

DIN 25435-1

ICS 27.120.10

Ersatz für
DIN 25435-1:1987-11**Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von
Leichtwasserreaktoren –
Teil 1: Mechanisierte Ultraschallprüfung**

In-service inspections for primary coolant circuit components of light water reactors –
Part 1: Automated ultrasonic inspection

Contrôles périodiques des composants du circuit primaire des réacteurs à eau légère –
Partie 1: Contrôle automatique par ultrasons

Gesamtumfang 31 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	3
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe.....	5
4 Prüftechniken	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Nachweis und Ortung von Reflektoren	8
5 Anforderungen	10
5.1 Prüfpersonal.....	10
5.2 Prüfgegenstand.....	11
5.3 Ultraschallprüfeinrichtung	11
5.4 Koppelmittel	15
5.5 Messwerterfassungssystem	15
5.6 Zertifizierung und Funktionskontrolle	16
5.7 Kalibrier- und Vergleichsreflektoren.....	16
6 Prüfung	17
6.1 Prüfspezifikation	17
6.2 Vorbereitung.....	17
6.3 Durchführung	19
6.4 Abschließende Maßnahmen	20
6.5 Darstellung der digitalisierten und gespeicherten Messwerte	20
6.6 Bewertung	20
6.7 Analyse von Befunden	21
7 Protokollierung des Messaufbaus	21
7.1 Allgemeines	21
7.2 Vordrucke	22
8 Protokollierung	25
8.1 Allgemeines	25
8.2 Anzeigenliste	25
8.3 Befundprotokoll	25
9 Dokumentation.....	26
Anhang A (informativ) Beispiele für Prüftechniken und Prüfkopfanordnungen	27
Anhang B (informativ) Befundprotokoll.....	28
Anhang C (informativ) Verstärkungsausgleich	29
Bilder	
Bild C.1 — AVG- und Tiefenausgleichskurve	29
Bild C.2 — Winkelabhängiger Verstärkungsausgleich senkrecht zur Einschallebene bei Gruppenstrahlerprüfköpfen.....	30
Bild C.3 — Winkelabhängiger Verstärkungsausgleich in der Einschallebene bei Gruppenstrahlerprüfköpfen.....	31
Tabellen	
Tabelle 1 — Bevorzugte Einschallwinkel und Wellenarten	10
Tabelle 2 — Mindestanforderungen an das Prüfpersonal	10

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Materialprüfung, Arbeitsausschuss NMP 747 „Ultraschallprüfung — Kerntechnik“ erstellt. Es werden Prüftechniken, Anforderungen an Prüfsysteme, die Vorbereitung der Prüf- und Gerätetechnik, die Durchführung der Prüfung, die Protokollierung und Dokumentation festgelegt, zu dem Zweck, die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Prüfungen sicherzustellen.

Angaben zu Prüfumfang, Prüfintervall und die Bewertung der Prüfergebnisse sind KTA 3201.4 zu entnehmen.

DIN 25435 *Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren* besteht aus:

- *Teil 1: Mechanisierte Ultraschallprüfung*
- *Teil 2: Magnetpulver- und Eindringprüfung*
- *Teil 3: Druckprüfung*
- *Teil 4: Sichtprüfung*
- *Teil 6: Wirbelstromprüfung von Dampferzeuger-Heizrohren*
- *Teil 7: Durchstrahlungsprüfung*

Änderungen

Gegenüber DIN 25435-1:1987-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Umstellung der Gestaltung auf die Festlegungen nach den Normen der Reihe DIN 820;
- b) Aktualisierung durch Aufnahme neuer Kenntnisse und Gerätetechniken, wie sie bei wiederkehrenden Prüfungen eingesetzt werden;
- c) Anpassung an die aktuelle Terminologie durch Streichung und Ergänzung von Begriffen;
- d) Anforderungen an das Prüfpersonal.

Frühere Ausgaben

DIN 25435-1: 1979-08, 1987-11
DIN 25435-5: 1981-12

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden für wiederkehrende Prüfungen mit mechanisierten Ultraschallprüfeinrichtungen, die an den Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren durchgeführt werden. Diese Norm ist auch auf andere Komponenten kerntechnischer Anlagen anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 25435-2:2003-05, *Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren — Teil 2: Magnetpulver- und Eindringprüfung*

DIN 25450:1990-09, *Ultraschallprüfsysteme für die manuelle Prüfung*

DIN EN 473:2001-03, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 473:2000*

DIN EN 583-2:2001-04, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Teil 2: Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung; Deutsche Fassung EN 583-2:2001*

DIN EN 1330-4:2000-03, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 4 : Begriffe der Ultraschallprüfung; Dreisprachige Fassung EN 1330-4:2000*

DIN EN 12223:2000-01, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 1; Deutsche Fassung EN 12223:1999*

DIN EN 12668-1:2000-07, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 1: Prüfgeräte; Deutsche Fassung EN 12668-1:2000*

DIN EN 27963:1992-06, *Schweißverbindungen in Stahl; Kalibrierkörper Nr. 2 zur Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen (ISO 7963: 1985); Deutsche Fassung EN 27963:1992*

KTA 1202:1984-06, *Anforderungen an das Prüfhandbuch*¹⁾

KTA 1404, *Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken*

KTA 3201.3:1998-06, *Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren — Teil 3: Herstellung*

KTA 3201.4:1999-06, *Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren — Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung*

Bekanntmachung des BMI vom 04.12.1981 - RS I 6 - 513 127/11 — *Grundsätze zur Dokumentation technischer Unterlagen durch Antragsteller/Genehmigungsinhaber bei Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Kernkraftwerken*

DGZfP US 3:1999-05, *Richtlinie Ultraschallprüfung des prüfkopfnahen Oberflächenbereiches*²⁾

IIW Handbuch:1986, *Handbook on the ultrasonic examination of austenitic welds; The International Institute of Welding*

VGB-R 515:2001, *Auswertung von Messergebnissen bei mechanisierten Ultraschallprüfungen*³⁾

VGB-R 516:2001 (VGB-ENIQ-Richtlinie), *Methodik für das Vorgehen bei der Qualifizierung von zerstörungsfreien Prüfungen*

Zeus AG, Arbeitsgemeinschaft ZfP, *Ergebnisdaten- und Urdaten-Standardisierung, Spezifikation: Strukturierung von Urdaten*, Version: 1.0:1997-04⁴⁾

1) Herausgeber: Kerntechnischer Ausschuss (KTA) im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

2) Herausgeber und Bezugsquelle: Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V.

3) Herausgeber und Bezugsquelle: VGB Power Tech Service GmbH

4) Herausgeber und Bezugsquelle: EON, Hannover

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1330-4 und DIN 25435-2 und die folgenden Begriffe.

3.1

Fokusabstand

Abstand zwischen Schallaustrittspunkt und dem Ort des maximalen Schalldruckes

3.2

Fokustiefe

Abstand des Ortes des maximalen Schalldruckes von der Prüffläche des Testkörpers

3.3

Fokusbereich

lateral und axialer Bereich um das Schalldruckmaximum begrenzt durch den Abfall der Signalhöhe um 6 dB bezogen auf den Maximalwert, gemessen an Querbohrungen

ANMERKUNG Bei Messungen mit der elektrodynamischen Sonde in Durchschallung entspricht dieser Wert einem Abfall der Signalhöhe um 3 dB gegenüber dem Maximalwert.

3.4

Messwerte

erfasste Daten (z. B. Amplitude, Laufzeit, Position)

3.5

Auswertung

Sichtung der Messwerte hinsichtlich Vollständigkeit und Bewertbarkeit

3.6

Bewertung

Vergleich der ausgewerteten Messdaten mit festgelegten Kriterien

3.7

Prüfergebnis

zusammenfassende Bewertung aller Messwerte und Vergleich mit der vorangegangenen Prüfung

3.8

Urdaten

alle vom Ultraschallprüfsystem gespeicherten Messwerte

3.9

Messfahrt

Bewegung der Prüfköpfe mit gleichzeitiger Aufnahme von Messwerten

3.10

Prüffahrt

Messfahrt im Prüfabschnitt mit den in der Prüfspezifikation vorgegebenen Kenngrößen

3.11

Analysefahrt

Prüffahrt mit geänderten Kenngrößen

3.12

Trockenfahrt

Messfahrt ohne akustische Kopplung oder ohne Koppelmittel zwischen dem Prüfkopf und dem Prüfgegenstand

3.13

Referenzfahrt

Messfahrt zur Funktionskontrolle und Funktionsanpassung der Ultraschallprüfeinrichtung

3.14

Rauschpegel

95%-Wert der Summenhäufigkeit der Amplitude gemessen bei der Referenzfahrt oder Prüffahrt in einem anzeigefreien Bereich

3.15

Prüffunktion

die dem Prüfkopf für einen Sendeimpuls zugeordnete Prüfaufgabe (z. B. Volumenprüfung, Ankopplungskontrolle)

3.16

Prüfabstand

Weg, den der Prüfkopf zwischen zwei gleichen, aufeinander folgenden Prüffunktionen zurücklegt

3.17

Spurversatzkorrektur

Korrektur des Abfalls der Echohöhe von flächenhaften Reflektoren in der Mitte zwischen zwei Spuren

3.18

Schräglagenkorrektur

Korrektur des Abfalls der Echohöhe, der bei der Tandemprüfung oder bei der Prüfung mit einer vergleichbaren Prüftechnik entsteht, wenn die flächenhaften Reflektoren nicht senkrecht zur Oberfläche aber senkrecht zur Einschallebene orientiert sind

3.19

Tandemzonenkorrektur

Korrektur des Abfalls der Echohöhe des Kalibrierreflektors um maximal 6 dB zum Zonenrand

3.20

Tiefenkorrektur

laufzeitabhängige Korrektur der Echohöhe zum Ausgleich der Schalldruckänderung in Abhängigkeit vom Schallweg und vom Reflektortyp

3.21

Transferkorrektur

Korrektur der Echohöhe beim Übergang vom Kalibrierkörper auf den Prüfgegenstand, in der die Schalldivergenz- und Schallschwächungsunterschiede pauschal enthalten sind

3.22

Ultraschallprüfgerät

Gerät für die Prüfung mit Ultraschall, bestehend aus Sender, Empfänger, Digitalisierungseinheit und Datensichtgerät

3.23

Ultraschallprüfsystem

Ultraschallprüfgerät, Prüfköpfe und dazugehörige Kabel

ANMERKUNG In DIN EN 12668 Teil 1 bis Teil 3 wird hierfür der Begriff Ultraschall-Prüfausrüstung verwendet.

3.24

Prüfroboter

mechanische Einrichtung zur Führung der Prüfköpfe mit Steuerung

3.25**Ultraschallprüfeinrichtung**

Ultraschallprüfsystem, Prüfroboter und Auswerteeinheit

3.26**Sende-Empfang-Technik (SE-Technik)**

Prüftechnik mit akustisch und elektrisch getrennten Sende- und Empfangswandlern

3.27**Longitudinal-, Longitudinal-, Transversalwellen-Technik (LLT-Technik)**

Prüftechnik, die auf der Reflexion des Schallbündels an der Rückwand und an einem flächigen Reflektor im Prüfvolumen unter Ausnutzung der Wellenumwandlung von Longitudinalwellen und Transversalwellen beruht

3.28**Longitudinal-, Longitudinal-, Longitudinalwellen-Technik (LLL-Technik)**

Prüftechnik, die auf der Reflexion des Schallbündels an der Rückwand und an einem flächigen Reflektor im Prüfvolumen unter Ausnutzung von Longitudinalwellen beruht

3.29**Transversal-, Transversal-, Transversalwellen-Technik (TTT-Technik)**

Prüftechnik, die auf der Reflexion des Schallbündels an der Rückwand und an einem flächigen Reflektor im Prüfvolumen unter Ausnutzung von Transversalwellen beruht

3.30**Kalibrierreflektor**

Reflektor in oder am Kalibrierkörper, Vergleichskörper oder am Kontrollkörper zur Entfernung- oder zur Verstärkungseinstellung des Ultraschallprüfgerätes

3.31**Testkörper**

Körper zur Untersuchung von Eigenschaften eines Prüfverfahrens, eines Ultraschallprüfsystems oder einer Prüftechnik

3.32**Kalibrierkörper**

Kalibrierkörper Nr. 1 nach DIN EN 12223 und Kalibrierkörper Nr. 2 nach DIN EN 27963 zur Einstellung des Ultraschallprüfsystems und zur Überprüfung der Einstellung

3.33**Vergleichskörper**

an den Prüfgegenstand hinsichtlich Geometrie und physikalischer Eigenschaften angepasster Körper mit Vergleichsreflektoren, die an die Prüfaufgabe angepasst sind und sowohl zur Qualifizierung eines Prüfverfahrens als auch zur Einstellung der Prüfempfindlichkeit verwendet werden

3.34**Kontrollkörper**

Körper, nicht plattiert und aus einem bekannten Werkstoff mit bestimmter Oberflächengüte und Geometrie zur Einstellung des Ultraschallprüfsystems und zur Überprüfung der Einstellung

4 Prüftechniken**4.1 Allgemeines**

Die nachfolgend beschriebenen Prüftechniken werden zum Nachweis von Fehlern eingesetzt. Prüftechniken für die Analyse von Befunden sind 6.7 zu entnehmen.

Die Ultraschallprüfung wird mechanisiert durchgeführt, um

- die Strahlenexposition des Prüfpersonals gering zu halten,
- ortsbezogene Messwerte zu erfassen,
- reproduzierbare Prüfergebnisse zu erhalten.

Die jeweiligen Prüfabschnitte müssen so geprüft werden, dass auch im ungünstigsten Fall die geforderten Registriergrenzen eingehalten werden. Hieraus ergeben sich Anforderungen z. B. an die Spurversatzkorrektur, die Transferkorrektur, den Prüfabstand und die Fahrgeschwindigkeit, die von der jeweiligen Auswahl der Prüfköpfe (z. B. Schwingergröße, Prüffrequenz, Einschallwinkel) und dem zu untersuchenden Tiefenbereich abhängen.

Zum Nachweis und zur Ortung von Fehlern sind Prüfköpfe mit verschiedenen Einschallwinkeln in verschiedenen Einschallrichtungen zu verwenden.

Abhängig von der Prüfaufgabe sind folgende Prüfköpfe zu verwenden:

- Einschwingerprüfköpfe,
- SE-Prüfköpfe,
- Prüfköpfe mit elektromagnetischen Wandlern (EMUS),
- Gruppenstrahlerprüfköpfe (GRST).

Die Prüfung erfolgt in Kontakttechnik. Bei Prüfungen an austenitischen Komponenten kann durch das anisotrope Gefüge (siehe auch IIW-Handbuch und DGZfP US 3) die Prüfbarkeit beeinträchtigt werden.

4.2 Nachweis und Ortung von Reflektoren

4.2.1 Impuls-Echo-Technik mit Einzelschwingerprüfköpfen

Die Impuls-Echo-Technik mit Einzelschwingerprüfköpfen (siehe Anhang A, Nr. 1 und Nr. 2) erfasst den gesamten Waddickenbereich. Sie wird mit Longitudinal- und Transversalwellen und mit verschiedenen Einschallwinkeln und Prüffrequenzen eingesetzt.

Die Ortung eines Reflektors erfolgt über die Messung des Schallweges bei bekannter Prüfkopfposition, bekannter Einschallrichtung und bekanntem Einschallwinkel.

4.2.2 Sende-Empfang-Technik (SE-Technik)

Die SE-Technik (siehe Anhang A, Nr. 3) erfasst den Waddickenbereich, in dem sich die Schallfelder von Sende- und Empfangswandlern überlappen. Die SE-Technik wird mit Longitudinalwellen (SEL) oder Transversalwellen (SET) und mit verschiedenen Einschallwinkeln und Prüffrequenzen eingesetzt.

Die Ortung eines Fehlers erfolgt über die Messung des Schallweges bei bekannter Prüfkopfposition, bekannter Einschallrichtung und bekanntem Einschallwinkel.

ANMERKUNG Bei Anwendung von elektromagnetischen Wandlern ist nach dem derzeitigen Stand der Technik eine Ermittlung der Reflektorkoordinaten schwierig.

4.2.3 Tandemtechnik

Die Tandemtechnik (siehe Anhang A, Nr. 5) wird bei der Prüfung von Bauteilabschnitten mit planparallelen oder konzentrischen Oberflächen eingesetzt. Diese Technik dient vornehmlich zum Auffinden von senkrecht zur Oberfläche orientierten, flächenhaften Fehlern. Dabei dürfen zwei Transversalwellenprüfköpfe mit Einschallwinkeln von etwa 45° oder zwei Gruppenstrahlerprüfköpfe für Transversalwellen verwendet werden.

Die Ortung eines Reflektors bezüglich der Tiefenlage ist durch Angabe der Tiefenzone möglich. Sie hängt ab von

- dem Abstand der beiden Prüfköpfe,
- der Wanddicke,
- dem Einschallwinkel des Sende- und des Empfangsprüfkopfes,
- der Reflektorschräglage.

Bei der Tandemtechnik müssen die Tiefenzonen den Fehlererwartungsbereich unter Berücksichtigung von Schräglagen, Oberflächenunregelmäßigkeiten und gegebenenfalls von Wanddickenänderungen überdecken.

Bei gekrümmten Oberflächen ist die Änderung des Schallweges infolge der Geometrie zu berücksichtigen.

4.2.4 Prüftechnik mit Wellenumwandlung

Ultraschallprüftechniken, die während der Prüfung gleichzeitig Longitudinalwellen und Transversalwellen nutzen, werden eingesetzt zum Nachweis von senkrecht und nahezu senkrecht zur Oberfläche orientierten flächenhaften Fehlern (siehe Anhang A, Nr. 7). Als Prüfköpfe stehen dafür zur Verfügung: SEL-Prüfköpfe, Kriechwellenprüfköpfe, LLT-Prüfköpfe und Gruppenstrahlerprüfköpfe.

Die Ortung eines Reflektors erfolgt über die Messung des Schallweges bei bekannter Prüfkopfposition, bekannter Einschallrichtung und bekanntem Einschallwinkel in Abhängigkeit vom Wellenmode.

Bei der LLT-Technik müssen die Tiefenzonen den Fehlererwartungsbereich unter Berücksichtigung von Fehlerschräglagen, Oberflächenunregelmäßigkeiten und gegebenenfalls von Wanddickenänderungen umfassen.

ANMERKUNG In der Praxis werden Prüftechniken eingesetzt, die dadurch gekennzeichnet sind, dass zwei räumlich getrennte Schwinger mit der gleichen Einschallrichtung und üblicherweise mit unterschiedlichen Einschallwinkeln verwendet werden, wobei ein Schwinger zum Senden und der andere zum Empfangen dient. Dabei kann die Wellenumwandlung genutzt oder auch nicht genutzt werden.

4.2.5 V-Durchschallungstechnik

Die V-Durchschallungstechnik (siehe Anhang A, Nr. 8) wird bei der Prüfung von Komponenten zur Erfassung der Ankoppel- und Transferschwankungen und zum Nachweis von großen Trennungen (bezogen auf das Schallbündel) eingesetzt.

4.2.6 Bevorzugte Einschallwinkel und Wellenarten

Unter Berücksichtigung optimaler Auftreffwinkel sind vorzugsweise die Einschallwinkel und Wellenarten nach Tabelle 1 zu wählen.

Zur Vermeidung von Wellenumwandlungen sollten bei Anwendung von Transversalwellen-Prüfköpfen (Einschwinger) für die Tandemtechnik Einschallwinkel und Reflexionswinkel im Bereich von 40° bis 50° liegen. Die Prüfköpfe sind so anzuordnen, dass der in der Prüfspezifikation angegebene Wanddickenbereich erfasst wird.

Für Prüftechniken mit Wellenumwandlung und für die Gruppenstrahlertechnik müssen die Einschallwinkel an die Prüfaufgabe angepasst werden.

Tabelle 1 — Bevorzugte Einschallwinkel und Wellenarten

Lage des Reflektors		Einschallwinkel ^b	Einzel-schwinger-technik	SE-Technik	Gruppen-strahler-technik	EMUS
ober-flächen-nah ^a	prüfkopf-nah	0°	—	L	L	—
		45°	T ^d	—	T ^d	—
		≥ 65°	—	L	L	TH ^c
	prüfkopf-fern	0°	L	—	L	—
		30° bis 70°	T	T	T	TH ^c
Im Wandinneren		0°	L	L	L	—
		40° bis 70°	T	T	T	TH ^c

Zu verwendende Prüftechniken sind durch L, T oder TH gekennzeichnet (siehe Anhang A), nicht zu verwendende Prüftechniken durch einen Strich (—).

^a Siehe auch 13.2.5.7.2 (4) von KTA 3201.3:1998-06.

^b Abhängig von der Geometrie des Prüfgegenstandes dürfen auch andere Einschallwinkel verwendet werden.

^c Elektromagnetisch angeregte horizontal polarisierte Transversalwelle (TH). Die Gleichwertigkeit ist durch eine Qualifizierung nachzuweisen.

^d Bei Prüfung über den ganzen Sprung.

5 Anforderungen

5.1 Prüfpersonal

Das Prüfpersonal muss über eine ausreichende Erfahrung in der Durchführung von mechanisierten Ultraschallprüfungen verfügen. Die Qualifikation des Prüfpersonals muss nach Tabelle 2 nachgewiesen sein.

Tabelle 2 — Mindestanforderungen an das Prüfpersonal

Prüfpersonal	Qualifikation
Bedienpersonal für Prüfroboter	Nachweis durch Schulung
Bedienpersonal für Ultraschallprüfgeräte	Zertifiziert in Stufe 1 nach DIN EN 473
Ultraschallprüfer	Zertifiziert in Stufe 2 nach DIN EN 473
Auswerter und Bewerter	Zertifiziert in Stufe 2 nach DIN EN 473 sowie Erfahrung in Aus- und Bewertung
Prüfungsbeauftragter	Zertifiziert in Stufe 3 nach DIN EN 473