regelmäßigen Abständen abgehört. Deshalb wählt man vorzugsweise Frequenzen innerhalb des Hörbereiches.

Ausgehend von Referenzaufzeichnungen werden Grenzwerte für die Signalamplituden eingestellt, deren Überschreitung Meldungen auslösen. Läßt ein meldungsauslösendes Ereignis eine eindeutige Erklärung nicht zu, werden diese Signale mit Referenzsignalen verglichen.

Als Kriterium für die Unterscheidung zwischen abgelösten und lockeren Teilen werden Laufzeitdifferenzen von zusammengehörigen Einzelschallereignissen herangezogen, die mit den an verschiedenen Stellen positionierten Körperschallaufnehmern ermittelt werden. Bei lockeren Teilen beobachtet man gleiche Laufzeitdifferenzen, während bei abgelösten Teilen unterschiedliche Laufzeitdifferenzen auftreten können.

Typische Signalverläufe sind den Bildern 1, 2 und 3 zu entnehmen.

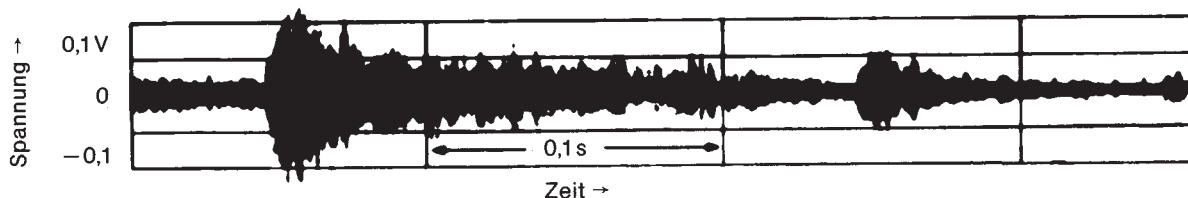


Bild 1. Signalverlauf mit Bursts betriebsbedingter Einzelschallereignisse, hervorgerufen durch den Steuerstabantrieb eines Druckwasserreaktors.

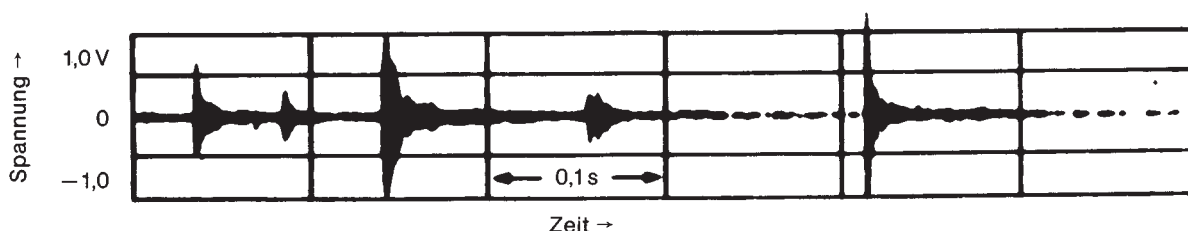


Bild 2. Signalverlauf mit Bursts, hervorgerufen durch ein loses Teil (Fremdkörper) in der Dampferzeugereintrittskammer eines Druckwasserreaktors.

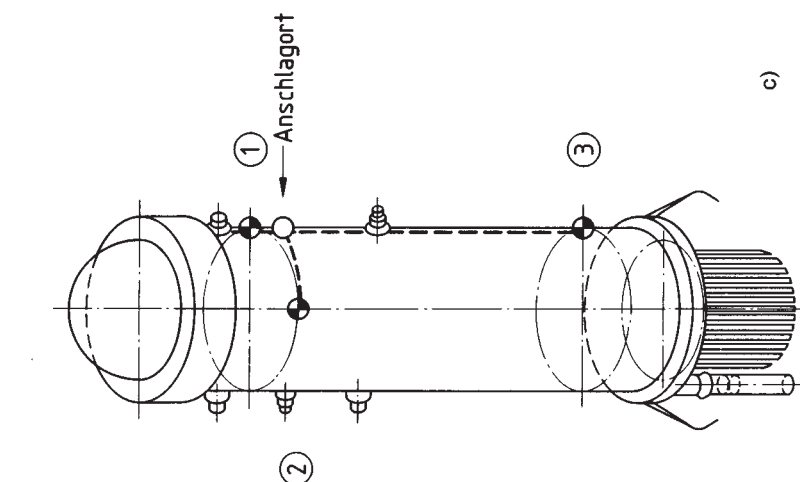


Bild 3. Beispiel für Körperschallsignale eines Testschlags

Diese Burstmuster entstanden bei Anschlag am Reaktordruckbehälter eines Siedewasserreaktors in Höhe der oberen Meßebene (siehe Bild c). Der jeweils durchlaufene kürzeste Schallweg ist angegeben. Die Signale in Bild a haben die Signale der entfernteren Aufnehmer nachverstärkt, um die für die Burstanalyse notwendigen Auswertungen vornehmen zu können (siehe Anhang A).

Entfernung
Aufnehmer
Anschlagort

0,5 m

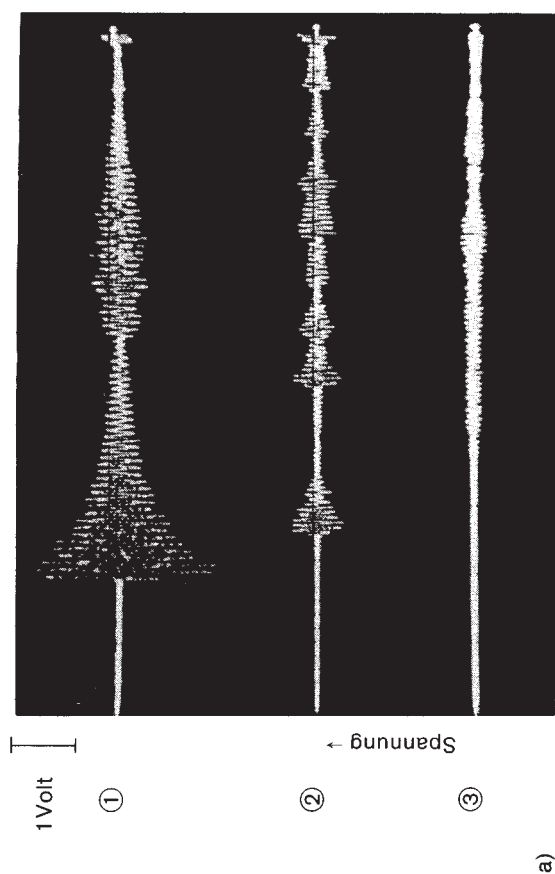
5 m

13 m

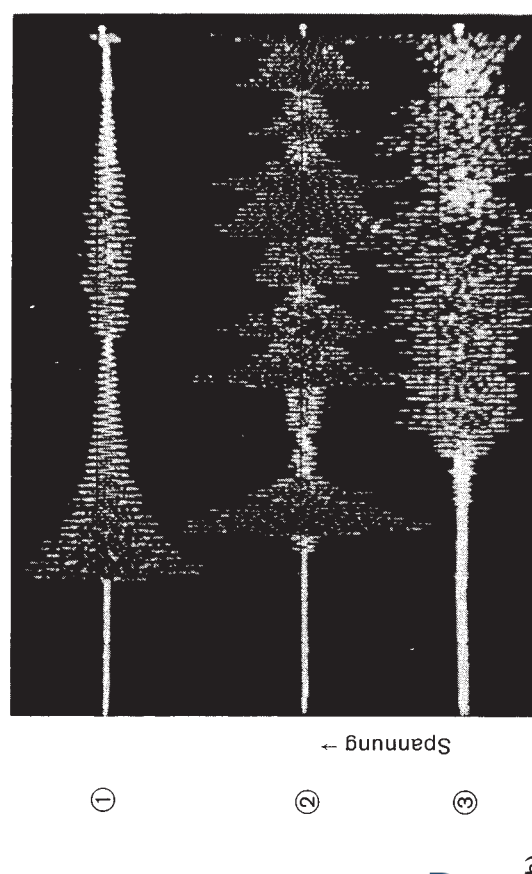
0,5 m

5 m

13 m



Zeit →



Zeit →

c) $5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

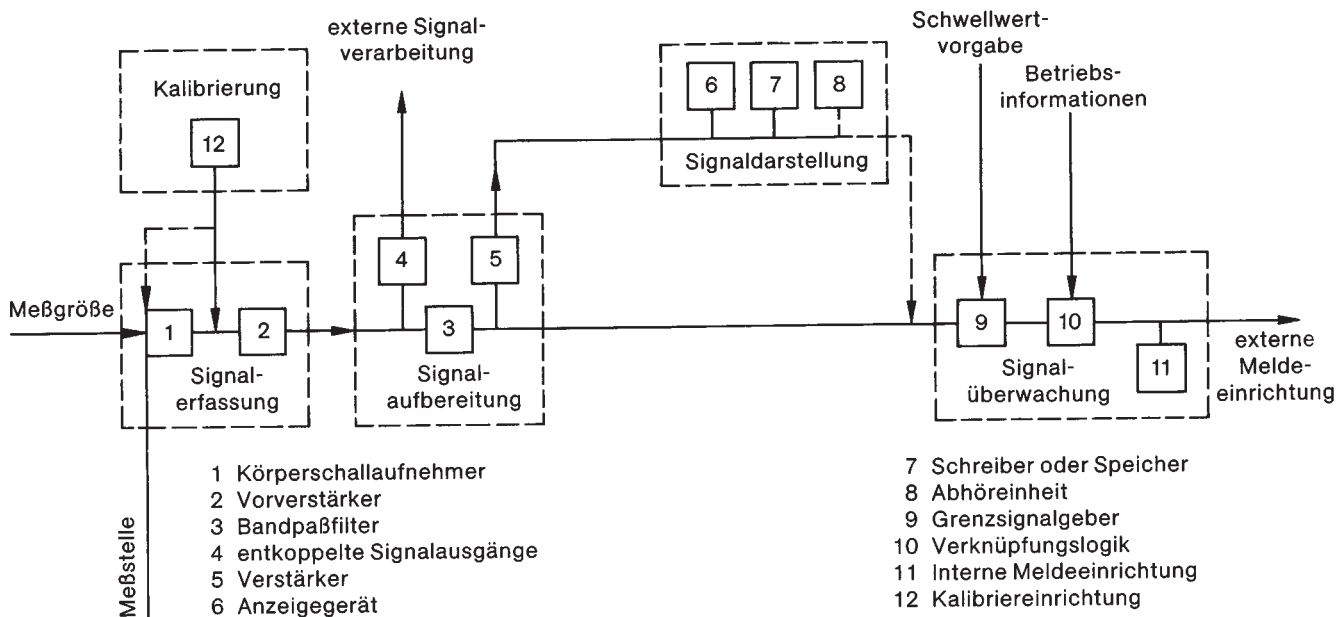


Bild 4. Schema eines Körperschallüberwachungssystems

Die Systemempfindlichkeit, die vorgegeben ist durch die Auslegung und den Amplitudenbereich des Systems selbst (siehe Abschnitt 5.1), ist nicht allein bestimmend für die Nachweisgrenze des Verfahrens. Diese ist außer von der Systemempfindlichkeit noch abhängig von:

- der Energie und dem Auftreffwinkel des anschlagenden Teils,
- der Form, der Größe und dem Werkstoff des anschlagenden und des angeschlagenen Teils,
- der Art der Schallausbreitung,
- der Länge des Schallweges bis zum Körperschallaufnehmer,
- dem Übertragungsverhalten der Meßkette,
- der Art der Signalverarbeitung,
- der Intensität und Struktur der Hintergrundgeräusche.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Intensität und Struktur der Hintergrundgeräusche vom Betriebszustand der Reaktoranlage abhängen.

Eine allgemeingültige Angabe über die Nachweisgrenzen kann daher nicht gemacht werden. Die durch die vorgegebenen Grenzwerte bedingte Nachweisgrenze kann herabgesetzt werden durch eine angepaßte weitergehende Analyse, z. B. durch Abhören der Signale und durch externe Signalverarbeitung.

5 Anforderungen an das Überwachungssystem

5.1 Prinzipieller Aufbau und Auslegungskriterien

Das Überwachungssystem muß für die kontinuierliche Überwachung die im Bild 4 dargestellten Funktionen ermöglichen:

- Signalerfassung,
- Signalaufbereitung,
- Signaldarstellung,
- Signalüberwachung,
- Kalibrierung.

Über Vorverstärker (2) gelangen die Signale der Körperschallaufnehmer (1) für eine weitere Signalverarbeitung breitbandig an Ausgänge (4), die zum Anschluß externer

Geräte vorzuhalten sind (siehe Abschnitt 5.3.3). Für die interne Weiterverarbeitung der Signale sollten, zunächst mit Hilfe einer Bandpaßfilterung (3), störende Signalanteile (z. B. Pumpengeräusch, elektrische Einstreuung) reduziert und die Signale verstärkt (5) werden. Die Signalüberwachung wird realisiert durch Grenzsinalgeber (9), Verknüpfungslogik (10) und interne Meldeeinrichtung (11). Die Signaldarstellung erfolgt mit Anzeigergerät (6), mehrkanaligem Schreiber oder Speicher (7) und Abhöreinheit (8). Mit Hilfe einer Kalibriereinrichtung (12) können die Signalkanäle überprüft und justiert werden.

Die Auslegung des Systems hat in Übereinstimmung mit den für die jeweilige Reaktoranlage gültigen allgemeinen und anlagenbezogenen Vorschriften für die betriebliche Leittechnik zu erfolgen. Soweit technisch möglich und vertretbar, sind die Komponenten des Überwachungssystems in begehbaren oder bedingt begehbaren Räumen anzuordnen.

Das System sollte so ausgelegt werden, daß unter Zugrundelegung des Kalibrierfaktors der verwendeten Beschleunigungsaufnehmer, d. h. im Bereich konstanter Übertragungsfunktion, eine Beschleunigung von 30 g Vollaussteuerung ergibt. Dieser Auslegungswert kann auch dann beibehalten werden, wenn im Überwachungsfrequenzbereich Resonanzüberhöhungen auftreten, die den Faktor 15 nicht überschreiten. Bei größeren Resonanzüberhöhungsfaktoren ist die Empfindlichkeit der Meßkette entsprechend zu korrigieren.

Anmerkung: Liegt die Resonanzfrequenz des adaptierten Körperschallaufnehmers im überwachten Frequenzbereich, so ist die Angabe der Größe g oder der Einheit ms^{-2} nicht zulässig. In diesem Falle wird die Verwendung relativer Größen empfohlen.

Das System ist so auszulegen, daß mindestens ein Frequenzbereich von $f_u = 1 \text{ kHz}$ bis $f_o = 10 \text{ kHz}$ verarbeitet werden kann. Die Unterschiede in den Übertragungsfunktionen der einzelnen Meßketten ohne Körperschallaufnehmer sollen bei gleicher Wahl der Eckfrequenzen der Bandpaßfilter nicht größer als 1 dB sein. Diese Forderung gilt für die Baugruppen des Meßkanals, ausschließlich der Baugruppen oder vorhandener Korrektornetze, die die Unter-