

13:00

**Eröffnung**

Ulrike Mosler, DGZfP-Fachausschuss ZfP im Eisenbahnwesen  
Matthias Bärwolff, Beigeordneter Bau und Verkehr der Landeshauptstadt Erfurt  
Thomas Wenzel, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied der DGZfP

**Plenarvortrag**

Sitzungsleitung: Ulrike Mosler, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

**1**

**ECM – Revolution oder Business as usual?**

13:20

Fabian Schmid, ERC GmbH, Graz, Österreich

**2**

**Herausforderungen für den sicheren Betrieb von BOSTrab-Fahrzeugen –  
Werkzeuge und Methoden in der Instandhaltung bei Schäden**

14:00

Christoph Hessel, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV), Berlin

14:40

Pause

**Session 1: Fahrwege**

Sitzungsleitung: Ronald Krull-Meyer, DGZfP Ausbildung und Training GmbH,  
Wittenberge

**3**

**Neue Konzepte für die automatische Wirbelstrom- und Ultraschallprüfung von  
Eisenbahnschienen im Walzwerk**

15:10

Andreas Knam, Rosenxt – IDS GmbH, Stutensee

**4**

**Detektion von weißen Schichten (WEL) auf der Schienenoberfläche**

15:30

Jürgen Reinhardt, DB Netz AG, Frankfurt am Main  
Lukas Lauck, Fraunhofer IZFP, Saarbrücken

**5**

**Machbarkeitsstudie zur Zustandserfassung von Spannbetonschwellen mit dem  
Ultraschallverfahren**

16:00

Christoph Strangfeld, BAM, Berlin

**6**

**Das Potential der TFM-Prüfung bei der Schiene**

16:20

Stefan Büsser, SSB AG, Bern, Schweiz

16:40

Pause

**Session 2: Firmenvorträge**

Sitzungsleitung: Sven Rühle, Material Science Campus, Magdeburg

**F1**

**Evident Europe GmbH – Ihr Spezialist für Test & Measurement in der ZFP**

17:00

Heiko KÜchler, Evident Europe GmbH, Hamburg

**F2**

**SONOTEC – Prozesssicherheit durch Ultraschall**

17:10

Michael Ihle, SONOTEC GmbH, Halle

- F3**      **KI & Bigdata gestützte Ultraschallprüfung und Fehlerbewertung**  
17:20      Bin Zhang, DTEC GmbH, Rosbach
- F4**      **ROSEN Industrial Diagnostics – Ihr Partner für die zerstörungsfreie Prüfung von Schienen und Radkomponenten**  
17:30      Andreas Knam, Rosenxt – IDS GmbH, Stutensee
- F5**      **UT und MT-Prüfung von Eisenbahnkomponenten in der Neufertigung und in der Instandhaltung**  
17:40      Wolfram Deutsch, KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal
- F7**      **Actemium NDS – Ihr Spezialist für Ultraschall-Prüfanlagen für die ZfP**  
17:50      Fritz Busch, Actemium Cegelec Mitte GmbH, Nürnberg
- F8**      **Neues FOERSTER Universal-Wirbelstromprüfsystem TCM**  
18:00      Manfred Maskos, Institut Dr. Foerster GmbH, Reutlingen
- F9**      **Neuheiten aus dem Hause anwendbar für Prüfaufgaben im Bahnbereich**  
18:10      Daniel Werner, Waygate Technologies, Huerth
- 18:30 –      **Ausstellerabend**  
21:00

### **Session 3: Maschinelles Sehen, Verbundwerkstoffe, Röntgenprüfung**

Sitzungsleitung: Thomas Heckel, BAM Berlin

- 7  
09:00      **Verbundmaterialien bei der Bahn. Zerstörungsfreie Prüfmethode in der Neufertigung und Instandhaltung**  
Thomas Würschig, Waygate Technologies, Huerth
- 8  
09:20      **Berührungslose Prüfung von Kleberauppen und Schweißverbindungen**  
Thomas Rehmann, ISV EHR GmbH, Pforzheim
- 9  
09:40      **Maschinelles Sehen im Eisenbahnwesen**  
Vivien Wetzel, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg an der Havel
- 10  
10:00      **XXL Röntgenprüfung im Eisenbahnwesen?**  
Markus Eberhorn, Fraunhofer EZRT, Fürth
- 10:20      **Pause**

### **Session 4: Fahrzeuge 1**

Sitzungsleitung: Andreas Knam, Rosenxt – IDS GmbH, Stutensee

- 11  
11:00      **Flächige Materialtrennungen an Vollrädern**  
Jochen Kurz, Katrin Mädler, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser
- 12  
11:20      **Mechanisierte Radprüfung in der Herstellung und in der betriebsnahen Instandsetzung**  
Ralf Ettllich, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg an der Havel
- 13  
11:40      **Spreizung des Ultraschall-Prüfintervalls von Radsatzwellen mit Längsbohrung**  
Arne Rohrschneider, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser
- 14  
12:00      **WS3 – Halbautomatisches Prüfsystem für Güterwagenradsätze**  
Ingo Poschmann, W.S. Werkstoff Service GmbH, Essen
- 12:20      **Pause**

### **Session 5: Fahrzeuge 2**

Sitzungsleitung: Frank Wolfsgruber, Actemium Cegelec Mitte GmbH, Nürnberg

- 15  
13:30      **Ultraschallprüfung von Hohl- und Vollwellen**  
Wolfram Deutsch, KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal
- 16  
13:50      **Ultraschalluntersuchungen von Beschichtungssystemen an Radsatzwellen ohne Längsbohrung**  
Stefan Bethke, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg an der Havel

- 17  
14:10 Neue Lösungen bei der Ultraschallprüfung von Radsätzen  
Stefan Caspary, Fraunhofer IZFP, Saarbrücken
- 18  
14:30 Untersuchung zur Verbesserung der Ultraschallerkennbarkeit von  
Ermüdungsrissen an Eisenbahn-Radsatzwellen  
Bin Zhang, DTEC GmbH, Rosbach
- 14:50 Pause

### **Session 6: Künstliche Intelligenz und Simulation**

Sitzungsleitung: Jochen Kurz, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

- 19  
15:20 Technologieentwicklung einer KI-gestützten Auswertung von  
Ultraschallprüfungen an Radsatzwellen mit Längsbohrung  
Christiane Trela, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser
- 20  
15:40 Praxisnahe Anwendung der Simulationssoftware CIVA bei den Schweizerischen  
Bundesbahnen  
Eric Cataldi Spinola, Stephan Jans, SBB AG, Zürich, Schweiz
- 21  
16:00 Verifikation von Ultraschall- und Wirbelstromsimulationen bei der  
Schienenprüfung  
Tianyun Zhang, Alexander Friedrich, BAM Berlin
- 17:00 –  
19:00 Posterabend

### **Session 7: Standardisierung und Ausbildung**

Sitzungsleitung: Uwe Börner, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

- 22  
09:00 **Neues aus der Ausbildung im Industriesektor Eisenbahn-Instandhaltung**  
Ronald Krull-Meyer, DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Wittenberge
- 23  
09:20 **Implementierung der VDV-Schrift 889 ins IMS einer ECM Organisation**  
Jürgen Sester, DB Regio AG, Frankfurt am Main
- 24  
09:40 **Eignung von Ersatzfehlern für die Riss- und Schleifbrandprüfung mittels Wirbelstromverfahren**  
Martin Seidel, imq Ingenieurbetrieb GmbH, Crimmitschau
- 25  
10:00 **DICONDE für die Schienenprüfung**  
Ralf Casperson, BAM Berlin
- 10:20 **Pause**

### **Session 8: Digitalisierung**

Sitzungsleitung: Paul Buschke, Waygate Technologies, Huerth

- 26  
10:40 **Modellierung der digitalen Durchdringung der industrialisierten Gesellschaft und ihrer daraus resultierenden Transfiguration am Beispiel der Bahn- und Mobilitätsbranche**  
Johannes Vrana, Vrana GmbH, Rimsting
- 27  
11:00 **ZfP 4.0 - Die ZfP im Zeichen der Digitalisierung - (IT-) Anforderungen an mechanisierte Prüfanlagen – Ein Update**  
Eric Wild, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg
- 28  
11:20 **Die Verarbeitung von ZfP-DICONDE-Daten in einem KI-unterstützten Asset Management System für die Schieneninfrastrukturinstandhaltung**  
Peter Engel, ZEDAS GmbH, Senftenberg
- 29  
11:40 **IT, Datenbank, Software und ZfP Ein Blick auf die Umsetzung bei den Schweizerischen Bundesbahnen**  
Christoph Pies, SBB AG, Bern, Schweiz
- 12:00 **Schlusswort**

- P1**      **Ultraschall-Tauchtechnikanlage zur Prüfung von Radsatzvollwellen auf herstellungsbedingte innere Fehler von der DB Systemtechnik GmbH am Standort Kirchmöser**  
Annika Thiemer, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg an der Havel
- P2**      **Simulation von Ultraschall- und Wirbelstromprüfdaten für die Schienenprüfung**  
Alexander Friedrich, Tianyun Zhang, BAM Berlin
- P3**      **Die technischen Lieferbedingungen von Radsatzwellen aus Sicht der zerstörungsfreien Prüfung**  
Astrid Wendrich, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg
- P4**      **Standortbestimmung zur Etablierung der VDV-Schrift 889 als Branchenstandard für die Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) an Eisenbahnfahrzeugen und deren Komponenten**  
Frank Buß, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser
- P5**      **Einsatzplanung in der Schienenprüfung auf Basis der Bewertung der Fehlererkennungsfähigkeit von Prüf- und Auswertesystem**  
Maximilian Selch, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung, Dresden
- P6**      **Ultraschallprüfung an Manganschienen – umsetzbar oder nicht?**  
Anika Dey, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg a. d. Havel
- P7**      **Künstliche Intelligenz für die zerstörungsfreie Schienenprüfung: Eine praxisnahe Evaluation von AI-Methoden**  
Georg Olm, Technische Universität Berlin, Potsdam
- P8**      **Frühausfälle durch White Etching Cracks- gefährdet im Windbereich wie auf der Schiene**  
Falk Ahrens, MQ Engineering GmbH, Rostock-Bentwisch
- P10**     **E-Learning unterstützte Aufrechthaltung und Überprüfung der ZfP Kompetenzen bei den SBB**  
Eric Cataldi Spinola, SBB AG, Zürich, Schweiz
- P11**     **Ultraschallprüfung an Bahnradern mit 2D-Gruppenstrahler-Technologie**  
Daniel Werner, Waygate Technologies, Huerth
- P12**     **DB Systemtechnik auf Schmalspur**  
Uwe Börner, DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser
- P13**     **Das Ausbildungssystem im Industriesektor Eisenbahn-Instandhaltung**  
Ronald Krull-Meyer, DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Wittenberge
- P14**     **Die Requalifizierung in der Stufe 3 im Industriesektor Irs**  
Ronald Krull-Meyer, DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Wittenberge

- P15** Digitalisierung und Analyse komplexer Objekte mit dem goSCOUT3D Handscanner  
Marc Preißler, Fraunhofer IOF, Jena
- P16** Innovative Dauerüberwachung von Rissen an Stahlbrücken basierend auf Schallemission  
Mikhail Prokofyev, TÜV AUSTRIA GMBH, Wien, Österreich
- P17** Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse bei der Ultraschallprüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung  
Mitglieder des Unterausschusses Radsatzwelle mit Längsbohrung (UA RmL) im FA ZfP im Eisenbahnwesen

VORTRAG 1: Plenarvortrag

### **ECM – Revolution oder Business as usual**

F. Schmid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ERC GmbH, Graz, Österreich

Die ECM Zertifizierung wurde vor 10 Jahren eingeführt und ist mittlerweile für alle Schienenfahrzeuge verpflichtend. Was macht eigentlich eine ECM - die „für die Instandhaltung zuständige Stelle“?

Wie hängt ECM mit anderen Zertifizierungen zusammen? Was hat sich in diesen Jahren alles getan und ist das System sinnvoll oder nur eine neue Bürde für den Sektor?

Erfahrungen, Probleme und Lösungen aus der Sicht einer Zertifizierungsstelle.

VORTRAG 2: Plenarvortrag

## **Herausforderungen für den sicheren Betrieb von BOStrab-Fahrzeugen – Werkzeuge und Methoden in der Instandhaltung bei Schäden**

C. Hessel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV), Berlin

Die Herausforderungen an Bahnen nach BOStrab sind in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gewachsen. Die erste Generation Niederflurfahrzeuge erreicht die geplante Nutzungsdauer. Geldknappheit, eine deutliche Zunahme der Lieferzeiten bei Neubestellung und ein allgemeiner

Fahrzeugmangel wegen gestiegener Fahrgastzahlen und Taktverkürzungen zwingen zum Weiterbetrieb dieser Fahrzeuge.

Zeitgleich zeigt sich, dass neue Konstruktionsprinzipien zu neuen, noch nicht bekannte Problemen mit der Dauerfestigkeit von Komponenten und Systemen führt. Ähnlich wie in anderen Verkehrsbereich hat die intensivere Nutzung der Fahrzeuge – die so damals nicht abzusehen war – zu Schäden geführt, mit denen niemand gerechnet hat. Risse in den Drehgestellen, Schäden an Wagenkästen und Antrieben müssen rechtzeitig erkannt werden, bevor sie irreparabel werden und somit die Lebensdauer vorzeitig beenden, da ein sicherer Weiterbetrieb dann nicht mehr gewährleistet ist.

Dieser Beitrag soll die Herausforderungen und den Umgang damit aufzeigen. Die Vergangenheit hat regelmäßig gezeigt, dass eine längere Nutzung der Fahrzeuge erforderlich ist.

### VORTRAG 3

#### **Neue Konzepte für die automatische Wirbelstrom- und Ultraschallprüfung von Eisenbahnschienen im Walzwerk**

A. Knam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Rosenxt – IDS GmbH, Stutensee

Neue Konzepte für die automatische Wirbelstrom- und Ultraschallprüfung von Eisenbahnschienen im Walzwerk

Eisenbahnschienen werden im Rahmen der Qualitätskontrolle in der Fertigung u.a. auf innere Fehler und Oberflächenfehler geprüft.

Heutige Systeme, die dem Stand der Technik entsprechen, sind oft schon lange im Einsatz und geltende Normen, wie z.B. die EN 13674-1, werden oft seit mehreren Jahren nicht mehr aktualisiert.

Die zu erwartende zunehmende Bedeutung des Schienenverkehrs in naher und mittlerer Zukunft wirft die Frage nach fortschrittlichen ZFP Prüfungen jenseits der Normen auf. Für die Oberflächeninspektion kann dies durch spezielle Anordnungen von Wirbelstromsensoren erreicht werden, die am Prüfsystem angebracht werden und die Anzahl der Prüfkanäle und -ausrichtungen erhöhen.

Bei UT-Systemen bringt die Anwendung der Phased-Array-Technologie das Potenzial mit sich, die Abdeckung des geprüften Schienenprofils zu erhöhen und den Zugang zu Bereichen zu ermöglichen, die mit der Standardtechnologie nicht zugänglich waren.

Für beide Varianten werden neue Konzepte für automatisierte Prüfanlagen vorgestellt und diskutiert.

**VORTRAG 4****Detektion von weißen Schichten (WEL) auf der Schienenoberfläche**

J. Reinhardt<sup>1</sup>, A. Dey<sup>2</sup>, J. Kurz<sup>2</sup>, L. Lauck<sup>3</sup>, C. Zimmer<sup>3</sup>, K. Szielasko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DB Netz AG, Frankfurt am Main; <sup>2</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg a. d. Havel;

<sup>3</sup>Fraunhofer IZFP, Saarbrücken

Aufgrund des Rad-Schiene-Kontakts entwickeln sich durch Kaltverfestigung und Rollkontaktermüdung verschiedenste Schienenfehler auf der Schienenoberfläche. Eine schon seit Jahren angestrebte Strategie, ist die frühzeitige Erkennung von Schienenoberflächenschädigungen, um durch präventive Instandhaltung die Ausbildung und das Wachstum von Schienenfehlern zu vermeiden.

Die bisher auf dem DB-Streckennetz verwendeten ZfP-Verfahren für die Schieneninspektion eignen sich dafür kaum. Die schon seit Jahrzehnten verwendete Ultraschallprüftechnik wird für die Detektion und Bewertung von innen liegenden Schienenfehlern verwendet. Die Wirbelstromprüftechnik, welche seit Anfang 2000 bei der DB AG zum Einsatz kommt, wird für die Detektion und Bewertung von HeadCheck-Rissen angewendet. Der Einsatz der automatisierten Streuflussprüfung mit dem RSCM wird für die Bewertung von Oberflächenfehlern bis zu 5 mm Tiefe, wie z.B. Squats genutzt. Alle drei Prüfverfahren bewerten den Zustand der Schiene erst in einer Tiefe, in der die Schienenfehler schon zu groß für eine präventive Instandhaltung sind.

Ein Ansatz für die frühzeitige Vermeidung von Schienenfehlern vor ihrem eigentlichen Wachstum ist die Detektion von weißen Schichten auf der Schiene. Wenn es möglich ist, die Bereiche mit weißen Schichten rechtzeitig zu detektieren, könnte die präventive Instandhaltung an diesen Streckenbereichen gezielt eingesetzt werden und einer Entwicklung der Schienenfehler wird vorgebeugt.

Die Machbarkeit der Detektion weißer Schichten mittels mikromagnetischer Prüftechniken befindet sich derzeit in der Erprobung. Da im Sinne der präventiven Instandhaltung von Schienen, sowohl die Ausprägung als auch die laterale Verteilung der weißen Schichten von Interesse sind, werden zwei mikromagnetische Prüfansätze erprobt, welche ein ortsauflösendes und bildgebendes Prüfen der Schienenoberfläche erlauben. Hierzu kommt einerseits das 3MA-Prüfverfahren (Mikromagnetische Multiparameter- Mikrostruktur- und Spannungs-Analyse) auf Basis der 3MA-X8-Gerätetechnik, als auch eine hinsichtlich Geschwindigkeit und Ortsauflösung vorteilhafte mikromagnetische Sensorvariante in Frage.

Der Vortrag erklärt die Problematik der weißen Schichten, welche Lösungsansätze die 3MA-Prüftechnik für den zukünftigen Einsatz bieten kann und was erste Machbarkeitsuntersuchungen der letzten Monate gezeigt haben.

### VORTRAG 5

#### **Machbarkeitsstudie zur Zustandserfassung von Spannbetonschwellen mit dem Ultraschallverfahren**

C. Strangfeld<sup>1</sup>, S. Küttenbaum<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BAM, Berlin

Das niederfrequente Ultraschallverfahren zur zerstörungsfreien Zustandserfassung von Stahlbetonkomponenten findet im Bauwesen umfangreiche Anwendung. Multistatische Arrays sind am Markt verfügbar und ausgelegt für die Prüfung großflächiger Betonstrukturen. In einer Machbarkeitsstudie wird überprüft, ob eine Zustandserfassung an schlanken Spannbetonschwellen möglich ist. B70-Schwellen und B90-Weichenschwellen wurden hierfür im Labor, im Schienennetz und während der Wiederaufbereitung mit dem Ultraschallverfahren untersucht. Fokus ist die Detektion von Sickenrisse, Kopfrissen und Treibrissen im Bereich des Schwellenkopfes. Die rekonstruierten Ultraschalldaten zeigen für intakt-klassifizierte Schwellen ein reproduzierbares Rückwandecho und weitere Reflexionen an den Schwellenaußenkanten. Die Ausprägung der Amplitude variiert je nach Degradation durch Belastung und Verwitterung. Defekt-klassifizierte Schwellen mit z. B. Kopfrissen oder unterseitigen Abplatzungen unterscheiden sich im Signalbild deutlich durch oberflächennahe Reflexionen bzw. verschobene Rückwandechos. Basierend auf den untersuchten Schwellen zeigt die Machbarkeitsstudie, dass eine zerstörungsfreie Zustandserfassung mit Hilfe des Ultraschallverfahrens grundsätzlich möglich ist.

**VORTRAG 6****Das Potential der TFM-Prüfung bei der Schiene**S. Büsser<sup>1</sup>, R. Curty<sup>1</sup><sup>1</sup>SBB AG, Bern, Schweiz

Die Rolling Contact Fatigue - Schienenfehler wie z.B. Squats sind die dominierenden Schienenschäden der modernen Eisenbahn. Da die Initiation dieser Schienenfehlertypen in der unmittelbaren Kontaktzone „Rad – Schiene“ statt findet, stellt die Detektion dieser oberflächennahen Schienenfehler im Frühstadium für die konventionelle Ultraschallprüfung eine grosse Herausforderung dar.

TFM (Total Focusing Method) ist eine Neue aber anerkannte Ultraschall - Prüfmethode, welche bereits in verschiedenen Industriesektoren eingesetzt wird. Die TFM-Methode ist in der Lage, auch komplizierte Rissstrukturen im oberflächennahen Bereich aufzulösen. Deshalb stellt sich aus Sicht der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) die Frage nach dem Anwendungspotential der TFM-Prüfung bei der Schienenprüfung und insbesondere bei der Squat-Prüfung.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden mit einer TFM-Prüftechnik verschiedenen Versuche an Schienen mit künstlichen Reflektoren sowie realen Schienenfehler durchgeführt und ausgewertet, inkl. zerstörende Untersuchungen. Die Ergebnisse bestätigen, dass die TFM-Prüftechnik durchaus ein Potential bei der Schienenprüfung hat.

### VORTRAG F1

#### **Evident Europe GmbH – Ihr Spezialist für Test & Measurement in der ZFP**

H. Küchler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Evident Europe GmbH, Hamburg

Die Evident Europe GmbH ist eine Ausgründung der Olympus GmbH. Im Jahre 2021 beschloss Olympus die Fertigung und den Handel mit Mikroskopen und der zerstörungsfreien Materialprüfung auszugliedern und sich zum reinem Med-tech Konzern weiterzuentwickeln. Im Jahre 2022 kaufte der Finanzinvestor Bain Capital die ausgegliederte Industriesparte von Olympus.

Die neue Firma Evident vereint in sich die Abteilungen Life Science und Industrie. Dieser Vortrag zeigt m neuen High Tech Unternehmen und beschreibt die einzelnen Abteilungen und Produkte.

## VORTRAG F2

**SONOTEC – Prozesssicherheit durch Ultraschall**M. Ihle<sup>1</sup><sup>1</sup>SONOTEC GmbH, Halle

Die SONOTEC GmbH ist ein führender Lösungsspezialist in der Ultraschallmesstechnik. Sie wurde 1991 von den Physikern Dr. Santer zur Horst- Meyer und Hans-Joachim Münch gegründet und ist seitdem inhabergeführt. Seit April 2019 verstärken Manuela und Michael Münch die Geschäftsleitung des Familienunternehmens und haben seit September 2023 die alleinige Geschäftsleitung inne.

Mit gegenwärtig etwa 200 Mitarbeitenden sind wir ein wachsendes Technologieunternehmen und am Markt etabliert als Produkt- und Lösungsspezialist in der Ultraschallmesstechnik. Seit 32 Jahren fertigt SONOTEC am Standort Halle (Saale) in folgenden Bereichen:

1. Nicht-invasive Flüssigkeitsüberwachung | 2. Vorbeugende Instandhaltung
3. Zerstörungsfreie Prüfung | 4. Kundenspezifische Ultraschallwandler

#### 1. Nicht-invasive Flüssigkeitsüberwachung

Das berührungslose Messen von Flüssigkeiten an flexiblen und harten Kunststoffschläuchen spielt in einer Vielzahl von Anwendungen mit höchsten Sterilitäts-, Hygiene- und Reinheitsanforderungen eine bedeutende Rolle.

Nicht-invasive Durchflusssensoren und Luftblasendetektoren finden Anwendung in der Medizintechnik, in der Biotechnologie und Prozessen der Halbleiterindustrie.

#### 2. Vorbeugende Instandhaltung

Durch regelmäßige, vorbeugende Wartung von Anlagen und Maschinen sollen in fast allen produzierenden Betrieben teure Maschinenausfälle reduziert, die Anlagenverfügbarkeit gesteigert und Energiekosten gesenkt werden.

#### 3. Zerstörungsfreie Prüfung

Die Ultraschallprüfung ist eine der wichtigsten Methoden der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP). Unsere Lösungen werden hauptsächlich für die Wanddickenmessung, Materialprüfung und Schweißnahtprüfung eingesetzt.

#### 4. Kundenspezifische Prüfköpfe

An unserem Standort in Halle (Saale) fertigen wir mittlerweile mehr als 150.000 kundenspezifische Ultraschallprüfköpfe und Ultraschallwandler jährlich. Dabei liefern wir unseren Kunden individuelle, ganzheitliche Lösungen für zahlreiche Branchen und Prüfaufgaben. Die Anwendungsgebiete sind unter anderem:

- Schienenprüfung | - Blechprüfung | - Molchprüfung in Pipelines | - Korrosionsprüfung in Raffinerien | - Luftultraschallprüfung in der Luft- und Raumfahrt

Untermuert wird die Firmenvorstellung von durch Kundenbeispiele.

VORTRAG F3

### **KI & Bigdata gestützte Ultraschallprüfung und Fehlerbewertung**

B. Zhang<sup>1</sup>, F. Zhang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DTEC GmbH, Rosbach

Mit der Ultraschallprüfung in verschiedenen Szenarien (dynamische Prüfung an Wayside, Unterflurprüfung und stationäre Prüfung am ausgebauten Radsatz) wurden bereits umfangreiche Ultraschallprüfdaten gesammelt. Wie kann die Ultraschallprüfung durch die Nutzung vorhandener Bigdata intensiviert werden, darüber denken wir seit Jahren nach. Mit Bigdata trainieren wir den Algorithmus zur Rauschunterdrückung im Nabensitzbereich und die KI zur Fehlerbewertung. Diese sind bereits in unseren Anlagen im Einsatz, worüber ich gerne mit Ihnen sprechen möchte.

## VORTRAG F4

**ROSEN Industrial Diagnostics – Ihr Partner für die zerstörungsfreie Prüfung von Schienen und Radkomponenten**A. Knam<sup>1</sup><sup>1</sup>Rosenxt – IDS GmbH, Stutensee

Für den öffentlichen Nahverkehr tragen Züge und Eisenbahnen einen signifikanten Teil des täglichen Transportwesens weltweit bei. Schienen oder Komponenten wie Radsätze, Räder und Achsen sind dabei hohen dynamischen Belastungen ausgesetzt. Die Prüfung dieser Komponenten mit zerstörungsfreien Prüfverfahren, sowohl während des Produktionsprozesses als auch im Rahmen von wiederkehrender Prüfung während der Lebensdauer, sind entscheidend, um nationale und internationale Qualitäts- und Sicherheitsstandards zu erfüllen, die Lebensdauer zu verlängern und mögliche Schäden so früh wie möglich zu erkennen.

Um dieser verantwortungsvollen Aufgabe gerecht zu werden bietet die Rosen Gruppe vollautomatisierte oder manuelle Prüfsysteme an, mit dem Ziel die sicherheitsrelevanten Bauteile zuverlässig und mit erforderlicher hoher Qualität auf Innen- und Oberflächenfehler zu testen. Hierzu greifen wir auf mehr als 40 Jahren Erfahrung in der Inspektion von Pipelines und anderen Industriegütern aus der Metall-, Rohr- und Eisenbahnindustrie zurück, kombiniert mit unterschiedlichsten Methoden der zerstörungsfreien Prüfung.

Unsere Lösungen für die industrielle, zerstörungsfreie Prüfung reichen von der Beratung über die Herstellung und Installation vor Ort bis hin zur Modernisierung und Unterstützung von Herstellern und Betreibern.

Dieser Vortrag stellt die Rosen Gruppe vor und beleuchtet das vielfältige Produkt- und Serviceportfolio der Rosengruppe nebst Fallbeispielen für das Eisenbahnwesen.

VORTRAG F5

**UT und MT-Prüfung von Eisenbahnkomponenten in der Neufertigung und in der Instandhaltung**

W. Deutsch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal

In diesem Beitrag werden mobile Geräte und Anlagen für die manuelle, halbautomatische und vollautomatische Prüfung an Eisenbahnkomponenten sowohl in der Neufertigung als auch in der Eisenbahnwerkstatt vorgestellt.

Die Magnetpulver-Rissprüfung und die Ultraschallprüfung (inkl. der Phased Array-Prüftechnik) werden thematisiert.

Die Aktivitäten von KARL DEUTSCH im Eisenbahnwesen werden aktuell in einer neuen Firma gebündelt, die sich gerade im Aufbau befindet und auf dem langjährigen Knowhow von branchenerfahrenen Partnern basiert.

VORTRAG F7

**Actemium NDS - Ihr Spezialist für Ultraschall-Prüfanlagen für die ZfP**

F. Wolfsgruber<sup>1</sup>, F. Busch<sup>1</sup>, S. Patzak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Actemium Cegelec Mitte GmbH, Nürnberg

Actemium NDS ist ihr Spezialist für Ultraschall-Prüfanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung. Seit über 50 Jahren beliefern wir unsere Kunden weltweit in der Stahlindustrie, der Luft- und Raumfahrt sowie im Bahnwesen mit kundenspezifischen Prüfsystemen für die Materialprüfung mit Ultraschall.

**VORTRAG F8****Neues FOERSTER Universal-Wirbelstromprüfsystem TCM**M. Maskos<sup>1</sup><sup>1</sup>Institut Dr. Foerster GmbH, Reutlingen

Für die mobile Prüfung sind häufig verschiedene Prüfsysteme erforderlich. In der neuen TCM-Plattform vereint FOERSTER nun die verschiedenen Prüfmöglichkeiten mit Wirbelstrom. In einem einzigen Gerät sind die tief eindringende Niederfrequenzprüfung (LF) zur Restwandstärkeprüfung sowie die Hochfrequenzprüfung (HF) zur Detektion kleinster Risse integriert. Zudem bietet die Plattform weitere Module wie die Prüfung mit Wirbelstromarrays, die Leitfähigkeitsmessung und die Messung von Lackschichten.

Das meist verwendete Modul DEFECTOSCOP nutzt alle typischen Parameter eines universellen Wirbelstromprüfgeräts und stellt die Messdaten z.B. in der Impedanzebene oder als C-Scan dar. Die Liste der verfügbaren Parameter kann im Expertenmodus einfach vom jeweiligen Nutzer angepasst und im Prüfprogramm gespeichert werden. Durch einen Wechsel vom Expertenmodus in den Bedienermodus werden die Parameterliste und verschiedene Systemeinstellungen zur Bearbeitung gesperrt. Optional können dem Prüfprogramm mehrere Frequenzen hinzugefügt werden, sodass parallel in verschiedenen Wirbelstromeindringtiefen geprüft werden kann.

## VORTRAG F9

**Neuheiten aus dem Hause anwendbar für Prüfaufgaben im Bahnbereich**D. Werner<sup>1</sup><sup>1</sup>Waygate Technologies, Huerth

Waygate Technologies stellt mit Krautkrämer RotoArray comPACT ein tragbares Gerät für die manuelle Phased-Array-Ultraschallprüfung von großflächigen Verbundwerkstoffen vor. Der neue und verbesserte Rollenprüfkopf ergänzt die bestehende Krautkrämer RotoArray-Produktlinie, die speziell für die Inspektionsanforderungen in der Luftfahrt-, Raumfahrt entwickelt wurde, jedoch in vielen weiteren Industriebereichen Anwendung finden kann.

Weiterhin werden neue sogenannte Matrix-Prüfköpfe vorgestellt. Diese Prüfköpfe generieren eine erhebliche Verbesserung bei der Prüfdatengenerierung und damit auch zur Aussagekraft von Prüfergebnissen im Vergleich zu den bisher verwendeten Ultraschall-Prüfköpfen.

## VORTRAG 7

### **Verbundmaterialien bei der Bahn. Zerstörungsfreie Prüfmethode in der Neufertigung und Instandhaltung.**

F. Kahmann<sup>1</sup>, A. Franzen<sup>1</sup>, P. Fey<sup>1</sup>, D. Werner<sup>1</sup>, F. Henrix<sup>1</sup>, T. Würschig<sup>1</sup>, P. Buschke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Waygate Technologies, Huerth

Verbundmaterialien werden im schienengebundenen Transport vermehrt eingesetzt. Ein geringeres Gewicht einer Bahn mit mehr Verbundmaterialien im Vergleich zu anderen Materialien führt zu weniger Abnutzung an allen beanspruchten Komponenten, wie z.B. Räder, Wellen und Schienen. Geringere Folgekosten sind das Resultat. Bei höheren Reisegeschwindigkeiten wird die Aerodynamik überproportional wichtig. Eine optimierte Aerodynamik führt zu weniger Energieaufwand, weniger Vibrationen und daher zu geringen Kosten pro Wegstrecke und zu mehr Reisekomfort. Eine optimierte Aerodynamik erfordert allerdings auch komplexe Formen, die sich oft nur durch Verbundmaterialien praktisch realisieren lassen. Damit einhergehend spielt eine geeignete zerstörungsfreie Prüfung für Komponenten aus Verbundmaterialien eine immer wichtigere Rolle.

Die Prüfung von Verbundmaterialien sowohl in der Produktion als auch in der Instandhaltung ist aus dem Flugzeugbau bekannt und erprobt. In diesem Vortrag wird ein Überblick existierender Prüfmethode gegeben und deren Vor- und Nachteile hinsichtlich der Anwendung auf die spezifischen Vorgaben im Eisenbahnwesen erörtert. Dies umfasst vor allem das Eingehen auf die unterschiedlichen Fehlertypen und die finale Schadensbeurteilung. Außerdem wird auf die konkrete Design-Umsetzung für industrielle Lösungen bis hin zu automatisierten Prüfmaschinen eingegangen. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung der wichtigsten Leistungsparameter sowie eine Diskussion hinsichtlich der zukünftigen Möglichkeiten und Grenzen für den weiteren Einsatz in der zerstörungsfreien Prüfung von Verbundmaterialien im Eisenbahnwesen.

### VORTRAG 8

#### **Berührungslose Prüfung von Kleberauppen und Schweißverbindungen**

T. Rehmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ISV EHR GmbH, Pforzheim

Die normgerechte 100% Prüfung und Dokumentation von Schweißverbindungen und Kleberauppen beim Fügen stellt oft eine große Herausforderung dar. Insbesondere in der Bahntechnik sind geltende Normen sowie eine hohe Bauteil Vielfalt mit einer großen Variabilität der Schweißnaht oder Kleberauppe in Einklang zu bringen. Über kamerabasierte und Roboter geführte, berührungslose Prüftechnik kann dieser Widerspruch aufgelöst werden. Der Vortrag beschreibt die Möglichkeiten und Grenzen der Kamerabasierten Prüfung (Lasertriangulation sowie Flächenkamerakombinationen) sowie die Anwendung von KI Ansätzen an einem konkreten Projektbeispiel aus der Schweißtechnik. Dabei wird neben den Grundlagen der Prüftechnik (Möglichkeiten/Grenzen) auch auf die konkrete Anwendung von KI Modellen eingegangen.

## VORTRAG 9

### Maschinelles Sehen im Eisenbahnwesen

V. Wetzel<sup>1</sup>, U. Börner<sup>1</sup>, F. Buß<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg an der Havel

#### Maschinelles Sehen im Eisenbahnwesen

Die Digitalisierung der Instandhaltung im Eisenbahnwesen spielt eine entscheidende Rolle in der Bewältigung der Verkehrswende. Die steigende Verkehrsnachfrage, der demografische Wandel und die Herausforderungen auf dem Arbeitsmarkt führen zu einer zunehmenden Knappheit bei den Instandhaltungsressourcen. Die Integration des maschinellen Sehens ist bereits heute ein bedeutender Faktor zur Optimierung dieser Ressourcen und wird im Rahmen der Digitalisierungsstrategie der Deutschen Bahn weiter vorangetrieben.

Das maschinelle Sehen deckt verschiedene Aufgabenfelder ab, darunter die Objekterkennung sowie die präzise Vermessung von geometrischen Strukturen, Objekten und Bewegungen. Diese Technologie wird bereits erfolgreich in Bereichen wie der zerstörungsfreien Sichtprüfung (VT), der herkömmlichen Inspektion und der Vermessung von Bauteilen im Eisenbahnwesen eingesetzt.

Die größte Herausforderung besteht nach wie vor darin, die bestehenden Normen und Sicherheitsprozesse, insbesondere im Hinblick auf sicherheitsrelevante Bauteile, einzuhalten. In diesem Vortrag geben wir nicht nur einen Überblick über aktuelle Initiativen bei der Deutschen Bahn, sondern präsentieren auch konkrete Projekte und Anwendungen, bei denen der Einsatz von maschinellem Sehen erfolgreich und sicher mit den bestehenden Normen in Einklang gebracht wurde. Beispiele hierfür sind die automatisierte Vermessung von Radsatzparametern während der Überfahrt, die visuelle Inspektion von Radflächen vor und nach der Bearbeitung sowie die Erkennung von Schäden und Unregelmäßigkeiten an den Außenbereichen der Fahrzeuge.

Ein Beispiel ist die automatisierte Vermessung aller relevanten Radsatzparameter während der Überfahrt, die gemäß den Standards der DIN EN 27201-9:2016 erfolgt. Jährlich werden etwa 1 Million Radsatzmessungen durchgeführt, wodurch die Sicherheit und Effizienz des Schienenverkehrs erheblich gesteigert werden.

Dieser Vortrag verdeutlicht die entscheidende Rolle des maschinellen Sehens bei der Modernisierung der Eisenbahninstandhaltung und der Gewährleistung von Sicherheit und Effizienz im Schienenverkehr.

### VORTRAG 10

#### **XXL Röntgenprüfung im Eisenbahnwesen?**

M. Eberhorn<sup>1</sup>, M. Luxa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT, Fürth

Die Industrielle Röntgentechnik ist eine zerstörungsfreie Prüfmethode, mit der sich im Materialinneren verborgene Strukturen beliebig komplexer Objekte aus zahlreichen Werkstoffen mit hoher qualitativer wie quantitativer Genauigkeit erfassen und charakterisieren lassen. Mittlerweile leistet die industrielle Röntgentechnik einen nicht mehr wegzudenkenden Beitrag dazu, die Qualität von Produkten und die Produktivität von Prozessen zu erhöhen, Risiken zu minimieren, Compliance zu überprüfen und Produkte schneller auf den Markt zu bringen.

Der Fokus der Entwicklung der letzten Jahre lag einerseits auf Prüfgeschwindigkeit und Automatisierung für eine prozessintegrierte 100 % CT-Inspektion, andererseits auf leistungsstarken Hochenergie-Röntgensystemen für die Prüfung von Bauteilen mit einer hohen Dichte, sowie Prüfsysteme für großformatige bzw. volumenhaften Bauteile. Ein weiterer wichtiger Fokus lag in der Entwicklung von hochauflösenden Röntgensystemen mit Auflösungsvermögen im Nanometerbereich in Kombination mit photonenzählenden Detektoren.

Für den Anwendungsbereich großformatiger und volumenhaften Bauteile hat das Fraunhofer EZRT in den letzten Jahren an Lösungen gearbeitet, die in der Luft und Raumfahrt, dem Bauwesen und natürlich im Automobilsektor einen wesentlichen Beitrag zu innovativen Neuentwicklungen leisten. Energieeffizienz, insbesondere durch Leichtbau, ist über alle Sektoren und Branchen von stetig zunehmender Relevanz und führt zum Einsatz von ähnlichen Konstruktions- und Fertigungsprinzipien und Technologien über alle Branchen hinweg. Da die Röntgentechnik ein wichtiger Wegbereiter in den verschiedenen Entwicklungsstufen war und noch immer ist, stellt sich folgende Frage:

Wo kann das Eisenbahnwesen von diesen Entwicklungen und Technologien profitieren?

Um einen Beitrag zur Identifikation eventuell vorhandener Chancen zu leisten, werden dem derzeitigen Stand der Technik entsprechende Technologien und Systeme anhand von Anwendungsbeispielen aus den genannten Branchen vorgestellt:

Ein flexibles robotergestütztes Röntgeninspektionssystem für großvolumige Leichtbau-Komponenten

Ein Hochenergie-Röntgensystem für große Bauteile mit hoher Dichte

## VORTRAG 11

**Flächige Materialtrennungen an Vollrädern**

J. Kurz<sup>1</sup>, K. Mädler<sup>1</sup>, R. Ettlich<sup>1</sup>, H. Bettac<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

An verschiedenen Fahrzeugbaureihen der DB AG traten in den zurückliegenden Jahren Radschäden in Form von sogenannten Flächigen Materialtrennungen auf. Es handelt sich dabei um Ermüdungsrisse, die ihren Ausgang unter der Lauffläche des Rades haben und dann in Umfangs- und Querrichtung wachsen. Der Rissausgang erfolgt in der Regel an herstellungsbedingten, harten nichtmetallischen Einschlüssen im Stahl, die sich nahe der Messkreisebene im Bereich des Schubspannungsmaximums befinden. Je schlechter der Reinheitsgrad des Radstahles ist, umso wahrscheinlicher ist die Entstehung derartiger Schäden. Schadensbegünstigend sind erhöhte dynamische Beanspruchungen, ein abnehmender Verschleißvorrat des Rades sowie ein Radwerkstoff an der unteren Toleranzgrenze für Streckgrenze und Zugfestigkeit. Betroffen waren und sind vor allem Laufradsätze von Fahrzeugen des Personenverkehrs. Die Schäden werden überwiegend im Rahmen der planmäßigen Instandhaltung mittels Ultraschallprüfung sowie visuell nach dem Reprofilieren bzw. im Betrieb durch Flachstellen oder Rundlaufabweichungen festgestellt. Eine Flächige Materialtrennung stellt grundsätzlich einen sicherheitsrelevanten Schaden dar, da ihre Nichtentdeckung zu einem schwerwiegenden Materialausbruch aus dem Radkranz mit der Gefahr der Entgleisung führen kann. Die Erfahrungen mit der Entstehung flächiger Materialtrennungen an normkonformen Vollrädern zeigen, dass für die betriebsnahe Ultraschallprüfung bei nicht reprofilierten Laufflächen eine Detektionsempfindlichkeit von einem Kreisscheibenreflektor mit 4 mm Durchmesser ausreichend für einen rechtzeitigen Nachweis bei den aktuellen Prüfintervallen im Personenverkehr ist. Anders verhält es sich mit Vollrädern, wenn die Radwerkstoffqualität der betroffenen Räder in Bezug auf den Reinheitsgrad nicht den normativen Anforderungen entspricht. Trotz sonstiger Erfüllung der Anforderungen an den Werkstoff kann es dann frühzeitig zu Flächigen Materialtrennungen kommen. Insofern ist der mikrographische Reinheitsgrad ein kritisches Qualitätsmerkmal, kann aber – und das zeigt bereits das Problem - nur mittels zerstörender Prüfung ermittelt werden, während die zerstörungsfreie Prüfung auf innere Fehler beim Hersteller erst ab einer Vergleichsreflektorgröße KSR 1 mm Stand der Technik ist. In diesem Vortrag werden Beispiele zu Entstehung und Ausprägung sowie den zerstörungsfreien Nachweismöglichkeiten von Flächigen Materialtrennungen vorgestellt.

### VORTRAG 12

Mechanisierte Radprüfung in der Herstellung und in der betriebsnahen Instandsetzung

R. Ettlich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg an der Havel

Räder werden schon im Herstellungsprozess, nach der Endbearbeitung, auf innere Fehlerfreiheit geprüft. Hier gilt der Grundsatz, je höher die Güte der Räder, je geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich betriebsbedingte Anrisse aus Herstellfehlern entwickeln. Dies gilt insbesondere für die Bildung der bekannten Innendaueranrisse (Flächige Materialtrennungen) unterhalb der Lauffläche. Aus diesem Grund haben sich sowohl in der Hersteller- als auch in der später folgenden Instandhaltungsprüfung zerstörungsfreie Prüfungen bewährt. Größtenteils werden diese Prüfungen mechanisiert mit Ultraschall durchgeführt. In vielen Regelwerken wird die mechanisierte Prüfung sogar gefordert. Manuelle Prüfungen sind dann unzulässig. Die Vorteile der mechanisierten Prüfung gegenüber der manuellen Prüfung sind oft eine höhere Effizienz, eine bessere Reproduzierbarkeit und Dokumentation sowie eine gleichbleibende Prüfungsausführung. Der Einflussfaktor „Mensch“ ist gegenüber der manuellen Prüfung geringer.

In Abhängigkeit vom nachzuweisenden Fehlertyp in den Rädern, müssen die entsprechenden Prüftechniken ausgewählt werden. So unterscheiden sich die Prüftechniken für die Hersteller- und Instandhaltungsprüfung. Selbst innerhalb der Instandhaltungsprüfung unterscheidet man bei der Auswahl der Prüftechnik, ob die Räder scheibengebremst oder laufflächengebremst eingesetzt werden.

Beispielgebend werden dazu im Vortrag entsprechende mechanisierte Prüftechniken für die verschiedenen Anwendungsfälle der Radprüfung vorgestellt. Es wird gezeigt, welchen Einfluss z.B. Lage und Form auf die Nachweisempfindlichkeit dieser Fehler haben. Bei der Neubeschaffung von Prüfanlagen müssen deshalb neben den Anforderungen aus Normen und Spezifikationen auch die Kenntnisse über die nachzuweisende Fehlerart und die Erfahrungen aus dem Betriebseinsatz der Räder berücksichtigt werden.

Im Vortrag werden dazu, kurz und übersichtlich, Anforderungen zur Auswahl der Prüftechnik vorgestellt.

## VORTRAG 13

**Spreizung des Ultraschall-Prüfintervalls von Radsatzwellen mit Längsbohrung**

A. Rohrschneider<sup>1</sup>, J. Kurz<sup>1</sup>, T. Oelschlägel<sup>1</sup>, F. Buß<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

Radsatzwellen in Schienenfahrzeugen sind hochbelastete sicherheitsrelevante Bauteile an denen Schädigungsprozesse initiiert und zu deren Versagen führen können. Daher werden bei der Deutschen Bahn AG Radsatzwellen mit Längsbohrung einer regelmäßigen Ultraschallprüfung unterzogen. Dies geschieht überwiegend mit mechanisierten Ultraschallprüfsystemen (HPS-Anlagen), welche so parametrisiert sind, dass sie Risse ab 2 mm Tiefe über die gesamte Radsatzwelle sicher detektieren. Das Prüfintervall ist dabei spezifisch für jeden Radsatzwellen-Typ und wird durch bruchmechanische Methoden bestimmt.

Kurze Prüfintervalle von Radsatzwellen führen zu einer empfindlichen Einschränkung der Fahrzeugverfügbarkeit und zu unverhältnismäßigen Belastungssituationen für die Instandhaltung. Daher verfolgt die DB Systemtechnik GmbH seit mittlerweile 10 Jahren den Ansatz zur Spreizung derart kurzer Prüfintervalle durch die Absenkung der Fehlernachweisgrenze bei der Ultraschallprüfung.

Im Vergleich zur Neukonstruktion der Radsatzwelle stellt die Absenkung der Fehlernachweisgrenze ein deutlich kostengünstigeres und schneller umsetzbares Verfahren zur Prüfintervallverlängerung dar, welches durch die folgenden Nachweise gestützt wird:

- die bruchmechanische Berechnung,
- die Ermittlung der Position mit dem schlechtesten Fehlernachweis im Bereich der abgesenkten Nachweisgrenze,
- dem POD-Nachweis (POD – „Probability of Detection“ – Auffindwahrscheinlichkeit).

Neben einer allgemeinen Verfahrenserläuterung werden in diesem Beitrag Ergebnisse aus durchgeführten Untersuchungen vorgestellt und darüber hinaus ein Einblick in die Praxiseinführung der abgesenkten Fehlernachweisgrenze gegeben.

## VORTRAG 14

**WS3 – Halbautomatisches Prüfsystem für Güterwagenradsätze**

I. Poschmann<sup>1</sup>, K. Elstner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>W.S. Werkstoff Service GmbH, Essen; <sup>2</sup>Franz Kaminski Waggonbau GmbH, Hameln

Vorgestellt wird ein Ultraschall-Prüfsystem für Räder und Wellen auf Basis von Phased-Array-Technik. WS3 steht für Wheel Set Scan System. Dieses System setzt gezielt auf Standard-Lösungen für die notwendige Hard- und Software und vermeidet bewusst gerätetechnische „Speziallösungen“.

Das hoch-mobile Prüfsystem verbessert im Vergleich zu konventionellen Prüftechniken die Reproduzierbarkeit der Prüfung deutlich – u.a. durch eine Fließwasserankopplung der Prüfköpfe und durch zeitlich gleichbleibende Prüfkopfpositionen. Eine quantitative Ankoppelkontrolle steigert die Aussagekraft einer vollständigen und ortsgenauen Erfassung und Dokumentation der Prüfdaten erheblich.

Das System erreicht eine signifikante Verkürzung der Prüfzeiten im Vergleich zu konventionellen Prüfungen – u.a. durch eine Reduzierung der notwendigen Prüfschritte und eine maßgeschneiderte Scannvorrichtungen für Rad und Welle mit voreingestellten Prüfköpfen für die jeweiligen Prüfbereiche. Im Vortrag wird ebenfalls dargestellt, wie mit diesem Prüfsystem die Erhöhung der Nachweiswahrscheinlichkeit von Fehlern (POD) erreicht wird.

Wesentlicher und integraler Bestandteil des Prüfkonzeptes sind die diversen Referenzkörper für die Justierung und Kontrolle des Prüfsystems. Schließlich wird auf die Anforderungen an die Qualifizierung des Prüfpersonals für die Bedienung des Prüfsystems eingegangen.

**VORTRAG 15****Ultraschallprüfung von Hohl- und Vollwellen**W. Deutsch<sup>1</sup><sup>1</sup>KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal

Die Ultraschallprüfung von Eisenbahnwellen wird zunehmend voll- bzw. halbautomatisch durchgeführt. In diesem Beitrag werden halbautomatische Prüfsysteme für Voll- und Hohlwellen vorgestellt. Die verwendeten Prüfmechaniken zeichnen sich durch ein geringes Gewicht und eine kompakte Bauform aus. Auch die verwendete Prüfelektronik ist kompakt und kann batteriegetrieben sein. Dies erleichtert die Wahl des Einsatzortes innerhalb der Eisenbahnwerkstatt.

Die Wellengeometrie erfordert eine sorgfältige Auswahl der verwendeten Prüfköpfe. Durch den Einsatz der CIVA-Software können die Schallfelder im Prüfteil optimiert werden. Mono-Element und Phased Array-Prüfköpfe kommen zum Einsatz.

Etablierte Prüfsysteme, die bei der S-Bahn-Berlin im Einsatz sind, als auch neu entwickelte Prüfsysteme werden vorgestellt.

VORTRAG 16

**Ultraschalluntersuchung von Beschichtungssystemen an Radsatzwellen ohne Längsbohrung**

S. Bethke<sup>1</sup>, M. Weikert-Müller<sup>2</sup>, M. Kurras<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg an der Havel; <sup>2</sup>Fraunhofer IZfP, Saarbrücken

Die Ultraschallprüfung an Radsatzwellen ohne Längsbohrung im eingebauten Zustand ist aufgrund der begrenzten Zugänglichkeit am Fahrzeug, Schallwegen von bis zu 500 mm und differierenden Oberflächenzuständen eine komplexe Praxisanwendung. Durch die Verknüpfung von bewährten Prüftechnologien wie der Phased-Array Ultraschallprüfung und eines mechanisierten Prüfkonzepts, kann ein wichtiger Beitrag zum Beibehalt der Betriebssicherheit mit einhergehender Effizienzsteigerung bei Fahrzeugen mit Radsatzwellen ohne Längsbohrung gewährleistet werden. Jeder geprüfte, anzeigenfreie und nicht demontierte Radsatz führt zu einer signifikant ökonomischen Steigerung im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse. Jedoch ist die Anzeigenfreiheit von beschichteten Radsatzwellen, wie Sie im eingebauten Zustand vorliegen, aktuell nur bei einer geringen Stückzahl geprüfter Radsatzwellen gegeben.

Die Ultraschallprüfung ist durch verschiedenste Einflussgrößen bestimm-, analysier- und berechenbar. Durch die zielgeführte Auswahl von Schwingergröße, Prüffrequenz oder Vorlaufstrecke sind die Prüfergebnisse oft sehr gut für die jeweiligen Prüfbedingungen und den Einsatzbereiche darstellbar. Ebenfalls lassen sich Kopplmedien, Oberflächenzustände und Einschallbedingungen klar definieren und in Regelwerken vorgeben.

Anhand verschiedener Beispiele von Lackiersystemen an Radsatzwellen und Beschichtungsdicken wird die Einflussgröße der Beschichtung auf das Prüfergebnis betrachtet.

## VORTRAG 17

### Neue Lösungen bei der Ultraschallprüfung von Radsätzen

P. Stöß<sup>1</sup>, S. Caspary<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Evident Europe GmbH, Hamburg; <sup>2</sup>Fraunhofer IZFP, Saarbrücken

Beim Betrieb von Triebzüge, Waggons und Lokomotiven muss in regelmäßigen Abständen der Zustand der Radsätze überprüft werden. Es werden Fehlstellen an den Querschnittübergängen der Radsatzwellen und an den Radscheiben gesucht um Ausfälle, und im schlimmsten Fall Unfälle, zu verhindern.

Die Prüfung muss einfach durchzuführen sein. Die Software soll so gestaltet sein, dass der Anwender möglichst einfach durch die Prüfaufgabe geführt wird. Die Prüf-ausstattung soll transportabel sein. Aufgezeichnete Daten werden im DICONDE Format gespeichert, auf Wunsch auch Cloud gestützt.

Mit der Phased - Array Technologie ist es möglich, diese Überprüfungen durchzuführen, auch wenn die Rad- und Bremsscheiben montiert sind. Der Vortrag zeigt die Möglichkeiten dieser Technologie.

## VORTRAG 18

**Untersuchung zur Verbesserung der Ultraschallerkennbarkeit von Ermüdungsrisse an Eisenbahn-Radsatzwellen**

E. Peng<sup>1</sup>, F. Zhang<sup>1</sup>, B. Zhang<sup>1</sup>, J. Peng<sup>2</sup>, W. Kappes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DTEC GmbH, Rosbach; <sup>2</sup>South West Jiaotong University, China

Die Radsatzwelle ist eine der wichtigsten Komponenten eines Schienenfahrzeugs. Sie neigt jedoch in Bereichen hoher Spannungskonzentration zu Ermüdungsrisse. Durch regelmäßige, zerstörungsfreie Prüfungen können Unfälle, aufgrund von Ermüdungsversagen an Radsatzwellen, im Einsatz verhindert werden. Der Zweck dieser Arbeit ist die Untersuchung und Verbesserung von Ultraschallprüfmethoden zur Prüfung von Radsatzwellen auf Ermüdungsrisse, mit besonderem Augenmerk auf die Fehlererkennung in Bereichen mit Presspassungen.

Die vorgestellten Ultraschall-Prüfsysteme basieren auf der Phased-Array-Technologie (PAUT) und wurden für die Ankopplung an Vollwellen über die Mantelfläche, sowie die Stirnflächen, entwickelt.

Der erste Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit dem Design eines selbstfokussierenden, concaven Phased-Array-Prüfkopfs. Durch Forschungs- und Entwicklungsarbeit basierend auf Simulations- und Versuchsreihen, konnte die Fähigkeit der Fehlererkennung des Prüfsystems signifikant gesteigert werden. Der zweite Teil der Arbeit konzentriert sich auf die erschwerte Fehlererkennungsfähigkeit von UT-Prüfsystemen in gefügten Presspassungsbereichen. In diesen Bereichen treten Schallreflexionen auf, die das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) deutlich verschlechtern und so die Fehlererkennung negativ beeinflussen. Eine Verbesserung der Ultraschall Bildgebung, und spezifischer Verminderung von Rauschen, wird durch eine digitale Bildverarbeitung erzielt. Der Algorithmus zur morphologischen anisotropen Diffusion und Rauschminderung wird hierbei für die Nachbearbeitung von Ultraschall Bildern in Bereichen mit gefügter Presspassung angewandt. Untersuchungen, die an Referenzwellen sowie an realbetriebenen Radsatzwellen durchgeführt wurden zeigen, dass die angewandte Methode effektiv das Rauschen vermindert, das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert und somit effektiv die Fehlererkennung von Rissen steigert. Diese Methode hat das Potential, als optionale UT-Datenanalyse-Funktion im Realbetrieb die Inspektionseffizienz zu steigern und somit den Entscheidungsprozess zu unterstützen.

## VORTRAG 19

**Technologieentwicklung einer KI-gestützten Auswertung von Ultraschallprüfungen an Radsatzwellen mit Längsbohrung**C. Trela<sup>1</sup>, J. Kurz<sup>1</sup>, T. Oelschlägel<sup>1</sup>, F. Buß<sup>1</sup>, E. Wild<sup>1</sup><sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

Um den steigenden Anforderungen an die Effizienz der Tätigkeiten bei gleichzeitiger Gewährleistung hoher Sicherheitsstandards gerecht zu werden, setzt die Deutsche Bahn AG schon seit langem mit ihrer IT- und Digitalstrategie stark auf die Digitalisierung ihrer Prozesse und damit auf einen zunehmenden Automatisierungsgrad. Aktuell werden im Rahmen der Fahrzeuginstandhaltung ca. 100000 Radsatzwellen mit Längsbohrung regelmäßig jährlich durch speziell qualifiziertes Prüfpersonal mit mechanisierten Prüfanlagen ultraschallgeprüft. Die bisherige manuelle Auswertung der Ultraschall (UT) Daten erfolgt durch entsprechend qualifiziertes Prüfpersonal und soll in einer mehrstufigen Technologieentwicklung automatisiert werden. Eine erste Zwischenlösung auf dem Weg zur Umsetzung der abgestrebten Ziele aus Industrie/ZfP 4.0 ist ein Assistenzsystem, das die Prüfer bei der Auswertung der UT-Daten unterstützen wird.

Für diese Bilderkennungsaufgabe werden Machine Learning (ML)-Algorithmen auf Basis von neuronalen Netzen durch die DB Systemtechnik GmbH und ihren Projektpartner Framatome genutzt. Die Eignung der ML-Ansätze wurde in einer grundlegenden Machbarkeitsprüfung bezüglich des spezifischen KI-Anwendungsfalles in den Instandhaltungswerken sowie der bereitgestellten Datenbasis bewertet. Sie stellt die Voraussetzung für die spätere Operationalisierung in der betriebsnahen Fahrzeuginstandhaltung dar.

Dieser Weg der Technologieentwicklung bis zur Integration der getesteten ML-Anwendung wird in diesem Vortrag aufgezeigt. Ein Fokus in der Präsentation wird auf die Herausforderungen an die Bereitstellung der Datenbasis und die Chancen für das Data Mining in der aktuellen Phase der Machbarkeitsprüfung gelegt werden.

### VORTRAG 20

#### **Praxisnahe Anwendung der Simulationssoftware CIVA bei den Schweizerischen Bundesbahnen**

E. Cataldi Spinola<sup>1</sup>, S. Jans<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SBB AG, Zürich, Schweiz

Der Aufwand für experimentelle Untersuchungen ist komplex, umfangreich und kostspielig.

Sind viele Parameter zu berücksichtigen, bietet die Anwendung einer Simulationssoftware eine gute Möglichkeit zielgerichtete Untersuchungen vorzunehmen.

Nachfolgend werden zwei aktuelle Anwendungen für mechanisierte Anlagen vorgestellt.

Bei der Radkranzprüfung ist eine stabile Ankopplung Voraussetzung für eine aussagekräftige Prüfung. Die Überwachung der Ankopplung erfolgt über einen Prüfkopf, der in den Bereich Spurkranzflanke/Kuppe einschallt. Parameter wie unterschiedliche Profilformen (Spurkranzhöhe und Breite, Neigung, etc.) sind bei der Festlegung des Aufsatzpunktes und des Einschallwinkels zu berücksichtigen.

Mit Hilfe der Simulationssoftware konnte die Stabilität des Rückwandechos unter den verschiedenen Konditionen untersucht und das Optimum daraus abgeleitet werden.

Bei der Prüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung ist bekannt, dass die Wölbung des Bohrungsdurchmessers einen signifikanten Einfluss auf das eingebrachte Schallfeld ausübt. Einige Auswirkungen werden in diesem Vortrag anhand von Beispielen thematisiert.

## VORTRAG 21

**Verifikation von Ultraschall- und Wirbelstromsimulationen bei der Schienenprüfung**

T. Zhang<sup>1</sup>, A. Friedrich<sup>1</sup>, T. Heckel<sup>1</sup>, R. Caspersen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BAM, Berlin

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Artificial Intelligence for Rail Inspection“ (AIF-RI) wird ein KI-Algorithmus entwickelt, um die Fehlererkennung und Bewertung bei der Auswertung von Schienenprüfungen mittels Ultraschall- und Wirbelstromprüfverfahren zu verbessern. Je nach Prüfverfahren werden relevante Schienenschädigungen (z. B. Head Checks) und Artefakte (z. B. Bohrungen) entsprechend analysiert und in einem parametrisierbaren digitalen Zwilling abgebildet, um anschließend die KI-Algorithmen trainieren zu können. Mit der Simulation können Prüffahrten virtuell durchgeführt und Schadensbilder für das KI-Training erzeugt werden, die das Verhalten komplexer Systeme reproduzieren, ohne dass das reale System benötigt wird. Die Modellannahmen sind dabei von erheblicher Bedeutung, denn unzureichende Modellannahmen führen leicht zu falschen Simulationsergebnissen. Um die Ergebnisse einer Simulation ordnungsgemäß darstellen zu können, ist das Simulationsmodell selbst zu überprüfen.

Die Vollständigkeit, Richtigkeit und Genauigkeit der Simulationsergebnisse werden anhand von realen Prüfungen verifiziert. Für die Verifikation der Ultraschallsimulation werden hier Stegbohrungen als Referenzreflektoren herangezogen. Als Testkörper stehen Schienensegmente mit unterschiedlichen Profiltypen sowie speziell angefertigte Testkörper mit schienenähnlicher Geometrie zur Verfügung. In den Testkörpern befinden sich künstliche und reale Schädigungen in Kopf-, Steg- und Fußbereich, sowie Bohrungen mit Nuten. Die Verifikation der Wirbelstromsimulation erfolgt an Testkörpern, die aus Schienenköpfen gefertigt sind. Dabei werden die Signale für unterschiedliche Nuttiefen und Nutenpaare mit unterschiedlichen Abständen untersucht.

Für die Modellierung der Simulationsergebnisse verweisen wir auf das ebenfalls eingereichte Poster „Simulation von Ultraschall- und Wirbelstromprüfdaten für die Schienenprüfung“.

Das Projekt AIFRI wird im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND unter dem Förderkennzeichen 19FS2014 durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gefördert.

### VORTRAG 22

#### **Neues aus der Ausbildung im Industriesektor Eisenbahn-Instandhaltung**

R. Krull-Meyer<sup>1</sup>, U. Menzel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DGZFP Ausbildung und Training GmbH, Wittenberge

Der Vortrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Ausbildung von ZfP-Personal in den Sektoren der Eisenbahn-Instandhaltung Irl und IrW. Dabei wird sowohl auf die Personalentwicklung des Ausbildungszentrums Wittenberge als auch auf die Neuerungen hinsichtlich der theoretischen und praktischen Ausbildungsinhalte, die aus den aktuellen Anforderungen der Praxis resultieren, in den verschiedenen Kursen eingegangen.

Ein weiteres Thema ist im letzten Jahr die Vorgehensweise in der Requalifizierung der Stufe 3 im neu eingerichteten Industriesektor Irs im Zusammenhang mit dem neuen Zertifizierungsprogramm gewesen. Diese Vorgehensweise wird detailliert vorgestellt.

VORTRAG 23

**Implementierung der VDV-Schrift 889 ins IMS einer ECM Organisation**

J. Sester<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Regio AG, Frankfurt am Main

Im Vortrag wird beschrieben, wie das ZfP Regelwerk VDV-Schrift 889 in die Regelwerkslandschaft der DB Regio AG integriert ist. Wie schafft man es ein im Unternehmen etabliertes „Konzern“-Regelwerk durch ein „Branchen“- Regelwerk zu ersetzen. Wie geht man mit „zu regelnden“, zu „beschreibenden“, zu „definierenden“ Themen wie z.B.: die Festlegung einer Organisationsstruktur, Benennung der Kompetenzstelle, der Prüfstellenautorisierung, Fragen zur Grundqualifikation, Aufbewahrungsfristen usw. um. Wie stellt man Schnittstellen zu anderen Prozessbeschreibungen, Abläufen sicher.

### VORTRAG 24

#### **Eignung von Ersatzfehlern für die Riss- und Schleifbrandprüfung mittels Wirbelstromverfahren**

M. Seidel<sup>1</sup>, A. Zösch<sup>1</sup>, K. Härtel<sup>1</sup>, K. Beyreuther<sup>1</sup>

<sup>1</sup>imq Ingenieurbetrieb GmbH, Crimmitschau

Ersatzfehler spielen in der Wirbelstromprüfung eine zentrale Rolle. Sie bilden die Voraussetzung für eine hohe Prüfempfindlichkeit und das Erreichen einer hohen Bewertungssicherheit. Ersatzfehler müssen für die jeweilige Prüfaufgabe zugeschnitten sein und ähnliche Prüfsignale liefern wie die Effekte, die mit der Wirbelstromprüfung aufgespürt werden sollen. Für die richtige Einordnung und Interpretation der Prüfergebnisse stellt sich jedoch immer die Frage nach der Vergleichbarkeit von Ersatzfehlern und Realfehlern. Wie unterscheiden sich z.B. das Wirbelstromsignal eines natürlichen Risses von dem einer Nut, Kerbe o.ä.? Welche Parameter des Prüfsignals sind dabei relevant? Welchen Einfluss haben die geometrische Ausdehnung und die Form der Ersatzfehler? Ebenfalls spielen Herstellungsverfahren und dabei auftretende Einflussfaktoren eine Rolle. Außerdem können Gefügeänderungen im Randbereich der Ersatzfehler entstehen und sich auf das Prüfsignal auswirken, oder systemimmanente Merkmale der Prüfkörper (z.B. Oberflächenrauheit, Geometrieabweichungen) die Signalbewertung beeinträchtigen.

Im Beitrag werden am Beispiel der Rissprüfung und der Schleifbrandprüfung die vorliegenden Ergebnisse zu oben genannten Fragestellungen vorgestellt und gegenwärtig noch offene Problemstellungen angesprochen.

## VORTRAG 25

**DICONDE für die Schienenprüfung**R. Casperson<sup>1</sup><sup>1</sup>BAM, Berlin

Bei der zerstörungsfreien Prüfung verlegter Eisenbahnschienen werden die Rohdaten derzeit in proprietären Datenformaten gespeichert und auf Datenträgern zwischen den Prüfzügen und den auswertenden Stellen versendet. Die proprietären Datenformate sind in der Regel nur den Herstellern der Prüfsysteme bekannt und deren Dokumentation nicht allgemein zugänglich.

Das Forschungsprojekt „Artificial Intelligence for Rail Inspection“ (AIFRI) erfordert den Austausch von Prüfdaten in einem offenen Format sowohl zwischen den Projektpartnern als auch die Veröffentlichung anonymisierter Daten ausgewählter Strecken aus dem Offenen Digitalen Testfeld (ODT). Wir haben uns in dem Projekt für die Verwendung der „Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation“ (DICONDE) entschieden. DICONDE basiert auf dem medizinischen Standard „Digital Imaging and Communication in Medicine“ (DICOM) und wurde von ASTM an die ZfP angepasst. DICOM bzw. DICONDE ist nicht nur ein Datenformat, sondern beinhaltet auch Kommunikationsschnittstellen für die Auftragsvergabe, Datenübertragung und Abfrage gespeicherter Datensätze aus einem Archiv.

In dem Vortrag werden DICOM und DICONDE vorgestellt, sowie die Verwendung von DICONDE für die Schienenprüfung im Projekt AIFRI näher erläutert. Es wird gezeigt, wie sich Prüfdaten, Prüfparameter, Streckeninformationen incl. Kilometertafeln und Geokoordinaten und Befunde in DICONDE kodieren lassen.

### VORTRAG 26

#### **Modellierung der digitalen Durchdringung der industrialisierten Gesellschaft und ihrer daraus resultierenden Transfiguration am Beispiel der Bahn- und Mobilitätsbranche**

J. Vrana<sup>1</sup>, R. Singh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vrana GmbH, Rimsting; <sup>2</sup>InspiringNext, USA

Die vierte industrielle Revolution, die durch die stärkere Integration digitaler Technologien in berufliche und soziale Bereiche eingeleitet wurde, bietet die Möglichkeit, die Gesellschaft positiv zu beeinflussen. Wenn die Situation klar ist, hat der Mensch die enorme Fähigkeit, das soziale Wohlergehen innovativ zu verbessern. Das war während der ersten drei Revolutionen nicht der Fall. Daher hat die Gesellschaft die Veränderungen in der Lebensweise bereitwillig und zahlreiche negative Folgen unfreiwillig in Kauf genommen. Da die vierte Revolution aber noch in den Kinderschuhen steckt, können wir sie besser kontrollieren. In diesem Vortrag wird ein ganzheitliches Modell des industrialisierten Ökosystems vorgestellt, das die Wertschöpfung, den Wertekonsum, die Infrastruktur, die erforderlichen Fähigkeiten und die zusätzliche Steuerung umfasst. Diese Design Thinking-Sichtweise, die auch die Verbraucherseite der digitalen Transformation einbezieht, schafft die Voraussetzungen für die nächste große Veränderung des Lebensstils: die digitale Transfiguration. Zur Validierung und zum besseren Verständnis stützt sich das Modell auf die Bahn- und Mobilitätsbranche. Dieses Modell vereint die digitale Durchdringung sowohl der industriellen Produktion als auch des sozialen Konsums in einer Weise, die mehrere Interessengruppen auf ihrer Transformationsreise zusammenführt. Mehr: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.08979>

## VORTRAG 27

**ZfP 4.0 – Die ZfP im Zeichen der Digitalisierung – (IT-) Anforderungen an mechanisierte Prüfanlagen – Ein Update**

E. Wild<sup>1</sup>, T. Oelschlägel<sup>1</sup>, J. Kurz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

Mechanisierte Prüfanlagen zur Ultraschallprüfung von Radsatzkomponenten sind Spezialsysteme und kommen bei der Deutschen Bahn AG seit über 20 Jahren zum Einsatz. Diese sind für die Prüfung von Rädern oder Radsatzwellen mit und ohne Längsbohrung konzipiert. Unabhängig vom Prüfgegenstand verfügen alle mechanisierten Prüfanlagen über eine Ultraschallelektronik und einen Prüf-PC mit Prüf- und Auswertesoftware.

Die Digitalisierung schafft zahlreiche neue Möglichkeiten. Gleichzeitig stellen aber die schnelle Entwicklung auf dem Gebiet der Digitalisierung und der IT-Technik große Herausforderungen zur Integration in die neue Welt der ZfP 4.0 an die mechanisierten Prüfanlagen. Während auf dem Gebiet der IT-Technik Innovationszyklen von weniger als einem Jahr zu verzeichnen sind, verfügen mechanisierte Prüfanlagen über eine Nutzungszeit von mehr als 10 Jahren. Das erfordert in der Langzeitbetrachtung bei der Integration von Stand-Alone-Systemen in vorhandene IT-Infrastrukturen einerseits besondere Konzepte, andererseits müssen auch zukunftssichere und vorhandene Strukturen mit einbezogen werden.

Eine Betrachtung dieses Sachverhalts wird in diesem Beitrag vorgestellt.

### VORTRAG 28

#### **Die Verarbeitung von ZfP-DICONDE-Daten in einem KI-unterstützten Asset Management System für die Schieneninfrastrukturinstandhaltung**

P. Engel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ZEDAS GmbH, Senftenberg

Im Rahmen der Entwicklung eines neuartigen, KI-gestützten IT-Werkzeuges zur Instandhaltung der Schieneninfrastruktur (Projekt: KI-basierte Analyse von Schienenprüfdaten zur Fehlerdetektion, -bewertung und Optimierung der Instandhaltungsplanung AIFRI), wurde auch nach einer effektiven Methode zur Verarbeitung, Übertragung und Archivierung der erhobenen Ultraschall- und Wirbelstromprüfdaten gesucht.

Motiviert durch die Verbreitung und Einsatzerfahrungen des DICOM-Formates in der medizinischen Diagnose hat sich das leicht abgewandelte DICONDE-Datenformat durch die Projektpartner als besonders geeignet für die Übermittlung und Speicherung der Prüfdaten aus der ZfP erwiesen.

Im Zuge der Verarbeitung der erhobenen Prüfdaten durchlaufen diese mehrere Prozessschritte, wie die automatische und manuelle Auswertung, die Transformation, die KI- und Risikobewertung, sowie die Erfassung der Ergebnisse aus der vor Ort Inspektion, was sich wiederum auf die Anzahl der erzeugten DICONDE-Dateien und auf deren Inhalte auswirkt.

Mithilfe der KI soll künftig der gesamte Prozess der Bewertung und Risikoanalyse, der aus Prüffahrten der Ultraschall- und Wirbelstromprüfung erhobenen Daten unterstützt werden. Mit aussagekräftigen Übersichten und Auswertungen bietet das System eine erweiterte Basis zur Entscheidungsfindung für die verantwortlichen Instandhaltungskordinatoren und das Management.

Das Asset Management System zedas®asset dient als hierbei als zentrale Drehscheibe für die Aufnahme, Weiterverarbeitung und Archivierung der Prüfdaten sowie zur Visualisierung der Ergebnisse aus den Prüffahrten.

Das hier vorgestellte Projekt AIFRI wird aktuell im Rahmen der Forschungsinitiative mFUND (Modernitätsfonds) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert. Beteiligte Partner in dem Forschungsvorhaben sind neben dem Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF), die DB Netz AG Frankfurt a.M., die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin, die ZEDAS GmbH Senftenberg sowie das Institut für Bauingenieurwesen der TU Berlin und die Vrana GmbH.

## VORTRAG 29

**IT, Datenbank, Software und ZfP Ein Blick auf die Umsetzung bei den Schweizerischen Bundesbahnen**

C. Pies<sup>1</sup>, R. Mühlemann<sup>1</sup>, S. Antener<sup>1</sup>, N. Schellenberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SBB AG, Bern, Schweiz

Die Division Produktion Personenverkehr der Schweizerischen Bundesbahnen – SBB – betreibt an diversen Standorten über die ganze Schweiz verteilt teilautomatisierte Anlagen zur zerstörungsfreien Prüfung von Radsätzen und deren Komponenten.

Für die SBB hat das Kompetenzzentrum zerstörungsfreie Prüfung die Aufgaben nach ECM 2 (Entity in Charge of Maintenance) übernommen und erfüllt somit die Aufgabe der Erstellung und Überwachung von Vorgaben zur zerstörungsfreien Prüfung an Fahrzeugen des Personenverkehrs.

In der Vergangenheit wurde schon die automatisierte Datenübertragung und Auswertung (z.B. «Automated Second Level Decision, Datenbank unterstützte ZfP», Fachtagung Erfurt 2020) der Prüfergebnisse vorgestellt.

Dieser Weg wurde in den letzten Jahren konsequent weitergegangen und mit weiteren Funktionen und Softwareprogrammen erweitert.

Manuell durchgeführte Bewertungen der Referenzradsatzprüfungen werden schon seit längerer Zeit mittels Bildverarbeitung automatisiert nachbewertet. Neu wurde eine «quasi» Liveüberwachung der Echohöhen implementiert, die eine genauere Nachverfolgung der Stabilität der Prüfergebnisse erlaubt.

Die (Handy-)App «ZfP Studio» ermöglicht das Prüfermanagement (inklusive Autorisierung), Dokumentensuche und die Prüfstundenverwaltung. Durch diese Digitalisierung ist der händische Aufwand auf ein Minimum reduziert worden.

Dieser Vortrag stellt die aktuellen Entwicklungen in der Zusammenarbeit zwischen ZfP und IT dar, mit dem Ziel Aufwand und Reaktionszeit zu minimieren.

## POSTER 1

**Ultraschall-Tauchtechnikanlage zur Prüfung von Radsatzvollwellen auf herstellungsbedingte innere Fehler von der DB Systemtechnik GmbH am Standort Kirchmöser**A. Thiemer<sup>1</sup>, S. Bethke<sup>1</sup><sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg an der Havel

Die Deutsche Bahn AG stellt mit der herstellerbezogenen Produktqualifikation (HPQ), spezifische Anforderungen an Qualität, Zuverlässigkeit und Sicherheit von Produkten der jeweiligen Hersteller. Unter anderem setzt die BN 918 275:2022 als Teil der technischen Lieferbedingungen für Radsatzwellen für Triebfahrzeuge und Wagen die Ultraschallprüfung für die Gewährleistung der inneren Fehlerfreiheit mittels einer mechanisierten Anlage voraus. Die Radsatzvollwellen müssen von der Mantelfläche aus um den gesamten Umfang geprüft werden. Die Prüfbahnen sollen sich um mindestens 10% überlappen.

Die DB Systemtechnik GmbH am Standort Kirchmöser verfügt über eine selbst entwickelte und mit Ultraschall Standardkomponenten betriebene Ultraschalltauchtechnikanlage, die es ermöglicht, Radsatzvollwellen auf herstellungsbedingte innere Fehler normkonform zu prüfen.

Der Vorteil der Tauchtechnik gegenüber der Handprüfung ist eine bessere Ankopplung und Schallübertragung sowie kein Verschleiß des Prüfkopfes. Der Vorteil der mechanisierten Anlage ist eine vollständige Aufnahme der Ultraschalldaten, sodass die Auswertung reproduzierbar ist.

Die Ultraschalltauchtechnikanlage erfüllt die Anforderung einer mechanisierten Anlage, welche die Prüfeempfindlichkeit von bis zu einem 1 mm KSR gewährleistet. Außerdem ist eine Referenzwelle, die die Bedingungen der ISO 5948:2018 erfüllt, vorhanden.

In diesem Poster wird die Ultraschalltauchtechnikanlage der DB Systemtechnik GmbH vorgestellt. Es wird gezeigt, wie die Anlage aufgebaut ist und wie eine Prüfung durchgeführt wird.

## POSTER 2

### **Simulation von Ultraschall- und Wirbelstromprüfdaten für die Schienenprüfung**

A. Friedrich<sup>1</sup>, T. Zhang<sup>1</sup>, T. Heckel<sup>1</sup>, R. Casperson<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BAM, Berlin

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Artificial Intelligence for Rail Inspection“ (AIFRI) wird ein KI-Algorithmus entwickelt, um die Fehlererkennung und Bewertung bei der Auswertung von Schienenprüfungen mittels Ultraschall- und Wirbelstromprüfverfahren zu verbessern. Die Bandbreite möglicher Defekte und die Menge an Einflussgrößen auf die Schienenprüfung ist sehr groß, aber die Prüfdaten aus dem Feld bilden diese Bandbreite nicht balanciert ab und sind unzureichend gelabelt. Durch Simulationen werden große Mengen detailliert gelabelter Daten für relevante Schienenschädigungen und Artefakte bereitgestellt. Aus diesen Daten werden wiederum virtuellen Prüffahrten erstellt, die für das Training und die Validierung der KI genutzt werden können.

In unserem Poster stellen wir die Simulation dieser Ultraschall- und Wirbelstromprüfdaten vor. Dabei gehen wir im Detail auf die Themen CAD-Modellierung, Modellparameter, Simulationssoftware und Signalverarbeitung ein. Wir stellen ausgewählt die Simulation von Head Checks für Wirbelstromprüfverfahren und Bohrungsanrissen für Ultraschallprüfverfahren dar, da das Erkennen dieser Schädigungstypen bei der Schienenprüfung hohe Priorität innehat.

Für die Verifikation der Simulationsergebnisse verweisen wir auf den ebenfalls eingereichten Vortrag „Verifikation von Ultraschall- und Wirbelstromsimulationen bei der Schienenprüfung“.

Das Projekt AIFRI wird im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND unter dem Förderkennzeichen 19FS2014 durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gefördert.

## POSTER 3

**Die technischen Lieferbedingungen von Radsatzwellen aus Sicht der zerstörungsfreien Prüfung**

A. Wendrich<sup>1</sup>, T. Oelschlägel<sup>1</sup>, J. Kurz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

Radsatzwellen, als hochbelastete sicherheitsrelevante Bauteile, werden nicht nur im Betrieb, sondern bereits in der Neufertigung zum Nachweis der Fehlerfreiheit verschiedenen Ultraschallprüfungen unterzogen.

Zum einen stellt die Norm DIN EN 13261 Anforderungen an Radsatzwellen. Diese schreibt für die Neufertigung von Radsatzwellen lediglich eine Prüfung auf herstellungsbedingte innere Fehler vor. Zum anderen legt die Norm DIN EN 13260 Anforderungen an Radsätze fest. Eine Ultraschallprüfung ist in diesem Regelwerk nur dann vorgesehen, wenn diese in technischen Spezifikationen vorher vereinbart worden sind. Auf die möglichen technischen Spezifikationen wird in diesen Normen nicht weiter eingegangen.

Für die Deutsche Bahn AG stellt der Deutsche Bahn Standard DBS 918275 „Technische Lieferbedingungen Radsatzwellen für Triebfahrzeuge und Wagen“ diese technische Spezifikation dar. Seit Januar 2022 ist eine überarbeitete Version in Kraft. Darin wird für fertig gefügte Radsätze eine Nullprüfung der Radsatzwellen mit Längsbohrung mittels Ultraschalls gefordert. Ziel dieser Prüfung ist, zu gewährleisten, dass bei der ersten Prüfung auf betriebsbedingte Querrisse in der Instandhaltung keine Anzeigen auftreten, die aus dem Herstellungsprozess resultieren. Das Plakat informiert über die nach DBS 918275 geforderten Ultraschallprüfungen an Radsatzwellen mit Längsbohrung bei der Neufertigung von Radsätzen und den technischen Zusammenhang zu den späteren periodischen Ultraschallprüfungen im Betrieb.

#### POSTER 4

### **Standortbestimmung zur Etablierung der VDV-Schrift 889 als Branchenstandard für die Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) an Eisenbahnfahrzeugen und deren Komponenten**

F. Buß<sup>1</sup>, U. Mosler<sup>1</sup>, J. Kurz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

Nach geltendem Recht sind Halter/EVU/EIU und ECM verpflichtet, die Instandhaltung ihrer Schienenfahrzeuge gemäß Instandhaltungsakte nachzuhalten.

Eine rechtskonforme Instandhaltungsakte schließt Vorgaben für die Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP), insbesondere sicherheitskritischer Fahrzeugkomponenten (SCC – safety critical components), auf dem jeweils aktuellen Stand der Technik und rechtlichen Vorgaben zwingend ein und ist Voraussetzung zur Erlangung der Sicherheitsbescheinigung SiBe und der SMS Zertifizierung (safety management system). Gemäß EU-Verordnung hat der Fahrzeughersteller die sicherheitskritischen Fahrzeugkomponenten zu bestimmen sowie etwaige spezifische Instandhaltungsanweisungen, die in dem technischen Dossier der Teilsysteme vermerkt sind, für die Fahrzeuginstandhaltung (ECM) bereitzustellen.

Die VDV-Schrift 889 bietet mit mittlerweile über 100 Dokumenten einen profunden Bestand an relevanten Grundsätzen zur ZfP (allgemeine Prüfanweisungen und zugehörige Formblätter für Prüfberichte für Prüfverfahren VT, MT, UT, ET, PT, RT), allgemeinen Prüfanweisungen zur mechanisierten Ultraschallprüfung von Radsatzwellen und Rädern sowie komponenten- und verfahrensbezogenen bauteilspezifischen Dokumenten (Prüfanweisungen, Formblätter, Prüfpläne).

In zunehmendem Umfang erkennen Unternehmen als Fahrzeug- und Komponentenhersteller, Fahrzeughalter/EVU/EIU und/oder selbständige Instandhalter sowie deren Instandhaltungsverantwortliche als ECM (die für die Instandhaltung zuständigen Stellen) den Nutzen bzw. die Chance einer einheitlichen, die aktuellen Standards und Rechtsvorgaben berücksichtigenden und für alle Player im Sektor verfügbaren anerkannten Regel der Technik als Mittel zur vollumfänglichen Wahrnehmung ihrer Verantwortung.

Das Plakat informiert zum neuen Lizenzmodell inklusive aktueller Nutzungsbedingungen der VDV-Schrift 889, skizziert den aktuellen Nutzerkreis und stellt Ideen zur strategischen Entwicklung vor.

## POSTER 5

**Einsatzplanung in der Schienenprüfung auf Basis der Bewertung der Fehlererkennungsfähigkeit von Prüf- und Auswertesystem**M. Selch<sup>1</sup>, D. Kanzler<sup>1</sup>Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung, Dresden

Die derzeitige Instandhaltungsstrategie für die Eisenbahninfrastruktur basiert auf präventiven Ansätzen mit festen Prüfintervallen. Mittels Wirbelstrom- und Ultraschalldaten, die von Schienenprüfzügen aufgezeichnet werden, werden die Schienen hinsichtlich vorhandener Fehler und deren Schadensausmaß bewertet. Anschließend werden die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen geplant und nach in Richtlinien festgelegten Fristen durchgeführt.

Ziel ist es, das derzeitige Instandhaltungsmanagement in eine vorausschauende, kritikalitätsbasierte Strategie (prädiktive Instandhaltung) umzuwandeln, wozu die Prüfzuverlässigkeit der Prüfzügen bewertet wird. Dabei wird die intrinsische Prüffähigkeit der auf dem Prüfzug genutzten Prüfapplikation zusammen mit dem entwickelten KI-basierten Auswertesystem betrachtet. Dies geschieht durch eine probabilistische Abschätzung der Auffindwahrscheinlichkeit von Defekten (Probability of Detection - POD) und der zeitlichen Vorhersage ihres Wachstums. Die POD wird hierfür in Abhängigkeit von der Fehlerart ermittelt und als Parameter in die Zuverlässigkeitsbewertung einbezogen.

Aus der für die einzelnen Streckenabschnitte ermittelten Zuverlässigkeitsbewertung werden Risikokennzahlen abgeleitet, die als Nebenbedingungen in ein Planungsmodell eingehen. Das Modell plant den Einsatz und die Umläufe der Schienenprüfzüge mit dem Ziel, die Risikokennzahlen und damit die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Schienennetzes zu minimieren.

Diese Arbeit ist Teil eines Projektes zur Verbesserung des aktuellen Prozesses der Schienenprüfung, wozu ein neuartiges, KI-gestütztes IT-Werkzeug zur Instandhaltung der Schieneninfrastruktur entwickelt und im Praxistest erprobt und bewertet wird. Das Projekt wird aktuell im Rahmen der Forschungsinitiative mFUND (Modernitätsfonds) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert. Beteiligte Partner in dem Forschungsvorhaben sind neben dem Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF), die DB Netz AG Frankfurt a.M., die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin, die ZEDAS GmbH Senftenberg sowie das Institut für Bauingenieurwesen der TU Berlin und die Vrana GmbH.

## POSTER 6

### Ultraschallprüfung an Manganschienen – umsetzbar oder nicht?

A. Dey<sup>1</sup>, F. Krebs<sup>1</sup>, J. Reinhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg a. d. Havel; <sup>2</sup>DB Netz AG, Frankfurt am Main

Weichteile aus Manganschienenstahl, wie zum Beispiel Herzstücke, werden seit Jahren weltweit bei verschiedenen Bahnunternehmen eingesetzt. Im Netz der DB AG wurde dieser Stahl in den letzten Jahrzehnten nicht verwendet. Die Ursache dafür lag in der Kombination aus Anschaffungskosten – Schweißbarkeit – Instandhaltbarkeit – Inspektionsmöglichkeiten. Die technischen Möglichkeiten bei der Stahlherstellung sowie auch bei der zerstörungsfreien Prüfung sind jedoch in den letzten Jahrzehnten enorm gewachsen, so dass die Verwendung von Manganschienen zukünftig wieder stärker von Interesse sein könnte.

Manganschienen haben die Eigenschaften hoher Festigkeit und hoher Zähigkeit und weisen zusätzlich noch eine hohe Kaltverfestigungsfähigkeit auf. Nach der Inbetriebnahme wird Mangan aufgrund seiner Eigenschaften durch die Befahrung der Schienen stärker kaltverfestigt als es bei perlitischen Schienen der Fall ist. Dies verändert die Material- und Gefügeeigenschaften im Vergleich zum unbefahrenen Mangan.

Die Inspektion von Manganherzstücken im Gleis wird aufgrund seiner Stahleigenschaften hauptsächlich mittels Sichtprüfung und mit Farbeindringprüfung durchgeführt. Die Inspektion ausschließlich mit diesen Methoden auf hochfrequenten, stark belasteten DB-Streckenabschnitten war bisher keine Option für die zerstörungsfreie Prüfung von Weichenkomponenten im Vergleich zu den Inspektionsmöglichkeiten an anderen Stahlsorten.

An Standardweichenkomponenten wird vor allem die Ultraschallprüfung für die Detektion und Bewertung von Schienenfehlern eingesetzt. Aufgrund des Korngefüges von Manganstahl ist es schwierig, Mangan mit der Ultraschallprüfung zu inspizieren. Aufgrund seiner Kaltverfestigungsfähigkeit können sich Ultraschallanzeigen im Laufe der Betriebsbelastung im Gleis zusätzlich noch im Vergleich zu einem unbefahrenen Herzstück verändern. In welchem Ausmaß solche Veränderungen dann vorliegen ist noch unbekannt.

Durch das grobkörnige Gefüge des Manganstahls wird in schon geringer Prüftiefe ein so hohes Gefügerauschen erzeugt, dass die Trennung vom Nutzsignal des Reflektors zu den Störanzeigen nicht mehr möglich ist. Eine gut erkennbare Signalanzeige ohne zu großes Gefügerauschen konnte nur bis zu einer Tiefe von 30 mm erzielt werden. Mit diesem Poster wird die Thematik Manganschienenstahl, die Grenzen der Ultraschallprüfung an Manganstahl und eventuelle Lösungsmöglichkeiten kurz vorgestellt.

## POSTER 7

**Künstliche Intelligenz für die zerstörungsfreie Schienenprüfung: Eine praxisnahe Evaluation von AI-Methoden**G. Olm<sup>1</sup>, D. Kanzler<sup>2</sup>, M. Islam<sup>1</sup><sup>1</sup>Technische Universität Berlin; <sup>2</sup>Vrana GmbH, Berlin

KI-Methoden haben ein großes Potential bei der Prüfung von Schienen mit Hilfe eines Schienenprüfzugs. Im Projekt Aifri werden unterschiedliche Aspekte der Prüfaufgabe diskutiert und bewertet.

In dieser Arbeit wird der Teil der Forschung vorgestellt, der die Verbesserung der Identifikation und Einordnung von Artefakten und Defekten in der zerstörungsfreien Prüfung von Schienen betrifft. Dazu wird die Anwendung unterschiedlicher KI-Ansätze auf realen Prüfdaten aus dem Feld bewertet.

Die Datengrundlage stammt einerseits von der DB Netz als reale Felddaten aus der Schienenprüfung und andererseits von der BAM als Simulationsdaten von potentiellen Defekten. Dies ermöglicht, das Problem der Imbalance zwischen regulärer und defekter Schienen zu lösen. Im Zuge unserer Forschung sollen verschiedene Methoden aus dem Bereich Künstliche Intelligenz miteinander verglichen und ihre Anwendungsmöglichkeiten bewertet werden.

Hierzu gehören die Anomalieerkennung mittels Autoencoder-Netzwerken, die die Möglichkeit bieten, bestimmte gewünschte Muster zu erlernen und Abweichungen davon durch Ausreißer von Fehlerwerten zu identifizieren. Des Weiteren werden Modelle vorgestellt, die sowohl die zeitlichen als auch die räumlichen Komponenten der Daten aus der Schienenprüfung berücksichtigen. Dabei können Convolutional- sowie Recurrent-Neural-Network-Layer in verschiedenen Variationen kombiniert werden. Komplexe, vortrainierte Modelle zur Objekterkennung identifizieren mehrere Sequenzen in einem Datensatz und bieten gleichzeitig eine Klassifizierung der gefundenen Muster an. Im Projekt werden diese Modelle mit spezifischen Sensordaten feinabgestimmt werden. Abschließend wird evaluiert, inwieweit die Transformer-Architektur, die kürzlich in großen Sprachmodellen für Durchbrüche gesorgt hat, auf die sequenziellen Messdaten der Schienenprüfung angewendet werden kann.

## POSTER 8

### **Frühausfälle durch White Etching Cracks- gefährchtet im Windbereich wie auf der Schiene**

F. Ahrens<sup>1</sup>, F. Ahrens<sup>1</sup>, S. Riske<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MQ Engineering GmbH, Rostock-Bentwisch

Ein Schadensmechanismus, der bereits seit langer Zeit in der Windbranche gefährchtet wird, ist in den letzten Jahren auch im Eisenbahnsektor angekommen. White Etching Cracks (WECs) sind eine von wenigen Rissarten, die unterhalb der Oberfläche entstehen. Dadurch sind sie im eingebauten Zustand der Komponenten vielfach gar nicht mittels ZfP auffindbar. Selbst im demontierten Zustand der Komponenten sind sie oft nur unter hohem Aufwand (z.B. mit der Ultraschall- Tauchttechnik) nachweisbar. Daher möchten wir in dem Poster aus dem Fundus unserer langjährigen (WEC-) Erfahrung berichten und über ihre Entstehung, ihre Morphologie, die Folgen sowie über Abhilfemaßnahmen aufklären.

POSTER 10

**E-Learning unterstützte Aufrechterhaltung und Überprüfung der ZfP Kompetenzen bei den SBB**

E. Cataldi Spinola<sup>1</sup>, C. Pies<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SBB AG, Zürich, Schweiz

Die Erhaltung und Überprüfung der Kompetenzen im Eisenbahnsektor unterliegen verschiedenen Kunden-Regelwerken, internationalen Normen sowie Europäische Verordnungen. Um die Kompetenzen der Mitarbeiter auch formal nachzuweisen, werden zusätzlich Hinweise zu wiederkehrenden Kompetenzüberprüfungen gemacht.

Als Entity in Charge of Maintenance Instandhaltung (ECM) sollen « [...] fortlaufende Schulungen und regelmässige Aktualisierung vorhandener Kenntnisse und Fähigkeiten gegebenenfalls regelmässige Überprüfung der Kompetenzen [...]» durchgeführt werden.

In diesem Beitrag wird ein Beispiel vorgestellt, wie ein strukturierter Refresher in den Instandhaltungswerken der SBB-Personenverkehr durchgeführt wird.

Insbesondere werden die eingesetzten E-Learning Tools, wie auch die Organisation der Durchführung vorgestellt.

## POSTER 11

**Ultraschallprüfung an Bahnradern mit 2D-Gruppenstrahler-Technologie**

P. Buschke<sup>1</sup>, F. Kahmann, A. Franzen, D. Werner, F. Henrix, T. Würschig, D. Norton<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Waygate Technologies, Hürth

Durch die elektronisch gesteuerte Anpassung des Schallfelds in allen Dimensionen bietet die Matrix Technologie maximale Flexibilität. Insbesondere bei langen Schallwegen und variablen Geometrien, wie bei der Radscheibenprüfung von Eisenbahnradern, muss bei eindimensionalen Arrays eine optimale mechanische Ausrichtung für alle Anwendungsfälle gefunden werden – Abweichungen im Einzelfall müssen dann durch entsprechende Verstärkungsaufschläge kompensiert werden. Messungen an Testradern haben ergeben, dass die laterale Auslenkung der Schallfelder über den Prüfbereich hinweg stark variiert und nicht linear verteilt ist. Genau hier spielt das Matrix Array seine Stärken aus, indem es sich für jeden Prüftakt optimal justieren lässt. In Folge können die Verstärkungen reduziert, störende Nebenanzeigen maximal reduziert und Koppelkontrollen realisiert werden.

## POSTER 12

### DB Systemtechnik auf Schmalspur

U. Börner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DB Systemtechnik GmbH, Brandenburg-Kirchmöser

In Deutschland gibt es eine Vielzahl von Schmalspurbahnen mit den verschiedensten Spurweiten. Der überwiegende Teil wird von Vereinen im Rahmen einer Museumsbahn betrieben. Die Zuständigkeit für den Betrieb unterliegt der jeweiligen Landesbehörde.

Im Nordwesten von Mecklenburg-Vorpommern gab es das umfangreichste 600mm – Netz von Deutschland. Seine größten Ausmaße betragen ca. 250 km in den 1940er Jahren. Betreiber war die Mecklenburger-Pommersche Schmalspurbahn (MPSB). Nach Einstellung des Betriebes und nahezu komplettem Rückbau wurde ein kleiner Teil dieser Strecke bei Schwichtenberg (Nähe Anklam) wieder aufgebaut.

Die zuständige Landesbehörde fordert auch für diesen Betrieb – aktuell 1,6 km Streckenlänge,  $v_{max}$  ca. 10 km/h – alle 8 Jahre eine Ultraschallprüfung der Radsatzwellen.

Die ehrenamtliche Durchführung dieser Prüfung erfolgte in Anlehnung nach VDV-Schrift 889 und wird im Poster dargestellt.

## POSTER 13

**Das Ausbildungssystem im Industriesektor Eisenbahn-Instandhaltung**

R. Krull-Meyer<sup>1</sup>, U. Menzel<sup>1</sup>, R. Holstein<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Wittenberge; <sup>2</sup>DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Berlin

Das Ausbildungszentrum der DGZfP in Wittenberge bietet derzeit über 50 verschiedene Schulungen in den Industriesektoren Infrastruktur (IrI) und Werkstätten (IrW) und den Verfahren UT, ET, MT und VT an. Hinzu kommt die Ausbildung zur Prüfaufsicht in den genannten Industriesektoren. Dabei handelt es sich sowohl um Ersts als auch um Erneuerungsqualifikationen entsprechend der DIN EN ISO 9712. Hinzu kommen Module und Seminare, die zusätzliche Qualifikationen ermöglichen. Es wird ein Überblick aller angebotenen Schulungen gegeben. Hauptaugenmerk wird dabei auf chronologische Abfolgen gelegt, die aufgrund von Regelwerken und Normen vorgegeben sind. Des Weiteren sind die geforderten Schulungszeiten abgebildet.

POSTER 14

**Die Requalifizierung in der Stufe 3 im Industriesektor Irs**

R. Krull-Meyer<sup>1</sup>, U. Menzel<sup>1</sup>, R. Holstein<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Wittenberge; <sup>2</sup>DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Berlin

Im Ausbildungszentrum der DGZfP in Wittenberge werden in den Verfahren UT, ET, MT und VT Prüfer in den Stufen 1 und 2 ausgebildet. Dabei wird unterschieden zwischen den Industriesektoren Infrastruktur (Irl) und Werkstätten (IrW). Einen direkter Zugang in die Stufe 3 in den beiden genannten Industriesektoren ist nicht vorgesehen.

Zusammen mit der Zertifizierungsstelle der DGZfP (DPZ) und der DB Systemtechnik GmbH wurde eine Vorgehensweise entwickelt, die es gestattet, Prüfer, die eine Qualifikation in der Stufe 3 besitzen, sowohl im Sektor Is als auch in einem oder beiden Industriesektoren Irl und IrW zu requalifizieren. Eigens dafür wurde der Industriesektor Irs in das Zertifizierungsprogramm der implementiert.

Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Ausbildungszeiten und den Umfang der Requalifizierungsprüfungen gelegt, um zu gewährleisten, dass requalifiziertes Prüfpersonal Aufgaben von Stufe-2-Personal erfüllen kann. Eine wesentliche Rolle spielen dabei zusätzliche Normen, hier seien die DIN EN 16910-1 und die DIN EN 16729-4 genannt, die die Ausbildung von ZfP-Personal in den Industriesektoren Irl und IrW regeln.

## POSTER 15

**Digitalisierung und Analyse komplexer Objekte mit dem goSCOUT3D Handscanner**

M. Preißler<sup>1</sup>, R. Ramm<sup>1</sup>, P. Kühmstedt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fraunhofer IOF, Jena

Die gesamte Oberfläche komplexer Objekte kann mit dem handgehaltenen goSCOUT3D-Scannersystem mit hoher Auflösung und Genauigkeit innerhalb weniger Minuten dreidimensional erfasst werden. Farb- und Texturinformationen werden zusätzlich registriert und in einem 3D-Modell punktgenau der entsprechenden 3D-Koordinate zugeordnet. Das Messsystem arbeitet nach dem Prinzip der fotogrammetrischen Rekonstruktion und nutzt eine hochauflösende Farbkamera in Verbindung mit einer Trackingeinheit.

Für die 3D-Rekonstruktion werden zeitlich dicht beieinanderliegende Objekt-Aufnahmen aus unterschiedlichen Aufnahmepositionen verwendet. Während des Aufnahmevorgangs durch den Anwender wird durch die Trackingdaten ein Echtzeit-Feedback zum Scanfortschritt auf dem Monitor des Scanners geliefert.

Die Tracking-Kamera unterstützt dabei die Schätzung der Kamerapositionen, um ein gutes Rekonstruktionsergebnis zu erhalten. Nach der Bildaufnahme erfolgt die Generierung des vollständigen Hybridmodells vollständig automatisiert. Bei kontinuierlicher Bewegung des Sensorkopfes können bis zu sechs Bilder pro Sekunde und insgesamt bis zu mehrere tausend Bilder aufgenommen werden. Diese Bilder werden zur Erzeugung des 3D-Modells verwendet.

Eine große Herausforderung bei der Verarbeitung mehrerer Tausend Farbbilder zu einem vollständigen 3D-Modell ist die Geschwindigkeit der 3D-Modell-Erstellung. Dies wird durch eine intelligente Datenverarbeitung erreicht. Aufgrund der großen Redundanz der Bildinhalte wird für einen 3D-Scan nur eine Teilmenge der gesamten Bildserie verwendet. Zur Entfernungsberechnung und Mittelung werden aus bis zu 16 benachbarten Bildern Tiefenkarten mithilfe der Multi-View-Stereomethode berechnet. Alle Tiefenkarten werden verwendet, um das vollständige 3D-Netzmodell des Objekts zu erstellen.

Die hochaufgelösten Originalfarbbilder der entsprechenden Oberflächenposition können durch interaktive Auswahl im 3D-Modell angezeigt werden. Damit werden dem Anwender neue Möglichkeiten der Digitalisierung und Dokumentation von Objekten eröffnet. Es werden Beispiele aus unterschiedlichen Anwendungsgebieten gezeigt und diskutiert.

POSTER 16

## **Innovative Dauerüberwachung von Rissen an Stahlbrücken basierend auf Schallemission**

M. Prokofyev<sup>1</sup>, P. Rossik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>TÜV Austria, Wien, Österreich

In diesem Beitrag wird das von TÜV AUSTRIA eigens entwickelte Online-Überwachungssystem RISE basierend auf der Schallemissionsmethode vorgestellt. Schallemission (AE) ist ein Phänomen, das bei Materialien auftritt, die einer Belastung ausgesetzt sind. Defekte im Material, wie zum Beispiel Risse in metallischen Werkstoffen, wachsen und setzen Energie in Form einer mechanischen Welle frei, die sich durch das Material ausbreitet. Mithilfe piezoelektrischer Sensoren wird die mechanische Welle in ein elektrisches Signal umgewandelt. Die Signale werden vom Messsystem erfasst und stehen für die weitere Verarbeitung zur Verfügung.

Die innovative Online-Überwachungslösung RISE unterstützt Experten bei Bauwerksüberwachung.

Durch die kompakte Bauweise, den geringen Stromverbrauch und die einfache Montage ist das Messsystem speziell für die permanente Überwachung konzipiert. Konkret wird die Hotspot-Überwachung von Eisenbahnstahlbrücken mit RISE vorgestellt. Die Überfahrt von Zügen löst eine Materialantwort aus, die vom Messsystem aufgezeichnet werden kann. Dies wird genutzt, um ein Rissmonitoring an Brücken durchzuführen und damit der Brückeninspektion ein Werkzeug zur Beurteilung der Rissaktivität und des Schädigungsgrades an die Hand zu geben. Mit Hilfe von Trendanalysen kann auch die zukünftige Rissentwicklung abgeschätzt werden.

POSTER 17

**Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse bei der Ultraschallprüfung von Radsatzwellen mit Längsbohrung**

Mitglieder des Unterausschusses Radsatzwelle mit Längsbohrung (UA RmL) im FA ZfP im Eisenbahnwesen

Ankündigung des neuen Leitfadens mit den Titel: „Leitfaden zur Vergleichbarkeit von Ultraschallprüfungen an längsgebohrten Radsatzwellen“

**Aussteller**

### **AAP-NDT GmbH**

Kontakt: Achim Hansen  
Telefon: +49 176 34247316  
E-Mail: [hansen@aap-ndt.com](mailto:hansen@aap-ndt.com)  
Website: [www.drive-ndt.com](http://www.drive-ndt.com)

**Ganzheitliche Managementsoftware für die zerstörungsfreie Materialprüfung**

Carlo-Schmid-Allee 3 | 44263 Dortmund

---

### **Actemium Cegelec Mitte GmbH**

Kontakt: Frank Wolfsgruber  
Telefon: +49 151 61052 528  
E-Mail: [frank.wolfsgruber@actemium.de](mailto:frank.wolfsgruber@actemium.de)  
Website: [www.nds.actemium.de](http://www.nds.actemium.de)

Actemium NDS ist ihr Spezialist für Ultraschall-Prüfanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung. Seit über 50 Jahren beliefern wir unsere Kunden weltweit in der Stahlindustrie, der Luft- und Raumfahrt sowie im Bahnwesen mit kundenspezifischen Prüfsystemen für die Materialprüfung mit Ultraschall.

Gutenstetter Str. 14a | 90449 Nürnberg

---

## **arxes-engineering GmbH**

Kontakt: Alexander Krüger

Telefon: +49 174 9081939

E-Mail: [alexander.krueger@arxes-engineering.com](mailto:alexander.krueger@arxes-engineering.com)

Website: [www.arxes-engineering.com](http://www.arxes-engineering.com)

Ausgestellt wird die neueste Generation von mobilen Ultraschallprüfanlagen für längs gebohrte Radsatzwellen der Firma arxes-engineering GmbH.

Heinrich-Hertz-Str. 9 | 16225 Eberswalde

---

## **DB Systemtechnik GmbH**

Kontakt: Martin Loibl

Telefon: +49 160 97472806

E-Mail: [martin.loibl@deutschebahn.com](mailto:martin.loibl@deutschebahn.com)

Website: [www.db-systemtechnik.de](http://www.db-systemtechnik.de)

ZFP im Kontext der Instandhaltung von Schienenfahrzeugen

Völckerstraße 5 | 80939 München

---

## **DTEC GmbH**

Kontakt: Bin Zhang  
Telefon: +49 151 51868888  
E-Mail: bin.zhang@dtec-gruppe.com  
Website: dtec-gruppe.com

DTEC entwickelt und liefert leistungsfähige Prüf- und Inspektionslösungen für Schienenfahrzeuge. Wir sind auf verschiedene Prüftechniken spezialisiert, darunter die automatische Ultraschallprüfung und die KI-gestützte Sehprüfung.

Siemensstr. 9 | 61191 Rosbach

---

## **Eddyfi Technologies**

Kontakt: Mara Gündel  
Telefon: +49 172 6900458  
E-Mail: mgundel@eddyfi.com  
Website: www.eddyfitechnologies.com

Eddyfi Technologies bietet ein breit gefächertes Portfolio an ZfP-Instrumenten, Sensoren, Software und Roboterlösungen für die Inspektion kritischer Komponenten und Anlagen in Schlüsselindustrien wie Luft- und Raumfahrt, Öl und Gas sowie Energieerzeugung. Das Produktportfolio umfasst Array UT-, Wirbelstrom-Array- und andere Ultraschall- und elektromagnetische Geräte. Eddyfi Technologies hat seinen Hauptsitz im ZfP-Zentrum von Québec (Kanada), beschäftigt mehr als 750 Mitarbeiter, verfügt über 13 Niederlassungen weltweit und beliefert Kunden in mehr als 110 Ländern. Das Unternehmen hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Grenzen der fortschrittlichen zerstörungsfreien Prüfung zu erweitern, indem es verschiedene ZfP-Modalitäten anbietet und massiv in die Produktentwicklung investiert.

3425, rue Pierre-Ardouin | Québec, G1P 0B3, Canada

---

## **Evident Europe GmbH**

Kontakt: Andrea Rackow  
Telefon: +49 40 87709891  
E-Mail: andrea.rackow@evidentscientific.com  
Website: www.evidentscientific.com

Geräte zur zerstörungsfreien Prüfung  
Prüfgeräte / Phased-Array-Prüfgeräte  
Ultraschallprüfgeräte  
Phased-Array-Geräte (Gruppenstrahlertechnik)  
Wirbelstromgeräte  
Wirbelstrom-Array-Geräte  
Bindungsprüfung  
Dickenmessgeräte  
Prüf- und Messköpfe, Sonden und Sensoren  
Automatisierte Prüfsysteme  
Gerätekonfiguration für ZfP-Systeme  
Industrietaugliche Scanner für die zerstörungsfreie Prüfung

Caffamacherreihe 8-10 | 20355 Hamburg

---

## **Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG**

Kontakt: Manfred Maskos  
Telefon: +49 7121 140 624  
E-Mail: Manfred.Maskos@foerstergroup.com  
Website: www.foerstergroup.de

FOERSTER ist seit vielen Jahren in der Prüfung mit Wirbelstrom etabliert. Nun stellen wir unsere neue universelle mobile Wirbelstrom-Plattform vor. Sehen Sie die von FOERSTER gewohnte Signalqualität in einem modernen Design mit modernsten Auswertemöglichkeiten.

In Laisen 70 | 59427 Unna

---

### **Fraunhofer IKTS**

Kontakt: Stephan Heilmann  
Telefon: +49 30 63923430  
E-Mail: [stephan.heilmann@ikts.fraunhofer.de](mailto:stephan.heilmann@ikts.fraunhofer.de)  
Website: [www.ikts.fraunhofer.de](http://www.ikts.fraunhofer.de)

Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS am Standort Dresden-Klotzsche arbeitet auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfung. Hier entwickelt der Forschungs- und Technologiedienstleister Methoden, Sensoren und Prüfgeräte. Tätigkeitsschwerpunkte im Bahnbereich sind Radsatzprüfungen (Ultraschalltechnik für längsgebohrte Radsatzwellen, Vollwellen, Radsatz- und Wellenprüfung im ein- und ausgebauten Zustand) sowie Inspektionen der Bahninfrastruktur (Ultraschalltechnik für Oberleitungen). Zudem unterstützen KI-Algorithmen bei der Auswertung oder Visualisierung komplexer Datenmengen. Bereits heute werden angepasste Augmented-Reality-Systeme des Fraunhofer IKTS erfolgreich eingesetzt.

Maria-Reiche-Straße 2 | 01109 Dresden

---

### **GMH Prüftechnik GmbH**

Kontakt: Thorsten Schürmann  
Telefon: +49 170 9038773  
E-Mail: [t.schuermann@gmh-prueftechnik.de](mailto:t.schuermann@gmh-prueftechnik.de)  
Website: [www.gmh-prueftechnik.de](http://www.gmh-prueftechnik.de)

**Prüftechnische Lösungen für die Qualitätssicherung und Instandhaltung von Radsatzkomponenten**

Thomas-Mann-Strasse 63 | 90471 Nürnberg

---

## **NDTec AG**

Kontakt: Thomas Weiss

Telefon: +49 15153169152

E-Mail: [thomas.weiss@ndtec.net](mailto:thomas.weiss@ndtec.net)

Website: [www.ndtec.net](http://www.ndtec.net)

NDTec entwickelt zukunftsfähige NDT-Lösungen für die Problemstellungen des Industrialltags und ist spezialisiert auf die visuelle Prüfung. Das Unternehmen fokussiert auf Vertrieb und Service von starren und flexiblen Endoskopen, Videoendoskopen sowie Dokumentationssystemen. NDTec ist ein verlässlicher Partner für Kunden aus der Industrie (Luftfahrt, Inspektion, Hoch- und Tiefbau, Automobiltechnik, Energiewirtschaft und Prozessanlagen) sowie für Experten im Bereich der Sicherheitstechnik.

Blumenstrasse 8 | 96194 Walsdorf

---

## **KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG**

Kontakt: Henning Kroemer  
Telefon: +49 202 7192120  
E-Mail: [kroemer@karldeutsch.de](mailto:kroemer@karldeutsch.de)  
Website: [www.karldeutsch.de](http://www.karldeutsch.de)

### **KARL DEUTSCH – Mit Sicherheit geprüft!**

Die inhabergeführte Firma KARL DEUTSCH befasst sich seit ihrer Gründung im Jahre 1949 mit der Entwicklung und Herstellung von Geräten für die Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung. Unser Spektrum umfasst Geräte, Sensoren, chemische Prüfmittel und Anlagen für die Ultraschall-, Magnetpulver- und Eindringprüfung. Messgeräte für Wanddicken, Schichtdicken und Risstiefen komplettieren die Produktpalette. Geprägt durch fortwährende Innovation und Zuverlässigkeit unserer Produkte sind die Marken ECHOGRAPH, ECHOMETER, LEPTOSKOP, DEUTROFLUX, FLUXA, KD-CHECK und RMG heute international ein Begriff.

Otto-Hausmann-Ring 101 | 42115 Wuppertal

---

## **Rosenxt – IDS GmbH**

Kontakt: Denise Krolak  
Telefon: +44 1224028900  
E-Mail: [dkrolak@rosen-nxt.com](mailto:dkrolak@rosen-nxt.com)  
Website: [www.rosen-nxt.com](http://www.rosen-nxt.com)

Wir bieten weltweit innovative, zuverlässige und wettbewerbsfähige Lösungen für verschiedenste Industrien wie Öl und Gas, Energie, Prozess, Bergbau, fertigende Industrie, Telekommunikation und Transport. Wir sorgen dafür, dass die Sicherheit von unterschiedlichsten industriellen Anlagen gewährleistet wird. Dazu gehören unter anderem Pipelines, Tanks und Druckbehälter ebenso wie Windkraftanlagen, Züge, Antennenmaste und vieles weitere mehr.

Am Seitenkanal 8 | 49811 Lingen

---

## **SONOTEC GmbH**

Kontakt: Steffi Lorenz  
Telefon: +49 345 13317823  
E-Mail: [steffi.lorenz@sonotec.de](mailto:steffi.lorenz@sonotec.de)  
Website: [www.sonotec.de](http://www.sonotec.de)

Seit 30 Jahren fertigen wir an unserem Standort in Halle (Saale) mittlerweile mehr als 150.000 kundenspezifische Ultraschallprüfköpfe und Ultraschallwandler jährlich. Dabei liefern wir unseren Kunden individuelle, ganzheitliche Lösungen für zahlreiche Branchen und Prüfaufgaben. SONOTEC entwickelt und produziert kundenspezifische Prüfköpfe, die bei der Qualitätskontrolle von Schienenanlagen weltweit eingesetzt werden.

Nauendorfer Straße 1 | 06112 Halle

---

## **TPAC**

Kontakt: Hervé Saulais  
Telefon: +33 240563029  
E-Mail: [herve.saulais@tpac-ndt.com](mailto:herve.saulais@tpac-ndt.com)  
Website: [thephasedarraycompany.com](http://thephasedarraycompany.com)

**Anbieter für Ultraschall-Lösungen im Eisenbahnwesen**

13, rue du Bois Briand | 44300 Nantes, Frankreich

---

## **viZaar AG**

Kontakt: Torsten Teller  
Telefon: +49 6475 9112911  
E-Mail: [t.teller@vizaar.com](mailto:t.teller@vizaar.com)  
Website: [vizaar.de](http://vizaar.de)

**Videoendoskope, Kamertechnik und weitere Hilfsmittel für die Sichtprüfung**

Hechinger Straße 152 | 72461 Albstadt

---

## **Waygate Technologies**

Kontakt: Anke Willems-Jehne  
Telefon: +31 643 039198  
E-Mail: [anke.willems-jehne@bakerhughes.com](mailto:anke.willems-jehne@bakerhughes.com)  
Website: [www.bakerhughes.com/waygate-technologies](http://www.bakerhughes.com/waygate-technologies)

Waygate Technologies, a Baker Hughes business, ist ein Unternehmen für industrielle Inspektionstechnik und Weltmarktführer in der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP). In seiner langen Geschichte vereint Waygate Technologies mehr als 125 Jahre Erfahrung und das Erbe renommierter Branchennamen wie Krautkrämer, phoenix|x-ray, Seifert, Everest und Agfa NDT sowie eine globale DNA mit der unübertroffenen Präzision deutscher Ingenieurskunst. Hunderte Marken aus den Branchen Automobil, Luft- und Raumfahrt, Elektronik, Energie, Batterie und Additive Fertigung vertrauen unseren Lösungen, wenn es darum geht, Qualität, Sicherheit und Produktivität zu gewährleisten. Wir bieten ein umfassendes Portfolio preisgekrönter Technologien in den Bereichen industrielle Radiographie und Computertomographie (CT), visuelle Prüfung, Ultraschall, Wirbelstromtechnologie und robotergesteuerte Inspektion. Wir unterstützen unsere Kunden bei ihrer digitalen Transformation und nutzen Daten und Analysen aus ihren Anlagen und Prozessen für wegweisende Erkenntnisse zur Optimierung der Inspektion und Produktion. Waygate Technologies hat seinen Hauptsitz in Deutschland und ist Teil des Bereichs Industrial & Energy Technology im Baker Hughes Konzern.

Robert-Bosch-Straße 3 | 50354 Hürth

---

## **W.S. Werkstoff Service GmbH**

Kontakt: Michael Unger

Telefon: +49 201 31684418

E-Mail: [m.unger@werkstoff-service.de](mailto:m.unger@werkstoff-service.de)

Website: [www.werkstoff-service.de](http://www.werkstoff-service.de)

Wir sind Ihr Partner für Werkstofftechnik und Werkstoffprüfung. Unsere DGZfP- und IHK-anerkannte Ausbildungsstätte bietet Schulungen, Erneuerungen und Rezertifizierungen gem. ISO 9712 in der ZfP an sowie Präsenz-, Online- und In-House-Seminare zur Werkstofftechnik / ZP. Unsere akkreditierte Inspektionsstelle (ISO/IEC 17020) und unser akkreditiertes Prüflabor (ISO/IEC 17025) unterstützen Sie mit Ingenieursdienstleistungen, Schadensanalytik und bei komplexen Prüfaufgaben.

Katernberger Straße 107 | 45327 Essen

---

<b>Autor*in</b> .....	<b>Programm-Nr.</b>	<b>Autor*in</b> .....	<b>Programm-Nr.</b>
Ahrens, F.....	P8	Kurras, M. ....	16
Ahrens, F. M. ....	P8	Kurz, J. ....	4, 11, 13, 19, 27, P3, P4
Anagnostopoulos, E. ....	19	Küttenbaum, S. ....	5
Antener, S. ....	29	Lauck, L. ....	4
Bethke, S. ....	16, P1	Luxa, M. ....	10
Bettac, H. ....	11	Mädler, K. ....	11
Beyreuther, K. ....	24	Maskos, M. ....	F8
Börner, U. ....	9	Menzel, U. ....	22, P13, P14
Busch, F. ....	F7	Mosler, U. ....	P4
Buschke, P. ....	7, P11	Mühlemann, R. ....	29
Buß, F. ....	9, 13, 19, P4	Norton, D. ....	P11
Büsser, S. ....	6	Oelschlägel, T. ....	13, 19, 27, P3
Caspary, S. ....	17	Olm, G. ....	P7
Casperson, R. ....	21, 25, P2	Patzak, S. ....	F7
Cataldi Spinola, E. ....	20, P10	Peng, E. ....	18
Curty, R. ....	6	Peng, J. ....	18
Damm, S. ....	F6, P9	Pies, C. ....	29, P10
Deutsch, W. ....	15, F5	Poschmann, I. ....	14
Dey, A. ....	4, P6	Preißler, M. ....	P15
Eberhorn, M. ....	10	Prokofyev, M. ....	P16
Elstner, K. ....	14	Ramm, R. ....	P15
Engel, P. ....	28	Rehfeldt, T. ....	19
Ettlich, R. ....	11, 12	Rehmann, T. ....	8
Fey, P. ....	7	Reinhardt, J. ....	4, P6
Franzen, A. ....	7, P11	Riske, S. ....	P8
Friedrich, A. ....	21, P2	Rohrschneider, A. ....	13
Härtel, K. ....	24	Rossik, P. ....	P16
Heckel, T. ....	21, P2	Schellenberg, N. ....	29
Henrix, F. ....	7, P11	Schmid, F. ....	1
Hessel, C. ....	2	Seidel, M. ....	24
Holstein, R. ....	P13, P14	Selch, M. ....	P5
Ihle, M. ....	F2	Sester, J. ....	23
Islam, A. ....	P7	Singh, R. ....	26
Jans, S. ....	20	Stawicki, O. ....	F4
Kahmann, F. ....	7, P11	Stöß, P. ....	17
Kanzler, D. ....	P5, P7	Strangfeld, C. ....	5
Kappes, W. ....	18	Szielasko, K. ....	4
Knam, A. ....	3	Thierner, A. ....	P1
König, S. ....	19	Trela, C. ....	19
Krebs, F. ....	P6	Uwe Börner ....	P12
Krull-Meyer, R. ....	22, P13, P14	Vrana, J. ....	26
Küchler, H. ....	F1	Weikert-Müller, M. ....	16
Kühmstedt, P. ....	P15	Wendrich, A. ....	P3

<b>Autor*in .....</b>	<b>Programm-Nr.</b>
Wetzel, V.....	9
Wild, E. ....	19, 27
Wolfsgruber, F.....	F7
Würschig, T.....	7, P11
Zhang, B. ....	18, F3
Zhang, F.....	18, F3
Zhang, T.....	21, P2
Zimmer, C.....	4
Zösch, A.....	24

<b>Datum/Ort</b>	<b>Veranstaltung</b>
6. – 8. Mai Osnabrück	<b>DGZfP-Jahrestagung 2024</b> <i>mit Ausstellung</i> jahrestagung2024.dgzfp.de
10. – 13. Juni Potsdam	<b>11<sup>th</sup> European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM 2024)*</b> <i>mit Geräteausstellung</i> ewshm2024.com
9./10. September Schweinfurt	<b>3. Anwenderseminar Wirbelstromprüfung</b> <i>mit Geräteausstellung</i> et2024.dgzfp.de
18. – 20. September Potsdam	<b>36<sup>th</sup> Conference of the European Working Group on Acoustic Emission (EWGAE 2024)*</b> <i>mit Geräteausstellung</i> ewgae2024.com

\* (Conference language is English)