

Innovative Optimierung der Ultraschallprüfung an Radsatzwellen

Arne ROHRSCHNEIDER*, Thomas HECKEL**, Thomas OELSCHLÄGEL*, Markus SCHÖLL***

* DB Systemtechnik GmbH Zerstörungsfreie Prüfung und Prüfsysteme ** BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung *** intelligeNDT Systems & Services GmbH AREVA NDE-Solutions Germany

Betriebsbedingte Belastungen und eventuelle Oberflächen-Kurzfassung. schädigungen einer Radsatzwelle können zu deren Versagen führen. Daher besteht die Notwendigkeit zur vorbeugenden Prüfung mit Hilfe zerstörungsfreier Prüfverfahren. Zurzeit setzt die Deutsche Bahn AG mechanisierte Ultraschall-Prüfsysteme (HPS-Anlagen) bei Radsatzwellen mit Längsbohrung ein. Die Prüfung erfolgt an den im Fahrzeug eingebauten Radsatzwellen. Diese Prüfanlagen nutzen feste Einschallwinkel. Die Nachweisempfindlichkeit liegt bei 2 mm tiefen Vergleichsfehlern für die Querfehlerprüfung. Zur Detektion der Querfehler werden positionsabhängige Blenden im A-Bild eingesetzt. Physikalisch bedingt können aber auch Unregelmäßigkeiten in der Beschichtung, aufgepresste Komponenten und andere Einflüsse zu einer Blendenüberschreitung und somit zu einer Befundung der Radsatzwelle führen. Die konventionelle Prüftechnik erlaubt dabei keine Unterscheidung zwischen diesen sogenannten Scheinanzeigen und den Querfehlern. Ein Radsatztausch mit anschließender Demontage zur Ermittlung der Anzeigenursache ist in diesen Fällen daher derzeit unvermeidlich. Die von der DB Systemtechnik und Partnern untersuchte Phased-Array-Technik mit SAFT-Auswertealgorithmus (Synthetic Aperture Focussing Technique) soll helfen, die UT-Anzeigen besser bewerten zu können und den unnötigen Radsatzwechsel zu vermeiden. Das Ziel des UT-SAFT-Verfahrens ist es, die Tiefenkomponente von Rissen über das Rissspitzensignal zu detektieren und auswertbar zu machen. Durch eine nachgeschaltete UT-SAFT-Analyse soll an befundeten Radsatzwellen nachuntersucht werden, ob die Anzeigen der Reflektorpositionen innerhalb des Wellenvolumens, auf der Grenzfläche oder außerhalb des Wellenvolumens liegen. Es wird erwartet, dass durch die zeitnahe Bestimmung der Anzeigenursache die erforderlichen Radsatzwechsel deutlich reduziert werden. Dadurch ist eine Erhöhung der Fahrzeugverfügbarkeit und eine Kostenreduzierung (Reduzierung des Aufwandes für Radsatzausbau, Radsatztransport, Nachprüfung und Aufarbeitung der Radsätze) erreichbar.

Einführung

Radsatzwellen mit Längsbohrung werden bei der DB AG mit speziellen mechanisierten Anlagen, den HPS-Anlagen, geprüft. Gründe für die mechanisierte Prüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung sind neben wirtschaftlichen Aspekten (Reduzierung der Prüfzeit) unter anderem die folgenden Sicherheitsaspekte:



- Gewährleistung eines gleichmäßigen Vorschubes und damit einer gleichmäßigen Prüfbereichsabdeckung,
- reproduzierbare und dauerhafte Speicherung der Pr
 üfergebnisse,
- Entlastung des Prüfpersonals bei der Bewertung von Anzeigen an Wellen mit komplizierter Geometrie,
- gleichbleibende Pr
 üfempfindlichkeit
 über die gesamte L
 änge der Radsatzwelle und damit exakte Anpassung der Pr
 üfempfindlichkeit an die Wellengeometrie,
- Funktionsprüfung der Anlagen mit definierten Vergleichswellen an eingebrachten Vergleichsfehlern. [1]

Prüfung auf Querfehler

Derzeit erfolgt die Prüfung auf Querfehler mittels HPS-Anlagen überwiegend mit dem Einschallwinkel von 37° in zwei entgegengesetzten Richtungen. Bei Bohrungsdurchmessern von ≥ 50 mm wird in den Querschnittsübergängen (Korbbögen) und in den Schaftbereichen ein zusätzlicher Einschallwinkel von 70° verwendet. Die gesamte Prüfung erfolgt in einem Prüfdurchlauf für alle Prüffunktionen gleichzeitig über die gesamte Länge der Radsatzwelle. [1]

Die Empfindlichkeitsjustierung für die Querfehler erfolgt an Vergleichsreflektoren in Testwellen. Diese sind in jedem relevanten Durchmesser, in den Fehlererwartungsbereichen und in charakteristischen Querschnittsübergängen eingebracht. Es handelt sich um Sekantenschnitte mit einer maximalen Tiefe von 2 mm. Der wesentliche Prüfeffekt, der für die Detektion von Rissen genutzt wird, ist die Reflexion des Ultraschalls aus einer Kante. Dieser Effekt wird als Winkelspiegeleffekt bezeichnet.

Bei den Prüfeinrichtungen ist die Grundverstärkung für jede Prüffunktion konstant. Die Schwellenhöhe (Blendenhöhe) variiert in Abhängigkeit von der Wellengeometrie. Dadurch ist eine Anpassung der Prüfempfindlichkeit an die Wellengeometrie möglich. Je nach Anlagenhersteller besteht auch die alternative Variante, die Blendenhöhe konstant zu belassen und die Verstärkung entsprechend zu variieren. Darüber hinaus müssen Blendenposition und Blendenbreite anhand der Fehlererwartungsbereiche eingestellt werden. Nachteilig ist, dass Blendenüberschreitungen nicht nur durch Querfehler hervorgerufen werden, sondern auch durch sogenannte Scheinanzeigen.

Ausbau von Radsätzen in der Regelinspektion aufgrund von Scheinanzeigen

Bei montierten Radsätzen kann es bei der Ultraschallprüfung neben Fehleranzeigen zu sogenannten Scheinanzeigen kommen. Bei den Scheinanzeigen handelt es sich um Ultraschallanzeigen die über einer festgelegten Schwelle liegen und die Radsatzwelle somit als fehlerhaft einstufen, obwohl kein Riss vorliegt.

Risse besitzen eine Tiefenausdehnung (Risstiefe = der Abstand von der äußeren Mantelfläche der Radsatzwelle bis zur Rissspitze) in das Wellenmaterial. Demgegenüber haben Scheinanzeigen diese Tiefenkomponente nicht. Scheinanzeigen treten auf bzw. außerhalb der Wellenkontur (Wellenmantelfläche) auf und stellen im Sinne der Bruchmechanik keinen Fehler dar und sind unkritisch.

Die Scheinanzeigen werden durch z.B. Drehriefen, Haftungsfehler und Abplatzungen der Beschichtungen, Schmutzansammlungen am Radüberstand sowie den Presssitz hervorgerufen. In Abbildung 1 ist eine Auswahl möglicher Scheinanzeigen dargestellt. Die befundeten Radsatzwellen müssen ausgebaut und in ein Werk der schweren Instandhaltung für weiterführende Untersuchungen gebracht werden.



Abbildung 1: Beispiele möglicher Scheinanzeigen

Darauffolgend wird der Radsatz demontiert und gegebenenfalls die Beschichtung entfernt. Anschließend wird eine erneute Prüfung (Ultraschallprüfung und/ oder Magnetpulverprüfung) der Radsatzwelle vorgenommen. In der Mehrzahl der Fälle stellt sich heraus, dass kein Riss vorhanden ist, weshalb die Radsatzwellen dem Betrieb wieder zugeführt werden können. Abschließend ist zu sagen, dass Scheinanzeigen zu einem unnötigen Ausbau des Radsatzes in der Regelinspektion führen.

Phased-Array-Technik und UT-SAFT an Radsatzwellen mit Längsbohrung

Die untersuchte SAFT-Technik unter der Nutzung von Gruppenstrahler-Prüfköpfen soll helfen, die UT-Anzeigen besser bewerten zu können und somit die Scheinanzeigen zu "umgehen", um einen unnötigen Radsatztausch zu verhindern. Das Ziel des UT-SAFT-Verfahrens ist es, die Tiefenkomponente von Rissen, die Rissspitze, zu detektieren, auswertbar zu machen und die Risse dadurch von den Scheinanzeigen zu differenzieren.

Der Winkelspiegeleffekt, das Reflektieren des Ultraschalls aus einer Kante, ist der wichtigste Prüfeffekt bei der konventionellen Rissprüfung an Radsatzwellen mit Längsbohrung. Der Ultraschall wird in Abhängigkeit vom Einschallwinkel reflektiert und dabei zweimal "umgelenkt" (siehe Abbildung 2a).



Abbildung 2: a) Winkelspiegeleffekt b) Reflexion an einer Rissspitze

Die Qualität des Winkelspiegeleffektes hängt von den verwendeten Wellenarten, Transversal- oder Longitudinalwellen [2] sowie von dem Einfallswinkel der Schallwelle ab [3]. Bei der Reflexion an einer Rissspitze (siehe Abbildung 2b) wechselwirkt die Schallwelle im Bereich der halben Wellenlänge mit dem Rissende (Rissspitze) [4]. Dieser Effekt wird im Folgenden als Rissspitzeneffekt bezeichnet. Das Signal aus der Rissspitze ist im Gegensatz zum Winkelspiegeleffekt um ein vielfaches geringer, da ein Großteil des Signals im Bauteil "verschwindet" und nur ein geringer Teil wieder vom Schwinger detektiert wird. Mit der bestehenden konventionellen Prüftechnik ist es nicht möglich, das Signal der Rissspitze auszuwerten. Das SAFT-Verfahren in Verbindung mit der Gruppenstrahlertechnik bietet dagegen eine verbesserte Ortsauflösung und eine gesteigerte Empfindlichkeit durch den erhöhten Signal-Rausch-Abstand, wodurch das Signal der Rissspitze "erfasst" werden kann.

Aufbau des Technologieträger

Der für die Untersuchungen aufgebaute Technologieträger (siehe Abbildung 3) gliedert sich in nachstehende und im Folgenden näher beschriebene Hauptbestandteile:

- Ultraschall-Gruppenstrahlergerät,
- SAFT-Rekonstruktionssoftware.



Abbildung 3: Aufbau des Prüfsystems

Die Datenaufnahme und Ultraschallerzeugung wurde durch das Ultraschall-Gruppenstrahlergerät Saphir Quantum der Firma intelligeNDT Systems & Services GmbH (iNDT) mit einer entsprechenden Softwareerweiterung vorgenommen. Das Gerät ist in der Lage, die für SAFT-Rekonstruktionen benötigten HF-Daten aufzunehmen und mit Wegkoordinaten zu verknüpfen. Die Messungen wurden mit einem von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) entwickelten Gruppenstrahler-Prüfkopf-Prototyp durchgeführt. Der Prüfkopf ist für den Einsatz mit Longitudinalwellen in einem Winkelbereich von ca. 0° bis ca. 60° ausgelegt. Die Prüffrequenz beträgt 5 MHz.

Eine Rotation des Prüfkopfes wurde während der Datenaufnahme nicht vorgenommen, da die Messungen stets in linearer Fahrt ausgeführt wurden (Linien-SAFT). Die Ankopplung erfolgt mittels Kontakttechnik unter dem Einsatz von Öl. Mit der Softwareerweiterung "Saphir-SAFT-Analyse" der Fa. iNDT können 2D-SAFT-Rekonstruktionen erzeugt werden. Dazu müssen die Prüffunktionen (Einschallwinkel)

ausgewählt werden, die in die Rekonstruktion einfließen sollen. Anschließend wird der gewünschte B-Bildbereich festgelegt und die Rekonstruktion gestartet. Somit kann der Anwender entscheiden, welche der aufgenommen Prüffunktionen im späteren SAFT-Bild verwendet werden sollen. Dies bietet eine Reihe weiterer Möglichkeiten (z. B. die getrennte Rekonstruktion von Fehler und Kontur) gegenüber dem klassischen SAFT-Verfahren. Das untersuchte Verfahren mit der Gruppenstrahlertechnik unterscheidet sich somit von dem klassischen SAFT-Verfahren, bei dem nur ein Prüfkopf mit festem Einschallwinkel und einem breiten Schallbündel verwendet wird.

Versuche

Künstliche Vergleichsfehler

Zu Beginn sind Untersuchungen an Testwellen mit künstlich eingebrachten Vergleichsfehlern unterschiedlicher Form, Lage und Tiefe (2 mm bis 0,5 mm) vorgenommen worden. Hierbei wurde geprüft, ob eine Detektion der künstlichen Fehler mit dem SAFT-Verfahren möglich ist. Darüber hinaus stand das Trennvermögen der Signale, die vom Winkelspiegel und von der Rissspitze stammen, im Vordergrund der Untersuchungen. Zum Teil lagen die eingebrachten Fehler im Bereich von Querschnittsübergängen, wobei die Einschallrichtung des Prüfkopfes (nach Innen oder nach Außen) von der Formanzeige weg erfolgte. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse von den künstlichen Vergleichsfehlern zusammengefasst.

Winkelspiegelsignal	sichtbare Trennung von
	Winkelspiegel und Rissspitze
Ja	Ja
Ja	Nein
Ja	Ja
Ja	Ja
Ja	Ja
	Winkelspiegelsignal Ja Ja Ja Ja Ja Ja Ja Ja Ja Ja Ja Ja

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der künstlichen Vergleichsfehler

*Sekantenschnitt

In Abbildung 4 sind die SAFT-B-Bilder des 1,5 mm und des 1,2 mm tief erodierten Kerbs abgebildet. Das Winkelspiegel- und das Rissspitzensignal wurden im Bild gekennzeichnet. Darüber hinaus sind die entsprechende Wellenkontur und die Winkelbereiche, aus denen sich das Bild zusammensetzt, hinterlegt.

Die künstlichen Vergleichsfehler konnten ab einer Tiefe von 0,5 mm über das Signal des Winkelspiegels detektiert werden. Das Rissspitzensignal wurde ab einer Fehlertiefe von 1 mm beim erodierten Sägeschnitt und 1,2 mm beim erodierten Kerb (siehe Abbildung 4b) sicher nachgewiesen.



Abbildung 4: künstliche Vergleichsfehler a) 1,5 mm tief erodierter Kerb b) 1,2 mm tief erodierter Kerb (14° schräg) im Korbbogenbereich

Der Signalabstand von Winkelspiegel und Rissspitzensignal beträgt höchstens 14 dB und der Signal-Rausch-Abstand der Rissspitze beträgt mindestens 12 dB. Die ermittelte Fehlertiefe stimmt mit den Einbringtiefen der Fehler überein. Die Genauigkeit liegt bei \pm 10 %.

Künstlich durch Schwingungen erzeugte Vergleichsfehler und betriebsbedingte Risse

Außerdem wurden Untersuchungen an künstlich durch Schwingungen erzeugten Vergleichsfehlern vorgenommen. Dazu wurde in Testwellen ein definierter Kerb (Rissstarterkerb) durch Erodieren eingebracht und diese Testwellen anschließend auf einem Radsatzwellen-Prüfstand mit einem definierten Lastprofil beaufschlagt. Aus dem eingebrachten Rissstarterkerb ist dann ein Riss gewachsen. Die Rissspitze dieser Testfehler ist mit der eines natürlichen Risses identisch und daher für die SAFT-Untersuchungen aussagekräftiger als die der künstlichen Testfehler (Sekantenschnitte, erodierte Kerben). Der wesentliche Unterschied zu einem im Bahnbetrieb real entstandenem Riss ist das Vorhandensein des Rissstarterkerbs mit seinen unterschiedlichen Reflexionsverhältnissen innerhalb des gewachsenen Risses. Der kleinste auf diesem Weg erzeugte Riss hatte eine Tiefe von 2,5 mm.

Des Weiteren wurden SAFT-Analysen an Rissen bzw. Rissnestern durchgeführt, welche bei der Magnetpulverprüfung und z.T. bei den UT-Prüfungen mit HPS-Anlagen gefunden wurden. Die Risstiefe wurde hierbei über das a/c-Verhältnis (Verhältnis von Risstiefe zu halber Risslänge = 0,8) ermittelt. Der größte dabei untersuchte Riss wies eine Risstiefe von 1 mm auf. Weitere Risstiefen waren 0,8 mm und 0,5 mm. In dem Fehlertiefenbereich von 1 mm bis 2 mm lagen keine betriebsbedingten Risse vor. In der folgenden Tabelle sind die Untersuchungsergebnisse von künstlich durch Schwingungen erzeugten Vergleichsfehlern und betriebsbedingten Rissen zusammengefasst:

Risstiefen	Winkelspiegelsignal	sichtbare Trennung von Winkelspiegel und Rissspitze
0,5 mm	Nein	Nein
0,8 mm	Ja	Nein
1 mm	Ja	Nein
2,5 mm	Ja	Ja
9 mm	Ja	Ja
15 mm	Ja	Ja

Tabelle 2: Zusammenfassung der Ergebnisse der realen Risse

Der in Abbildung 5a abgebildete Riss konnte über das Rissspitzensignal detektiert und mit einer Tiefe von 2,5 mm quantifiziert werden.



Abbildung 5: a) SAFT-B-Bild eines künstlich durch Schwingungen erzeugten Risses (2,5 mm tief)
b) Begründung für das Rissspitzensignal außerhalb der Wellenkontur

Am Rekonstruktionsbild des 2,5 mm tiefen Risses sind folgende "Erscheinungen" zu erkennen:

Das Winkelspiegelsignal fällt gegenüber dem Rissspitzensignal wesentlich größer aus. Die Ursache dafür ist, dass in dem Winkelspiegelsignal noch das Rissspitzensignal des zuvor eingebrachten Kerbs (1,2 mm tief) enthalten ist. Des Weiteren kommt es zu einer Spiegelung der beiden Rissspitzensignale (Kerb und gewachsener Riss) an der Wellenkontur. Abbildung 5b zeigt den Laufweg eines Rissspitzensignals, welches über die Wellenkontur wieder zum Prüfkopf reflektiert. Durch die SAFT-Rekonstruktion erscheint eine weitere Anzeige im B-Bild außerhalb des Wellenmaterials. Diese Anzeige befindet sich in gleichem Abstand von der Wellenkontur und entspricht einer Spiegelung der Anzeige mit der Wellenkontur als Spiegelebene.

Die drei Anzeigen aus Winkelspiegel, Kerbspitze und gespiegelter Kerbspitze "verlaufen" in dem Bild zu einer einzigen großen Anzeige, deren Zentrum das Winkelspiegelsignal bildet. Bei einem realen Riss kann davon ausgegangen werden, dass die Winkelspiegelanzeige kleiner ausfällt, weil keine Kerbspitzenanzeigen vorliegen. Daher ist eine deutlichere Trennung der beiden relevanten Anzeigen (Rissspitzen,- und Winkelspiegelanzeige) zu erwarten.

In Abbildung 6a ist das Rekonstruktionsbild des 15 mm tiefen Risses und in Abbildung 7a das des 9 mm tiefen Risses zu sehen. In diesen SAFT-Bildern wurden zusätzlich die Winkel von 0° bis 20° für die Rekonstruktion verwendet, wodurch die Wellenkontur mit abgebildet wird. Der Korbbogen, der der Einschallrichtung abgewandt ist, wird nicht dargestellt, da keine Reflexionen in dieser Einschallrichtung vorkommen. Bei beiden Bildern ist die Rissspitze deutlich erkennbar. In beiden Bildern sind mehrere Anzeigen vorhanden, die sich wahrscheinlich aus Unregelmäßigkeiten innerhalb der Rissflanke ergeben. Für die Rissidentifikation und Fehlertiefenbewertung sind diese zusätzlichen Anzeigen, die innerhalb der Rissflanke auftreten, irrelevant und können vernachlässigt werden.



Abbildung 6: a) SAFT-B-Bild des künstlich durch Schwingungen erzeugten Vergleichsfehlers b) Bruchfläche des durch Schwingungen erzeugten Vergleichsfehlers [6]

Im Anschluss an die UT-SAFT-Messungen wurde die Welle mit dem 15 mm tiefen Riss aufgebrochen (siehe Abbildung 6b), wodurch eine direkte Messung der Risstiefe gegeben war. Die ermittelte Risstiefe beträgt 15 mm. Damit weicht die mit dem SAFT-Verfahren bestimmte Risstiefe um lediglich 0,3 mm bzw. 2 % von der "wahren Risstiefe" ab.



Abbildung 7: a) SAFT-B-Bild vom 9 mm tiefen Riss b) SAFT-B-Bild vom unbeschädigten Bereich (gleiche axiale Position, jedoch veränderte Umfangsposition zu Abbildung 7a), daher kein Winkelspiegel- und kein Rissspitzensignal c) SAFT-B-Bild des 1 mm tiefen Risses

In der Radsatzwelle mit dem 9 mm tiefen Riss wurde ein weiterer Linienscan im selben axialen Bereich des Fehlers, aber veränderter Umfangsposition (rissfreier Bereich) vorgenommen und rekonstruiert (siehe Abbildung 7b). Wie zu erwarten, treten in diesem fehlerfreien Wellenbereich im B-Bild keine Anzeigen innerhalb des Wellenmaterials auf. Es ist eine klare Differenzierung zwischen rissfreien und rissbehafteten Bereichen gegeben.

Der 0,8 mm und der 1 mm tiefe Riss (siehe Abbildung 7c) liefern im Rekonstruktionsbild nur ein längliches Winkelspiegelsignal auf Höhe der Wellenkontur. Das Rissspitzensignal ist nicht zu erkennen, weil die Amplitude des Signals im Bild zu gering ist und daher von der Winkelspiegelanzeige überdeckt wird. Folglich lässt sich anhand des B-Bildes der tatsächlich vorhandene Riss nicht als solcher identifizieren. Es existiert eine kritische Risstiefe bei der keine klare Trennung von Rissspitzen- und Winkelspiegelanzeige mehr gegeben ist.

Als eindeutiges Rissidentifizierungsmerkmal kann nur eine frei im Wellenmaterial befindliche Rissspitzenanzeige herangezogen werden. Zwischen kleinen Rissen und Scheinanzeigen kann nicht unterschieden werden. Eine Differenzierung von Riss und Scheinanzeige ist erst ab einer bestimmten Risstiefe durch ein separates Rissspitzensignal möglich. Eine Steigerung der Nachweisempfindlichkeit kann durch eine höhere Prüffrequenz erreicht werden [5].

Befundete Radsatzwellen aus der Regelinspektion

Um das "Verhalten" von UT-SAFT bei Scheinanzeigen zu beurteilen, wurden SAFT-Analysen an befundeten Radsätzen vorgenommen. Die hierbei untersuchten UT-Anzeigen sind bei der Prüfung mit konventionellen HPS-Anlagen aufgetreten. Es wurden folgende Scheinanzeigen untersucht:

- Anzeigen, hervorgerufen durch den Presssitz der Bremsscheibe,
- Anzeigen, hervorgerufen durch den Presssitz der Radscheibe,
- Anzeigen durch Kantenpressung (innerer Radsitz).

In den Bereichen der beiden Bremsscheibensitze treten eine Reihe von Anzeigen auf. In diesen Bereichen sind mehrere SAFT-Linienscans aufgenommen und rekonstruiert worden. Zwei repräsentative SAFT-Bilder aus den befundeten Bremsscheibensitzen sind in Abbildung 8a und b zu sehen.



Abbildung 8: a) und b) SAFT-B-Bilder von Scheinanzeigen c) Simulation eines Risses (1,6 mm tief) im Presssitzbereich

Hieran ist zu erkennen, dass ein mit SAFT rekonstruierter Presssitz im Winkelbereich von 20° bis 60° Anzeigen liefert, die sich alle auf Höhe der Wellenkontur befinden. Es treten keine Anzeigen innerhalb des Wellenmaterials auf. Die Anzeigen besitzen im SAFT-Bild unterschiedliche Amplituden und sehen den Rekonstruktionen vom Winkelspiegel eines Risses ähnlich. Die Abbildung 8c (Simulation) zeigt, wie sich ein Riss in einem Presssitzbereich mit UT-SAFT darstellen würde.

Die Scheinanzeigen rufen im SAFT-B-Bild keine Anzeigen innerhalb des Wellenmaterials hervor und werden nur auf der Wellenmantelfläche bzw. außerhalb des Wellenmaterials abgebildet. Die Begründung hierfür ist, dass die Scheinanzeigen keine Tiefenkomponente besitzen und durch den SAFT-Algorithmus positionsgenau an ihrem Reflexionsort rekonstruiert werden.

Zusammenfassung

Mit konventioneller Ultraschallprüftechnik, d. h. mit festen Einschallwinkeln und Blendentechnik, werden häufig Radsatzwellen ohne reale Fehler mit Anzeigen befundet. Aufgrund von Defiziten in aktuell verfügbaren Unterscheidungsmöglichkeiten zwischen Fehlern und Scheinanzeigen wurde untersucht, welche technologischen Verfahren und/ oder Methoden eine diesbezügliche Differenzierung ermöglichen können. Dazu wurde die Eignung des kombinierten Einsatzes der Gruppenstrahlertechnik und des SAFT-Verfahren untersucht. Durch einen entsprechenden Technologieträger wurden unter Laborbedingungen sowohl verschiedene künstlich eingebrachte Testfehler als auch natürliche Risse unterschiedlicher Tiefe und Lage aufgenommen und ausgewertet. Darüber hinaus fanden Untersuchungen von sogenannten Scheinanzeigen in Form von Presssitzanzeigen und Kantenpressung statt, in deren Verlauf zudem die Prüfparameter optimiert wurden. Im Rahmen der Versuchsdurchführung konnten eine Reihe zielführender Nachweise erbracht werden, u. a.:

- optisch eindeutig darstellbare Trennung von Fehleranzeigen und Wellenkontur bei Verrechnung der konturgebenden Winkel (0°-20°) im SAFT-B-Bild,
- Detektion künstlich eingebrachter Testfehler ab einer Tiefe von 0,5 mm über den Winkelspiegeleffekt und Quantifizierung ab einer Tiefe von 1,2 mm über das Rissspitzensignal,
- Bestimmung der Risstiefen über Winkelspiegel- und Rissspitzensignal mit großer Genauigkeit (Abweichung < 10 %),

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Gruppenstrahlertechnik in Verbindung mit der SAFT-Rekonstruktion erstmalig eine Differenzierung von Scheinanzeigen und Rissen zulässt und sich daher als Verfahren zur Verhinderung unnötiger sowie kostenintensiver Radsatzwechsel eignet.

Referenzen

- [1] Hintze, Hartmut und Oelschlägel, Thomas. Zerstörungsfreie Prüfung an Radsatzwellen Ermittlung des UT-Faktors zur Festlegung von Prüfintervallen. Zerstörungsfreie Prüfung und Prüfsysteme. Brandenburg-Kirchmöser : DB Systemtechnik GmbH, 2011. Bericht: 11-P-3858-T.TVI52-BE-0020.
- [2] Neumann, Eberhard und et al. Ultraschallprüfung von austenitischen Plattierungen, Mischnähten und austenitischen Schweißnähten. Renningen Malmsheim : Expertverlag, 1995. ISBN-3-8169-1078-5.
- [3] Krautkrämer, Josef und Krautkrämer, Herbert. Werkstoffprüfung mit Ultraschall. s.l. : Springer-Verlag, 1986. Bd. 5. Auflage. ISBN-13: 978-3540157540.
- [4] Brekow, Gerhard, et al., et al. Risstiefenbestimmung mit Ultraschall an dauerschwingbelasteten Schienentestkörpern. DGZfP-Jahrestagung 2007 - Poster 10 : s.n., 2007. http://www.ndt.net/article/dgzfp07/Inhalt/p10.pdf.
- [5] Heckel, Thomas und Voelz, Uwe. Einsatzmöglichkeiten des SAFT-Rekonstruktionsverfahrens. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Fachgruppe VIII.4. BAM Berlin : s.n., 2011. Technischer Bericht. 8.43-2011-04-29.
- [6] Berger, Andreas W. Werkstofftechnische Nachuntersuchung einer Treibradsatzwelle der BR 403 nach Rissfortschrittsversuch K12 auf einem Rollprüfstand (Prüfstand C). Brandenburg-Kirchmöser : DB Systemtechnik GmbH, Dezember 2012. 12-16001-T.TVI53-UB-228_Teil 2.