

	DIN 25475-1	
ICS 27.120.20	Entwurf	Einsprüche bis 2024-06-19 Vorgesehen als Ersatz für DIN 25475-1:2013-01
Kerntechnische Anlagen – Betriebsüberwachung – Teil 1: Körperschallüberwachung zum Erkennen loser Teile Nuclear facilities – Operational monitoring – Part 1: Monitoring of structure-borne sound for loose parts detection Installations nucléaires – Surveillance en exploitation – Partie 1: Surveillance du bruit solidien pour la détection des corps errants Anwendungswarnvermerk Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-04-19 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil das beabsichtigte Dokument 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. Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 31 Seiten DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)		

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Beschreibung der Überwachungstechnik	7
5 Anforderungen an das Körperschallüberwachungssystem	12
5.1 Prinzipieller Aufbau und Auslegungskriterien	12
5.2 Signalerfassung	15
5.2.1 Auswahl und Montage der Körperschallaufnehmer	15
5.2.2 Vorverstärker	16
5.3 Signalaufbereitung	16
5.3.1 Allgemeines	16
5.3.2 Bandpassfilter	16
5.3.3 Signalausgänge	17
5.3.4 Verstärker	17
5.4 Signaldarstellung	17
5.4.1 Effektivwert-Anzeige	17
5.4.2 Digitalisierung und Speicherung	17
5.4.3 Abhöreinheit	18
5.4.4 Informationsdarstellung	18
5.5 Signalüberwachung	20
5.5.1 Grenzsinalgeber	20
5.5.2 Verknüpfungslogik	20
5.6 Kalibrierung	21
5.6.1 Allgemeines	21
5.6.2 Mechanische Funktionsprüfeinrichtung	21
5.6.3 Elektrische Kalibriereinrichtung	21
6 Inbetriebsetzung und Betrieb	21
6.1 Allgemeines	21
6.2 Systemprüfung vor erstmaliger Inbetriebnahme der Kühlmittelumwälzpumpe	21
6.3 Vorläufige Überwachung ohne Grenzwerte	22
6.4 Einstellung des Systems auf die Anlagenbedingungen	22
7 Durchführung der Überwachung	23
7.1 Allgemeines	23
7.2 Referenzaufzeichnungen	23
7.3 Maßnahmen bei Betrieb des Körperschallüberwachungssystems	24
7.3.1 Vorläufige Überwachung	24
7.3.2 Überwachung	24
7.4 Maßnahmen nach Meldung	25
7.5 Wiederkehrende Überprüfung des Körperschallüberwachungssystems	25
7.5.1 Allgemeines	25
7.5.2 Funktionskontrolle	26
7.5.3 Elektrische Systemprüfung	26
7.5.4 Testschläge	26
8 Dokumentation	27
Anhang A (informativ) Hinweise zur Auswertung	28

Bilder

Bild 1 — Typische Signalverläufe von monotonen Grundgeräuschen eines DWR	8
Bild 2 — Typische Signalverläufe von monotonen Grundgeräuschen eines SWR	8
Bild 3 — Signalverläufe mit Bursts, hervorgerufen durch ein betriebsbedingtes Einzelschallereignis (Steuerstabfahren)	9
Bild 4 — Signalverläufe mit Bursts, hervorgerufen durch den Anschlag eines abgelösten Teils (Brennelement-Zentrierstift)	9
Bild 5 — Signalverläufe mit Bursts, hervorgerufen durch einen Testschlag sowie Ortung beim Siedewasserreaktor	10
Bild 6 — Signalverläufe mit Bursts, hervorgerufen durch einen Testschlag sowie Ortung beim Druckwasserreaktor	11
Bild 7 — Funktionale Darstellung eines Körperschallüberwachungssystems	13
Bild 8 — Beispiel für ein digitales Körperschallüberwachungssystem	14
Bild A.1 — Leistungsdichtespektrum und Amplitudenverteilungsdichte eines Messsignals mit elektrischen Störungen	29
Bild A.2 — Burst mit zugehörigem linearem Frequenzspektrum	30
Bild A.3 — Trend und Häufigkeitsverhalten der kanalselektiven Burst-Amplituden	30
Bild A.4 — Zeitverläufe mit Ermittlung der Laufzeitdifferenzen	31

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 062-07-55 AA „Hilfssysteme und Betriebsüberwachung in kerntechnischen Anlagen“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) erarbeitet.

Es werden Anforderungen an das Körperschallüberwachungssystem, dessen Inbetriebsetzung und Betrieb, die Durchführung der Überwachung und die Dokumentation festgelegt zu dem Zweck, lose Teile innerhalb der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels frühzeitig zu erkennen, zu orten und zu bewerten, um damit Folgeschäden zu verhindern.

In Anlehnung an KTA 3201.4 ist der Titel dieses Dokuments Betriebsüberwachung.

DIN 25475, besteht unter dem allgemeinen Titel *Kerntechnische Anlagen — Betriebsüberwachung* aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Körperschallüberwachung zum Erkennen loser Teile*
- *Teil 2: Schwingungsüberwachung zur frühzeitigen Erkennung von Änderungen im Schwingungsverhalten des Primärkreises von Druckwasserreaktoren*
- *Teil 3: Betriebsbegleitende Ermittlung von thermischen Belastungen*

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 25475-1:2013-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anzuwenden für Verfahren zur kontinuierlichen Überwachung des an der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels von Leichtwasserreaktoren gemessenen Körperschalls zum Erkennen loser Teile innerhalb der druckführenden Umschließung. Bei dem hierzu verwendeten Körperschallüberwachungssystem handelt es sich um eine betriebliche Einrichtung, die demnach nicht nach KTA 3501:2015-11 ausgelegt werden muss.

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).

KTA 3501:2015-11, *Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems*¹

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <https://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

abgelöstes Teil

Teil, das keine Verbindung mehr mit den Komponenten innerhalb der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels hat und deshalb mit dem Reaktorkühlmittel mitgeführt werden kann

3.2

Adaptions-Resonanzfrequenz

Eigenfrequenz des mechanischen Adaptionssystems (z. B. Schrauben, Magnete) einschließlich Körperschallaufnehmer

3.3

bekanntes Ereignis

Ereignis für das folgende Anforderungen erfüllt werden:

- vergleichbare Ereignisse traten mehrmals auf, wurden erfasst, ausgewertet und beurteilt;
- die Kriterien für die Vergleichbarkeit dieser Ereignisse sind identifiziert und definiert (z. B. Signalform, Laufzeit).

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein bekanntes Ereignis kann als nichtalarmrelevantes Ereignis oder als alarmrelevantes Ereignis eingestuft werden.

3.4

Burst

im Körperschallaufnehmer infolge eines Einzelschallereignisses erzeugter Signalanteil, der dem Signal des monotonen Grundgeräusches überlagert ist

1 Herausgeber: Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE)

3.5

Burst-Amplitudenverteilung

Häufigkeitsverteilung der beobachteten Betragsmaximalwerte der Bursts im Signal eines Körperschallaufnehmers

3.6

Burst-Intervallverteilung

Häufigkeitsverteilung der beobachteten Zeitintervalle zwischen den einzelnen Bursts im Signal eines Körperschallaufnehmers

3.7

Einzelkanal-Alarmunterdrückung

Funktion zur Reduzierung von Meldungen, realisiert in der Verknüpfungslogik

Anmerkung 1 zum Begriff: Mit der Funktion Einzelkanal-Alarmunterdrückung können Meldungen von Einzelschallereignissen, die nur an einem Körperschallüberwachungskanal Bursts bringen, verhindert werden. Ist diese Funktion für einen Überwachungskanal aktiv, so muss der Grenzwert in mindestens einem weiteren Grenzsinalgeber überschritten werden, um eine Meldung auszulösen.

3.8

Einzelschallereignis

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

3.9

Grenzsinalgeber

Einrichtung, die den Wert einer Variablen mit einem festen oder variablen Grenzwert vergleicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird der Grenzwert überschritten, ändert sich das Ausgangssignal sprunghaft.

3.10

Hintergrundgeräusche

Körperschall, der auch ohne Vorhandensein loser Teile beim Betrieb der Reaktoranlage erzeugt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Hintergrundgeräusche setzen sich zusammen aus monotonen Grundgeräuschen und betriebsbedingten Einzelschallereignissen.

3.11

Körperschall

<Kerntechnik> Schall, der sich in festen Körpern ausbreitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierunter wird überwiegend der Schall im hörbaren Frequenzbereich verstanden.

3.12

Körperschallaufnehmer

mechanisch elektrische Wandler zur Aufnahme von Körperschall, der an der Oberfläche eines festen Körpers als Weg, Geschwindigkeit oder Beschleunigung erfasst werden kann

3.13

Laufzeitdifferenz

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

3.14

lockeres Teil

Teil, das sich teilweise gelöst hat, jedoch noch in Verbindung mit der jeweiligen Komponente steht

3.15

loses Teil

abgelöstes oder lockeres Teil

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den losen Teilen gehören auch Fremdkörper.

3.16

monotones Grundgeräusch

Geräusch mit stochastischen (z. B. Kühlmittelströmungsgeräusch, Fluidresonanzen) und deterministischen Anteilen (z. B. drehzahlabhängiges Pumpengeräusch)

3.17

Überwachungsbereich

Bereich innerhalb der druckführenden Umschließung des Reaktorkühlmittels, in dem sich Teile lockern können oder die Aufenthaltswahrscheinlichkeit abgelöster Teile groß ist

BEISPIEL Reaktordruckbehälter-Kalotte oder Dampferzeuger-Primärkammer

3.18

überwachtes Signal

Signal, das von dem bandpassgefilterten Anteil des Signals des Körperschallaufnehmers abgeleitet wird

4 Beschreibung der Überwachungstechnik

Beim Anschlagen abgelöster oder 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. Ventile und Steuerstabantriebe) Hintergrundgeräusche erzeugt. Diese setzen sich zusammen aus monotonen Grundgeräuschen (siehe Bild 1 und Bild 2) und betriebsbedingten Einzelschallereignissen (siehe Bild 3). Bild 2 enthält Signalverläufe von monotonen Grundgeräuschen (mit Fluidresonanzen) eines Siedewasserreaktors (SWR). Bild 4 zeigt Signalverläufe mit Bursts, hervorgerufen durch den Anschlag eines abgelösten Teils. Die Signalamplituden in Bild 4 sind aus Darstellungsgründen unterschiedlich skaliert.

Das Signalmuster eines Testschlages und das zugehörige Ortungsergebnis sind in Bild 5 für einen Siedewasserreaktor und in Bild 6 für einen Druckwasserreaktor (DWR) dargestellt.

Für die Ursachenbestimmungen von Bursts reicht die Analyse des Signalverlaufs im Allgemeinen nicht aus. In diesen Fällen müssen zusätzliche betriebliche Informationen herangezogen werden.

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 wird eine Amplitudenüberwachung des überwachten Signals durchgeführt. Die Signale der Körperschallaufnehmer werden in regelmäßigen Abständen abgehört. Ausgehend von Referenzaufzeichnungen werden Grenzwerte für das überwachte Signal eingestellt, deren Überschreitung im Allgemeinen Meldungen auslösen. Die Ursache eines Einzelschallereignisses kann durch Vergleich mit Referenzaufzeichnungen eingegrenzt werden. Als Kriterium für die Unterscheidung zwischen abgelösten und lockeren Teilen werden Laufzeitdifferenzen von Bursts eines Einzelschallereignisses herangezogen. Bei der Auswertung mehrerer aufeinander folgender Einzelschallereignisse treten bei lockeren Teilen gleiche Laufzeitdifferenzen auf, während bei abgelösten Teilen unterschiedliche Laufzeitdifferenzen auftreten können.

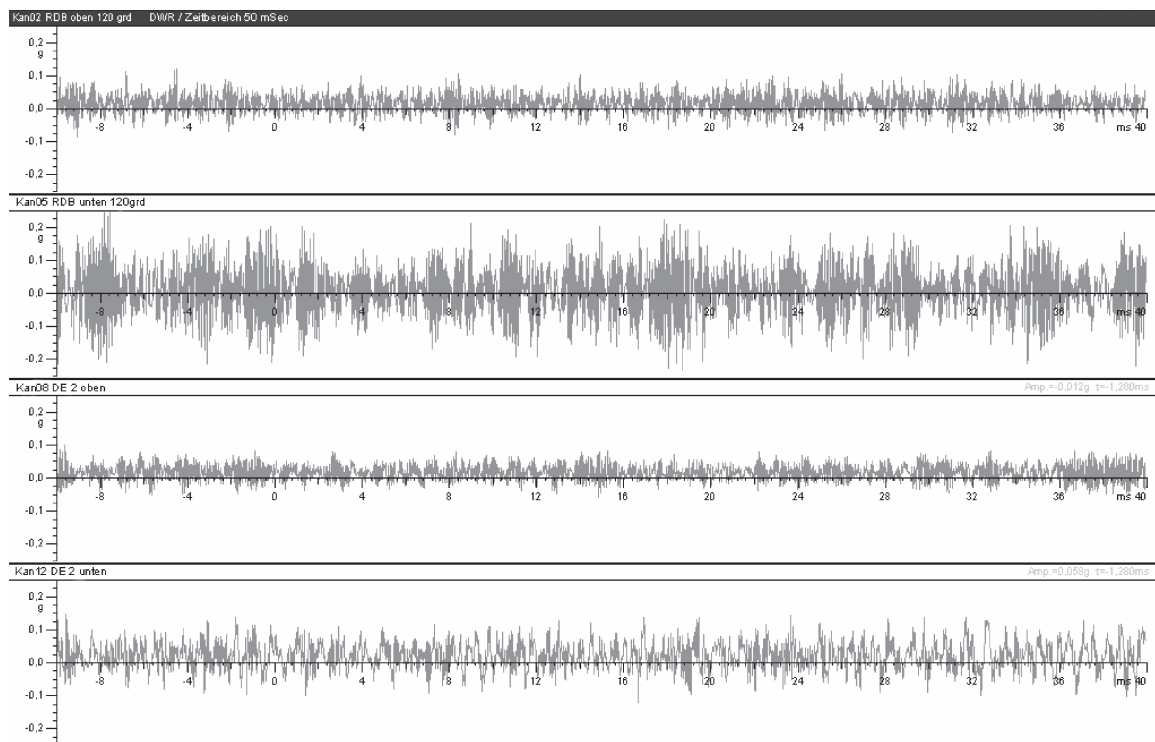


Bild 1 — Typische Signalverläufe von monotonen Grundgeräuschen eines DWR

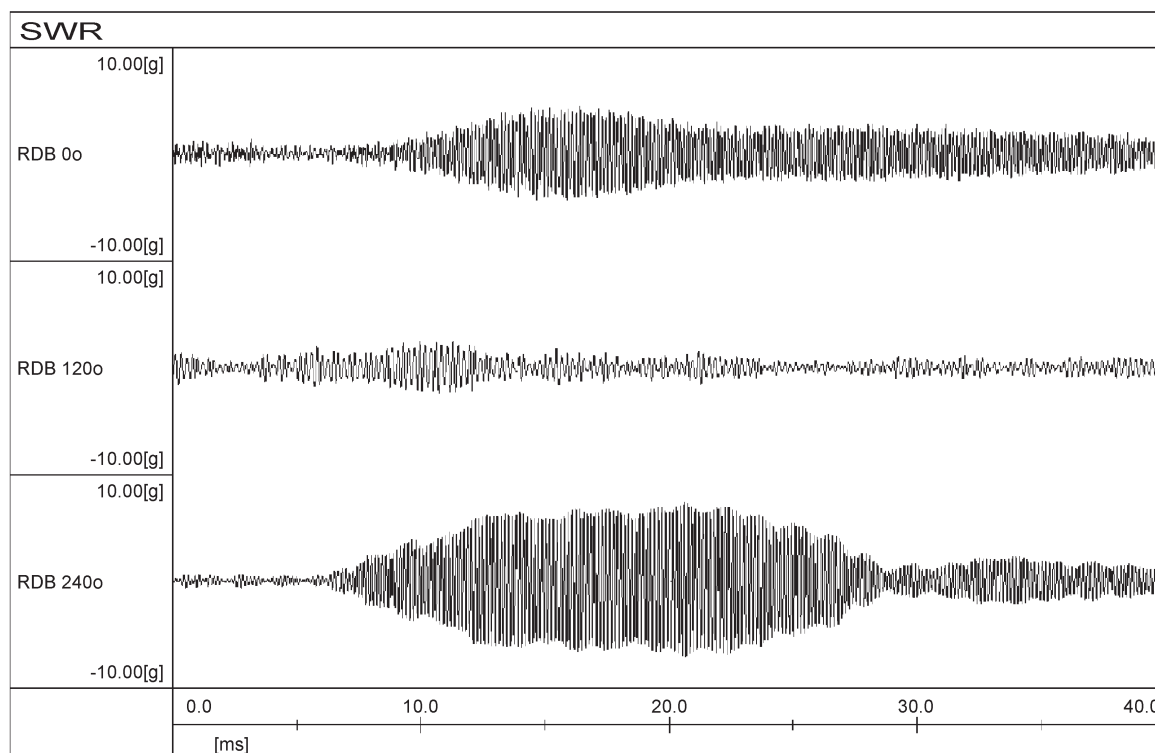


Bild 2 — Typische Signalverläufe von monotonen Grundgeräuschen eines SWR

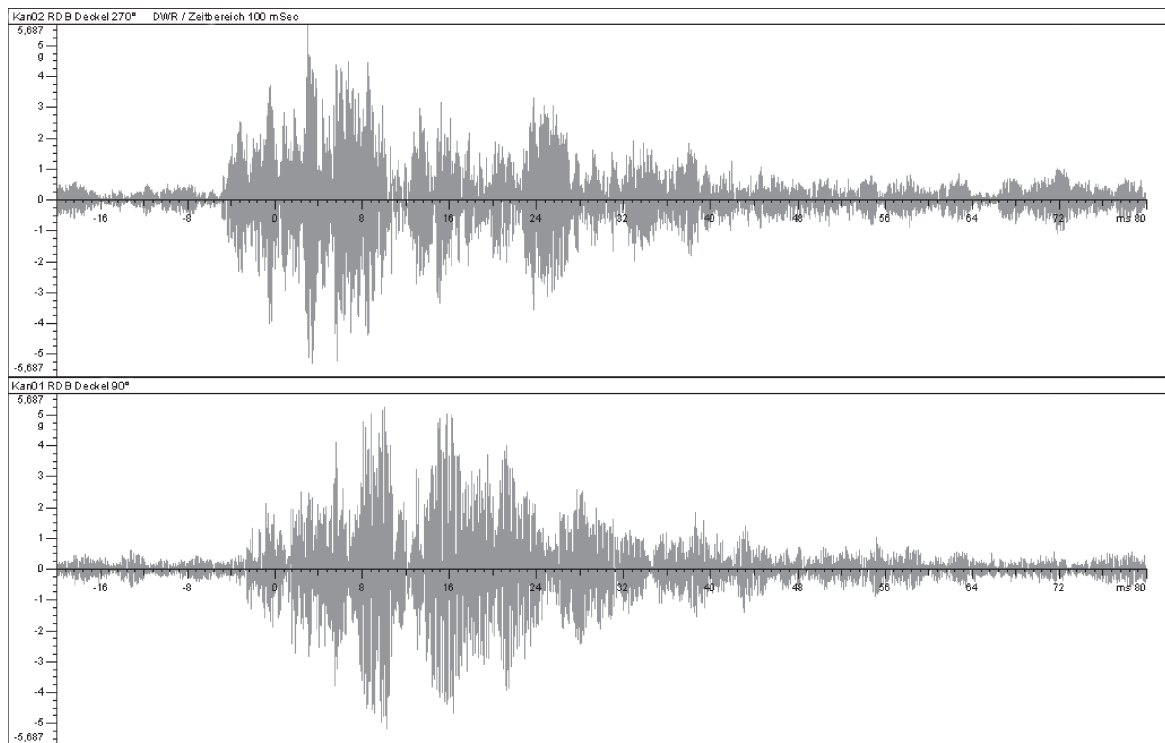


Bild 3 — Signalverläufe mit Bursts, hervorgerufen durch ein betriebsbedingtes Einzelschallereignis (Steuerstabfahren)

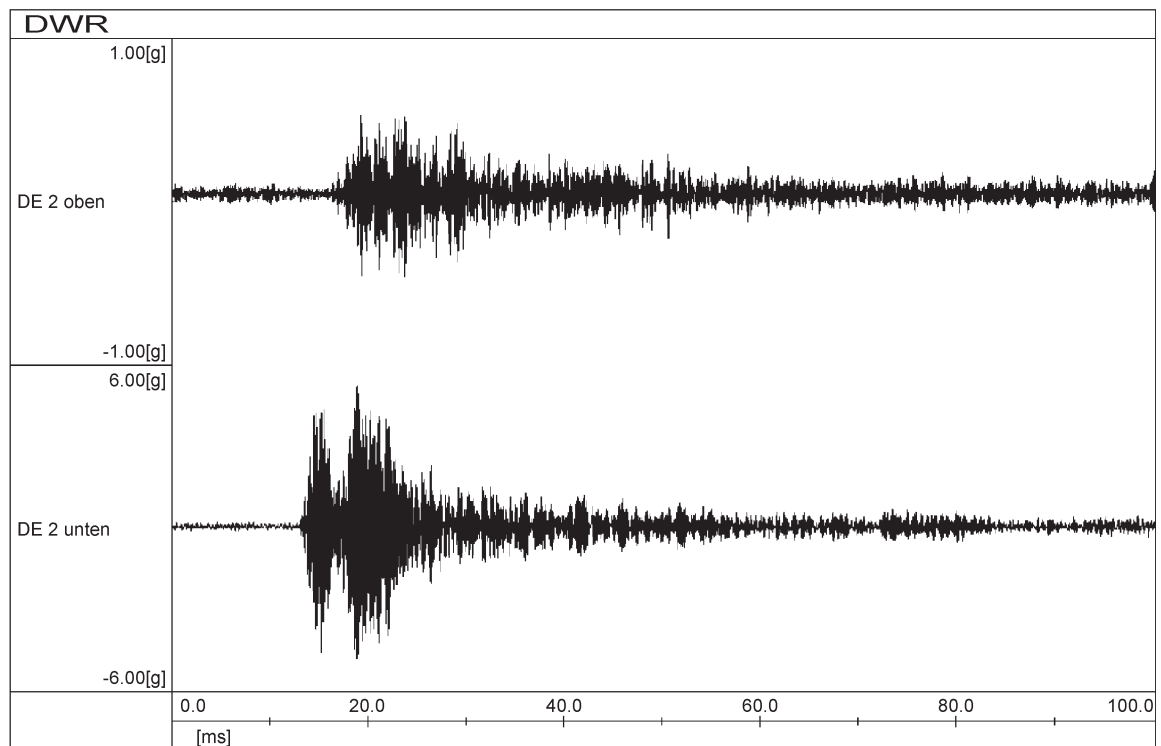
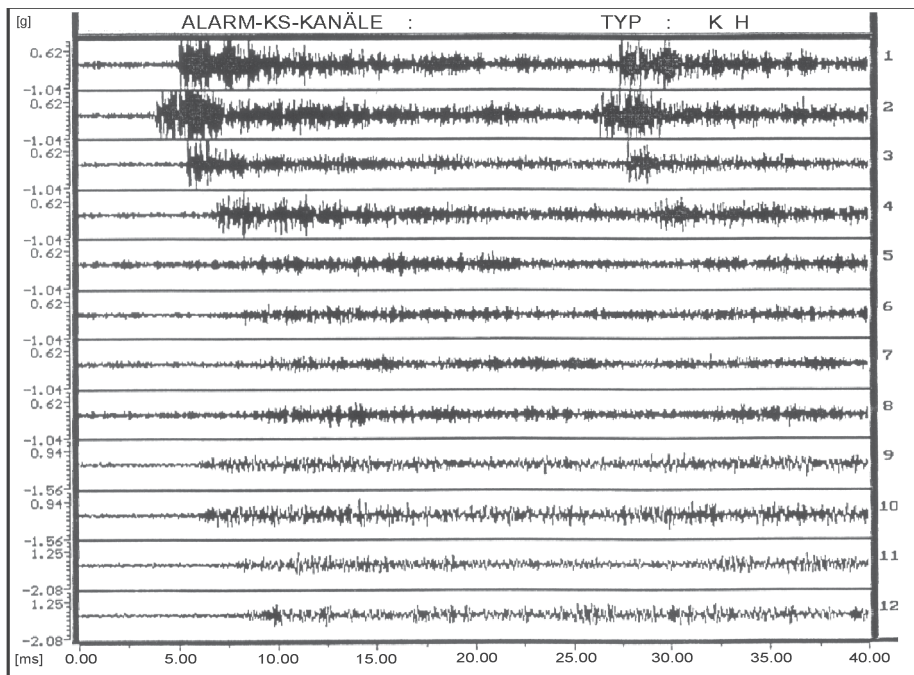
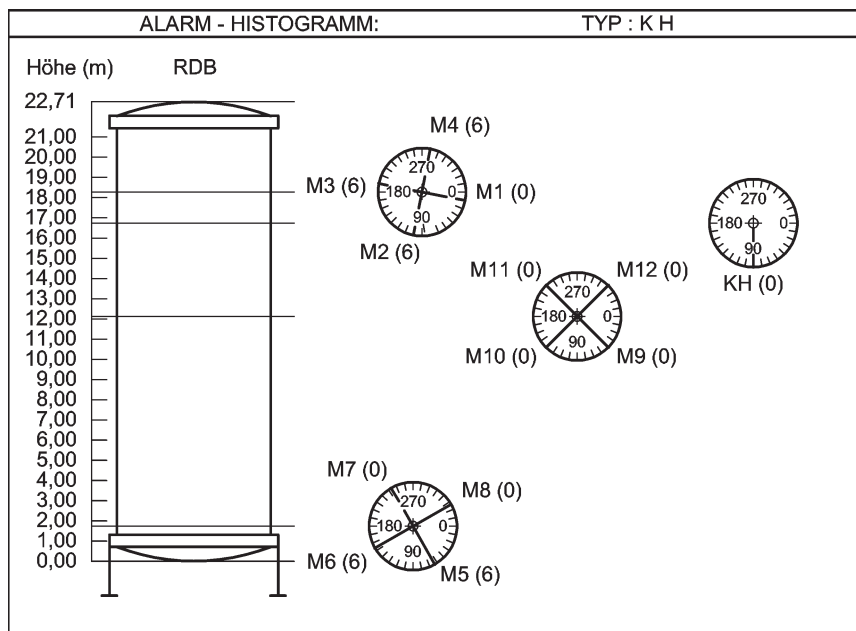


Bild 4 — Signalverläufe mit Bursts, hervorgerufen durch den Anschlag eines abgelösten Teils (Brennelement-Zentrierstift)



a) Signalverläufe mit Bursts eines Testschlages für einen Siedewasserreaktor



b) Ortungsergebnis des Testschlages für einen Siedewasserreaktor

Bild 5 — Signalverläufe mit Bursts, hervorgerufen durch einen Testschlag sowie Ortung beim Siedewasserreaktor