

# Wiederkehrende Ultraschallprüfungen in Kernkraftwerken – Einsatz von optimierten Prüftechniken

Detlef SCHOMBACH,  
TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG,  
Große Bahnstr. 31,  
22525 Hamburg

## 1. Vorgaben des Regelwerkes

Für kerntechnische Anlagen erfolgen Fertigungsendprüfungen, insbesondere auch Ultraschallprüfungen, nach den Sicherheitstechnischen Regeln des KTA 3201.3 und 3211.3. Die KTA 3201.3 gilt für die Prüfung bei der Herstellung an „Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren“ (gültige Fassung 11/2007). Die KTA 3211.3 gilt für die Prüfung bei der Herstellung an „Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises“ (gültige Fassung 11/2003). Weiterhin gelten Spezifikationen für verschiedene Halbzeuge und Geltungsbereiche. Geprüft wird bei Fertigungsprüfungen auf Fehler, die während des Herstellungsprozesses entstanden sind. Bei der Fertigungsprüfung wird das gesamte Volumen des Prüfgegenstandes bewertet. Fertigungsprüfungen gelten meist als Basisprüfungen für wiederkehrende Prüfungen.

Wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfungen mit dem Ultraschallverfahren werden nach den Vorgaben der KTA- Regeln 3201.4 (gültige Fassung 11/2010) für Prüfstellen an Komponenten der Druckführenden Umschließung und 3211.4 (gültige Fassung 11/1996) für den Bereich der Äußeren Systeme durchgeführt. Detaillierte Angaben zu den Prüfungen sind für jede Anlage separat in Standardprüfanweisungen geregelt. Ultraschallprüfungen kommen als Ersatz für die Prüfung der inneren Oberflächen, die für eine Magnetpulver- und Eindringprüfung nicht zugänglich sind, zum Einsatz. Mechanisierte Ultraschallprüfungen sind gemäß KTA 3201.4 erforderlich

- a) bei Störanzeigen (z. B. an austenitischen Schweißnähten),
- b) bei formbedingten Anzeigen (z. B. bei Wurzelkerben),
- c) bei komplizierten Geometrien (z. B. Stutzeneinschweißnähten),
- d) wenn eine Bewertung ohne umfangreiche Aufzeichnung und Darstellung der Messdaten gemäß DIN 25435-1 nicht möglich ist oder
- e) wenn hierdurch eine Verringerung der Strahlenexposition des Prüfpersonals erreicht werden kann.

Die Einschallparameter bei wiederkehrenden Prüfungen werden so gewählt, dass Fehler, die während des Betriebes entstanden sind, gut zu erkennen sind.

## **2. Beispiel Ultraschallprüfungen an ferritischen Schweißnähten, gefährdet durch den Schadensmechanismus dehnungsinduzierte Risskorrosion**

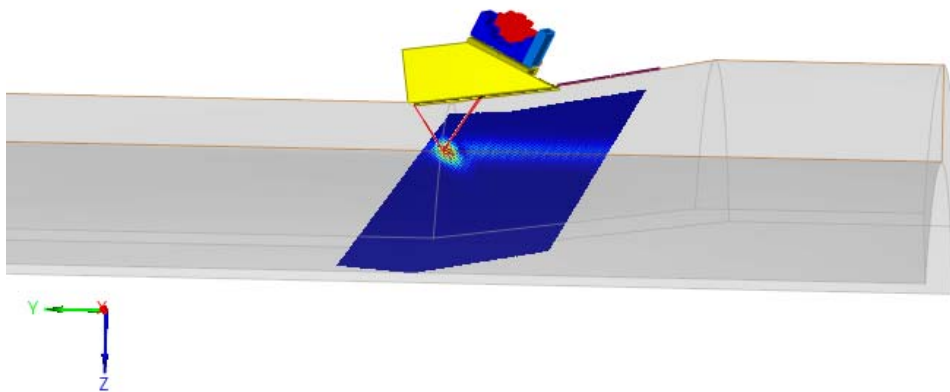
Bei wiederkehrenden Ultraschallprüfungen von Schweißnähten an ferritischen Rohrleitungen (Werkstoff WB 35) in einem Kernkraftwerk wurden überwiegend quer zur Schweißnahtichtung Anzeigen detektiert. Nach Leckagen wurden Untersuchungen zur Feststellung der Schadensursache durchgeführt. Dehnungsinduzierte Risskorrosion entstand lokal auf Schweißnähte begrenzt. Bevorzugte Rissausgangsstellen waren Stellen an Wasserstandslinien teilgefüllter, waagrecht verlaufender Leitungen, an denen Stillstandskorrosion vorlag. Die Risse befanden sich im Schweißgut, sie gingen von mulden- bzw. grabenartigen Vertiefungen aus. Die Ultraschallprüfung von gefährdeten Schweißnähten erwies sich als sehr schwierig. Die Risse waren schwer von Korrosionsgrübchen zu unterscheiden, eine erhöhte Prüfempfindlichkeit wurde festgelegt. Die Prüfaussage wurde oft durch nicht vollständig beschliffene Schweißnahtoberflächen erschwert. Auf ein vollständiges Beschleifen der Schweißnähte wurde aus Gründen des Strahlenschutzes verzichtet. Für die Ultraschallprüfungen kamen nur speziell ausgewiesene, erfahrene und trainierte Ultraschallprüfer zum Einsatz. Die Prüftechnik wurde so optimiert, dass auch Prüfköpfe mit geringeren Schwingerabmessungen eingesetzt wurden. Ergänzende, gezielte Durchstrahlungsprüfungen auf Anzeigenbereiche und zusätzliche Oberflächenprüfungen mit dem Magnetpulververfahren von der Rohrrinnenseite waren oft erforderlich, eine sichere Prüfaussage zu erzielen. Schadhafte Bereiche wurden ausgetauscht, Schweißnähte mit registrierpflichtigen Anzeigen wurden in verkürzten Prüfintervallen auf eventuelle Veränderungen hin überprüft.

Durch konsequente Austauschmaßnahmen, die Anwendung eines geeigneten Prüfkonzeptes, veränderte Fahrweisen der Anlage, die Anwendung optimierter Prüftechniken und den Einsatz von Prüfern, die in dieser Prüfaufgabe besonders geübt waren, wurde die Problematik der dehnungsinduzierten Risskorrosion in diesem Falle gelöst.

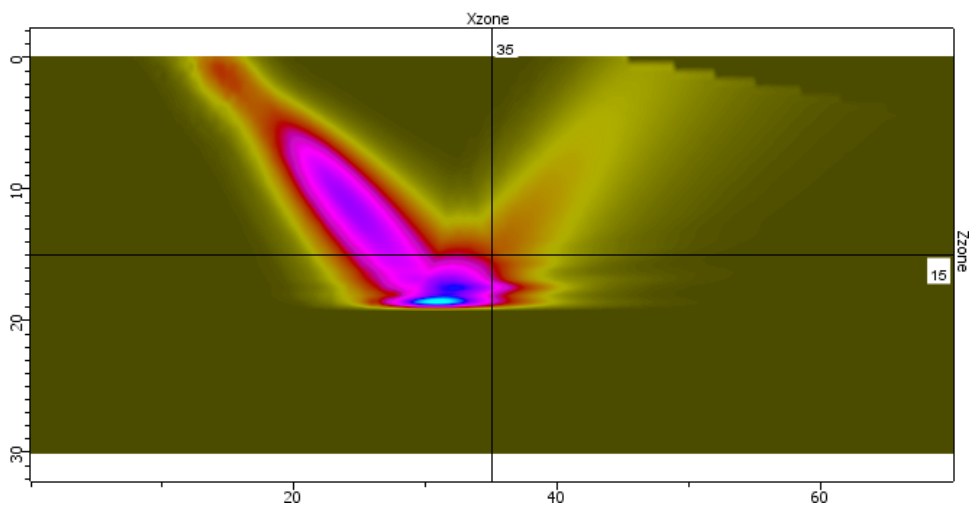
## **3. Optimierung von Ultraschallprüfung mit CIVA**

Für spezielle Prüfaufgaben mit dem Ultraschallverfahren ist es möglich und erforderlich die optimale Prüftechnik in Abhängigkeit der Geometrie und der Werkstoffeigenschaften vor Prüfungsbeginn zu ermitteln. Ein sehr gutes Instrument dafür ist die CIVA- Software. Mit dieser Software können Schallfelder definiert und berechnet werden, Reflektoren können vorgegeben und die Reflektivität ermittelt werden. Der Einfluss von verschiedenen Lagen und Orientierungen von Reflektoren auf die Ultraschallamplitude kann bestimmt werden. Im Beispiel wird die Simulation der Ultraschallprüfung mit einem Prüfkopf 45SET- 1,5MHz mit acht Elementen (Phased- Array) an einer Rohrreduzierung (Änderung der Wanddicke von 20mm auf 10mm, Schräge von 10°, austenitischer Werkstoff 1.4550) dargestellt (Bild 1). Wir haben ermittelt, dass eine Nut von 1,5 mm (entspricht der „KTA“- Nut) bei dieser Geometrie mit einer Transversalwelle von 41° optimal reflektiert (Bild 2).

Die Benutzung eines Vergleichskörpers kann durch die Simulation nicht ersetzt werden. Viele Einflüsse der Schweißnahtausführung auf deren Ultraschallprüfung können durch eine Simulation nicht vollständig abgedeckt werden. Die Verwendung eines Vergleichskörpers wird auch durch das Regelwerk vorgegeben. Jedoch kann bereits vor der Verifizierung am Vergleichskörper die optimale Prüftechnik und Prüfmethode ermittelt werden.



**Bild 1** Geometrie und Darstellung der Einschallung für eine CIVA- Simulation



**Bild 2** Reflexionsverhalten einer Nut 1,5mm bei einem Winkel von 41° am Prüfstück Bild 1

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Für wiederkehrende Prüfungen mit dem Ultraschallverfahren in kerntechnischen Anlagen sind in den kerntechnischen Regeln Anforderungen spezifiziert. Für die Erfüllung der Prüfaufgabe ist es oftmals erforderlich, optimierte Prüftechniken einzusetzen. Dies kann bedingt sein durch Schädigungen, die während des Betriebes aufgetreten sind. Solche Prüftechniken werden besonders bei Übertragbarkeitsprüfungen an ähnlich gestalteten Prüfobjekten eingesetzt. Mit Simulationen durch die CIVA- Software ist es möglich optimale Einschallparameter bereits im Vorfeld anstehender Ultraschallprüfungen an kompliziert gestalteten Prüfgegenständen zu erproben und zu simulieren. Die KTA- Regel 3211.4, die bereits überarbeitet wurde, wird zeitnah in Kraft gesetzt werden. Es ist zu erwarten, dass für die dort geregelten Systembereiche vergleichbare Anforderungen, wie sie bereits für den Bereich der Druckführenden Umschließung gelten, festgelegt werden. Auch die DIN- Reihe 25435 wird zurzeit aktualisiert. Hier sind auch einige Präzisierungen für die Durchführung von Zerstörungsfreien Prüfungen in der Kerntechnik zu erwarten.