

Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren

Mechanisierte Ultraschallprüfung

DIN
25 435
Teil 1

Inservice inspections for primary circuit components of light water reactors;
remote-controlled ultrasonic inspection

Ersatz für Ausgabe 08.79
und DIN 25 435 T 5/12.81

Für den Anwender dieser Norm unterliegen die Vordrucke nicht dem Vervielfältigungsrandvermerk.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	6.2 Vorbereitung	5
2 Zweck	1	6.3 Durchführung	6
3 Begriffe	1	6.4 Abschließende Maßnahmen	6
4 Prüftechniken	2	6.5 Registrierung	6
4.1 Allgemeines	2	6.6 Beschreibung von Befunden	6
4.2 Auffinden von Reflektoren	2	7 Protokollierung	6
4.3 Analyse von Reflektoren	2	7.1 Allgemeines	6
5 Anforderungen	3	7.2 Prüfkopf	7
5.1 Prüfgegenstand	3	7.3 Ultraschallprüfgerät	8
5.2 Ultraschallprüfeinrichtung	3	7.4 Prüfkopf-Daten in Verbindung mit dem Ultraschallprüfsystem	9
5.3 Koppelmittel	4	7.5 Justierkörper	9
5.4 Prüfpersonal	4	7.6 Empfindlichkeitseinstellung	10
5.5 Meßwerterfassungssysteme	4	8 Dokumentation	11
5.6 Instandhaltung	4	Anhang A Beispiele für Prüfkopfanordnungen	11
5.7 Justierkörper	4	Zitierte Normen und andere Unterlagen	12
6 Prüfung	5		
6.1 Prüfanweisung	5		

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anwendbar auf wiederkehrende Prüfungen mit mechanisierten Ultraschallprüfeinrichtungen, die an den Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren durchgeführt werden. Sie ist uneingeschränkt jedoch nur für ferritische Grundwerkstoffe anwendbar.

2 Zweck

Es werden Prüftechniken, Anforderungen an Prüfsysteme, die Vorbereitung und Durchführung der Prüfung sowie die Protokollierung und Dokumentation festgelegt, zu dem Zweck, die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Prüfungen sicherzustellen.

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

3 Begriffe

Für diese Norm gelten die in DIN 54 119 definierten Begriffe.

3.1 Einzelschwingertechnik

Unter Einzelschwingertechnik wird eine Prüftechnik verstanden, bei der Sende- und Empfangsfunktion von ein und demselben Ultraschallwandler wahrgenommen werden.

3.2 Fokustiefenbereich

Der Fokustiefenbereich ist der von einem fokussierenden Prüfkopf erfaßbare Tiefenbereich eines Prüfgegenstandes. Die Grenzen des Fokustiefenbereiches sind definiert durch den Abfall der Echohöhe um 6 dB gegenüber dem absoluten Maximalwert, in axialer Richtung, gemessen am Punktrefektor.

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

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

3.3 Fokustiefe

Die Fokustiefe ist der Abstand des Ortes des maximalen Schalldruckes von der Prüffläche.

3.4 Fokusbereich

Der Fokusbereich ist der laterale Bereich um das Schalldruckmaximum. Die Größe des Fokusbereichs ist definiert durch den Abfall der Echohöhe um 6 dB gegenüber dem Maximalwert, in lateraler Richtung, gemessen am Punktrefektor.

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

3.5 Prüffahrt

Unter der Prüffahrt wird die Bewegung der Ultraschallprüfköpfe mit gleichzeitiger Aufnahme von Meß- und Positionsdaten verstanden.

3.6 Prüffolgeabstand

Der Prüffolgeabstand ist der Weg, den ein Prüfkopf bei konstanter Vorschubgeschwindigkeit zwischen zwei zueinandergehörenden Prüftakten zurücklegt.

3.7 Tandemtiefezone

Die Tandemtiefezone ist der Wanddickenbereich eines Prüfgegenstandes, in dem die Echohöhe eines definierten Reflektors nicht mehr als um einen vorgegebenen Wert vom Maximalwert abweicht.

3.8 Testfahrt

Die Testfahrt ist eine Meßfahrt zur Funktionsprüfung der Ultraschallprüfeinrichtung.

3.9 Transferkorrektur

Die Transferkorrektur ist die Korrektur der Verstärkungseinstellung des Ultraschallprüfgerätes beim Übergang vom Justierkörper auf den Prüfgegenstand, wobei die Schalldivergenz- und Schallschwächungsunterschiede nicht enthalten sind.

3.10 Ultraschallprüfsystem

Das Ultraschallprüfsystem besteht aus Ultraschallprüfgerät, Prüfköpfen und den dazugehörenden Prüfkabeln.

3.11 Ultraschallprüfeinrichtung

Die Ultraschallprüfeinrichtung umfaßt Manipulatoren und das Ultraschallprüfsystem.

4 Prüftechniken

4.1 Allgemeines

Nach KTA 3201.4 werden im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen Ultraschallprüfungen an den Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren durchgeführt. Hierzu sollten mit Manipulatoren fernbediente Prüfköpfe eingesetzt werden, um

- die Strahlenexposition des Prüfpersonals gering zu halten,
- reproduzierbare Meßergebnisse zu erhalten,
- alle registrierpflichtigen Meßwerte und die dazugehörigen Ortsdaten mit EDV-gerechten Aufzeichnungsgeräten zu erfassen.

Die jeweiligen Prüfabschnitte müssen mit der erforderlichen Nachweisempfindlichkeit erfaßt werden. Hieraus ergeben sich Anforderungen an den Spurbestand, den Prüffolgeabstand, die Prüfgeschwindigkeit und die Transferkorrektur, die von der jeweiligen Auswahl der Prüfköpfe (Schwingergröße, Prüffrequenz, Einschallwinkel) und dem zu untersuchenden Tiefenbereich abhängen.

Damit die nach Art, Lage und Orientierung vorgegebenen Fehler erfaßt werden können, sind Prüfköpfe mit verschiedenen Einschallwinkeln in verschiedenen Einschallrichtungen zu verwenden. Im allgemeinen werden die Prüfköpfe über die Prüffläche geführt, um die durch die Oberflächenkontur bedingten Änderungen des Einschallwinkels möglichst gering zu halten (Kontakttechnik).

Alle bei der Prüfung mit der Ultraschallprüfeinrichtung beobachteten Anzeigen werden ab einer festgelegten Registriergrenze aufgezeichnet.

Der sachgemäße Aufbau, die Justierung und Bedienung der Ultraschallprüfeinrichtung sind sicherzustellen.

4.2 Auffinden von Reflektoren

4.2.1 Einzelschwingertechnik

Die Einzelschwingertechnik erfaßt die gesamte Wanddicke außerhalb der Sendeimpulseinflußzone. Die Einzelschwinger-technik kann mit Longitudinal- und Transversalwellen und mit verschiedenen Einschallwinkeln und Nennfrequenzen eingesetzt werden.

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

4.2.2 SE-Technik

Die SE-Technik erfaßt den Wanddickenbereich, in dem sich die Schallfelder von Sende- und Empfangsschwinger überlappen. Die SE-Technik kann mit Longitudinal- und Transversalwellen und mit verschiedenen Einschallwinkeln und Nennfrequenzen eingesetzt werden.

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

4.2.3 Tandemtechnik

Die Tandemtechnik (siehe Anhang A) kann im allgemeinen bei der Prüfung von Bauteilabschnitten mit planparallelen oder konzentrischen Oberflächen eingesetzt werden. Diese Technik dient vornehmlich zum Auffinden von senkrecht zur Oberfläche orientierten, flächenhaften Reflektoren. Dabei werden vorwiegend Transversalwellen mit Einschallwinkeln von etwa 45° verwendet. Mit dieser Technik ist das Innere einer Wandung mit Ausnahme der oberflächennahen Zonen erfaßbar.

Die Ortung eines Reflektors ist nur innerhalb einer Tiefezone möglich. Sie hängt ab von

- dem Abstand der beiden Prüfköpfe voneinander,
- der Wanddicke,
- dem Einschallwinkel,
- der Einschallrichtung.

4.3 Analyse von Reflektoren

Sofern aufgefundene Reflektoren bezüglich Größe, Form und Orientierung analysiert werden müssen, besteht die Möglichkeit, spezielle Prüftechniken (z. B. Einsatz fokussierender Prüfköpfe zur Fehlerrandabtastung) anzuwenden oder spezielle Analysetechniken (z. B. Akustische Holographie, synthetische Apertur, Laufzeit-Ortskurven) einzusetzen. Zur Analyse von Reflektoren gehört auch die Unterscheidung zwischen Form- und Fehleranzeigen.

5 Anforderungen

5.1 Prüfgegenstand

Die zur Kopplung benötigten Flächen müssen glatt sein und frei von störenden Verunreinigungen (z. B. Farbreste, Rost). Die Oberflächen müssen so beschaffen sein, daß die Prüfköpfe einwandfrei aufliegen und verschoben werden können. Anforderungen an die Oberfläche sind KTA 3201.3 zu entnehmen.

5.2 Ultraschallprüfeinrichtung

5.2.1 Allgemeines

Die Ultraschallprüfeinrichtung muß geschützt sein gegen

- unbeabsichtigtes Berühren unter Spannung stehender Teile,
- schädliche Staubablagerungen,
- Spritzwasser.

5.2.2 Manipulatoren

Manipulatoren sind so auszuführen, daß sie im Hinblick auf die Strahlenexposition des Prüfpersonals eine zeitsparende Montage und Bedienung des Systems ermöglichen und den Anforderungen der Arbeitssicherheit genügen.

Die Manipulatoren müssen so konstruiert sein, daß

- sie fernbedienbar sind,
- sie den in der Prüfanweisung festgelegten Prüfabschnitt erfassen,
- eine Position auf ± 3 mm in einem Temperaturbereich von 20 °C bis 50 °C eingestellt werden kann,
- ein Auflaufen gegen Hindernisse verhindert wird (z. B. durch Endschalter),
- sämtliche Bauteile gegen selbsttätiges oder unbeabsichtigtes Lösen, Abstürzen oder Umkippen gesichert sind,
- sie möglichst wenig kontaminationsanfällig und weitgehend dekontaminierbar sind,
- die Positionsdaten mit einer Auflösung von kleiner oder gleich 1 mm ständig zur Verfügung stehen,
- die Positionsdaten in komponentenbezogenen Koordinaten angegeben werden,
- die Prüfgeschwindigkeiten die in der Prüfanweisung festgelegten Prüffolgeabstände jederzeit ermöglichen,
- die Prüfgeschwindigkeit ständig überwachbar ist (z. B. über die Positionsdaten),
- der elektrische Störpegel, der von Antriebs- und Steuerelementen ausgeht, unter dem Pegel der Gefügeanzeigen im jeweiligen Prüfabschnitt liegt.

5.2.3 Ultraschallprüfgerät

Folgende Eigenschaften des Ultraschallprüfgerätes sind vor der ersten Inbetriebnahme zu überprüfen:

a) Anzeigeteil:

- Einfluß von Speisespannungsschwankungen (z. B. Einfluß auf die Zeitablenkung, Einfluß auf die Echohöhe),
- Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Zeitablenkung und Echohöhe,
- Einlaufzeit, Einlaufverhalten (Drift der Zeitablenkung, Drift der Echohöhe).

b) Verstärker:

- Empfindlichkeit,
- Verstärkungsreserve,
- Auflösungsvermögen (Echobreite, Sendeimpuls- oder Störzonenbreite),
- Leistungsaufnahme.

Vor Beginn der wiederkehrenden Prüfung sind die Linearität der Zeitablenkung und die Verstärkerkennlinie (differentielle und integrale Linearität) zu überprüfen.

Es ist nachzuweisen, daß das Ultraschallprüfgerät die nach Prüfanweisung erforderlichen Anforderungen der Eigenschaften aufweist und die Fehlergrenzen nicht überschritten werden.

Das Ultraschallprüfgerät ist so auszulegen, daß

- die Messung der Entfernung des Reflektors vom Schallaustrittspunkt mit einer Fehlergrenze von $\pm 2\%$ der Entfernung erfolgt. Die Genauigkeit braucht jedoch nicht besser zu sein als ± 5 mm bei Einsatz von Longitudinalwellen und ± 3 mm bei Einsatz von Transversalwellen,
- die Verstärkung kontrolliert und eine Verstärkungsänderung von mehr als ± 2 dB angezeigt wird,
- die Stabilität der Laufzeitmessung kontinuierlich kontrollierbar ist,
- bei der Umwandlung der analogen in digitale Daten die Auflösung kleiner oder gleich 1 dB ist,
- die Darstellung jedes einzelnen Prüfkanals möglich ist,
- die Bandbreite der Meßkette alle Prüffrequenzen zuläßt, so daß der frequenzabhängige Amplitudenabfall maximal 3 dB beträgt.

5.2.4 Prüfköpfe

Bei Verwendung von nicht-fokussierenden Einzelschwingerprüfköpfen ist die Echohöhenbewertung nur für Schallwege möglich, die größer sind als die Sendeimpulseinflußzone. Die Echohöhenbewertung sollte möglichst nur für Schallwege größer als die 0,7fache Nahfeldlänge vorgenommen werden. Daher sind die Prüfköpfe bezüglich ihrer Schwingergröße und Prüffrequenz so auszuwählen, daß sie die nach Prüfanweisung vorgegebenen Tiefenzonen erfassen können.

Fokussierende Prüfköpfe dürfen nur zur Prüfung eines Tiefenbereiches eingesetzt werden, der sich aus dem Fokustiefenbereich und dem Einschallwinkel ergibt.

Die Prüffrequenz soll im Bereich zwischen 1 MHz und 5 MHz liegen. Sie ist so auszuwählen, daß der Störpegel, der von Gefügeanzeigen ausgeht, bei ferritischen Grundwerkstoffen mindestens 12 dB unter dem Pegel liegt, der der kleinsten in der Prüfanweisung festgelegten Registrierengrenze entspricht. Es ist sicherzustellen, daß während der Prüfung die Empfindlichkeit der Prüfköpfe sich um nicht mehr als 3 dB ändert (z. B. durch Verschleiß der Prüfkopfsohlen).

Bei gekrümmten Prüfflächen müssen die Prüfköpfe (z. B. durch Anschleifen oder Vorlaufkeile) der Krümmung dann angepaßt werden, wenn ohne Anpassung Meßwertänderungen von mehr als 2 dB auftreten.

Der Nachweis, daß die Prüfköpfe nicht an die Krümmung angepaßt werden müssen, ist durch eine direkte Messung (z. B. an einem Testkörper) zu erbringen. Die Prüfköpfe sind für einen Temperaturbereich von 20 °C bis 50 °C auszulegen.

Folgende Daten der Prüfköpfe müssen bekannt sein:

- Prüfkopftyp,
- Bauform,
- Gehäusemaße,
- Frequenzspektrum,
- Schwingerabmessungen,
- Vorlaufstrecke,
- Schallaustrittspunkt,
- Einschallwinkel,
- Divergenzwinkel,
- Schielwinkel,
- Sendeimpulseinflußzone,
- Nahfeldlänge,
- Fokustiefenbereich.

5.2.5 Einschallwinkel

Die Einschallwinkel sollen für die einzelnen Prüftechniken folgendermaßen gewählt werden:

a) Einzelschwingertechnik und SE-Technik

Lage des Refektors		bevorzugter Einschallwinkel	Wellenart	SE-Technik	Einzelschwinger-technik
oberflächennah ¹⁾	prüfkopfnah	45°	T		x ²⁾
		65° bis 70°	L	x	x
	prüfkopffern	30° bis 70°	T	x	
im Wandinneren		0°	L	x	x
		40° bis 70°	T	x	x

Die zu verwendenden Longitudinal- oder Transversalwellen sind durch L oder T, die Ultraschalltechniken durch ein Kreuz (x) gekennzeichnet.

¹⁾ Richtwert bis etwa 20 mm, abhängig von Schallfeldgrößen

²⁾ Bei Prüfung über den ganzen Sprung wird auch die prüfkopfnah Oberfläche wie prüfkopffern behandelt.

b) Tandemtechnik

Zur Vermeidung von Modumwandlungen sollen Einschallwinkel und Reflexionswinkel bei der Tandemtechnik 45° mit einer Toleranz von $\pm 5^\circ$ betragen. Die Anordnung der Prüfköpfe ist so vorzunehmen, daß der in der Prüfanweisung angegebene Wanddickenbereich erfaßt wird (d.h. gegebenenfalls in mehreren Tiefenzonen).

5.2.6 Laufzeitblenden

Es ist sicherzustellen, daß die Prüfempfindlichkeit innerhalb der Laufzeitblende um nicht mehr als 3 dB unter das Empfindlichkeitsmaximum abfällt.

Bei Verwendung eines Prüfgerätes mit Tiefenausgleich müssen die Änderungen der Echohöhe aufgrund der Divergenz des Schallbündels innerhalb von ± 3 dB ausgeglichen werden.

Werden bei der Tandemprüfung Laufzeitblenden verwendet, so müssen diese den Fehlererwartungsbereich unter Berücksichtigung von Fehlerschräglagen, Oberflächenunregelmäßigkeiten und gegebenenfalls von Wanddickenänderungen erfassen.

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

5.2.7 Prüfkopfhalterungen

Die Prüfkopfhalterungen sind so auszulegen, daß die Prüfköpfe der Oberfläche des Prüfgegenstandes ungehindert folgen können.

5.3 Koppelmittel

Das Koppelmittel muß folgende Eigenschaften besitzen:

- es darf den Prüfgegenstand nicht beschädigen,
- es darf keine störenden Rückstände hinterlassen,
- es muß eine gleichmäßige Schallübertragung sicherstellen.

Ein geeignetes Koppelmittel ist z. B. vollentsalztes Wasser, gegebenenfalls mit Zusätzen von Netzmitteln.

5.4 Prüfpersonal

Das Prüfpersonal muß die von ihm durchzuführenden Arbeiten beherrschen. Insbesondere muß es über eine ausreichende Erfahrung in der Durchführung von Ultraschallprüfun-

gen und diesbezügliche Kenntnisse über den Prüfgegenstand verfügen.

5.5 Meßwerterfassungssysteme

5.5.1 Schreibende Meßgeräte

Es sind schreibende Meßgeräte zu verwenden, die

- die vom Ultraschallprüfsystem gelieferten Signale mit hinreichender Genauigkeit erfassen können,
- die während der Prüffahrt sich ändernden Positionsdaten erfassen können.

5.5.2 Meßwertdrucker

Es sind Meßwertdrucker zu verwenden, die alle erforderlichen Meßwerte ausgeben können. Sind viele Meßwerte innerhalb kurzer Zeit zu erwarten, dürfen Datenpuffer und Multiplexer eingesetzt werden.

5.5.3 Datenträger

Werden Datenträger (z. B. Magnetbänder) zur Speicherung von Meßwerten verwendet, so muß sichergestellt sein, daß die aufgezeichneten Daten den Eingangsdaten entsprechen.

5.6 Instandhaltung

Die Ultraschallprüfeinrichtung ist in regelmäßigen Abständen instandzuhalten. Nach jeder Instandhaltung ist die Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

5.7 Justierkörper

Die Justierkörper dürfen nicht plattiert sein. Anzeigen von Werkstoffinhomogenitäten im Bereich der Justierreflektoren müssen mindestens 12 dB unter der Anzeige des kleinsten Justierreflektors liegen.

Die Schallgeschwindigkeiten in Justierkörper und Prüfgegenstand dürfen höchstens um 1 % voneinander abweichen. Der Justierkörper soll dieselbe Dicke wie der Prüfgegenstand haben. Andernfalls müssen die Schallschwächungen von Justierkörper und Prüfgegenstand bekannt sein und bei der Justierung berücksichtigt werden.

Als Justierreflektoren sind zugelassen:

- Rückwandflächen,
- Querbohrungen,
- Flachbodenbohrungen,
- Nuten.