



Verdeckte Fehleranzeigen erkennen

Prüfanlage für Ultraschallprüfung von Vollwellen

In periodischen Wartungsintervallen werden Radsätze von Schienenfahrzeugen zerstörungsfrei auf Risse untersucht. Die Deutsche Bahn setzt dabei auf Hochleistungs-Ultraschallprüfanlagen. Auf Basis von Phased-Array-Ultraschallprüfmodulen wird in vier Minuten die komplette Wellenoberfläche der Radsätze untersucht.

Michael Maaß, Stephan Heilmann

Radsätze von Schienenfahrzeugen werden aus Sicherheitsgründen regelmäßig mit zerstörungsfreien Prüfmethoden untersucht. Eine erste Generation automatisierter Prüfanlagen ist bereits seit über einem Jahrzehnt für die Prüfung von Vollwellen im Einsatz [1]. Diese Prüfanlagen arbeiten mit der Ultraschall-Phased-Array-Technologie und sind in der Lage, frühzeitig Querrisse an der Oberfläche von Wellen an montierten Radsätzen zu erkennen.

Neue Anforderungen machen eine Weiterentwicklung der Prüfsysteme auf Grundlage der Betriebserfahrungen mit den ersten Anlagen nötig: So werden Eisenbahnwellen meist mit einer Schutzbeschichtung versehen, die Korrosion und mechanische Beschädigungen minimiert. Zum einen stellen neue Dickbeschichtungen oder bearbeitete Oberflächen (sandgestrahlt, geschliffen, gedreht, lackiert und beschichtet) besondere Herausforderungen für die Ultraschallprüfung dar, die unter den

verschiedenen Oberflächenbedingungen durchgeführt werden muss. Zum anderen gilt es, Schwierigkeiten, wie komplizierte Geometrien im Ankoppelbereich der Wellenoberfläche und sehr kurze Prüfzeiten zur Einhaltung des Durchlaufzyklus, in den Instandhaltungswerken zu überwinden.

Dazu setzt die Deutsche Bahn AG (DB) die neueste Generation von Ultraschallprüfanlagen ein. Die Phased-Array-Ultraschallmodule und die Prüfsoftware der Anlage wurden vom Fraunhofer-Institut für Kera-

mische Technologien und Systeme IKTS, Prüfkonzept und Prüfkopfdesign von arxes-tolina, beide Berlin, entwickelt.

Ultraschallprüfsystem tastet gesamte Wellenoberfläche ab

Das Ultraschallprüfsystem tastet die gesamte äußere Oberfläche der Vollwelle ab, ohne dass Räder, Bremscheiben und Lagerringe des Radsatzes demontiert werden müssen (Bild 1). Wellen mit drei Brems sitzen haben nur vier nutzbare Ankoppelflächen (Bild 2).

Das Vollwellenprüfsystem (VPS) baut auf einer Portallösung auf und enthält vier horizontal positionierbare und vertikal zustellbare Lanzen zum Absenken der Prüfköpfe in die vom jeweiligen Wellentyp abhängige optimale Prüfposition. An den beiden äußeren Prüfläusen ist während des Prüfprozesses jeweils nur ein Prüfkopf aktiv. Die Ankoppelpositionen 1, 2 und 3 befinden sich jeweils symmetrisch zur Mitte der Achse. Die sechs Phased-Array-Prüfköpfe schallen dabei mit der Transversalwelle in die beiden axialen Richtungen A und B.

Mit dem Einschallwinkelbereich von 33° bis 73° lassen sich umlaufende Oberflächenrisse sicher detektieren. Gefordert, und entsprechend von der Prüfanlage nachzuweisen, ist die sichere Anzeige von 2 mm tiefen Rissen als Referenz.

Während in einem Instandhaltungsbetrieb für Güterwagen der DB die zu prüfenden Wellendurchmesser im Bereich von ca. 160 bis 175 mm liegen, benötigen Kunden wie Israel Railways eine größere Flexibilität zur Prüfung der Wellen von Passagierzügen, Güterwagons und Lokomotiven. Hier laufen Wellendurchmesser von 140 bis 200 mm durch die Vollwellen-Prüfanlage, ohne dass ein Austausch der Ultraschallprüfköpfe erforderlich ist. Durch eine mechanische Drehung des Radsatzes wird die Oberfläche der Welle innerhalb einer Umdrehung vollständig mit den Schallbündeln erfasst.

Das gesamte Vollwellenprüfsystem ist modular aufgebaut und lässt sich in seinem Leistungsumfang anforderungsspezifisch zusammenstellen. So stellen zum Beispiel die Instandhaltungsbetriebe der DB sehr hohe Anforderungen an die Prüfgeschwindigkeit. Eine komplette Prüfung ist innerhalb von vier Minuten durchzuführen. Die umlaufende Scanauflösung beträgt 1°, und die axiale Auflösung muss kleiner oder gleich 1 mm sein.

Wenn bei anderen Prüfaufgaben, wie bei Israel Railways, eine Zykluszeit von zehn Minuten zur Verfügung steht, erlaubt es das modulare Gesamtkonzept, die Anzahl der gleichzeitig aktiven Prüfkanäle zu reduzieren und somit eine kostengünstigere Gesamtlösung anzubieten.

Prüftechnik an Oberflächengeometrie anpassbar

Die 32-kanaligen Phased-Array-Prüfköpfe zeichnen sich durch eine hohe Empfindlichkeit aus, wodurch die Schallabsorption durch die Schutzbeschichtung um die Vollwellen kompensiert wird. Die Prüfköpfe sind in einem weiten Bereich von Wellendurchmessern flexibel anwendbar. Mittels Vorsatzkeilen, die austauschbar und mit wechselbarem Verschleißschutz ausgestattet sind, können die Prüfköpfe an komplizierte Oberflächengeometrien angepasst werden. Zudem werden die von den Prüfköpfen ausgesendeten longitudinalen Schallwellen vom Vorsatzkeil in >>>



Bild 1. Ultraschallprüfsystem: Die gesamte äußere Oberfläche der Vollwelle wird abgetastet, ohne dass Räder, Bremscheiben und Lagerringe des Radsatzes demontiert werden müssen. (© Fraunhofer IKTS)

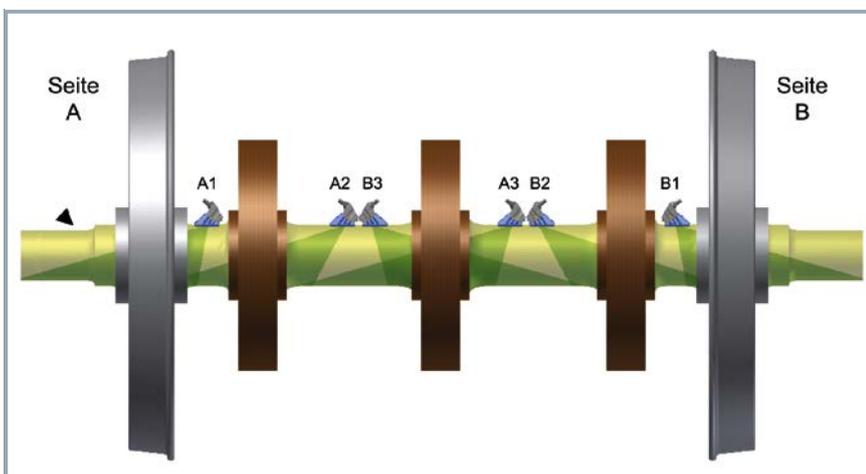


Bild 2. Ultraschallprüfung: Sechs Gruppenstrahler (A1 bis B3) erfassen mit einem Einschallwinkel von 33 bis 73 Grad die gesamte Wellenoberfläche. (© Fraunhofer IKTS)

Transversalwellen umgewandelt. Die Einschallwinkel lassen sich von 0° zur Überprüfung der Kopplung mithilfe des Rückwandechos bis hin zu 90° zur Erzeugung von Rayleighwellen steuern. Um eine ausreichende Empfindlichkeit der Prüfköpfe zu erreichen, werden diese in der passiven Apertur fokussiert. Dazu werden die einzelnen Schwingerelemente so gekrümmt, dass sie die Defokussierung der gekrümmten Wellenoberfläche ausgleichen.

Das Schallfeld der Phased-Array-Prüfköpfe wird elektronisch mit drei PC-Ultraschall-Frontends (PCUS) pro Array-Gerät gesteuert (Bild 3). Jedes Gerät besitzt 64 unabhängige Sender und 16 Empfänger im Multiplexbetrieb und ist mit je zwei Prüfköpfen verbunden. Die Sender erzeugen einen 180-V-Rechteckimpuls. Die Geräte zeichnen sich durch einen hohen Signal-Rausch-Abstand und eine kompakte Bauform von 190 mm × 190 mm × 65 mm aus.

Dadurch können mehrere Geräte in der Nähe der Prüfköpfe positioniert werden, sodass sich elektrische Störungen durch lange Prüfkopfkabel reduzieren lassen. Für eine kurze Prüfzeit können die Prüfköpfe

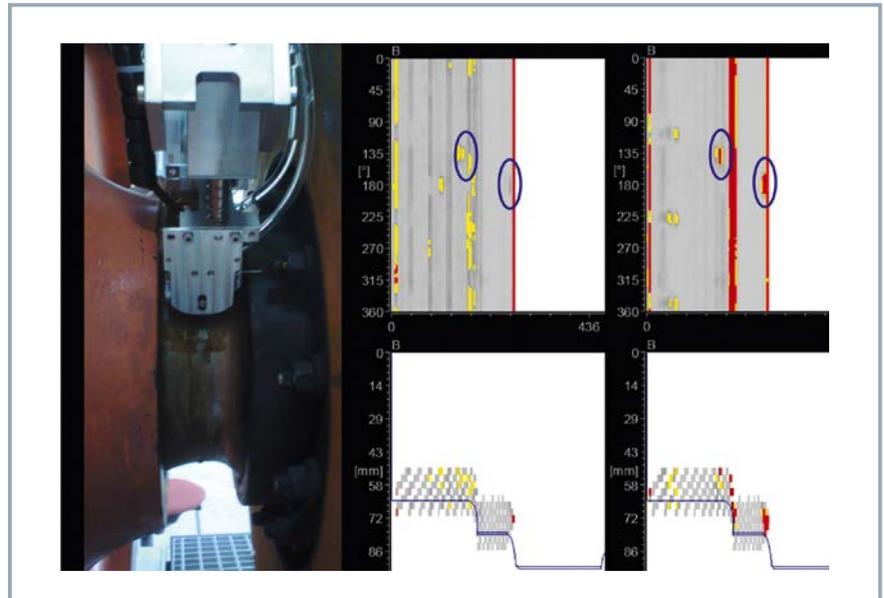


Bild 3. Schallfeldsteuerung durch die Sattelfläche: Prüfkopf auf dem Sattel (links), ohne Fokussierung (Mitte), mit angepasster Verzögerungszeitbelegung (rechts) © Fraunhofer IKTS

parallel betrieben werden, wobei die Datenübertragung, Parametrierung und Steuerung über eine schnelle und industrietaugliche USB-Verbindung erfolgt.

Einsatz einer datenbankbasierten Software

Die Phased-Array-Prüfmodule und der gesamte Prüfablauf werden mit der Prüfsoftware PCUS pro Lab gesteuert. Die modular strukturierte Software erlaubt eine schnelle, plattformübergreifende Analyse und Protokollierung der Prüfergebnisse durch eine klare Darstellung der Prüfdaten und eine einfach zu handhabende Bedienoberfläche. Die integrierte Datenbank enthält die gesamte Parametrierung der Phased-Array-Technik und des Prüfablaufs. Parameter, die von der Wellenkontur abhängig sind, werden automatisch berechnet.

Die Prüfergebnisse werden in B- und C-Bildern dargestellt. Die Qualität der akustischen Kopplung wird anhand der Echoamplitude des Rückwandechos ermittelt und separat für jeden Prüfkopf als farbige Linie neben dem C-Bild dargestellt. Die Online-Darstellung der Prüfdaten parallel zum Prüfablauf erlaubt eine schnelle Bewertung nach Abschluss der Datenaufzeichnung.

Zur Bewertung und Protokollierung stehen verschiedene Funktionen zur Verfügung. Dazu gehören u. a. bereichsorientierte Maximalwertbestimmung, automatische Transferkorrektur sowie die Aus-

blendung umlaufender Anzeigen, das automatische Anfahren einer ausgewählten Echoposition zur Darstellung des Online-A-Bilds oder die Offline-Darstellung der gespeicherten Prüfdaten.

Vergleich mit vorangegangenen Prüfungen

Für eine dauerhafte Sicherung und Verwaltung der Prüfdaten und -ergebnisse wird das von arxes-tolina entwickelte datenbankbasierte Inspektions- und Revisions-Managementsystem IRMS eingesetzt. Es erlaubt den Zugriff auf die gespeicherten Daten lokal und über ein Netzwerk für eine Nachbewertung und den Vergleich mit vorangegangenen Prüfungen sowie die Erzeugung von Prüfprotokollen.

Fehlerechos können durch umlaufende Anzeigen von Querschnittsübergängen verdeckt werden. Es wird eine Methode zur Erkennung und Ausblendung der umlaufenden Anzeigen verwendet, die im Gegensatz zu anderen Lösungen ohne eine Veränderung der Echoamplituden im C-Bild arbeitet.

Spezielle Bauarten von Vollwellen können sehr schmale Koppelbereiche zwischen den Rad- und Bremssitzen aufweisen. Die Querschnittsübergänge verlaufen in diesen Bereichen sattelförmig. Für eine Schallfeldsteuerung durch solche doppelt gekrümmten Oberflächen wurde ein spezielles Programm zur Berechnung der Verzögerungszeiten entwickelt. ■

INFORMATION & SERVICE

LITERATUR

- 1 Wüstenberg, H.; Erhard, A.; Bertus, N.; Hauser, T.; Hintze, H.; Schüßler, M.: Recent Advances in Ultrasonic Inspection of Railway-Axles and -Wheels. The e-Journal of Nondestructive Testing & Ultrasonics, Vol. 6, No. 2, Februar 2001

AUTOREN

Dr.-Ing. Michael Maaß, geb. 1964, ist Leiter Vertrieb und Commercial Division Engineering bei der arxes-tolina GmbH, Berlin.

Dipl.-Inf. (FH) Stephan Heilmann, geb. 1979, ist beim Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden, in der Produktentwicklung und Projektbetreuung tätig.

KONTAKT

Stephan Heilmann
stephan.heilmann@ikts.fraunhofer.de
Dr.-Ing. Michael Maaß
michael.maass@arxes-tolina.de

QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:
www.qz-online.de/3294092