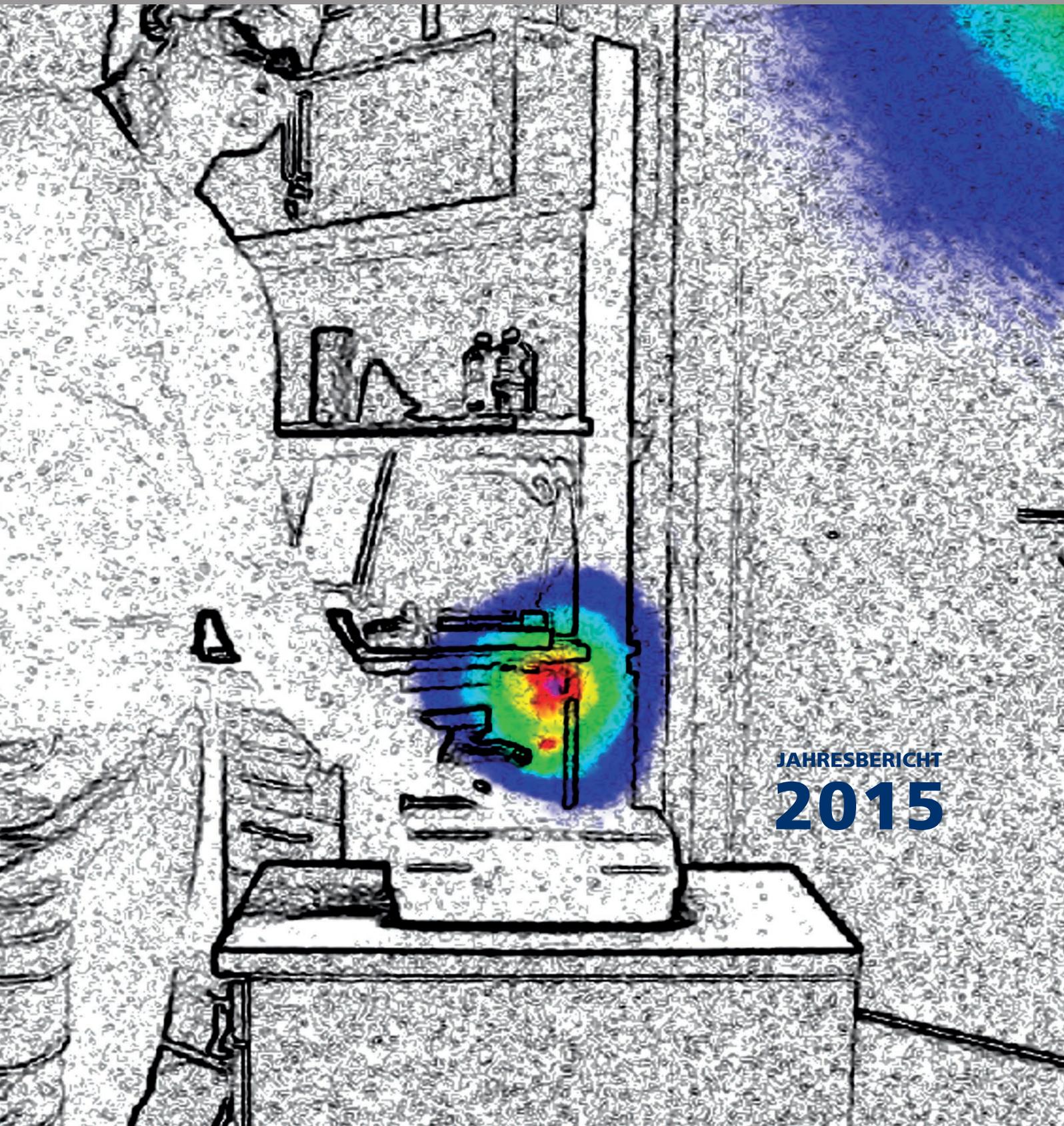




Fraunhofer

IZFP

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFVERFAHREN IZFP



JAHRESBERICHT

2015

Umschlagseite / Cover

- Lokalisierung von Schallquellen in einem Raum mittels akustischer Kamera; @ Ali Movahed
- Localization of sound sources in a room by acoustic camera; @ Ali Movahed

DAS FRAUNHOFER IZFP – UNSER KNOW-HOW FÜR IHRE SICHERHEIT!

Als weltweit renommierte Forschungseinrichtung für zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfP) forscht und entwickelt das Fraunhofer IZFP in Saarbrücken entlang des Materialkreislaufs beginnend bei der Materialcharakterisierung in der Werkstoffforschung über die produktionsintegrierte Prozessüberwachung und Bauteilprüfung bis hin zur Zustandsüberwachung und Wertstoffrückgewinnung. Seine Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker erarbeiten Lösungen für aktuelle Prüfaufgaben über der gesamten Breite zerstörungsfreier Prüftechnologien und -modalitäten. Dies umfasst neben Machbarkeitsstudien, Beratungs-, Schulungs- und Prüfdienstleistungen auch den Aufbau von Prototypsystemen. Als Partner von Industrieunternehmen stehen v. a. die Analyse von Produktionsabläufen oder betrieblicher Risiken sowie die Entwicklung marktgerechter Prüfgeräte und -systeme einschließlich deren Validierung für die qualitätsgesicherte industrielle Anwendung im Fokus der Neu- und Weiterentwicklungen des Instituts. Unter den Aspekten gesteigerter Sicherheit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit leistet das Fraunhofer IZFP somit einen erheblichen Beitrag zur Verbesserung der Produktqualität seiner Kooperationspartner. Markante Arbeits- und Forschungsschwerpunkte bilden

- Werkstoffcharakterisierung (Hochleistungs- / Verbundwerkstoffe),
- Prozessüberwachung und -beherrschung (automatisierte Bauteilprüfung in der industriellen Fertigung) sowie
- zerstörungsfreie Zustandsüberwachung (Zustandserfassung von Transportsystemen, Infrastrukturbauwerken, Pipelines, Straßen, Brücken etc.).

Die Akkreditierung nach DIN EN ISO / IEC 17025 bestätigt die Kompetenz, Entwicklungsergebnisse des Instituts für die Anwendung zu qualifizieren und zu validieren. Sie erstreckt sich nicht nur auf die Durchführung von Prüfungen mit genormten Verfahren. Mit der Akkreditierung ist das Fraunhofer IZFP autorisiert, eigenständig entwickelte Verfahren einzusetzen und zu validieren und bekannte Verfahren weiterzuentwickeln.

In Zusammenarbeit mit dem am Fraunhofer IZFP angesiedelten Fraunhofer-Innovationscluster Automotive Quality Saar AQS bieten wir insbesondere für die Automobil- und Zulieferindustrie marktgerechte innovative ZfP-Lösungen zur Qualitätssicherung von Werkstoffen und Bauteilen aus einer Hand. Das Hauptaugenmerk liegt auf den werkstoff- und qualitätsintensiven automobilen Hauptmodulen sowie auf Entwicklungen für den effizienten Materialeinsatz und für reibungslose Produktionsabläufe. Neben der Technologie-Qualifizierung neu entwickelter ZfP-Verfahren gemäß internationalen Standards werden auch berufsbegleitende Zertifikatskurse zur Qualifizierung der technischen Fach- und Führungskräfte im Weiterbildungszentrum des Clusters angeboten.

Allgemeines

- 4 Vorwort
- 8 Fraunhofer-Gesellschaft

- 9 Das Institut in Zahlen
- 11 Kuratorium
- 12 Ansprechpartner / Organigramm

- 14 Highlights 2015
- 17 In Memoriam Ursula Höller
- 18 Messeteilnahmen 2015

Elektronik für ZfP-Systeme

- 20 Einleitung
- 22 Automatische Inline-Eigenspannungsmessung an Eisenbahnrädern mit UER-A
- 24 UNIUS und IUSE – Ultraschall-Plattformen für Systemintegratoren und ZfP-Sonderanwendungen

Fertigungsintegrierte ZfP

- 28 Einleitung
- 30 Einführung der 3MA-Prüftechnik in die Produktionslinie zur Bestimmung mechanischer Eigenschaften von Freiformschmiedestücken
- 32 Automatisierung der 3MA-Prüftechnik mit kollaborierenden Robotern (VW) an pressgehärteten Bauteilen

Komponenten- und Bauteilprüfung

- 36 Einleitung
- 38 Sekundenschnelle Prüfung von Guss- und Schmiedekomponenten mit akustischer Resonanzanalyse
- 40 Oberflächenrissprüfung an Eisenbahnrädern und -schiene mit induktiver Thermographie

Materialcharakterisierung

- 44 Einleitung
- 46 Nachweis von Dross an Großgusskomponenten mit Ultraschall- und elektromagnetischen Verfahren
- 48 Mobile Streuflussprüfung zur Detektion von Korrosionsschäden

Zustandsüberwachung und Lebensdauermanagement

- 52 Einleitung
- 54 AUROPA – ein validiertes Prüfsystem
- 56 Ultraschalluntersuchung der Alterung von mechanisch und klimatisch belasteten Klebverbunden

Abteilungsübergreifende FuE-Projekte

- 60 Schnelle mikromagnetische Materialcharakterisierung mit 3MA-X8
- 62 Praxistaugliches Ultraschall-Messverfahren zum Nachweis nichtmetallischer Einschlüsse in Aluminiumschmelze

Anhang

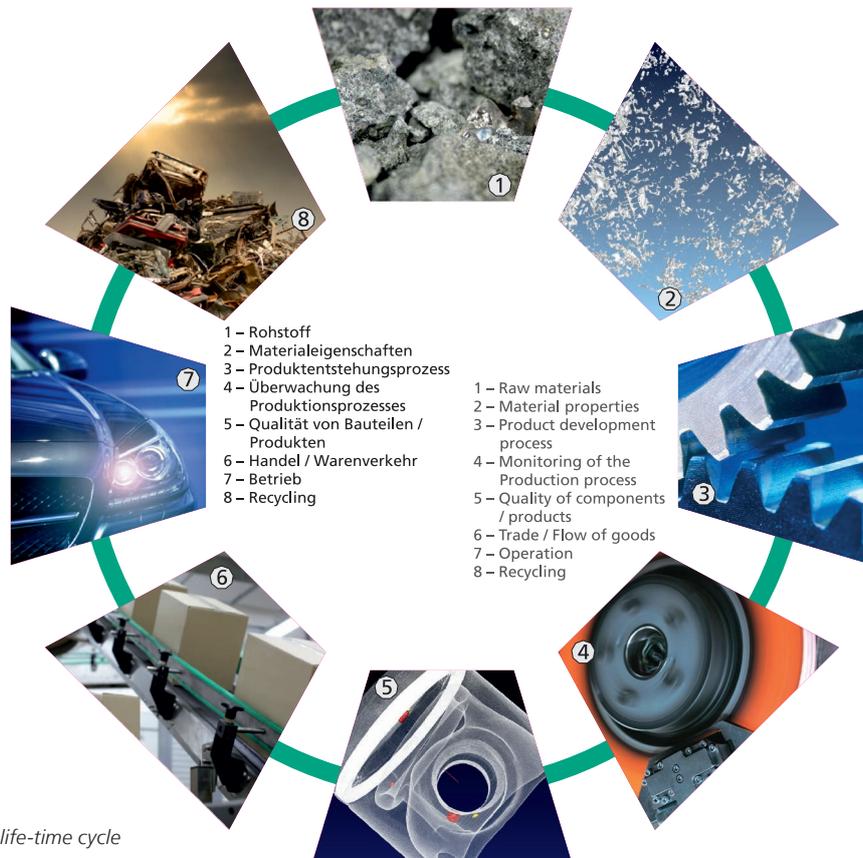
- 66 Mitarbeit in Fachausschüssen, Gremien und Zeitschriften
 - 71 Teilnahme an Tagungen, Workshops und Konferenzen 2015
 - 72 Publikationen 2015
 - 77 Patente 2015
 - 78 Kontakt, Anfahrt
- 80 Impressum

Sehr geehrte Damen und Herren,

für das Forschungsgebiet der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) zeichnet sich ein Paradigmenwechsel ab. Vor dem Hintergrund der Diskussionen zum Thema »Industrie 4.0« lässt sich ein bevorstehender tiefgreifender Wandel prognostizieren, bei dem die seit vielen Jahrzehnten erprobten Vorgehensweisen der »alten« ZfP den Zenit ihrer Bedeutung überschreiten und durch die Maximen einer neuen ZfP abgelöst werden.

Dear Readers,

in the field of nondestructive testing (NDT), a paradigm shift is emerging. Against the backdrop of discussions surrounding "Industry 4.0" an impending dramatic change can be predicted, in which the many decades proven practices of the "old" NDT exceed the height of their importance and are replaced by the maxims of a new NDT.



Produktlebenszyklus / Product life-time cycle

Die »alte ZfP« – das ist die schwerpunktmäßige Entwicklung von Technologien zur Prüfung bzw. Inspektion und Qualitätskontrolle in wenigen »klassischen« Geschäftsbereichen wie Automotive, Bahn oder Energieanlagen. Sie steht damit oft genug im Widerspruch zu dem Wunsch nach »beherrschten Prozessen« unter dem Leitspruch »Qualität wird nicht erprüft, sondern gefertigt«.

The "old NDT" is an approach focused on the development of test, inspection and quality assurance technologies in a few "conventional" business areas such as automotive, rail and energy systems. As a result, the methods were often at odds with the desire for "controlled processes" in accordance with the slogan "quality is produced, not tested".



*Prof. Dr.-Ing. Randolph Hanke, geschäftsführender
Institutsleiter des Fraunhofer IZFP*

Die »neue ZfP« wird sich zukünftig an dem Bedarf nach beherrschten Prozessen orientieren und damit sehr viel intensiver Aspekte des zerstörungsfreien Monitorings mit all seinen Möglichkeiten der Prozessregelung und -steuerung adressieren.

Heute zeichnet sich ab, dass die zerstörungsfreie Bauteilprüfung (also beispielsweise die bloße Suche nach Defekten wie Rissen oder Poren) für sich allein genommen nicht mehr den Ansprüchen an zukünftige ZfP-Applikationen genügen wird. Miniaturisierte Sensoren, fortschreitende Digitalisierung und höchsteffiziente Datenauswertung (Erzeugung von Metadaten) eröffnen Chancen, mit zerstörungsfreier Sensorik weit mehr zu bewirken als nur zu prüfen! Ein wichtiger Fortschritt und ein wesentliches Merkmal der »neuen ZfP« wird darin bestehen, mit den ZfP-Sensoren und -Methoden zukünftig z. B. Materialentwicklungen, Fertigungsprozesse oder Betriebszustände zu steuern und zu regeln und nur noch genau die Daten zu erzeugen, die zuverlässige Produkte zu besseren wirtschaftlichen Konditionen ermöglichen. Prozess Monitoring bekommt damit über die reine Erfassung von Maschinen- und Umgebungsparametern hinaus durch prozessbegleitende Überwachung von Materialien, Bauteilen oder fertigen Produkten eine gänzlich neue Perspektive.

Ein weiterer Aspekt, als Folge der Erweiterung des ZfP-Potentials entlang des gesamten Produktlebenszyklus (siehe Abbildung links, Produktlebenszyklus), ist die gezielte Ausrichtung der ZfP-Methoden auf die jeweiligen spezifischen Aufgabenstellungen. Durch intelligente Vernetzung der Prüf- und Analysedaten der verschiedenen Produktzyklen mit Materialeigenschaften, Fertigungsparametern, Bauteilspezifikationen sowie Betriebs- und Zustandsbedingungen können Produkte und Prozesse zukünftig noch sehr viel effizienter optimiert werden.

Das Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP in Saarbrücken hat diese Herausforderung erkannt, sich entsprechend neu aufgestellt und wird zukünftig den Veränderungsprozess hin zu der dargestellten »neuen ZfP« maßgeblich mitgestalten. Unsere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur zerstörungsfreien Bauteilprüfung und Materialcharakterisierung

In the future, the "new NDT" will be oriented towards the need for controlled processes and thus much more intensely address aspects of nondestructive monitoring with all its possibilities of process control.

Today, it's become apparent that by itself, nondestructive component inspection – in other words, merely looking for defects such as cracks or pores – will no longer suffice requirements to future NDT applications. Miniaturized sensors, progressing digitalization and highly efficient data analysis (creating metadata) open up chances to make a greater impact through nondestructive sensor technology beyond simple inspection. An important step forward, and a key characteristic of the "new NDT" will be the use of NDT sensors and methods to one day manage and control material developments, manufacturing processes or operational conditions while generating exactly the data needed to produce reliable products more cost-effectively. The in-process monitoring of materials, components or finished products provides a new perspective for process monitoring beyond the pure capture of machine and environmental parameters.

Another aspect – as a result of expanding the potential of NDT across the entire product life cycle (see figure at left side, product life-time cycle) – is given by focused development of NDT methods to target the specific task. By intelligently linking the test and analysis data from the various product cycles to the material characteristics, manufacturing parameters, component specifications or the operational conditions, manufacturers will be able to optimize their products and processes more efficiently in the future.

The Fraunhofer Institute for Nondestructive Testing in Saarbrücken has recognized this challenge and re-positioned itself accordingly. In the future, the institute will significantly help to shape the change process all the way to the development of a new approach for the "new NDT"! Our mission in the area of research and development for nondestructive component testing and material characterization will thus be heavily oriented toward the entire product value chain. This will enable us to further

werden sich deshalb zukünftig verstärkt entlang der gesamten Produktwertschöpfungskette ausrichten. Dies wird unsere Position als führende nationale und internationale FuE-Einrichtung weiter ausbauen!

Als Teil dieser Neuausrichtung erweitert das Institut derzeit seine Kompetenzen zur Materialanalyse für neue Werkstoffe, zur Überwachung und Steuerung von Fertigungsprozessen, zur Qualitätssicherung für die Bauteilproduktion, zur Funktions- und Zustandsüberwachung der Produkte im Betrieb sowie zur Methodenentwicklung für die Materialtrennung bei Recyclingprozessen und Wertstoffrückgewinnung.

Mit dem Wissen um diese zentrale Mission starteten die neue Institutsleitung und 120 Mitarbeitende im Oktober 2013 in eine Phase der Neuausrichtung, die im vorliegenden Berichtsjahr 2015 erfolgreich beendet werden konnte. 2015 war geprägt vom Ausbau und der Festigung unserer strategischen Neuorganisation. Es war aber auch ein Jahr, in dem wir unsere Kundenstrategien neu definiert haben und unsere Endkunden in der System- und Prototypenentwicklung ebenso wie unsere Systempartner im Technologie- und Know-how-Transfer von unserer überragenden Leistungsfähigkeit als kompetenter Partner für FuE-Leistungen über die gesamte Breite der ZfP überzeugen konnten.

Auf Grundlage dieser Leistungsfähigkeit und verbunden mit dem Anspruch an kontinuierliche Weiterentwicklung wollen und werden wir heute und zukünftig den aktuellen Stand der Technik auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Materialcharakterisierung und Bauteilprüfung neu definieren und entsprechend aktuellen Herausforderungen erweitern.

Unser überdurchschnittlich hoher Wirtschaftsertrag (ca. 50 %) in der industriellen Auftragsforschung belegt die Berechtigung dieses Anspruchs und zeigt eindrucksvoll die Relevanz der FuE-Arbeiten unserer Mitarbeitenden. Dabei greifen wir Aufgabenstellungen von langfristiger, nationaler wie internationaler Bedeutung aus den verschiedensten Geschäftsfeldern auf. Das umfasst u.a.

expand our position as a leading R&D facility on a national and international basis!

As a part of this re-positioning we are expanding our competencies in several areas that range from new materials analysis, production process monitoring and control, component manufacturing quality assurance and functional and condition monitoring of products, to material separation in recycling and materials recovery processes!

In Oktober 2013, with this central mission in mind the new direction and 120 employees launched an adjustment phase that proved successful in 2015. Furthermore, 2015 was characterized by the expansion and strengthening of our strategic re-organization. It was also a year that saw us redefine our customer strategy by opening up our R&D services and results to our end customers, without restrictions, thus revealing the institute as a competent partner in the development of systems and prototypes. It was a message that also applies without restrictions to our system partners when it comes to the transfer of technology and know-how.

Based on this performance and linked to the claim for continuous enhancement, it is our goal and intent to redefine and expand the current state of technology in the area of nondestructive material characterization and component testing, both today and in the future, in response to these challenges.

The high proportion of industry contract research, which at 50 percent remains above-average, is further evidence of our objectives and illustrates in an impressive manner the relevance of our employees' R&D activities. With these activities, we are addressing issues of long-term, national and international importance in a wide variety of business areas. This begins with the nondestructive examination and assessment of buildings, structures or traffic routes, as well as bio and agriculture products for sustainable food manufacturing. And it includes developing methods for the nondestructive characterization of new materials or for controlling the quality of processes and components for safe and reliable automotive, rail or air transportation systems.

- die zerstörungsfreie Untersuchung und Zustandsbewertung von Gebäuden, Bauwerken oder Verkehrswegen,
- die Analyse von Bio- und Agrarprodukten für die nachhaltige Lebensmittelproduktion,
- die Methodenentwicklung zur zerstörungsfreien Charakterisierung neuer Werkstoffe oder Qualitätskontrolle von Prozessen und Bauteilen für sicheren und zuverlässigen Transport und Betrieb mit Auto, Bahn oder Flugzeug sowie
- die Erforschung neuer Verfahren für Recycling und Wertstoffrückgewinnung von ausrangierten Produkten und Geräten.

Basis dieser nachhaltigen und technologisch/wissenschaftlich ambitionierten Aufgaben sind unsere kreativen und unternehmerisch denkenden Mitarbeitenden, aber auch die exzellente Vernetzung unseres Instituts mit der Universität des Saarlandes, der Hochschule für Technik und Wirtschaft und den weiteren außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Umfeld des Saarbrücker Campus. Die enge regionale Vernetzung unseres Instituts wird abgerundet durch nationale und internationale Forschungsk Kooperationen auch innerhalb der Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen sowie durch eine enge Partnerschaft mit dem Fraunhofer Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT in Fürth.

Liebe Leserinnen und Leser, auch dieses Jahr danken wir Ihnen für das entgegengebrachte Vertrauen im vergangenen Jahr! Wir sind überzeugt, dass wir mit unserer neuen Institutsphilosophie unseren Anspruch eines technologisch/wissenschaftlichen Impulsgebers auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfverfahren ausbauen und weiterhin Ihr in uns gesetztes Vertrauen erfüllen werden!

Viel Spaß bei der Lektüre unseres Jahresberichts wünscht Ihnen



Prof. Dr. Randolph Hanke, Saarbrücken 2016

Last but not least, research into recycling and recovering materials from disposed products and equipment rounds out our services.

The foundation of these long-term and technologically/scientifically ambitious tasks is not only our creative, entrepreneurial employees, but also our excellent working relationships with the University of Saarland, the Saarbrücken University of Applied Sciences and other nonacademic research institutes on our campus. The institute's local network is complemented by national and international research collaboration that includes participation in various Fraunhofer groups and alliances and a close partnership with the Fraunhofer Development Center for X-ray Technology EZRT in Fürth.

We'd like to take this opportunity to thank you for placing your trust in our institute over the past year! We are convinced that with our new philosophy, we can fulfill our objectives to expand our position as a technological/scientific initiator in the field of nondestructive testing processes and to continue to win your trust!

We hope you enjoy reading our annual report and wish you success in the coming year.

Best regards,



Prof. Dr. Randolph Hanke, Saarbrücken 2016



Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft in München



Joseph von Fraunhofer (1787 – 1826)

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 67 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 000 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen über 1,8 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit

tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeitenden bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Mitarbeitenden-Entwicklung

Am Fraunhofer IZFP arbeiteten 2015 im Jahresdurchschnitt 182 Mitarbeitende¹, einschließlich studentischer Hilfskräfte und Gastwissenschaftler. Von insgesamt 115 Personen Stammpersonal sind 86 als Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker tätig, das entspricht einem Anteil von 74,8 Prozent des Stammpersonals.

	2015
Stammpersonal	
Wissenschaftler	45
Ingenieure	23
Techniker	18
Infrastruktur	29
Summe	115

Sonstige Mitarbeitende	2015
Doktoranden	18
Bachelor-/Master-Studenten	7 / 9
Auszubildende	2
Studentische Hilfskräfte	31
Summe	67

1 - gemeint sind Einzelpersonen, keine Stellen (eine Stelle können sich mehrere Mitarbeitende teilen).

Haushalt 2015

Betriebshaushalt (Mio €)	13,87
Investitionen (Mio €)	1,15 ¹
Gesamthaushalt (Mio €)	15,02
Gesamterträge (Mio €)	9,56
Anteil der Industrieerträge (Mio €)	7,04
Verhältnis der Gesamterträge zum Betriebsaufwand (ρ)	69,0 %
Rho _{WI}	50,8 %

1 - davon 0,66 Mio € strategische Investitionen

Projekte aus Angeboten an die Industrie

Die im Jahr 2015 insgesamt 685 an privatwirtschaftliche Unternehmen abgegebenen Angebote erbrachten 578 Aufträge; das bedeutet eine Erfolgsquote von 84,3 Prozent. Das daraus resultierende Auftragsvolumen beträgt 2 923 730 €.

540	Projekte im Auftragswert bis	15 000 €
35	Projekte im Auftragswert bis	100 000 €
3	Projekte im Auftragswert bis	250 000 €

Ertragsentwicklung 2013 – 2015

	Erträge	davon Industrie	GruFi*
2013	9,63	6,79	3,81
2014	9,96	7,54	3,95
2015	9,56	7,04	4,07

(Erträge Gesamthaushalt in Mio €) (* Regelgrundfinanzierung)



Kuratoren des Fraunhofer IZFP (abwesend: Prof. Lanza und Dr. Purschke)

Das Kuratorium, dem Experten aus Industrie, Wissenschaft und Forschung, Behörden und Institutionen angehören, berät die Institutsleitung und den Vorstand.

Mitglieder des Kuratoriums

- Dr. Clemens Bockenheimer (Sprecher des Kuratoriums)
Airbus Operations GmbH
Head of ESKNM2 Testing, Surface, Standardisation
Leader SHM & ENDT Technology
Bremen
- Dr. Annette Groh
Saarländische Landesregierung, Staatskanzlei
Abteilungsleiterin Wissenschaft, Hochschulen, Technologie
Saarbrücken
- Prof. Dr. Uwe Hartmann
Universität des Saarlandes
Vizepräsident für Planung und Strategie
Saarbrücken
- Prof. Dr. Gisela Lanza
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institutsleiterin Produktionssysteme
Karlsruhe
- Dr.-Ing. Katrin Mädler
DB Systemtechnik GmbH
Leiterin Werkstoff- und Fügetechnik (T.TVI53)
Brandenburg
- Dr. Heinrich Meyer
BMW AG
Leiter Werkstofftechnik Nichtmetall
München

- Prof. Marie-Jeanne Philippe
Université de Lorraine
LEM 3
Metz-Cedex, Frankreich
- Dr.-Ing. Matthias Purschke
Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V.
Geschäftsführendes Vorstandsmitglied
Berlin
- Prof. Dr. Wolrad Rommel
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (htw saar)
Rektor
Saarbrücken
- Dr. Tom Wirtz
Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST)
Group Leader Advanced Instrumentation for Ion Nano-Analytics (AINA)
MRT – Materials Research and Technology Department
Grevenmacher, Luxemburg
- RR Clemens Zielonka
Bundesministerium für Bildung und Forschung
Ref. 512 Forschung für Produktion, Dienstleistung und Arbeit
Bonn
(Herr Zielonkas Mitgliedschaft ruht derzeit aufgrund seiner Tätigkeit bei der Europäischen Kommission in Brüssel)

Ehrenmitglieder des Kuratoriums

- Prof. emerit. Dr. rer. nat. Hubertus Nickel, Jülich
- Prof. Dr.-Ing. Erich Tenckhoff, Erlangen

Institutsleitung



Geschäftsführender Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Randolph Hanke
+49 681 9302 3800
randolf.hanke@izfp.fraunhofer.de



Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Christian Boller
+49 681 9302 3800
christian.boller@izfp.fraunhofer.de

Verwaltungsleiter

Dr. rer. pol. Andreas Schmidt
+49 681 9302 3810
andreas.schmidt@izfp.fraunhofer.de

Abteilungen



Elektronik für ZfP-Systeme

Dipl.-Ing. Werner Bähr
+49 681 9302 3893
werner.baehr@izfp.fraunhofer.de



Fertigungsintegrierte ZfP

Dr.-Ing. Bernd Wolter
+49 681 9302 3883
bernd.wolter@izfp.fraunhofer.de



Komponenten- und Bauteilprüfung

Prof. Dr.-Ing. Bernd Valeske
+49 681 9302 3610
bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de



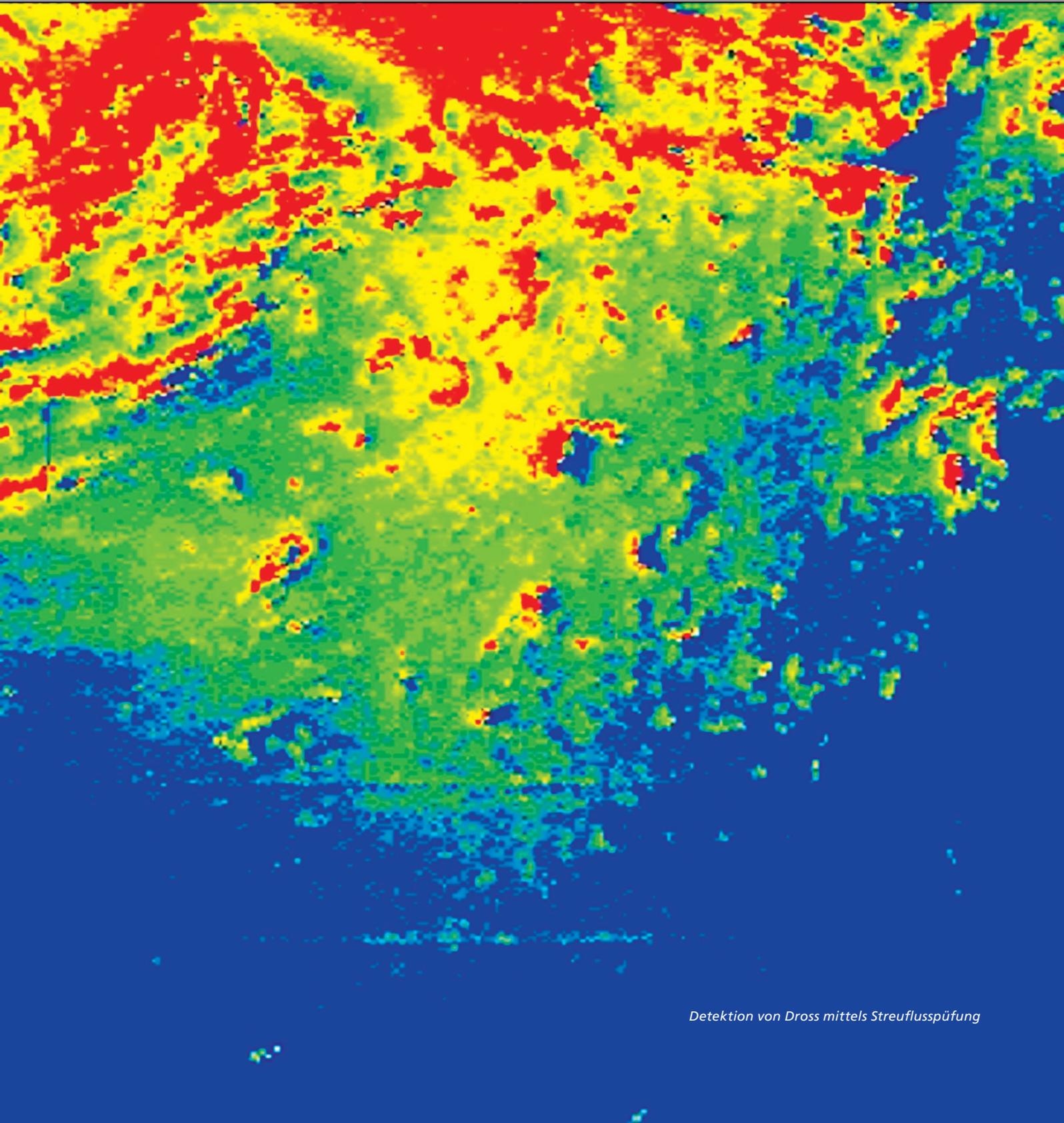
Materialcharakterisierung

Dr.-Ing. Klaus Szielasko
+49 681 9302 3888
klaus.szielasko@izfp.fraunhofer.de



Zustandsüberwachung und Lebensdauermanagement

Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Herrmann
+49 681 9302 3820
hans-georg.herrmann@izfp.fraunhofer.de



Detektion von Dross mittels Streuflusspüfung



Frau Patricia Espinosa Cantellano (3.v.l.), mexikanische Botschafterin in Deutschland, zu Besuch am Fraunhofer IZFP



Frau Prof. Gao Xiaorong von der Southwest Jiaotong University in China zu Besuch am Fraunhofer IZFP

HIGHLIGHTS 2015

13. Februar 2015

Gründung des Vereins »autoregion e.V.«: Prof. Dr.-Ing. Bernd Valeske, Fraunhofer IZFP, zum Vorsitzenden gewählt

Rund 20 Vertreter aus Zulieferindustrie, Wissenschaft, Banken und Politik haben in Anwesenheit des französischen Generalkonsuls, Frédéric Joureau, den Verein autoregion e.V. gegründet. Ziel dieses ersten grenzüberschreitenden Vereins ist es, die aufgebaute Netzwerkarbeit der regionalen Cluster im Bereich der Automobilzulieferindustrie über die Grenzen hinaus auszubauen und zu forcieren. Prof. Dr. Bernd Valeske (Fraunhofer IZFP), Herr Uwe Johmann (Vorstandsmitglied Sparkasse Saarbrücken) und Herr Horst Klesen (Rechtsanwalt) wurden als Vorstände gewählt.

24. April 2015

Besuch der mexikanischen Botschafterin

Auf ihrer zweitägigen Saarlandrundreise stattete die mexikanische Botschafterin Patricia Espinosa Cantellano am 24. April 2015 auch dem Fraunhofer IZFP und dem dort angesiedelten Fraunhofer-Innovationscluster Automotive Quality Saar AQS eine Stippvisite ab. Die Botschafterin ließ sich in Begleitung des Generalkonsuls Dr. Horacio Aaron Saavedra Archundia einen umfangreichen Überblick über die Forschungsaktivitäten des Fraunhofer IZFP geben.

Ein Schwerpunkt der Wirtschaftskraft Mexikos ist die Automobilindustrie; das Saarland als automobilorientierter Standort ist infolgedessen ein idealer Partner. Das Fraunhofer IZFP nebst AQS Saar verfügen für diesen Bereich über hochrelevante produktionsnahe Kompetenzen. Die Botschafterin und Prof. Bernd Valeske, Abteilungsleiter am Fraunhofer IZFP, haben sich ausführlich über Kooperationsmöglichkeiten mit technischen Institutionen in Mexiko unterhalten. Eine Weiterführung dieses Dialogs wurde beschlossen, zumal die Hochschule für Technik und Wirtschaft (htw saar) als Partner des Fraunhofer-Innovationsclusters AQS Saar

bereits erste Kooperationen in Mexiko betreibt. In diesem Kontext wurde anlässlich des Besuchs der Botschafterin im Fraunhofer IZFP ein weiterer Kooperationsvertrag zwischen der htw saar und dem Instituto Tecnológico Autónomo de Mexico (ITAM) abgeschlossen.

11. – 13. Mai 2015

DGZfP-Jahrestagung in Salzburg – Auszeichnung mit dem DGZfP-Studentenpreis

Gratulation an Philipp Stopp und Fabian Weber: In Würdigung und Anerkennung hervorragender studentischer Leistungen verlieh die Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. den beiden Fraunhofer IZFP-Kollegen auf ihrer Jahrestagung in Salzburg den DGZfP-Studentenpreis 2015 für deren Arbeiten zum Thema »Entwicklung und Aufbau eines NMR Sensorprototypen zur Charakterisierung von Klebeverbindungen« sowie »Entwicklung, Konstruktion und Aufbau von elektromagnetischen Ultraschall- und Wirbelstrom-Wandlern zur zerstörungsfreien Charakterisierung der Spannung in Metallen«.

Die DGZfP e.V. vergibt seit 2010 den Studentenpreis, mit dem Studierende schon früh an die ZfP herangeführt werden sollen. Den ausgezeichneten Studierenden wird die Möglichkeit geboten, einen zweiwöchigen ZfP-Grundlagenkurs »Basis-Kursus (BC)« mit Prüfung im DGZfP-Ausbildungszentrum Berlin zu absolvieren, der die Grundlage für die späteren verfahrensbezogenen Stufe 3-Zertifizierungen darstellt.

21. Mai 2015

VDA AK ZfP

Prof. Dr. Herrmann begrüßte den Arbeitskreis ZfP des VDA am Fraunhofer IZFP. Das Institut konnte seine vielfältigen Kompetenzen auf dem Feld der automobilrelevanten zerstörungsfreien Prüfverfahren vorstellen und erhielt eine positive Resonanz der Teilnehmer aus der automobilen OEM- und Zulieferindustrie.



Teilnehmer des Workshops »Stand der Induktionsthermographie und Schritte zur Normung«



Besuch von Dr. Annette Groh, Staatskanzlei des Saarlandes, am Fraunhofer IZFP

21. Mai 2015

»Jugend forscht« und »Schüler experimentieren«: Die Gewinner des DGZfP-Sonderpreises Saarland am Fraunhofer IZFP

Auch 2015 hat die DGZfP e.V. auf den Landeswettbewerben »Jugend Forscht Saarland 2015« und »Schüler experimentieren« jeweils einen Sonderpreis vergeben. Die Gewinner der Preise stellten ihre Projekte am Fraunhofer IZFP vor: Michael Keller vom Christian von Mannlich-Gymnasium in Homburg hat sich auf die Suche nach dem perfekten Sound eines Gitarrenverstärkers begeben. Dazu baute er einen Röhrenverstärker auf und stimmte ihn auf die Bedürfnisse eines Musikers ab. David Schweig und Jonas Wengel, beide vom Cusanus-Gymnasium in St. Wendel, beschäftigten sich mit der Haftkraft unterschiedlicher Mörtelmischungen.

28. Mai 2015

Cold Rolling Day, Izmir, Türkei

Eine gelungene Wiederholung des Cold Rolling Day fand 2015 zum ersten Mal in der Türkei, Izmir, statt. Auch im vergangenen Jahr zählte das Fraunhofer IZFP neben den Firmen Steinhoff, Henkel, Lismar, Atlantik, Rebs, Lechler, Ina Schaeffler, IMS Messsystem und Herkules zu den Ausrichtern der Veranstaltung. Teilnehmer des Cold Rolling Day kamen aus der gesamten türkischen Kaltwalzindustrie. Die Besucher zeigten großes Interesse an den vom Fraunhofer IZFP entwickelten 3MA-, Streufluss- und EMAT-Prüftechnologien.

18. Juni 2015

200. DGZfP-Jubiläums-Arbeitskreissitzung in Saarbrücken

Anlässlich der runden Zahl gab es neben einem spannenden Fachvortrag zur Computerlaminographie auch ein Rahmenprogramm mit geselligem Beisammensein. Begrüßt wurde das zahlreich erschienene Auditorium durch den Leiter des Arbeitskreises, Dr. Frank Niese, Fraunhofer IZFP, und durch Dr. Matthias Purschke, geschäftsführendes Vorstandsmitglied der DGZfP e.V. aus Berlin.

18. Juni 2015

Besuch der Southwest Jiaotong University/SCLEAD

Zwecks Erörterung weiterer Kooperationsmöglichkeiten mit chinesischen Organisationen stattete Frau Prof. Gao Xiaorong von der Southwest Jiaotong University im vergangenen Juni dem Fraunhofer IZFP einen Besuch ab. Die chinesische Delegation konnte sich einen umfangreichen Überblick über aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am Fraunhofer IZFP machen. Zusammen mit der Southwest Jiaotong University organisiert das Fraunhofer IZFP als eines der Komiteemitglieder vom 7. bis 10. November 2016 in Chengdu, China, den »18th International Wheelset Congress«.

24. Juni 2015

Erfolgreicher Workshop »Stand der Induktionsthermographie und Schritte zur Normung«

Im Grunde eine einfache Lösung, aber leider ein langer Weg bis zur Normung: Am Fraunhofer IZFP wird derzeit die Normung eines neuartigen zerstörungsfreien Prüfverfahrens, der induktiv angeregten Thermographie, vorbereitet. Dieses Verfahren soll zukünftig als Alternative zur Magnetpulverprüfung aufgebaut werden. Im Rahmen dieses Projektes wurde am Fraunhofer IZFP ein Workshop veranstaltet, in dem die notwendigen Voraussetzungen und praxistauglichen Inhalte, die eine Norm enthalten sollte, mit Vertretern aus Industrie und Wirtschaft erörtert und diskutiert wurden.

4. Juli 2015

Tag der Offenen Tür der Universität des Saarlandes

Trotz der großen Hitze, denn die 40°-Celsius-Marke wurde definitiv geknackt, konnte das Fraunhofer IZFP mit dem Tag in jedem Fall zufrieden sein. Die zentrale Präsenz des Institutstandes auf der Campus-Wiese ist sehr positiv angekommen.



Mannschaft des Fraunhofer IZFP beim Dillinger Firmenlauf 2015



Der Österreichische Botschafter in Deutschland, S.E. Herr Dr. Nikolaus Marschik, zu Besuch im Fraunhofer IZFP

15. Juli 2015

Besuch von Frau Dr. Groh am Fraunhofer IZFP

Dr. Annette Groh, Leiterin der Abteilung Wissenschaft, Hochschulen und Technologie der Staatskanzlei des Saarlandes, stattete am 15. Juli dem Fraunhofer IZFP einen Besuch ab. Dr. Groh konnte sich einen umfangreichen Überblick über Entwicklungs- und Forschungsarbeiten am Fraunhofer IZFP machen.

16. Juli 2015

Dillinger Firmenlauf: Fraunhofer IZFP legt »heiße Sohle aufs Parkett«

»Es war heiß, verdammt heiß!«: Exakt zum Start war ausgerechnet Dillingen der heißeste Fleck in ganz Südwest-Deutschland, aber die Truppe des Fraunhofer IZFP hat sich wacker geschlagen und bis zum Zieleinlauf gekämpft.

17. Juli 2015

Stippvisite des Botschafters von Österreich

Anlässlich seines Antrittsbesuchs im Saarland stattete der Österreichische Botschafter S.E. Herr Dr. Nikolaus Marschik auch dem Fraunhofer IZFP einen Besuch ab. In Begleitung seines Gesandten Dr. Georg Locher, Leiter der Kulturabteilung, verschaffte sich der Botschafter einen Überblick über die gesamte Bandbreite der Tätigkeiten des Fraunhofer IZFP. Im Fokus standen neben der Institutsführung auch Gespräche über potentielle Kooperationsmöglichkeiten mit wissenschaftlich-technischen Institutionen und Organisationen in Österreich.

23. Juli 2015

Erfolgreicher CT-Workshop am Fraunhofer IZFP

In Kooperation mit saar.is fand unter Federführung von Dr. Felix Porsch ein Workshop zur Computer-Tomographie statt, in dessen Rahmen den Teilnehmern die Möglichkeit geboten wurde, eigene Prüfobjekte zur Demonstration beizusteuern. Anhand dieser sowie vom Fraunhofer IZFP gestellter Proben konnten sich die Teilnehmer über fortschrittliche Möglichkeiten moderner Röntgen-Technologien für den Blick ins Materialinnere informieren.

14./15. September 2015

Korea-Workshop

Anlässlich der Einweihung des Europa-Büros der koreanischen Mittelstandsvereinigung ATCA am KIST Saarbrücken wurde ein Workshop mit koreanischen und deutschen Unternehmern durchgeführt, an dem sich auch das Fraunhofer IZFP aktiv beteiligte. Nach dem Workshop wurde den Teilnehmern die Möglichkeit zu einer Führung durchs Fraunhofer IZFP angeboten.

3./4. November 2015

DGZfP-Seminar Ultraschallprüfung von komplexen Werkstoffen, Bauteilen und Verbindungen

Das Seminar widmete sich der Ultraschallprüfung komplexer Werkstoffe und damit einem Thema, das durch den anhaltenden Leichtbautrend, in dem komplexe Werkstoffe und Werkstoffkombinationen in Leichtbaukomponenten der Anwendungsfelder Luftfahrt, Automobil und erneuerbare Energien eingesetzt werden, zunehmend in den Fokus der Aufmerksamkeit gerät. Einen zweiten Schwerpunkt der Veranstaltung bildeten rein metallische Werkstoffe und Komponenten, die aufgrund ihres mittlerweile erreichten Komplexitätsgrades in vielen Fällen die Entwicklung neuer Prüfmethoden zum sicheren Nachweis typischer Materialdefekte erfordern.

26. November 2015

Hot Rolling Day, Beijing, China

Der Hot Rolling Day fand 2015 zum ersten Mal in Beijing, China statt. Auch im vergangenen Jahr zählte das Fraunhofer IZFP neben den Firmen Gontermann-Peipers, Quaker Chemical, Lismar, Atlantic, Rebs, Lechler, Ina Schaeffler, IMS Messsystem und Herkules zu den Ausrichtern der Veranstaltung. Teilnehmer des Hot Rolling Day kamen aus der gesamten chinesischen und benachbarten Warmwalzindustrie. Die zahlreich erschienenen Besucher zeigten großes Interesse an den vom Fraunhofer IZFP entwickelten elektromagnetischen Prüftechnologien (3MA-, Streufluss- und EMAT).



Grundsteinlegung des Fraunhofer IZFP 1973; in der Mitte Prof. Dr. Paul Höller

IN MEMORIAM URSULA HÖLLER



Ursula Höller mit Dr. Frank Höller

Mit großem Bedauern haben wir vom Tod Ursula Höllers erfahren, die am 2. Mai 2015 friedlich im Alter von 87 Jahren einschlief. Frau Höller war die starke Frau an der Seite von Professor Dr. Paul Höller, dem Gründungsvater und ehemaligen Institutsleiter des Fraunhofer IZFP (1972 – 1990). Paul Höller verstarb bereits 1996 im frühen Alter von 70 Jahren nach langer Krankheit.

Ursula Höller wurde am 15. April 1928 in Münster geboren. Zwischen 1949 und 1952 studierte sie an der juristischen Fakultät der Kölner Universität, schloss das Studium aufgrund ihrer Heirat (1952) mit Paul Höller aber nicht ab.

Aus der Ehe von Ursula und Paul Höller sind zwei Kinder hervorgegangen: Dr.-Ing. Frank Höller, Physiker bei Carl Zeiss, sowie seine Schwester, Prof. Dr. Hildegard Höller, Professorin für englische Literatur an der City University of New York.

Bis zu ihrem Tod blieb Ursula Höller mit dem Fraunhofer IZFP als einem wichtigen Teil ihres Lebens eng verbunden und zeigte großes Interesse an der Entwicklung des Instituts. Letztmalig besuchte sie im Jahre 2012 gemeinsam mit ihrem Sohn Frank Höller das Fraunhofer IZFP anlässlich des 40-jährigen Institutsjubiläums.

Wir werden dieser großartigen Frau immer ein ehrendes und hoch achtendes Andenken bewahren.



Stand des Fraunhofer IZFP mit Luftultraschall-Prüfanlage auf der JEC 2015 in Paris (links), Fraunhofer IZFP mit BetoScan auf der Hannover Messe 2015 (rechts)

MESSETEILNAHMEN 2015

11.–12. Februar 2015

Leichtbau Tagung 2015 – Aktuelle Trends im Leichtbau über den gesamten Lebenszyklus

Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

10.–12. März 2015

JEC Europe 2015 – Composites Show & Conferences

Paris

13.–17. April 2015

Hannover Messe 2015

Hannover

5.–8. Mai 2015

29. Control

Stuttgart

11.–13. Mai 2015

DGZfP-Jahrestagung 2015

Salzburg, Österreich

28. Mai 2015

Cold Rolling Day

Izmir, Türkei

24. Juni 2015

connect@htw saar – Unternehmenskontaktmesse von htw saar und fitt

Saarbrücken

15.–17. September 2015

International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering

Berlin

17.–27. September 2015

66. Internationale Automobil-Ausstellung IAA PKW 2015

Frankfurt a.M.

14.–15. Oktober 2015

8. Fraunhofer Vision Technologietag 2015

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart

20.–22. Oktober 2015

Automotive Testing Expo 2015

Novi, USA

3.–6. November 2015

12. Blechexpo

Stuttgart

26.–27. November 2015

Hot Rolling Day

Beijing, China

ELEKTRONIK FÜR ZFP-SYSTEME

ELEKTRONIK FÜR ZFP-SYSTEME

SYSTEMENTWICKLUNG UND PROTOTYPENBAU FÜR KLEIN- UND MITTELSTÄNDISCHE UNTERNEHMEN

Profil

Die Abteilung »Elektronik für ZfP-Systeme« entwickelt für und gemeinsam mit Systemintegratoren neue, innovative Elektronik-Module für zerstörungsfreie Prüflösungen.

Der ganz besondere Schwerpunkt liegt dabei auf kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), denen mit diesen neuen, industrietauglichen Lösungen der Marktzugang sowie zukünftig die eigenständige Produktpflege, Vermarktung und Kundenbetreuung ermöglicht wird.

Die Abteilung hält neben den notwendigen Elektronik-Entwicklungscompetenzen und Werkzeugen auch das Anwendungsverständnis für die unterschiedlichen zerstörungsfreien Prüfverfahren vor und entwickelt diese für die Kunden weiter. Auch durch die geschickte Kombination von unterschiedlichen Verfahren werden neue Prüflösungen ermöglicht.

Hausintern ist die Abteilung Dienstleister für Sonderelektronik, die am allgemeinen ZfP-Markt nicht erhältlich ist. Dazu gehört auch die Überführung von Labormustern in industrietaugliche, angepasste Spezial-Module und die Implementierung in vorhandene Systeme.

Neben den beiden Entwicklungsgruppen »Modul-Entwicklung« und »Prototypen-Implementierung« ist der Abteilung auch die Gruppe »Mechanische Konstruktion« angegliedert.

Die Abteilung »Elektronik für ZfP-Systeme« vertritt das Fraunhofer IZFP im Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik, in dem elf unterschiedliche Institute an neuen Elektronikkomponenten

und -Systemen auf Halbleiter- und Wafer-Ebene forschen und entwickeln. Gemeinsam werden damit neue miniaturisierte ZfP-Lösungen für die Zukunft (Industrie 4.0, Big Data etc.) ermöglicht.

Entwicklungsschwerpunkte

Der Markt fordert leistungsfähige Prüfsysteme für die Qualitätssicherung von Einzel- und Serienteilen.

Der gestiegene Anspruch an den Qualitätsnachweis muss auch von den KMU geleistet werden. Die im Fraunhofer IZFP entwickelten zerstörungsfreien Prüfverfahren müssen zudem zu erschwinglichen Kosten und in überschaubaren Lieferzeiten an die jeweilige Prüfaufgabe beim Kunden angepasst werden können.

Die Abteilung entwickelt, simuliert, fertigt und validiert Prüfmodule, die je nach

- Prüfverfahren (Ultraschall, Wirbelstrom, Streufluss etc.),
- Anwendung (Muster, Demonstrator, Industrieinsatz),
- Einsatz (mobiles Gerät, stationäre Anlage) und
- Prüfgeschwindigkeit (Einzel-, Serien-, Inline-Prüfung usw.)

kundenspezifisch konfiguriert und an die jeweilige Prüfaufgabe angepasst werden können.

Für diese Arbeiten stehen ein Wissenschaftler-, Ingenieur- und Technikerteam von rund 40 Mitarbeitenden sowie moderne Entwicklungs- und Fertigungswerkzeuge zur Verfügung.

Die Abteilung muss ganz unterschiedliche Hard- und Firmware-Module bzw. abgeschlossene Basisentwicklungen vorhalten,



Dipl.-Ing. Werner Bähr, Leiter Abteilung Elektronik für ZfP-Systeme

die dann im Kundenauftrag »nur noch« nachgefertigt oder spezifisch modifiziert werden müssen, da eine grundsätzliche Neuentwicklung den Kosten- und Zeitrahmen der meisten KMU sprengen würde.

Das Fraunhofer IZFP verfügt über ein breites Spektrum an Prüf- und System-Modulen, die in verschiedenen Geschäftsfeldern wie Automobil, Bahn/Schiene, Halbzeuge, Energieanlagen oder Umwelt erfolgreich in Industrieapplikationen überführt werden können. Viele dieser Module sind bereits seit vielen Jahren erfolgreich im Industrieinsatz.

Dies ist auch eine Basis für neue Anfragen, neue wissenschaftliche Verfahrensansätze und neue Prüflösungen, auch unter der Perspektive gleichzeitiger Anwendung unterschiedlicher Prüfverfahren (Hybridsysteme) und bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen (Labor, Industrieanlagen, hochintegrierte Molch-Module für die Pipelineprüfung).

Damit bedient das Fraunhofer IZFP auch Einzel- und Sonderwünsche in einem kleinen Nischenmarkt.

Die Abteilung kümmert sich außerdem um die frühzeitige Einbindung von Systemintegratoren, die dann über Lizenzmodelle die Nachfertigung und Vermarktung selbstständig übernehmen.

Ansprechpartner

Abteilungsleiter

Dipl.-Ing. Werner Bähr
+49 681 9302 3893
werner.baehr@izfp.fraunhofer.de

Senior Engineer

Dipl.-Ing. Hans-Rüdiger Herzer
+49 681 9302 3843
hans-ruediger.herzer@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Modulentwicklung

Martin Schuppmann, M.Sc.
+49 681 9302 3845
martin.schuppmann@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Prototypen-Implementierung

Dirk Koster, M.Sc.
+49 681 9302 3894
dirk.koster@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Mechanische Konstruktion

Giuseppe di Gregorio, B.Eng.
+49 681 9302 3971
giuseppe.digregorio@izfp.fraunhofer.de

AUTOMATISCHE INLINE-EIGENSPANNUNGSMESSUNG AN EISENBAHNRÄDERN MIT UER-A

Ausgangssituation

Der Eigenspannungszustand von Güterwagenrädern wird stark durch zyklische Bremsvorgänge beeinflusst. Durch Anpressen der Bremsbacken auf die Lauffläche der Räder werden diese, insbesondere bei defekten Bremsen, sehr heiß. Dies verursacht in Kombination mit einer wechselweisen Abkühlung das Entstehen von Zugeigenspannungen in Radumfangsrichtung. Durch diese Zugeigenspannungen können sonst ungefährliche, kleine Risse im Radkranz schnell wachsen und im schlimmsten Fall bis zum Radbruch führen. Zur Routine-Untersuchung von Rädern wurde vom Fraunhofer IZFP das Prüfgerät UER (Ultraschall-Eigenspannungsmessung an Radkränzen) entwickelt, dessen Messprinzip auf der präzisen Laufzeitmessung von zwei, sich senkrecht zueinander ausbreitenden, transversal polarisierten Ultraschallwellen im Radkranz des Eisenbahnrades basiert.

Durch die schrittweise Anpassung an den technischen Fortschritt existiert dieses Gerät aktuell bereits in der dritten Gerätegeneration und ist in kundenspezifischen Varianten seit Jahren als automatisiertes Prüfgerät für die Überprüfung der Eigenspannungen an ausgebauten Rädern in Bahnwerken etabliert. Das UER-Prüfsystem besteht aus einer Manipulatoreinheit mit integriertem koppelmittelfreien, elektromagnetischem Ultraschall-Prüfkopf und einer Steuerungs- und Rechneinheit. Über die speziell entwickelte UER-Software wird nach manuellem Aufsetzen des Manipulators auf ein einzelnes Rad vollautomatisch eine Eigenspannungsmessung entlang des Radkranzes durchgeführt.

Aufgabenstellung und Durchführung

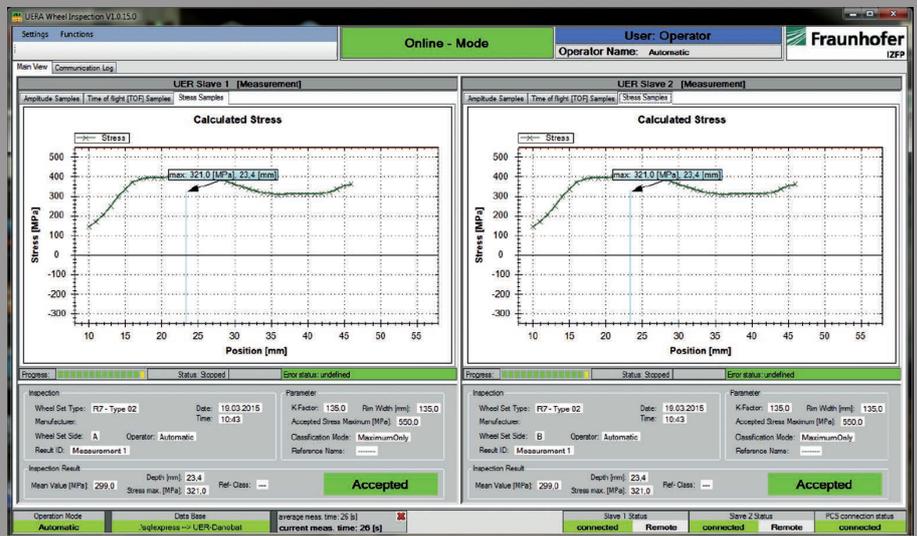
Zielstellung war es, ein modifiziertes UER-System zu entwickeln, das in eine vollautomatische Inline-Prüfanlage für Radsätze integrierbar und somit auch für das gleichzeitige Prüfen von zwei Rädern konzipiert ist. Die Zuführung der Radsätze erfolgt hierbei ebenfalls vollautomatisch. Es war erforderlich, eine neue, umfangreiche Software zu erstellen, die es ermöglicht, zwischen den beiden UER-Einheiten und der Anlagensteuerung zu kommunizieren.

Der apparative, messtechnische Teil, bestehend aus zwei UER-Einheiten, einem Master-PC und den beiden Manipulatoren inklusive Software, wurde vom Fraunhofer IZFP realisiert. Der übergeordnete, mechanische und steuerungstechnische Teil zur Zuführung der Radsätze und zur Positionierung der UER-Manipulatoren wurde vom industriellen Entwicklungspartner durchgeführt. Es entstand eine Anlage mit folgenden Eigenschaften:

- Umfassende Fraunhofer IZFP-Software für den Einricht- und Automatikbetrieb
- Einfaches Erstellen von Referenzmesskurven
- Ergebnisdarstellung und Messkurvenverlauf wahlweise auch direkt am Bildschirm
- Automatische Zuführung und Positionierung der Radsätze
- Automatische Positionierung beider UER-Manipulatoren
- Vollautomatischer Prüfablauf
- Wahlweise Wiederholungsmessungen an frei definierbaren Umfangspositionen eines Rades
- Datenbankfunktion zur Ergebnisarchivierung

Ergebnisse

Das Gesamtsystem wurde in einen automatischen Inline-Prozess zur Qualitätssicherung integriert. Es ist in der Lage, an einem Radsatz prozessgesteuert Eigenspannungsprüfungen durchzuführen, das Ergebnis zu bewerten und dieses in einer Datenbank zu archivieren. Hierfür wird der Radsatz mit Hilfe eines gesteuerten Kransystems der Prüfanlage zugeführt und vollautomatisch positioniert. Mittels Portalsystem werden synchron zwei UER-Manipulatoren an je einem Rad abgesenkt. Der gesamte Prüfvorgang wird vom Prozessleitsystem gesteuert, wobei die vollständige Kommunikation zwischen den beiden UER-Systemen (UER1 und UER2) und der Anlagensteuerung über die vom Fraunhofer IZFP entwickelte Mastersoftware realisiert wurde. Nach dem Beenden beider synchron durchgeführter Eigenspannungsmessungen entlang der Radkränze wird der Radsatz vollautomatisch wieder aus der Prüfanlage herausgehoben und im Inline-Qualitätssicherungsprozess weiter bearbeitet.



UER-A Bedienterminal (links), Bildschirmdarstellung einer Messung (rechts)

Projektpartner

Internationaler Auftraggeber der Bahntechnik

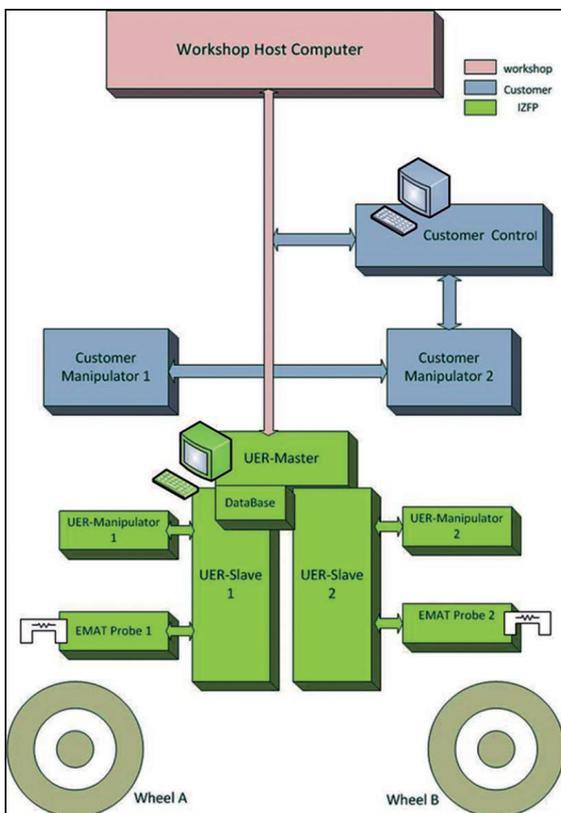
Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Christoph Weber
 +49 681 9302 3872
 christoph.weber@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Hans-Rüdiger Herzer
 +49 681 9302 3843
 hans-ruediger.herzer@izfp.fraunhofer.de

Abstract

To measure residual stress in rail wheels, Fraunhofer IZFP relies on in-house developed, third-generation UER (Ultraschall-Eigenspannungsmessung an Radkränzen – ultrasonic residual stress measurement at wheel rims) systems that are adapted to the customer's requirements. While these instruments automatically measure and evaluate the residual stress, the manipulator must be manually set on the wheel to be inspected. Working together with an international partner from the rail technology industry, Fraunhofer IZFP developed the world's first UER test unit capable of automatically inspecting a complete set of wheels. The system, which uses an automatic crane and a portal system to simultaneously inspect two wheels, was integrated into a process-controlled in-line inspection platform.



UER-A Blockdiagramm (links)

UNIUS UND IUSE – ULTRASCHALL-PLATTFORMEN FÜR SYSTEMINTEGRATOREN UND ZFP-SONDERANWENDUNGEN

Ausgangssituation

Die an (Ultraschall-)Prüfsysteme gestellten hard- und softwaretechnischen Anforderungen wachsen stetig mit dem technischen Fortschritt und der Verbreitung solcher Systeme. Neben der Notwendigkeit, unterschiedlichste Einsatzszenarien abzudecken und immer höhere Abtast- und Datenübertragungsraten bei gleichzeitiger Verbesserung der Signalqualität zu erzielen, steht zunehmend der Wunsch der Kunden im Vordergrund, die Systeme flexibel und zeitnah in ihre spezifischen Anwendungen integrieren zu können. Dies setzt, über die Gestaltung einer flexiblen, leistungsfähigen und kosteneffizienten Hardware hinaus, auch eine einheitliche softwaretechnische Repräsentation der Systeme voraus, welche beim gegenwärtigen Stand von Hard- und Software nur teilweise gegeben ist.

Darüber hinaus erweist sich die Unterhaltung bestehender Systeme als ständig wachsende Herausforderung, da zum einen Bauteile nicht länger verfügbar sind und zum anderen der softwaretechnische Wandel den Aufwand zur Anpassung bestehender Softwarekomponenten zunehmend erhöht.

Aufgabenstellung und Durchführung

Die Aufgabe bestand in der Entwicklung von Prüfsystemen, die zum einen den aktuellen Kundenanforderungen Rechnung tragen, zum anderen die bestehenden Einkanalssysteme in ihrer Funktion ersetzen bzw. an Funktionsumfang übertreffen und die gleichzeitig über eine einheitliche softwaretechnische Repräsentation verfügen.

»UNIUS« bietet einen Verarbeitungskanal, dessen Empfangspfad die Auswahl zwischen S/E- und I/E-Betrieb erlaubt. Durch die hohe Digitalisierungsrate von 240 MS/s bei einer Auflösung von 14 Bit können hochfrequente Ultraschallanwendungen ebenso wie solche aus dem Bereich der Laufzeitmessung direkt im Zeitbereich abgedeckt werden. Für Anwendungen, die ein besonders hohes Signal/Rausch-Verhältnis erfordern oder die in einem mit Störsignalen behafteten Umfeld stattfinden, erlaubt UNIUS die Mittelwertbildung von Ergebnissen

aus bis zu 512 aufeinanderfolgenden Messungen. Das System bietet 128 MB internen Speicher zur Pufferung von Ergebnisdaten bei einer maximalen Aufnahmetiefe von 128 k Samples pro Messung.

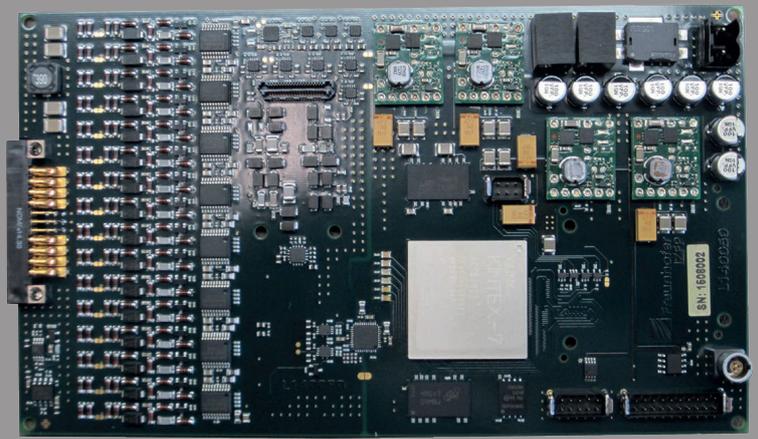
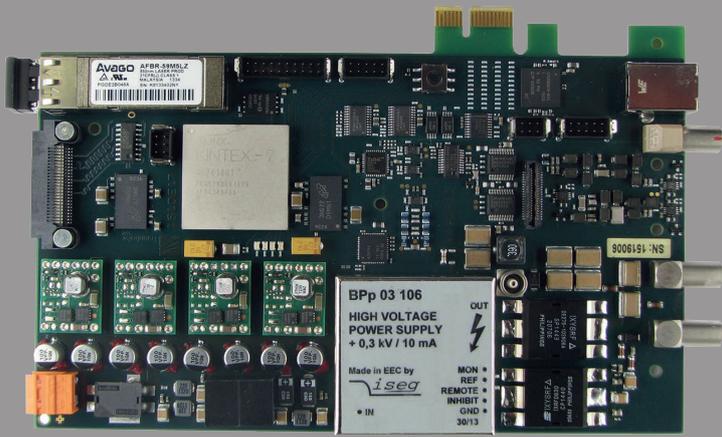
Die onboard-Hochspannungserzeugung ermöglicht eine variable Sendespannung bis zu 300 V; höhere Spannungen (bis 500 V) oder Sendeleistungen können durch externe Einspeisung erzielt werden. Die UNIUS-Sendestruktur (Rechteck, negativ) ist primär für den Betrieb von piezoelektrischen Prüfköpfen ausgelegt, es besteht jedoch die Möglichkeit, auch externe Endstufen (z. B. EMUS oder Luft-Schall) über die I/O Schnittstelle anzusteuern. Für die Anregung schmalbandiger Prüfköpfe kann die Sendeansteuerung auch in Burstform erfolgen.

Um sowohl für den Einsatz als Laborgerät als auch für den industriellen Einsatz gewappnet zu sein, besitzt das UNIUS System eine USB 3.0 Schnittstelle sowie eine Fraunhofer IZFP-proprietäre optische Schnittstelle.

Die softwaretechnische Anbindung von UNIUS erfolgt unter Nutzung des bereits mit ETHUS/OPTUS Systemen erfolgreich eingesetzten ITK (Integration Toolkit), so dass eine einfache und vereinheitlichte Einbindung in verschiedene Frameworks (C++, C#, LabView) erfolgen kann.

»IUSE« stellt eine an die Anforderungen des industriellen Einsatzes angepasste Variante der UNIUS Basistechnologie dar.

Der aktive Verarbeitungskanal verfügt über insgesamt 16 gemultiplexte S/E-Pfade bei gleichen Leistungsdaten für Digitalisierung, Mittelwertbildung und Datenspeicher. Zusätzlich bietet das IUSE System die Prüffunktionen »ASCAN«, »TD-Bild« und »Blenden«, die besonders im Zusammenhang mit automatisierten Prüfungen und hohen Schussfolgefrequenzen unverzichtbar sind. Die Sendespannung (280 Volt) wird extern zugeführt. IUSE kann mit einem anwendungsspezifischen Schnittstellenmodul (Ethernet, USB 3.0, optisch) konfiguriert werden.



UNIUS-Baugruppe (links), IUSE-Baugruppe (rechts)

Ebenso wie bei UNIUS erfolgt die softwaretechnische Unterstützung durch das Fraunhofer IZFP-eigene ITK.

Ergebnisse

Die UNIUS/IUSE-Systeme bieten die Möglichkeit, in kurzer Zeit maßgeschneiderte Prüfsysteme für ein breites Anwendungsfeld zu realisieren (vom Laborbetrieb bis zur industriellen Prüfung). Starke Leistungsdaten und eine einheitliche Softwareunterstützung ermöglichen eine kosteneffiziente Lösung. Mit dem ITK steht eine Softwareschnittstelle für Systemintegratoren zur Verfügung, die damit neue Prüfsysteme realisieren können.

Die Hard- und Software lässt zudem auch die Integration von zusätzlichen kundenspezifischen Algorithmen zu.

Für Phased Array und andere Mehrkanalanwendungen steht die Plattform ETHUS/OPTUS zur Verfügung.

Ansprechpartner

Martin Schuppmann, M.Sc.
+49 681 9302 3845
martin.schuppmann@izfp.fraunhofer.de

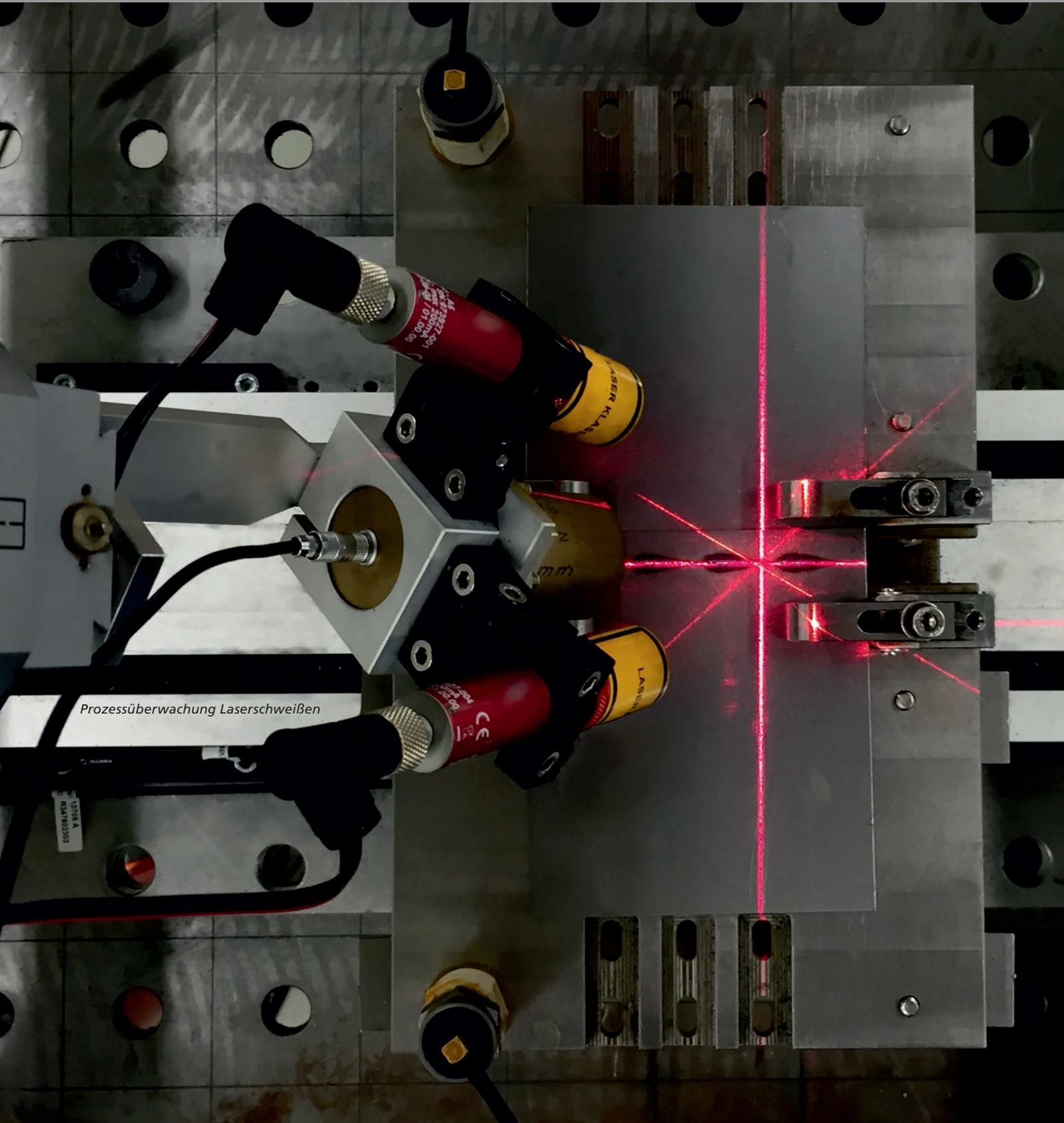
Hendrik Theado, M.Sc.
+49 681 9302 3859
hendrik.theado@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Werner Bähr
+49 681 9302 3893
werner.baehr@izfp.fraunhofer.de

Abstract

The demands on the hardware and software in ultrasound inspection systems, which are growing constantly in line with advances in technology, are higher than ever before.

With the development of the UNIUS/IUSE platform, Fraunhofer IZFP is addressing the changing requirements and the technical transformation taking place within the field of ultrasound inspections to provide a basis for the rapid and flexible implementation of custom inspection systems.



Prozessüberwachung Laserschweißen

10718 A
10718 A
10718 A

LASER KLASSE 2
10718 A
10718 A
10718 A

LASER KLASSE 2
10718 A
10718 A
10718 A

FERTIGUNGSINTEGRIERTE ZFP

Profil

Heutzutage bewegen sich die produzierenden Unternehmen in einem Umfeld gewachsener Kundenanforderungen und zunehmender Wettbewerbsintensität. Daher müssen Herstellungsprozesse hinsichtlich Qualität, Ressourcen- und Kosteneffizienz stetig verbessert werden. Diese Aufgabe gestaltet sich zunehmend schwieriger, da die Komplexität der Prozesse steigt und immer weniger Zeit zwischen der Prozessentwicklung und der Serienfertigung verbleibt. Die weltweit verteilte, ressourcen- und kosteneffiziente Herstellung von qualitativ hochwertigen Produkten kann nur mit hochautomatisierten und streng überwachten Produktionsprozessen erreicht werden. Daher wächst der Bedarf an fertigungsbegleitend oder fertigungsintegriert eingesetzten Prüf- und Messverfahren, mit denen Zustandsgrößen des Prozesses (z. B. Druck und Temperatur), Prozessemissionen (z. B. Licht und Schall) und Qualitätsmerkmale der Zwischen- und Endprodukte (z. B. Fehlerfreiheit und Konformität der Werkstoffeigenschaften) erfasst werden können. Die Entwicklung solcher Verfahren ist die Aufgabe der Abteilung »Fertigungsintegrierte ZfP«.

Entwicklungsschwerpunkte

Die Abteilung entwickelt Verfahren, die schon in frühen Stadien der Prozessentwicklung eingesetzt werden, beispielsweise zur Validierung von Simulationen, mit denen die Zusammenhänge zwischen dem Walzprozess und der Eigenspannungsverteilung in Stahlblech ermittelt werden. Für die Entwicklung des Drapierprozesses bei der CFK-Herstellung werden Messverfahren bereitgestellt, die eine detaillierte Analyse der Struktur des Fasergeleges ermöglichen. Das klassische Anwendungsfeld der

fertigungsintegrierten ZfP ist die Überwachung und Steuerung von Prozessen anhand von Qualitätsmerkmalen der Zwischen- und Endprodukte. Die Prüfverfahren der Abteilung werden sowohl für die kontinuierliche Prozessüberwachung wie auch für die Stichprobenprüfung im Sinne der statistischen Prozesslenkung eingesetzt.

Besonders erfolgreich ist dabei die sogenannte 3MA-Prüftechnik, mit der Werkstoffeigenschaften wie Härte, Zugfestigkeit oder Bruchdehnung quantitativ und prozessbegleitend bestimmt werden können. Diese Prüftechnik hat eine breite Kompetenzbasis am gesamten Institut und wird in enger strategischer Kooperation gemeinsam mit Anwendungen zur Charakterisierung in der Materialforschung ebenso wie zukünftig in der Wertstoffrückgewinnung (Recycling) weiter entwickelt.

Davon profitieren besonders hochkomplexe Fertigungsprozesse mit häufigen Last- und Produktwechseln wie das Presshärten. Erst durch den Einsatz der 3MA-Prüftechnik war es hier möglich, die Produktion engmaschig abzusichern und Prozessstörungen sofort zu erkennen. Neben dem Presshärten stehen auch andere Umformprozesse, z. B. Tiefziehen, Kragenziehen und Innenhochdruckumformen, im Fokus des Forschungsinteresses. Es wurden »Pre-, In-, und Post-Process-Verfahren« entwickelt, mit denen die Schadenanfälligkeit, die Entstehung und das Vorhandensein von umformbedingten Bauteilfehlern wie Rissen und Einschnürungen geprüft werden können.

Eine Echtzeit-Überwachung oder gar Regelung von Prozessen kann durch die Erfassung von Prozessemissionen realisiert werden. Beim Laserstrahlschweißen werden (Luft-)Schallemissionen genutzt, um die Einschweißtiefe zu erfassen oder auch, um Schweißnahtfehler nachzuweisen, noch während der Prozess



Dr.-Ing. Bernd Wolter, Leiter Abteilung Fertigungsintegrierte ZFP

abläuft. Auf dieser Basis können Regelungssysteme für ein fehlerfreies Laserstrahlschweißen entwickelt werden.

Auch für das Rührreißschweißen werden Überwachungs- und Regelungssysteme entwickelt. Weiterhin werden Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung und Optimierung von Schweißprozessen auf Basis der prozessintegrierten Applikation von Leistungsschall untersucht. In der Abteilung werden Software-Tools zur Simulation elektromagnetischer Prüfverfahren entwickelt, welche die Planung, Auslegung und Implementierung von fertigungsintegrierten Prüftechniken unterstützen.

Ansprechpartner

Die Strukturierung der Abteilung orientiert sich an der Unterteilung der Fertigungsverfahren entsprechend DIN 8580. Prüf- und Messtechniken für das Urformen, Umformen und generative Verfahren werden in der Gruppe »Herstellung« (Production) entwickelt. Die Gruppe »Verarbeitung« (Processing) beschäftigt sich mit den Fertigungsverfahren Trennen, Fügen, Beschichten und der Änderung von Stoffeigenschaften.

Abteilungsleiter

Dr.-Ing. Bernd Wolter
+49 681 9302 3883
bernd.wolter@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Herstellung (Production)

Dr. rer. nat. Rolf Kern
+49 681 9302 3854
rolf.kern@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Verarbeitung (Processing)

Dipl.-Ing. Christian Conrad
+49 681 9302 5302
christian.conrad@izfp.fraunhofer.de

EINFÜHRUNG DER 3MA-PRÜFTECHNIK IN DIE PRODUKTIONS-LINIE ZUR BESTIMMUNG MECHANISCHER EIGENSCHAFTEN VON FREIFORMSCHMIEDESTÜCKEN

Ausgangssituation

Die saarländische Firma »Saarschmiede Freiformschmiede GmbH« produziert für nationale und internationale Kunden geschmiedete und bearbeitete Maschinenteile über breite industrielle Anwendungsfelder, u. a. für die Bereiche Energieerzeugung, Luftfahrt und Weltraumanwendungen. Aus steigendem Bedarf und zunehmend anspruchsvollen Normanforderungen ergibt sich die Notwendigkeit, die Produktion bei gleichbleibend hohem Qualitätsvermögen unterbrechungsfrei zu gestalten.

Zeitaufwand und Kosten zerstörender Prüfverfahren machen den Gebrauch von zerstörungsfreien Prüfungen unumgänglich, um den Kundenanforderungen hinsichtlich Lieferzeit und Produkteignung gerecht zu werden.

Aufgabenstellung und Durchführung

Ziel war die Untersuchung der Eignung der zerstörungsfrei arbeitenden 3MA-Prüftechnik als in die Produktionslinie implementiertes Prüfsystem für Schmiedewellen. Dieses vom Fraunhofer IZFP entwickelte Verfahren basiert auf der Kombination unterschiedlicher mikromagnetischer Methoden, die eine umfassende Untersuchung der Materialeigenschaften von der Oberfläche bis zu Materialtiefen von 4 – 5 mm ermöglicht.

Ungefähr 40 Messgrößen erlauben mittels Mustererkennung und multivariabler Regressionsanalyse sowie unter Nutzung der Kalibrierdatensätze zuvor bestimmter Musterbauteile mit definierten Eigenschaften die Ermittlung vielfältiger Materialkennwerte (z. B. Härte, Dehngrenze, Eigenspannungen).

Die Untersuchungen erfolgten auf Generator- und Turbinenwellen aus folgenden Stählen: 22 CrMoNiWV 8-8, 27 NiCrMoV 11-5 und 27 NiCrMoV 15-6.

Die Überprüfung der Anwendbarkeit des 3MA-Systems zur Ermittlung mechanischer Eigenschaften der geschmiedeten Teile wurde in zwei Stufen realisiert: Zunächst wurden Labortests an kleinen Stäben, welche über definierte mechanische Eigenschaften verfügen, durchgeführt. Die zweite Stufe umfasste Tests an Produktionsteilen.

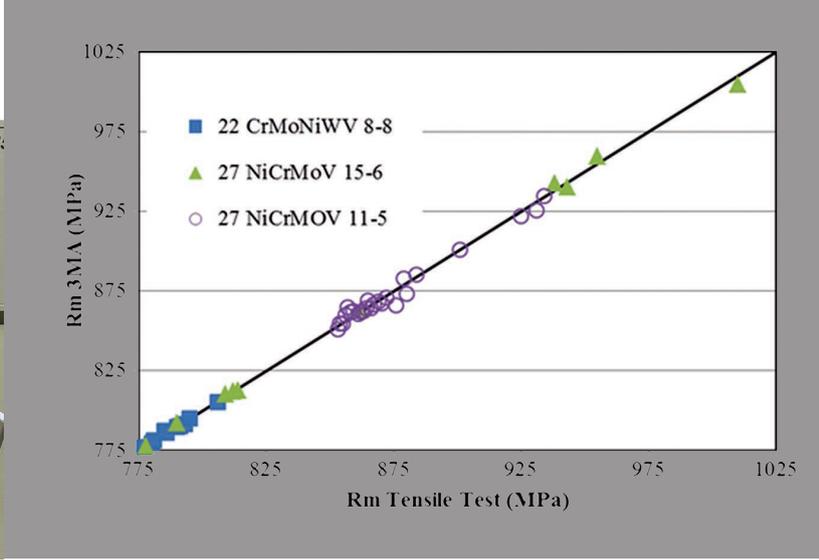
Zur Ermittlung des Korrelationsgrads zwischen magnetischen und mechanischen Eigenschaften waren zerstörende Messungen erforderlich. Zu diesem Zweck fanden Zugversuche gemäß DIN EN ISO 6892-1 an einer Probe mit 10 mm Durchmesser statt. Eigenspannungen wurden mit Hilfe dreier Methoden in mehreren Tiefen gemessen:

- Ab Oberfläche bis 150 µm mittels XRD-Messung durch ein Diffraktometer
- Ab 150 µm bis 1,2 mm mittels Bohrloch-Methode
- In Tiefen von 2 – 4 mm mittels Ringkern-Methode

Ergebnisse

Nach Erhalt der Kalibrierungs-Ergebnisse aus den Labortests an den Stäben erfolgten weitergehende 3MA-Messungen an Schmiedewellen in der Produktion. Aufzeichnungen der 3MA-Signale fanden sowohl direkt über dem Segment statt, welches zur konventionellen zerstörenden Prüfung ausgeschnitten wurde, als auch an zwei weiteren Punkten des Umfangs, um den Einfluss der Trennung und die Homogenität des Teils zu erfassen.

Das dargestellte Diagramm zeigt Kalibrierungs-Ergebnisse der drei Stähle. Das 3MA-System ist mit einer Standardabweichung von ca. 5 MPa in der Lage, die Referenzwerte hochgenau zu reproduzieren.



3MA-Prüfsystem (links), Ergebnisse der Kalibrierung (rechts)

Ihr Vorteil

Der Nutzen dieser innovativen Methode liegt in der kurzen Messdauer zur Ermittlung der Materialeigenschaften. Mechanische Zielgrößen eines kompletten Wellensegments zu bestimmen nimmt nur etwa 15 Minuten in Anspruch. Zeit- und Kostenersparnis werden deutlich, wenn man den Verzicht auf Schnitt, Wartezeit und zerstörende Prüfung betrachtet, die bislang noch notwendig sind.

Durch die Einführung der 3MA-Prüftechnik in die Produktionslinie von Freiform-Schmiedestücken wird das große Potential dieser Technik für einen weitreichenden Einsatz in der Produktion deutlich.

Projektpartner

Saarschmiede Freiformschmiede GmbH

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Yasmine Gabi
+49 681 9302 3636
yasmine.gabi@izfp.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Bernd Wolter
+49 681 9302 3883
bernd.wolter@izfp.fraunhofer.de

Joachim Grimm
+49 681 9302 3895
joachim.grimm@izfp.fraunhofer.de

Abstract

Saarschmiede Freiformschmiede manufactures various forged and treated machinery parts for a wide range of industries including energy & power, aviation and aerospace.

The objective of this project was to examine the suitability of the NDT-based 3MA inspection technology (figure on the left) in forged shaft production lines. Developed by Fraunhofer IZFP, this procedure is based on a combination of different micromagnetic methods that enable the comprehensive inspection of material characteristics from the surface down to material depths of 4-5 mm.

Using pattern recognition and multivariable regression analysis, in addition to calibration data from previously inspected samples with defined characteristics, around 40 measurement parameters permit the analysis of various material properties such as hardness, tensile strength and residual stress.

The diagram shows the calibration results of three steels. The 3MA system is capable of precisely reproducing the reference values with a standard deviation of approximately 5 MPa.

The benefit of this innovative method is the short processing time for determining the material characteristics. Measuring the mechanical target values of a complete shaft segment takes only around 15 minutes. Significant time and cost savings are realized by forgoing sectioning, waiting time and destructive testing.

The 3MA technology offers major potential for wide-ranging applications in production.

AUTOMATISIERUNG DER 3MA-PRÜFTECHNIK MIT KOLLABORIERENDEN ROBOTERN (VW) AN PRESSGEHÄRTETEN BAUTEILEN

Ausgangssituation

Presshärten ist ein hochkomplexer Fertigungsprozess, bei dem verschiedene Prozessstörungen wie transiente Einschwingvorgänge der Werkzeugoberflächentemperatur oder das Aufbacken einer Beschichtung auf dem Werkzeug (z. B. mit AlSi) zu unerwünschten Veränderungen der Bauteilgeometrie, Mikrostruktur und Werkstoffeigenschaften führen können. Bisher werden die Werkstoffeigenschaften pressgehärteter Bauteile im Labor mit zerstörenden Prüfverfahren oder fertigungsbegleitend mit der zerstörungsfreien 3MA-Prüftechnik geprüft. Letztere wird bisher allerdings nur manuell eingesetzt. Dies hat zur Folge, dass der Prüfvorgang ressourcenintensiv ist und mögliche Bedienfehler beim Einsatz von 3MA nicht ausgeschlossen werden können. Weiterhin liegt das Prüfergebnis zeitlich versetzt zum Produktionsprozess vor, so dass Prozessstörungen erst spät erkannt werden.

Aufgabenstellung und Durchführung

Ziel ist die Realisierung der 3MA-Prüftechnik als automatisiertes Prüfverfahren, das in einer separaten Prüfstation unmittelbar nach dem Fertigungsprozess (Offline-Lösung) eingesetzt werden kann.

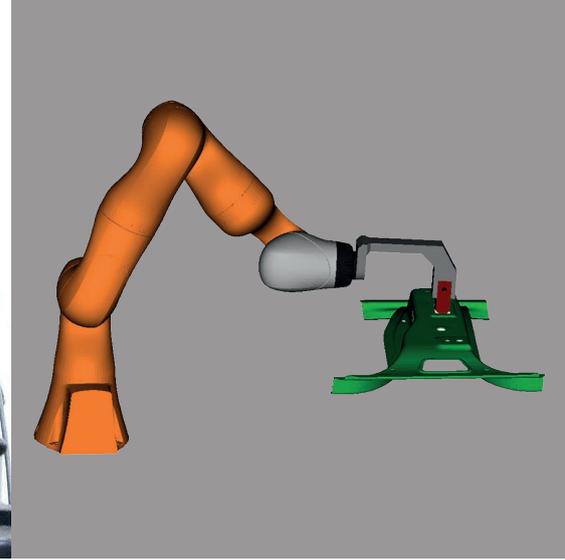
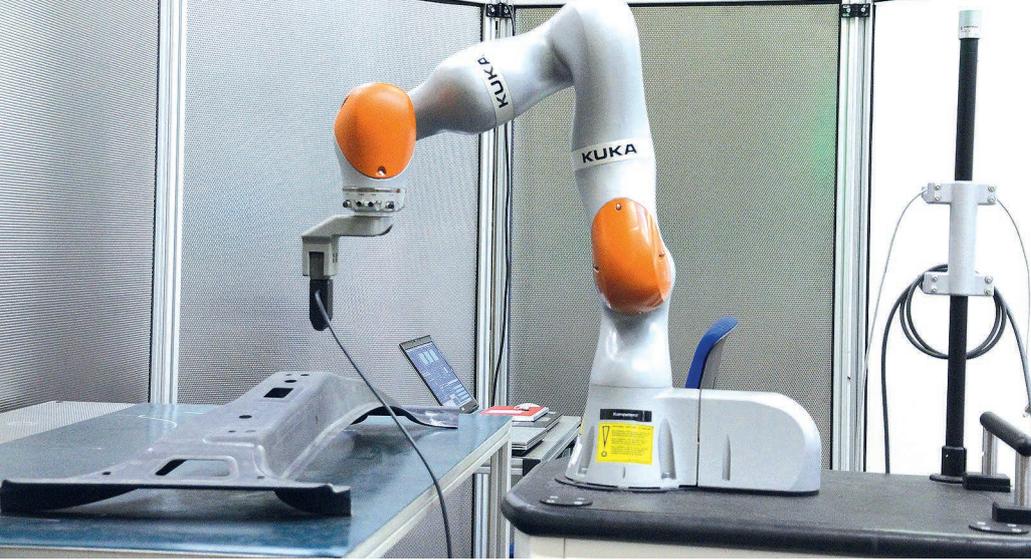
Ein wichtiger Aspekt in der elektronisch gesteuerten, bedarfsgerechten Fertigung der »Industrie 4.0« ist die reibungslose Zusammenarbeit von Mensch und Maschine. Kollaborierende Industrieroboter sind komplexe Maschinen, die Hand in Hand mit Personen zusammenarbeiten. In einem gemeinsamen Arbeitsprozess unterstützen und entlasten Roboter den Menschen. Trennende Schutzvorrichtungen, um Personen, die sich im Arbeitsfeld des Roboters befinden, sicher gegen Verletzungen durch schnelle Roboterteile zu schützen, sind bei kollaborierenden Robotern nicht mehr erforderlich. Daher spart ihr Einsatz Zeit und Platz. In der Überarbeitung der für Industrieroboter relevanten Normen sind kollaborierende Roboter bereits berücksichtigt. Besonders in der Automobilindustrie (z. B. bei Volkswagen oder BMW) werden kollaborierende Roboter zunehmend eingesetzt. Gerade die automatisierte zerstörungsfreie Prüfung gilt

als wichtiges Anwendungsfeld für diese Roboter, da kollaborierende Roboter eine schnelle, flexible und reversible Verschiebung zwischen manuellen und automatisierten Anteilen der Mensch-Maschine-Interaktion ermöglichen. Manuell entwickelte Prüfabläufe können so besonders einfach und schnell automatisiert werden. Da kollaborierende Roboter keine Schutzvorrichtungen benötigen, können sie sehr flexibel in der Fertigung eingesetzt werden, was sie für die fertigungsintegrierte ZfP prädestiniert.

Der kollaborierende Roboter »KUKA LBR iiwa« eignet sich besonders für die Handhabung von schweren und empfindlichen Lasten und ist daher für die sichere Führung auch von schweren Prüfköpfen geeignet. Ausgestattet mit sieben Achsen ist er dem menschlichen Arm nachempfunden und kann in Positions- und Nachgiebigkeitsregelung betrieben werden. Diese – kombiniert mit integrierter Sensorik – verleihen dem Leichtbauroboter eine programmierbare Sensibilität, die ihn für die feinfühligste Applikation empfindlicher Prüfköpfe ertüchtigt.

Durch den Einsatz des kollaborierenden Roboters kann der menschliche Einfluss durch ein falsches Aufsetzen des Prüfkopfes auf das Bauteil deutlich minimiert werden, so dass Messstellen auf dem Bauteil reproduzierbar angefahren und geprüft werden können. Dadurch wird das Prüfergebnis mit einer konstanten Qualität geliefert. Der Bediener kann den Roboter direkt von Hand auf die gewünschten Messpositionen führen und teachen. Die manuelle Positionierung der Sensorik auf das Bauteil ermöglicht eine schnelle und einfache Signalsoptimierung. Ein großer Vorteil der neuesten Robotergeneration ist das virtuelle »Federelement«, mit dem es möglich ist, den Sensor mit einer definierten Kraft auf die Bauteiloberfläche aufzusetzen.

Die Kommunikation zwischen Robotersteuerung und 3MA-Software wurde in zwei Schritten realisiert: Zu Beginn des Projekts fand eine »vereinfachte« Kommunikation über die bereits vorhandenen digitalen Ein- und Ausgänge des 3MA-Systems statt. Nach Abschluss des ersten Teilpakets erfolgte die Implementierung eines Feldbussystems und einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) zwischen der Robotersteuerung und der 3MA-Software, um die Kommunikation zwischen den beiden Teilnehmern zu realisieren.



Kollaborierender Roboter »KUKA LBR iiwa«

Ergebnisse

- Einfache Automatisierungslösung über die digitalen Ein- und Ausgänge des 3MA-Prüfsystems, direkte Kommunikation zwischen dem kollaborierenden Roboter und der MMS-Prüfsoftware
- Komplexere Automatisierungen durch den Einsatz eines Feldbus-systems und einer SPS
- Adaption der MMS-Software zur Kommunikation mit der SPS: Durch den Einsatz der SPS und des Feldbusses als Bindeglieder zwischen der Prüfsoftware und dem Handlingsystem wird eine offene Schnittstelle geschaffen, um die 3MA-Prüftechnik möglichst einfach und schnell zu automatisieren

Ihr Vorteil

- Reduzierung des menschlichen Einflusses bei der Prüfung
- Bessere Reproduzierbarkeit
- Schnellere Prüfung der Bauteile
- Kostenreduzierung bei der Implementierung des 3MA-Prüf-systems zur Kommunikation mit der Peripherie durch die Verwendung von Industriestandards

Projektpartner

Volkswagen AG, Werk Kassel

Ansprechpartner

Dipl. Ing. (FH) Andreas Haas
+49 681 9302 3654
andreas.haas@izfp.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Bernd Wolter
+49 681 9302 3883
bernd.wolter@izfp.fraunhofer.de

Abstract

Press hardening is a highly-complex manufacturing process in which various process malfunctions can lead to undesired geometric, microstructure and material characteristic changes. The material characteristics are determined with destructive test methods in the lab or as part of the production process with the 3MA nondestructive inspection technology, the latter still being carried out manually. Therefore, the inspection process is very resource-intensive, prone to operator errors and performed as a separate production step.

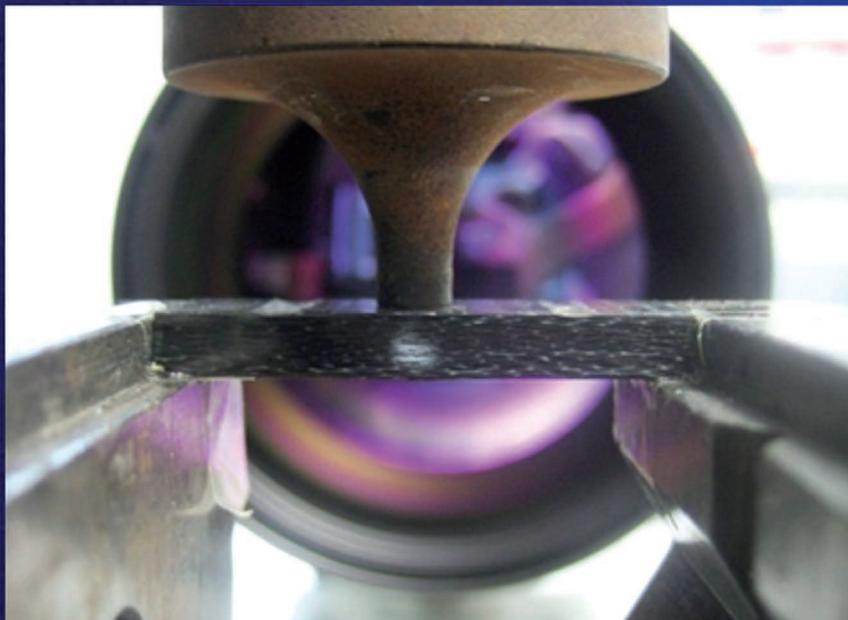
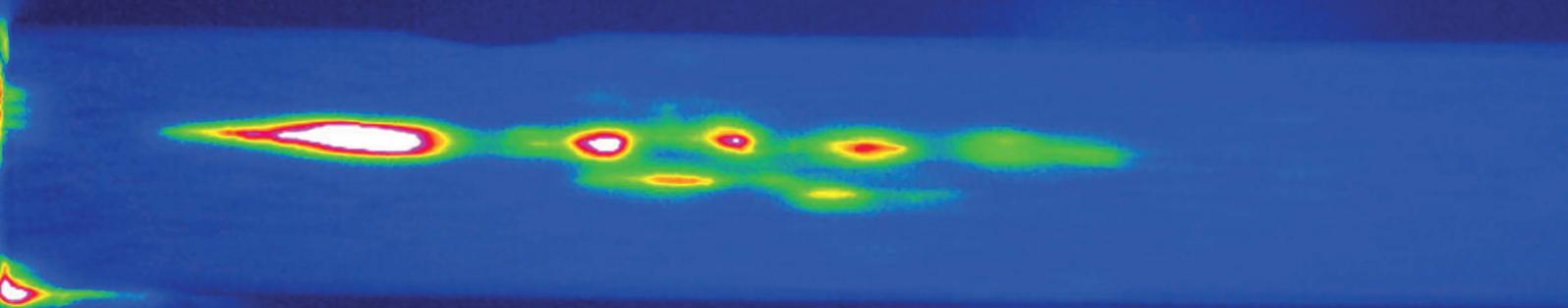
To implement the 3MA inspection technique as an automated process, a collaborative robot was deployed. These industrial robots enable fast, flexible and reversible adjustments between the manual and automated segments of the man-machine interaction. Manual inspection processes can be easily and quickly automated while eliminating the need for costly protection mechanisms.

The collaborative robots are operated with a position and compliance control system suitable for use with sensitive probes. Communication between the robot systems and the 3MA inspection system is implemented in a smaller-scale version via the 3MA internal operating system, and in an open, flexible version through the use of a field bus and an intermediate programmable logic controller (PLC). By using the PLC and the field bus as a link between the inspection software and the "handling system", an open interface is established that makes automation of the 3MA technology as simple as possible.

Automation benefits:

- Less user influence
- Faster inspection times
- Lower costs by using the 3MA system

Erkennung von Frühschädigungen in CFK mit ultraschallangeregter Thermographie



KOMPONENTEN- UND BAU- TEILPRÜFUNG

KOMPONENTEN- UND BAUTEILPRÜFUNG

Profil

Die Abteilung Komponenten- und Bauteilprüfung beschäftigt sich mit der Entwicklung und Anwendung neuartiger ZfP-Lösungen für die schnelle, automatisierte 3D-Prüfung, Datenauswertung und 3D-Visualisierung (tomographische Prüffunktionen) sowie mit der Datenverarbeitung und Datenfusion unterschiedlichster Prüfmethoden / Modalitäten, insbesondere Ultraschall / Akustik, Thermographie und Röntgen-CT.

Mit der vorhandenen Technologieplattform können maßgeschneiderte System-Entwicklungen zu Sensorik, Mess- und Prüftechnik und insbesondere Software (mit besonderem Blick auf die automatisierte Analyse von Sensordaten) sehr schnell in die industrielle Erprobung und Anwendung für komplexe Fragestellungen überführt werden. Für diesen qualifizierten Transfer von neuesten Entwicklungen in die industrielle Nutzung ist das Labor nach DIN EN ISO/IEC 17025 flexibel akkreditiert.

Die Abteilung beschäftigt sich mit Erzeugnissen aus verschiedenen Stadien der industriellen Produktion bis hin zu fertiggestellten und assemblierten Endprodukten aus allen Werkstoffklassen. Sie entwickelt Lösungen zur Detektion und Analyse von Defekten, zur Charakterisierung von Verunreinigungen, Korrosion oder anderen qualitätsrelevanten Merkmalen (z. B. geometrische, dimensionelle Merkmale).

Ziel sind validierte Lösungen für eine qualitätsgesicherte und effiziente Produktion von Komponenten sowie für den sicheren Bauteileinsatz.

Entwicklungsschwerpunkte

Zusammen mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes htw saar wird derzeit in der Abteilung eine gemeinsame Forschungsgruppe (Kurztitel »AutomaTiQ«) zum Schwerpunkt der »automatisierten Signal- und Bildauswertung von Sensordaten für die Produktion von morgen« im Rahmen eines langfristigen Kooperationsprojektes ausgebaut, wobei die Gruppenleitung gleichzeitig mit einer W3-Forschungsprofessur verbunden ist. Dies ergänzt in idealer Weise die bewährte Kooperation mit der htw saar, welche über den Abteilungsleiter durch die W3-Professur »Quality Control and Maintenance« und deren enge Verknüpfung mit dem Fraunhofer-Innovationscluster Automotive Quality Saar AQS bereits seit mehreren Jahren gefestigt ist.

Aus dieser Zusammenarbeit sind zahlreiche Forschungsprojekte entstanden (z. B. BMBF-Projekt MERKUR). Außerdem wird gemeinsam der berufsbegleitende Masterstudiengang »Automotive Production Engineering« (M.Eng.) angeboten, durch den mit Schwerpunkten zur qualitätsgesicherten, effizienten und digitalisierten Produktion neueste Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in die angewandte Ingenieurausbildung transferiert werden.

Als eine Kernkompetenz ist die Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Klebverbindungen und polymeren Kompositmaterialien zu nennen: Die Abteilung ist ausgewählter strategischer Entwicklungspartner der deutschen Hersteller (AUDI, BMW, Daimler/Mercedes, Porsche, VW) für die ZfP von Klebverbindungen im Bereich des Montage- und Karosserieklebens und zu dieser Thematik in Großprojekten sowohl in der industriellen



Prof. Dr.-Ing. Bernd Valeske, Leiter Abteilung Komponenten- und Bauteilprüfung

Auftragsforschung als auch in der anwendungsorientierten Grundlagenforschung aktiv.

Eine Spitzenposition nimmt die Abteilung auch hinsichtlich der Sensorik für die berührungslose und bildgebende Prüfung mit Luft-Schall ein. Die Entwicklungen von patentierten Sensoren und Rekonstruktionsverfahren umfassen dabei das Frequenzspektrum vom Hörschall bis in den Ultraschallbereich. Diverse Forschungsarbeiten für komplexe Bauteile aus Kompositwerkstoffen (CFK, GFK) oder auch zur innovativen Inspektion von Fügeverbindungen in Blechbauteilen (Klebungen, Laser- oder Punktschweißnähte) belegen den Know-how-Vorsprung.

Die automatisierte 3D-Ultraschallprüfung mit maßgeschneiderter Prüftechnik und Sensorik auf Basis international ausgewiesener wissenschaftlicher Kompetenz in Simulation und Rekonstruktions- sowie Bildverarbeitungs-Algorithmen stellt eine weitere langjährige, stark nachgefragte Kernkompetenz der Abteilung dar.

Die Abteilung ist technologischer Vorreiter in der ZfP mit induktiv angeregter Hochleistungsthermographie. Besondere Expertise besteht im Systemdesign, angefangen bei der Entwicklung spezieller Spulen und Anregungssignale über die thermische Signalverarbeitung und Modellierung bis zur Entwicklung automatisierter Auswerte- und Visualisierungs-Algorithmen. Vor allem für die Serienprüfung bietet die Induktions-Thermographie immense Vorteile gegenüber konventionellen Oberflächenrissprüfverfahren. Sie stellt in diesem Segment das Verfahren mit dem höchsten Zukunftspotential für eine zunehmend digitalisierte Produktion dar.

Ein weiteres höchst interessantes Technologiefeld betrifft Systeme der automatisierten 3D-Röntgen-CT für die Agrarindustrie. Hierzu

konnten mit Alleinstellungsmerkmalen am Markt zahlreiche Lösungen zur Saatgut- und Keimlingsanalyse in enger Kooperation mit dem Fraunhofer EZRT und mit einem Lizenzpartner entwickelt werden.

Ansprechpartner

Abteilungsleiter

Prof. Dr.-Ing. Bernd Valeske
+49 681 9302 3610
bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter 3D-Thermographie

Dr.-Ing. Sergey Lugin
+49 681 9302 3702
sergey.lugin@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Multimodale 3D-ZfP

Dr.-Ing. Ahmad Osman
+49 681 9302 3628
ahmad.osman@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter 3D-Röntgen-CT

Dr. rer. nat. Felix Porsch
+49 681 9302 3842
felix.porsch@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter 3D-Ultraschall / 3D-Akustik

Dipl.-Ing. Thomas Schwender
+49 681 9302 3657
thomas.schwender@izfp.fraunhofer.de

SEKUNDENSCHNELLE PRÜFUNG VON GUSS- UND SCHMIEDEKOMPONENTEN MIT AKUSTISCHER RESONANZANALYSE

Ausgangssituation

Die akustische Resonanzanalyse (ART) ist ein zerstörungsfreies Prüfverfahren, mit dem Serienteile sekundenschnell und fertigungsbegleitend anhand ihrer Eigenfrequenzen oder anderer aus ihrem Eigenschwingungsverhalten abgeleiteter Prüfmerkmale hinsichtlich verschiedener Eigenschaften oder Qualitätsabweichungen bewertet werden können. Das Prinzip der ART beruht darauf, dass die Eigenschwingungen eines Körpers von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden. So spiegeln sich strukturelle Defekte oder unzulässige Geometrieausprägungen im Eigenschwingungsspektrum eines Bauteils wider.

Bedingt durch geringfügige geometrische oder materialspezifische Variationen weisen jedoch auch nominell gleiche Gut-Teile in der Regel unterschiedliche Eigenfrequenzen auf. Die durch unzulässige Bauteilprägungen hervorgerufenen Eigenfrequenzänderungen können durch den Einfluss zulässiger Geometrie- und Materialvariationen überlagert werden, so dass die verlässliche Erkennung qualitativ unzulänglicher Teile anhand gemessener Eigenfrequenzen in der Realität keineswegs trivial ist. Die Detektion fehlerhafter Komponenten setzt daher eine geeignete Methodik voraus, mit welcher zwischen Fehlereinflüssen und tolerierbaren Bauteilvariationen unterschieden bzw. der Einfluss zulässiger Variationen auf die akustischen Prüfmerkmale kompensiert werden kann.

Aufgabenstellung und Durchführung

Im Rahmen eines aktuellen Forschungsprojekts werden Untersuchungen zur Eigenfrequenz-basierten Erkennung von Teilen mit unzulässigen Geometrieabweichungen (Geometriefehler) durchgeführt. Die Arbeiten zielen auf ur- oder umgeformte Serienteile ab, deren Eigenfrequenzen sowohl von tolerierbaren Bauteilvariationen als auch von Geometriefehlern beeinflusst werden können. Die gemessenen Eigenfrequenzen von realen, geometrisch komplexen Serienteilen unterliegen jedoch zahlreichen Einflüssen. Daher

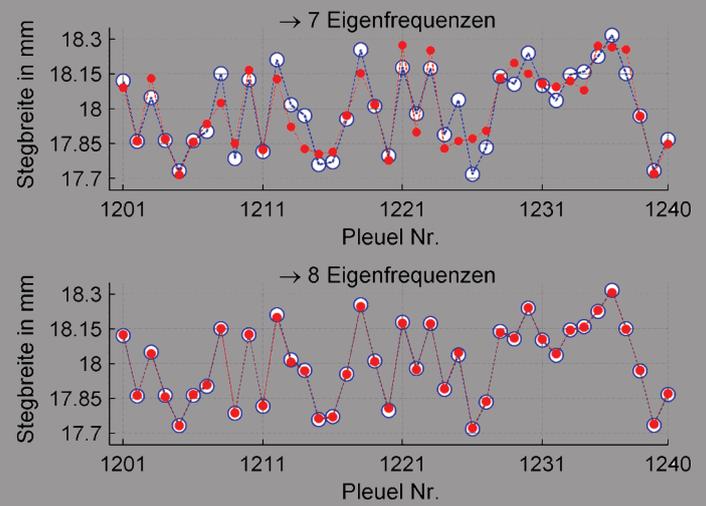
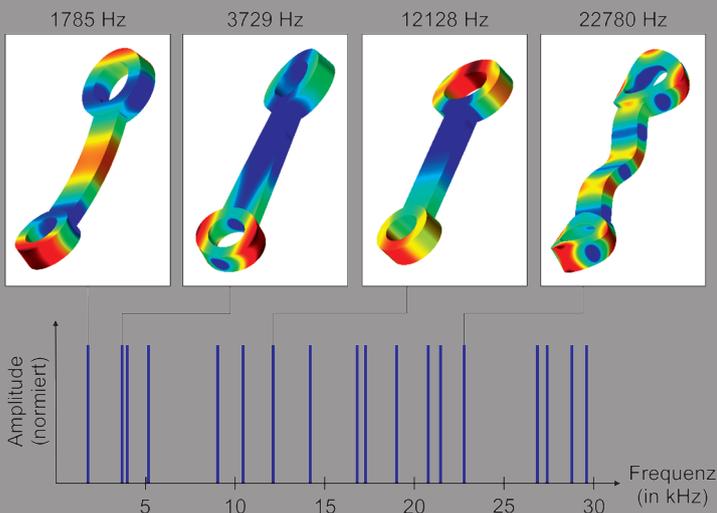
wurden im ersten Projektdrittel vereinfachte Pleuelstangen mit acht unabhängigen Geometrieparametern betrachtet; weiterhin erfolgten die Untersuchungen zunächst anhand simulierter Daten.

In einem ersten Schritt wurden die Ist-Abmessungen von insgesamt 1800 Pleuelstangen mit Hilfe normal-verteilter Zufallszahlen festgelegt. Mit Finite-Elemente-Berechnungen konnten anschließend 18 geometrieabhängige Eigenschwingungsformen sowie die zugehörigen Eigenfrequenzen der Teile bis jeweils 30 kHz bestimmt werden. Im nächsten Schritt wurde für jeden Geometrieparameter mittels multipler Regressionsanalyse ein linearer Zusammenhang zwischen den Abmessungen und den Eigenfrequenzen bestimmt. Diese Kalibrierung erfolgte anhand der ersten 1200 Teile. Die Abmessungen der verbliebenen 600 Pleuelstangen wurden letztlich unter Berücksichtigung ihrer Eigenfrequenzen abgeschätzt. Dazu wurden die zuvor ermittelten Geometrie-Eigenfrequenz-Zusammenhänge genutzt. Somit wurde analysiert, inwiefern die Eigenfrequenzen eines Teils einen Rückschluss auf seine exakte Ist-Geometrie und damit auf eventuell vorhandene Geometriefehler ermöglichen.

Ergebnisse

In der linken Abbildung sind einige Schwingungsformen einer Pleuelstange veranschaulicht, wobei sich die angegebenen Eigenfrequenzwerte auf ein Teil mit Nennabmessungen beziehen.

Unter Berücksichtigung der 18 niedrigsten Eigenfrequenzen führte die Geometrieabschätzung für sämtliche Abmessungen aller 600 Teile zu Schätzwerten, die nur geringfügig von den Ist-Abmessungen abweichen. Weiterhin zeigte sich, dass die Qualität der Schätzwerte wie erwartet vom Geometrieparameter sowie von der Anzahl der berücksichtigten Eigenfrequenzen abhängt. Für die Stegbreite wurden bereits bei Verwendung der ersten acht der insgesamt 18 ermittelten Eigenfrequenzen sehr gute Resultate erzielt (siehe rechte Abbildung).



Eigenfrequenzspektrum und Eigenschwingungsformen eines Pleuels (links), Vergleich von Ist-Abmessungen (blau) und Geometrie-Schätzwerten (rot) (rechts)

Die Untersuchungen verdeutlichen, dass die Zusammenhänge zwischen Geometrie und Eigenfrequenzen sinnvoll beschrieben werden können. Dies ist die Voraussetzung dafür, dass eine eigenfrequenzbasierte Erkennung von Geometriefehlern auf reale Serienteile übertragen werden kann.

Ihr Vorteil

Die ART bietet einige charakteristische Vorteile gegenüber anderen Volumenprüfverfahren, beispielsweise die sekundenschnelle und fertigungsbegleitende Prüfbarkeit des gesamten Bauteilvolumens hinsichtlich verschiedener Eigenschaften oder Qualitätsabweichungen. Die laufenden Forschungstätigkeiten sollen das Anwendungsspektrum der ART zukünftig um die verlässliche Detektion geometrisch unzulässiger Serienteile erweitern. Darüber hinaus soll die entwickelte Methodik langfristig dazu genutzt werden, eine signifikant verbesserte Prüfaussage auch für weitere Prüfaufgaben (z. B. Erkennung von Rissen oder Lunkern mittels ART) zu ermöglichen und dadurch die prüfproblemspezifische Defektnachweisgrenze zu optimieren. Dies soll mit Hilfe einer teilweisen Kompensation der bauteilabhängigen Störeinflüsse erreicht werden, so dass Defekte bzw. deren Auswirkungen auf das Eigenschwingungsverhalten eines Teils einfacher und zuverlässiger erkannt werden können.

Projektpartner

htw saar (Projekt MERKUR), RTE Akustik + Prüftechnik GmbH, SHW Automotive GmbH. Das Projekt MERKUR wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03FH029PX4 gefördert.

Ansprechpartner

Matthias Heinrich, M.Eng.
+49 681 9302 3638
matthias.heinrich@izfp.fraunhofer.de

Abstract

Acoustic resonance analysis (ART) is a nondestructive inspection method for analyzing series production components in a matter of seconds by measuring the structure's resonance frequency or other vibration behavior to determine various characteristics or quality deviations. This method is based on the principle that the eigenfrequencies of an object are influenced by various factors such as defects or geometric anomalies which are reflected in the structure's frequency spectrum.

Due to minor geometric or material-specific variations however, even components of nominally equal quality usually exhibit different eigenfrequencies. The frequency changes caused by unacceptable component characteristics can be superimposed by the influence of acceptable geometric and material variations, so that detecting components of insufficient quality by measuring their eigenfrequencies is in no way a trivial task.

As part of a current project, researchers are exploring the detection of unacceptable geometric deviations (faults) based on an analysis of the component's resonance frequencies. The activities target casted or reshaped series production parts whose eigenfrequencies can be influenced by tolerable construction variations or geometric defects. To date, the analysis has been carried out with simulated data to determine to what extent the resonance frequencies provide conclusions about the actual geometric characteristics and thus possible defects. The method will eventually be transferred to a real production environment.

OBERFLÄCHENRISSPRÜFUNG AN EISENBAHNRÄDERN UND -SCHIENEN MIT INDUKTIVER THERMOGRAPHIE

Ausgangssituation

Nach aktuellem Stand werden Eisenbahnräder zum Nachweis von Oberflächen- und oberflächennahen Fehlern nach DIN EN 13262 mit dem aufwändigen Magnetpulververfahren geprüft. Bei dieser Methode werden fluoreszierende Prüfmittel (Magnetpulver-Suspensionen) benötigt, welche Reinigungs- und Entsorgungskosten nach sich ziehen. Die Industrie sucht daher nach neuen Prüfmethoden, welche ohne Prüfmittel auskommen, kontaktlos arbeiten und ein großes Automatisierungspotential bieten. Schließlich trägt die Automatisierung der Prüfung wesentlich zu einer wirtschaftlichen Fertigung und Instandhaltung bei und gewährleistet eine objektive und vollständig dokumentierte Prüfaussage.

Aufgabenstellung und Durchführung

Die induktiv angeregte Thermographie setzt das Bahnrad kurzzeitig einem elektromagnetischen Wechselfeld aus, wodurch im zu prüfenden Werkstoff Wirbelströme induziert werden, die von Fehlstellen in ihrer Ausbreitung gestört werden. Im Zusammenspiel mit den daraus entstehenden Wärmeströmen lassen sich diese Fehlstellen somit nachweisen.

Das Verfahren liefert ohne Aufbringen von Prüfmitteln oder Koppelmedien zuverlässige Ergebnisse, sowohl an reflektierenden wie auch an unbehandelten Oberflächen, die Flugrost oder ähnliche Verunreinigungen aufweisen. Dies gilt sowohl für den Nachweis von natürlichen Oberflächenrissen, als auch für verdeckte Strukturen. Im Vergleich zur Magnetpulverprüfung ergibt sich eine geringere Scheinanzeigenrate.

In der Vergangenheit wurde am Fraunhofer IZFP mit Hochdruck an der Weiterentwicklung eines voll automatisierten, induktiv angeregten thermographischen Prüfsystems für die Detektion von Oberflächenrissen in metallischen Komponenten gearbeitet (Abbildung links). Um eine hundertprozentige Prüfung der gesamten

Bahnradoberfläche zu gewährleisten, wurden die Infrarotkamera und die Induktionsspule zur Handhabung an ein Robotik-System adaptiert. Für die exakte Positionierung des Eisenbahnrades ist ein steuerbarer Rotationstisch entwickelt und implementiert worden. Überdies ist eine flexible Prüfsoftware entstanden, die alle Komponenten zu einem Gesamtsystem koppelt und steuert.

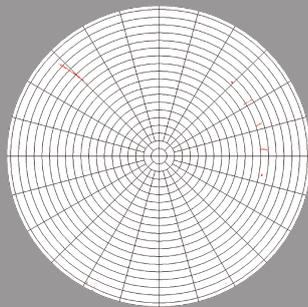
Eine geschickte Kombination aus intelligenten Signal- und Bildverarbeitungsalgorithmen in Verbindung mit thermographischen Auswertelgorithmen ermöglicht darüber hinaus eine automatische und robuste Fehlererkennung (Abbildung Mitte). Über die Möglichkeiten der visuellen Prüfung hinaus enthält der Zeitverlauf der thermischen Bilder zusätzlich Informationen über die Fehlertiefenlage.

Bei einem weiteren, sehr interessanten Anwendungsgebiet im Bereich Schienenverkehr wurde die induktiv angeregte Thermographie genutzt, um Oberflächenfehler in Schienen vom fahrenden Prüfzug aus nachzuweisen. Spätestens seit dem Eisenbahnunglück im Jahr 2000 in Hatfield, UK, sind die Auswirkungen von Schienenermüdung durch den Rollkontakt allgemein bekannt geworden. Es treten u. a. rissartige Fehler (z. B. sog. »squats«) auf, die meist schräg von der Oberfläche in den Schienenkopf einlaufen. Für diese Prüfaufgabe sind hochentwickelte Prüfzüge mit Wirbelstrom- und Ultraschalltechniken bereits seit langem im Einsatz.

Nach Vorarbeiten im Labor und umfangreichen Simulationen wurde das Messsystem des Fraunhofer IZFP für die Verwendung in einem Prüfwagen der RWTH Aachen weiterentwickelt und adaptiert. Eine Infrarotkamera und ein Induktor waren dazu wie in der rechten Abbildung dargestellt, unter dem Prüfwagen nahe zur Schienenoberfläche montiert.

Da die Schienen im Prüfcenter in weitgehend perfektem Zustand sind, wurde ein bekannt fehlerbehaftetes Schienenstück in geringem Abstand parallel und in gleicher Höhe zur Fahrschiene montiert. Induktor und Kamera waren entsprechend seitlich verschoben.

Eine thermographische Fehleranzeige eines schräg einlaufenden natürlichen Oberflächenfehlers, die bei einer Prüfzuggeschwindigkeit



Induktiv angeregte Thermographie mit Roboter (links), Automatische Fehlererkennung, Ergebnis (Mitte), Prüfwagen der RWTH Aachen mit IR-Kamera und Induktor (rechts)

von 2 km/h aufgezeichnet wurde, ist in der unteren Abbildung dargestellt. Der thermische Risskontrast ist deutlich zu erkennen. Es wurden Messungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten des Prüfzuges durchgeführt. Der Risskontrast nimmt mit der Geschwindigkeit ab. Bei einer Geschwindigkeit von 15 km/h war er aber noch gut nachweisbar.

Ergebnisse

Im Gegensatz zu anderen zerstörungsfreien Prüfverfahren wird der Rissverlauf im Thermographiebild abgebildet. Ein detektierter Fehler kann so zusätzlich charakterisiert werden. Verbesserungen bei der Konstruktion des Induktors und die Verwendung von Kameras mit höheren Bildaufnahmeraten und kürzeren Integrationszeiten lassen auch Prüfgeschwindigkeiten um 80 km/h möglich erscheinen.

Projektpartner

Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Sergey Lugin
+49 681 9302 3702
sergey.lugin@izfp.fraunhofer.de

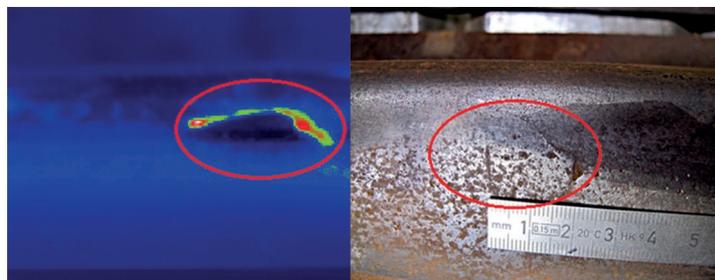
Dr. rer. nat. Udo Netzelmann
+49 681 9302 3873
udo.netzelmann@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Ehlen
+49 681 9302 3615
andreas.ehlen@izfp.fraunhofer.de

Abstract

Today, rail wheels are inspected for surface and near-surface defects in line with DIN EN13262 using the costly magnetic particle technique. The method requires a fluorescent magnetic particle suspension that entails cleaning and disposal costs. The industry is thus seeking new contactless inspection methods with significant automation potential, which can be performed without a medium. In the long run, inspections's automation leads to cost-effective manufacturing and maintenance processes and ensures objective and complete documentation of the inspection results.

With the thermo-inductive inspection method, the rail wheel is subjected to short electromagnetic heating pulses, which induce eddy currents in the material. Irregularities in the surface of the material cause anomalies in the temperature distribution that can be detected with an infrared camera.



Vergleich thermographisches und optisches Bild

3MAX8-Sensor

Type
Unit No.
Serial No.
Date of M.

Fraunhofer IZFP
Campus E3 1 66123 saarbrücken

3MAX8
G 0 02 008 5
SN 1 0 05 3
2015

Made in

MATERIAL- CHARAKTERISIERUNG

Profil

Die Abteilung »Materialcharakterisierung« befasst sich mit der Entwicklung innovativer Prüfverfahren zur Bestimmung von Werkstoffeigenschaften insbesondere für die Entwicklung und Erforschung von Werkstoffen, Legierungen und Materialien. Unsere Kompetenzen finden aber auch Anwendungen in weiteren Feldern des gesamten Produktlebenszyklus (PLZ) und ermöglichen damit abteilungsübergreifend eine enge Zusammenarbeit am gesamten Institut. Aktuelle Schwerpunkte der Methodik für Materialcharakterisierung liegen institutsweit bei Themen wie Halbzeuge, Bauteile und Komponenten aber auch dem Recycling und den damit verbundenen materialbezogenen Fragestellungen. Materialverständnis, Mess- und Sensortechnik sowie Signal- und Datenverarbeitung sind unsere Stärken. Die Arbeitsgebiete der Abteilung erstrecken sich von den Grundlagen über Machbarkeitsstudien bis hin zur Entwicklung von Produktdemonstratoren.

Entwicklungsschwerpunkte

Die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der Abteilung betrifft vorwiegend mikromagnetische Verfahren sowie magnetische Streuflussprüfung und Ultraschall-, Mikrowellen/Terahertz- und Wirbelstromverfahren.

Die mikromagnetischen Verfahren, z. B. 3MA, nutzen Analogien zwischen Magnetisierungs- und mechanischem Verhalten ferromagnetischer Materialien, die jeweils auf die Mikrostruktur zurückgeführt werden können. Durch diese Analogien ist es möglich, anhand zerstörungsfrei messbarer magnetischer Kenngrößen indirekt beispielsweise Härte, Festigkeit oder Eigenspannungen zu

bestimmen – nach entsprechender Kalibrierung auch quantitativ. Die Abteilung befasst sich mit der stetigen Weiterentwicklung dieser Ansätze im Hinblick auf Robustheit der Sensorik, Vereinfachung der Kalibrierprozeduren, Messgenauigkeit und -geschwindigkeit.

Mit dem magnetischen Streuflussverfahren sind bereits kleinste Oberflächenrisse in ferromagnetischen Materialien erkennbar. Ermöglicht wird dies durch Streufelder, die sich an der Ungänze bilden und mit hochempfindlichen Magnetfeldsonden nachgewiesen werden können. Größere Fehler, beispielsweise Korrosionsschäden, lassen sich sogar durch Wandstärken von mehreren Millimetern hindurch verdeckt detektieren. Querschnittsminderungen oder Risse von Bewehrungs- und Spannstählen in Beton sind unter einer Betonüberdeckung von mehreren Zentimetern auffindbar. Da bei der Anwendung des Verfahrens meist ein Bild der Streufeldverteilung im Flächenscan aufgenommen wird, ist eine elektronische Dokumentation des Befunds gewährleistet.

Ultraschallverfahren zählen zu den bekanntesten zerstörungsfreien Prüfverfahren: Im Kontext der Materialcharakterisierung werden innovative Varianten der Ultraschallprüfung entwickelt, unter deren Einsatz man räumlich exakte Abbildungen der Ungängen erhält und somit eine genaue Bewertung der Fehler und deren Auswirkungen auf das Materialverhalten ermöglicht wird. Darüber hinaus wird die spektrale und statistische Auswertung von Ultraschall-Signalen genutzt, um Porositäten in Faserverbundwerkstoffen zu bestimmen. Die Ultraschall-Laufzeitmessung erlaubt Rückschlüsse auf Spannungen und Textur der Materialien. Unter Einsatz selbst entwickelter elektromagnetischer Ultraschall-(EMUS)-Wandler ist die Ultraschallprüfung auch ohne Koppelmitteleinsatz über geringe Distanzen berührungslos sowie unter hohen Umgebungstemperaturen einsetzbar.



Dr.-Ing. Klaus Szielasko, Leiter Abteilung Materialcharakterisierung

Kunststoffe, Keramik und viele Baustoffe sind mit Mikrowellen- und Terahertzverfahren auf Ungängen, Einschlüsse, Feuchtegehalt und Dicke prüfbar. Die Verfahren beruhen auf der Beeinflussung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in Medien aufgrund der dielektrischen Eigenschaften. Im Scanverfahren lassen sich innere Strukturen, Schichtaufbau und Feuchteinlagerungen erkennen und lokalisieren. Die Terahertz-Prüfung zeichnet sich dabei durch besondere Geschwindigkeit und hohe Ortsauflösung aus. Das Anwendungsspektrum ist vielfältig und erstreckt sich vom Bauwesen bis hin zur kunststoffverarbeitenden Industrie.

Im Falle der Wirbelstromverfahren betrachtet die Abteilung vorwiegend Hochfrequenz- und Mikroskopietechniken, die besondere induktive und/oder kapazitive Sonden erfordern. Hierdurch werden dünne Beschichtungen, kleinste Bauteile, aber auch Kunststoffe und Faserverbundwerkstoffe prüfbar. Wie am Beispiel von Mikromagnetik und elektromagnetischer Ultraschallprüfung aufgezeigt, ist auch eine Verfahrenskombination in vielen Fällen auf technisch vorteilhafte Weise realisierbar, was zu Hybridverfahren führt, die bei verhältnismäßig geringen Mehrkosten erheblich mehr Materialinformation gewinnen.

Ansprechpartner

Abteilungsleiter

Dr.-Ing. Klaus Szielasko
+49 681 9302 3888
klaus.szielasko@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Elektromagnetische Verfahren zur Materialcharakterisierung

Dr.-Ing. Ralf Tschuncky
+49 681 9302 3821
ralf.tschuncky@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiterin Ultraschallverfahren zur Materialcharakterisierung

Dr. rer. nat. Ines Veile
+49 681 9302 3846
ines.veile@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Wirbelstrom-/Mikrowellen-Verfahren zur Materialcharakterisierung

Dr.-Ing. Klaus Szielasko (kommissarisch)
+49 681 9302 3888
klaus.szielasko@izfp.fraunhofer.de

NACHWEIS VON DROSS AN GROSSGUSS-KOMPONENTEN MIT ULTRASCHALL- UND ELEKTROMAGNETISCHEN VERFAHREN

Ausgangssituation

Bei der Herstellung von Großgusskomponenten aus Kugelgraphitguss (GJS) kann es zur Bildung von Dross kommen. Hierbei handelt es sich um nichtmetallische Einschlüsse (oxidische, sulfidische und silikatische Verunreinigungen), die sich meist an oder unmittelbar unter der Gießoberseite ausbilden. Die Dicke einer Drossschicht kann hierbei bis zu mehrere Zentimeter betragen. Da für eine Berechnung der Betriebsfestigkeit eines entsprechenden Bauteils exakte mechanische Kennwerte des vorliegenden Drosses nicht zuverlässig ermittelt werden können, werden industrieseitig komplett drossfreie Bauteile gefordert. Da dies gießtechnisch jedoch nicht gewährleistet werden kann, arbeiten Gießer an der kritischen Bauteiloberseite bisher mit erheblicher Materialzugabe, die anschließend mechanisch abgetragen werden muss. Dies zieht einen hohen Zeit- und Kostenaufwand nach sich. Die Kenntnis der tatsächlichen Dicke der Drossschicht würde den Aufwand bei der Bearbeitung reduzieren, da nur so viel Material abgetragen werden muss, bis der Oberflächenbereich drossfrei ist. Letztlich muss überprüft werden, ob die Oberfläche nach dem Materialabtrag tatsächlich drossfrei ist. Falls die Drossschicht dicker als die Materialzugabe sein sollte, könnte die Oberflächenabtragung eingespart und das Bauteil direkt entsorgt werden.

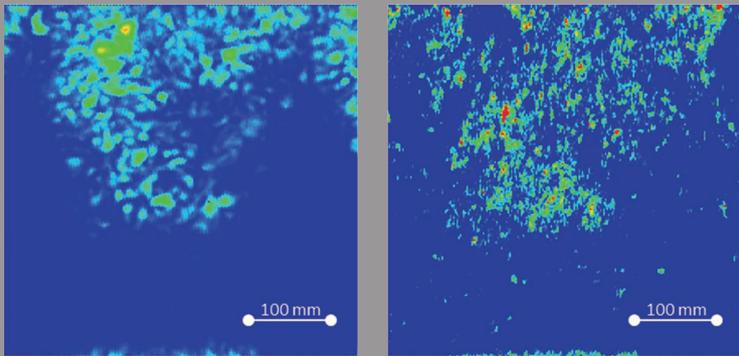
Aufgabenstellung und Durchführung

Im Rahmen eines laufenden, vom BMWi geförderten Forschungsvorhabens werden zerstörungsfreie Prüfmethoden weiterentwickelt und getestet, um Dross zu detektieren, abzubilden und zu charakterisieren. Hierzu soll zum einen die mechanisierte Ultraschallprüfung als Volumenverfahren eingesetzt werden, mit dem Ziel die Dross-Verteilung dreidimensional abzubilden. Zum anderen sollen die sondengestützte magnetische Streuflussprüfung und die Mikromagnetische Multiparameter- Mikrostruktur- und Spannungs-Analyse (3MA) als oberflächensensitives Verfahren eingesetzt werden, um Bauteile auf Drossfreiheit zu überprüfen.

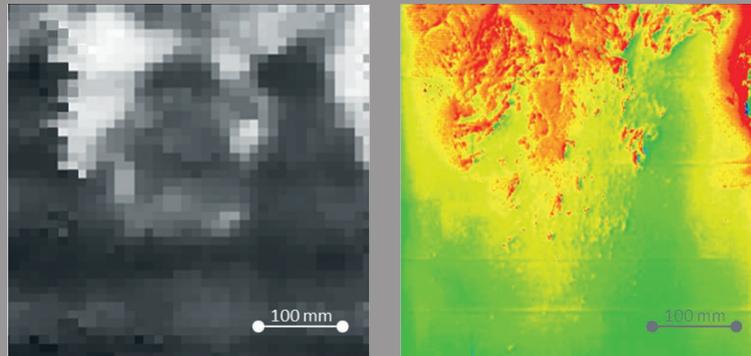
Die Ultraschallprüfung wird bereits zur Detektion von Dross genutzt. Die eingesetzte Prüftechnik nutzt hierbei aus, dass Schallsignale an der Grenzfläche vom Gussgefüge zu Drossbereichen reflektiert und gestreut werden. Beim Einsatz der konventionellen Methode musste die Prüfung bisher jedoch stets von der Dross-Gegenseite erfolgen. Da diese oft nicht zugänglich oder aufgrund von Geometriebedingungen nicht prüftauglich ist, wurde die Ultraschallmethode am Fraunhofer IZFP so optimiert, dass eine direkte Messung an der drossbehafteten Seite möglich ist. Hierzu wurden spezielle Ultraschallprüfköpfe ausgewählt, und die Messdatenerfassung wurde durch eine spezielle Blendenauswahl optimiert.

Die magnetische Streuflussprüfung basiert darauf, dass sich bei Magnetisierung einer drossbehafteten Fläche im Bereich der lokalen Ungängen magnetische Streufelder ausbilden, welche bei der am Fraunhofer IZFP entwickelten sondengestützten Streuflussprüfung mittels hochempfindlicher Magnetfeldsensoren erfasst werden. Hierbei werden die Sensoren mit einer Scan-Vorrichtung über die zu prüfende Oberfläche geführt, wobei die Streufeldsignale digital und ortsabhängig erfasst werden. Die elektromagnetische 3MA-Methode nutzt aus, dass in ferromagnetischen Werkstoffen die Ummagnetisierungsvorgänge mit den mechanisch-technologischen Eigenschaften korrelieren. Sie ermöglicht somit eine Unterscheidung von drossbehafteten und drossfreien Werkstoffbereichen. Die Ummagnetisierung sowie die sensorische Erfassung des Ummagnetisierungsverhaltens erfolgen mit einem Sensor in kompakter Bauform, der zur Erfassung der flächigen Verteilung von Werkstoffzuständen scannend über die Fläche geführt wird.

Zur Erprobung der zerstörungsfreien Prüfmethoden wurden von einem Projektpartner mehrere Gussquader der Größe 500 × 500 × 200 mm (L × B × H) mit unterschiedlicher Ausprägung von Dross bereitgestellt. Mit der konventionellen Ultraschall-Methode wurde die Dross-Gegenseite, mit der speziell angepassten Ultraschallmethode die drossbehaftete Gießoberseite abgescannt. Ebenso wurden die Gießoberseiten (Drossseite) mit der 3MA-Methode und der magnetischen Streuflussmethode vermessen.



Prüfung von der Dross-Gegenseite (links), Prüfung von der Dross-Seite (rechts)



Prüfung mit 3MA (links), Prüfung mit Streulfluss (rechts)

Ergebnisse der Ultraschallprüfung

Ergebnisse

Mit der mechanisierten Ultraschallprüfung konnten an den zur Verfügung gestellten Versuchskörpern die Drossschichten dreidimensional abgebildet und ausgewertet werden. Die Prüfungen von der Dross-Seite zeigen, dass die Messergebnisse mit Ultraschallprüfköpfen, die ein hohes Nahauflösungsvermögen aufweisen, gut mit den konventionellen Ultraschall-Messungen von der Gegenseite übereinstimmen. Auch die mit der magnetischen Streulflussmessung und mit 3MA aufgenommenen Messdaten zeigen bezüglich ihrer flächigen Signalverteilung eine sehr gute Übereinstimmung mit den Ultraschallmessungen. Somit konnte gezeigt werden, dass die eingesetzten Methoden für die Prüfaufgabe prinzipiell geeignet sind. Im weiteren Verlauf des Projektes sind weiterführende Optimierungen der eingesetzten Prüf- und Auswerteverfahren sowie erneute Messungen, auch an realen Bauteilen, geplant.

Ihr Vorteil

Durch den Einsatz der hier vorgestellten Prüfmethoden kann die Bewertung der Drossverteilung deutlich verbessert und somit der Aufwand bei der Nachbearbeitung von Großgussbauteilen erheblich reduziert und optimiert werden.

Projektträger

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Ansprechpartner

Dietmar Bruche	Melanie Kopp
+49 681 9302 3652	+49 681 9302 3841
dietmar.bruche@izfp.fraunhofer.de	melanie.kopp@izfp.fraunhofer.de

Ergebnisse der magnetischen Prüfung

Abstract

When manufacturing large cast components, a centimeters-thick layer of non-metallic inclusions - so-called dross - can form on the surface. Removing this unwanted layer requires costly mechanical post-treatment. Reliable information about the thickness of the layer can help minimize this effort. Furthermore, the surface must then be inspected to determine if it's completely free of dross.

As part of a project funded by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, nondestructive test methods were enhanced and tested in order to detect, represent and characterize dross. The selected method, based on ultrasound technology, was improved so that the amount and distribution of the dross could be revealed even when measuring the dross side of the component. To date, this method could only be used when running the test from the reverse side of the dross layer. Researchers also demonstrated that the dross can be detected in near-surface areas with the help of magnetic flux leakage and 3MA inspection technologies. Several test cuboids with various dross formations were successfully measured.

MOBILE STREUFLUSSPRÜFUNG ZUR DETEKTION VON KORROSIONSSCHÄDEN

Ausgangssituation

Ferromagnetische Komponenten der urbanen und industriellen Infrastruktur (z. B. Bewehrungen in Spannbetonmasten, Rohrleitungen und Behälterwände in chemischen und petrochemischen Anlagen) können an vielen Stellen durch Einwirkung von Feuchtigkeit oder aggressiven Medien von Korrosion betroffen sein. Von besonderer Relevanz sind Lochfraß- und Spannungsrissskorrosion: Lochfraßkorrosion zeigt sich in kleinen Korrosionsstellen bzw. punktförmigen Vertiefungen bis hin zu Löchern in der Oberfläche. Im Falle der Spannungsrissskorrosion bilden sich durch die Kombination von ferromagnetischer Bewehrung, der Spannung auf die Bewehrung und aggressiven Medien Mikrorisse. An Spannbetonmasten können diese Mikrorisse dazu führen, dass die Bewehrung unter Belastung bricht und der Mast unter geringer Last versagt. Beide Arten der Materialschädigung können zum Versagen der Komponenten führen. Dass sich die magnetische Streuflussprüfung (MFL – Magnetic Flux Leakage) zur Detektion rissartiger Defekte in ferromagnetischen Objekten eignet, ist bekannt und erprobt. Je nach Anwendung sind aber sehr starke Magnetfelder erforderlich, um eine ausreichende Magnetisierung auch über größere Distanzen zu erzielen (z. B. mehrere Zentimeter Betonüberdeckung an Spannbetonmasten). Dies erforderte bisher meist starke Magnetisierungseinheiten in Form von Elektromagneten.

Aufgabenstellung und Durchführung

Es besteht Bedarf an Prüfsystemen auf Basis der magnetischen Streuflussprüfung zur Detektion von Korrosionsschäden unter Praxisbedingungen. Eine besondere Anforderung hierbei ist die Miniaturisierung und Mobilität solcher Prüfsysteme, auch im Hinblick auf den Energieverbrauch. Außerdem erleichtert eine einfache Handhabung und Bedienung des Prüfsystems die Messung für den Prüfer vor Ort und erhöht somit das Einsatzpotential solcher Prüfsysteme in der Praxis.

Die magnetische Streuflussprüfung beruht auf dem gleichen physikalischen Effekt, der bei der Magnetpulverprüfung ausgenutzt wird: Ein homogenes magnetisiertes Bauteil führt den magnetischen Fluss. An Unterbrechungen der Oberfläche bilden sich zusätzliche Magnetpole, die ein magnetisches Streufeld hervorrufen. Mittels moderner rauscharmer Magnetfeldsensoren ist es möglich, die magnetischen Streufelder messtechnisch zu erfassen. Basierend auf der magnetischen Streuflussprüfung wurden zwei mobil einsetzbare Prüfsysteme entwickelt.

Zur Bewertung der Spannbetonmasten wurde das Prüfsystem BetoFlux entwickelt, ein im Durchmesser stufenlos bis hin zu ebenen Flächen verstellbares System auf Basis der magnetischen Streuflussprüfung. Die Magnetisierung erfolgt über eine speziell für diesen Anwendungsfall ausgelegte Permanentmagnet-Joch-Anordnung im Gehäuse; zur Erfassung des Streufeldes wurden 32 Magnetfeldsensoren in einer 20 cm langen Sensorzeile integriert. Die Energieversorgung und Datenübertragung erfolgt via USB mittels eines Messrechners.

Zur Bewertung von Rohrleitungen und Behälterwänden in chemischen und petrochemischen Anlagen wurde das Prüfsystem PipeFlux entwickelt. Das dem Rohrdurchmesser anpassbare System lässt sich sogar an ebenen Flächen einsetzen. Die Magnetisierung erfolgt ebenfalls über eine Permanentmagnet-Joch-Anordnung, welche jedoch nicht im Gehäuse platziert ist. Anders das BetoFlux-System ist der PipeFlux für die Anwendung an vollflächigen ferromagnetischen Komponenten ohne Betonanteile etc. geeignet. Dadurch ist eine höhere Magnetisierung notwendig, was durch eine stärkere Permanentmagnet-Joch-Anordnung realisiert wird. Aus Gewichtsgründen stellen Gehäuse und Magnetisierung eine Einheit dar. Zur Erfassung des Streufeldes wurden 80 Magnetfeldsensoren in einer 20 cm langen Sensorzeile integriert. Die Versorgung erfolgt über einen Lithium-Ionen-Akku, die Datenübertragung kabellos via Bluetooth.



Lochfraßkorrosionsschäden an Rohren (links), Prüfsystem PipeFlux (rechts)

Die entwickelten Softwaremodule dieser Prüfsysteme verfügen über Filter, welche diverse Ergebnisdarstellungen hinsichtlich Fehlerlokalisierung und -bewertung erlauben.

Ergebnisse

Die entwickelten Prüfsysteme erlauben deutliche Anzeigen von Korrosionsschäden. BetoFlux detektiert Fehler zuverlässig ab Risstiefen von ca. 25 Prozent des Spannstahlquerschnitts. Dies konnte unter anderem im Rahmen einer POD-Analyse (POD = Probability Of Detection) bestätigt werden. PipeFlux detektiert lochfraßähnliche Fehlstellen (Ersatzfehler Kugelkalotte) ab einem Durchmesser von 2 mm und einer Tiefe von 10 Prozent des Blechquerschnitts auf der sensorzugewandten Seite.

Ihr Vorteil

Der wesentliche Fortschritt dieser Prüfsysteme besteht in deren Miniaturisierung, Mobilität und Flexibilität im Anwendungsfall. Beide Systeme erlauben flexible Prüfabläufe inkl. Bearbeitung und Dokumentation der Ergebnisse vor Ort. Die Notwendigkeit einer Energieversorgung vor Ort besteht nicht.

Projektpartner

ZWP Anlagenrevision GmbH

Ansprechpartner

Sargon Youssef, M.Sc.
+49 681 9302 3997
sargon.youssef@izfp.fraunhofer.de

Abstract

Ferromagnetic components found in urban and industrial infrastructures, such as reinforcements in concrete masts or pipes and tank walls in chemical and petrochemical systems, can be impacted by corrosion at many spots due to humidity and/or aggressive substances. Particularly relevant is pitting and stress corrosion.

Pitting corrosion manifests itself in small corrosion spots, punctiform cavities or even holes in the surface. In the case of stress corrosion, the combination of stress on the ferromagnetic reinforcements and aggressive media causes microfractures in the material. In concrete masts, the microfractures can bring the reinforcements to break when put under stress, ultimately causing the mast to fail under a low load. Both types of material damage can lead to failure of the components, thus causing production downtime, as well as considerable environmental and material damage or personal injuries. Although detecting and analyzing the extent of corrosion in such components is a difficult task, it's also essential for safe and reliable operation.

There is thus a demand for magnetic flux inspection systems capable of detecting corrosion damage under real conditions. What makes such systems unique is the need for miniaturization and portability, especially when it comes to energy consumption. Furthermore, an inspection system that is easy to handle and operate simplifies the on-site activities of the inspector, thus increasing their application potential.

Geborstene Bewehrungsüberdeckung



ZUSTANDSÜBERWACHUNG UND LEBENSDAUERMANAGEMENT

ZUSTANDSÜBERWACHUNG UND LEBENSDAUERMANAGEMENT

Profil

Im Bereich der Inspektion, speziell hinsichtlich des Monitorings von Strukturen im Betrieb bzw. während der Wartung, beschäftigt sich das Fraunhofer IZFP schwerpunktmäßig mit der Entwicklung von Methoden und Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) zur Zustandsüberwachung und -bewertung inkl. Lebensdauermanagement.

Dies umfasst Prüfverfahren für die Wartung und Instandhaltung von Bauteilen, neue Prüfkonzpte inklusive Condition Monitoring zur zustandsbasierten Inspektion bis hin zur zerstörungsfreien Charakterisierung von Werkstoffen für das Recycling. Insbesondere die letztgenannte Kompetenz hat neben dem spezifischen Anwendungsfeld in der Wertstoffrückgewinnung auch ein enormes Potenzial in der gesamten Materialforschung und ermöglicht deshalb eine enge wissenschaftlich/strategische FuE-Kooperation abteilungsübergreifend innerhalb des gesamten Instituts.

Dabei werden ZfP-Verfahren wie Ultraschall, Elektromagnetik, Wirbelstrom, Röntgen, Mikrowelle und Thermographie und deren Kombination im Sinne multimodaler ZfP betrachtet. Darauf basierend werden Prüfkonzpte sowie Labormuster und Prototypen für die Anwendungsfelder Automobil, Bahn, Luftfahrt, Energietechnik, Infrastruktur entwickelt. Hauptkunden stammen aus den Bereichen Automobil-, Bahn- und Infrastruktur.

Entwicklungsschwerpunkte

Zukünftige Fragestellungen im Bereich Service / Maintenance gehen zunehmend in Richtung der zustandsbasierten Wartung

im Sinne »Predictive Maintenance«, bei der die ZfP-basierte Zustandsüberwachung einen wesentlichen Bestandteil einnimmt.

Besondere Forschungsschwerpunkte liegen in der Entwicklung von Ultraschall-Prüfsystemen, insbesondere von elektromagnetischem Ultraschall (EMUS) als koppelmittelfreiem Verfahren im Hinblick auf geführte Wellen, sowie in der Entwicklung von Computerlaminographie-Verfahren. Diese Verfahren kommen für verschiedene prüftechnische Fragestellungen z. B. aus den Bereichen Bahn- (Radsatzprüfung), Infrastruktur- (Betonprüfung) und Anlagenbereich (Pipelineprüfung) für die Wartung und Diagnose von sicherheitsrelevanten Bauteilen zum Einsatz.

Daran anknüpfend steht die Entwicklung neuer Rekonstruktions- und Bildverarbeitungs-Algorithmen zur Datenbewertung und Datenvisualisierung auch für die Kombination mehrerer ZfP-Methoden für multimodale Prüfverfahren im Mittelpunkt diverser Forschungsaktivitäten.

Die Umsetzung dieser Algorithmen in eine qualitätsgesicherte Prüfsystem-Software im Rahmen industrienaher Prototyp-Anwendungen für eine bessere und einfachere Interpretation von Prüfergebnissen ist Gegenstand eines weiteren Entwicklungsschwerpunkts.

Ein wichtiger Zukunftstrend zeichnet sich im Bereich des »Condition Monitoring«, also in der permanenten Überwachung von Strukturen mit dem Ziel der optimierten Ressourceneffizienz (»Predictive Maintenance«) sowie der Bewertung der Sicherheitsreserven von Bauteilen bzw. Anlagen im Betrieb ab. Dieses Feld gewinnt nicht nur im Energiebereich (neben Kernkraftwerken zunehmend im Bereich der regenerativen und konventionellen Energieerzeugung) oder in der Luftfahrt immer mehr Bedeutung,



Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Herrmann, Leiter der Abteilung Zustandsüberwachung und Lebensdauermanagement

sondern auch im Bahn-, Infrastruktur und Anlagenbereich. Hier steht die Entwicklung von Condition Monitoring-Konzepten auf Basis von ZfP-Methoden mit spezifischer Sensorik und Datenauswertung unter Einbeziehung von vernetzten Datenmanagementstrukturen (z. B. »Industrie 4.0«) im Vordergrund der aktuellen und zukünftigen Arbeiten.

Daran anknüpfend bildet das Lebensdauermanagement auf Basis von lebensdauerbasierten Prüfkonzepten ein neues, weiteres Forschungsfeld für die Zustandsbewertung.

Dabei erlaubt die Verknüpfung der quantitativen ZfP-Prüfgrößen mit Werkstoff-Kennwerten die Bewertung der strukturellen Bauteilintegrität in Bezug auf die Ermüdung und Alterung.

Der Leistungsumfang der Abteilung umfasst Vorstudien und Machbarkeitsanalysen (im Rahmen von Industrieprojekten oder öffentlich geförderten Projekten) sowie Konzeptentwicklung und Aufbau von Prüfsystemen (gemeinsam mit der Abteilung Elektronik für ZfP-Systeme) inklusive deren Implementierung. Die wissenschaftlich fundierte Expertise insbesondere bei ZfP-Methoden wie elektromagnetischem Ultraschall (EMUS), Ultraschall-Sampling-Phased-Array, Röntgen (Computertomographie und -laminographie) und Rekonstruktionsalgorithmen, wird durch zahlreiche Publikationen dokumentiert.

Ansprechpartner

Abteilungsleiter

Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Herrmann
+49 681 9302 3820
hans-georg.herrmann@izfp.fraunhofer.de

Senior Scientist

Dr.-Ing. Michael Maisl
+49 681 9302 3825
michael.maisl@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Systemdesign & EMUS

Dr.-Ing. Frank Niese
+49 681 9302 3921
frank.niese@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiterin Lebensdauermanagement & Ultraschallmethoden

APL Prof. Dr.-Ing. Ute Rabe
+49 681 9302 3863
ute.rabe@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Multimodale Zustandsüberwachung

Dipl.-Phys. Patrick Jäckel
+49 681 9302 3941
patrick.jaekel@izfp.fraunhofer.de

Gruppenleiter Prüfsystem-Software

Wolfgang Schäfer
+49 681 9302 3985
wolfgang.schaefer@izfp.fraunhofer.de

AUROPA – EIN VALIDIERTES PRÜFSYSTEM

Ausgangssituation

Über 30 Jahre kontinuierliche Entwicklungsarbeit hat die **A**utomatische **U**ltraschall-**R**ad-**O**berflächen-**P**rüfanlage AUROPA zu einem zuverlässigen Instrument für den sicheren Schienenschnellverkehr werden lassen. Es dient zum Nachweis von rissartigen Einzelfehlern in der Lauffläche von Eisenbahnradern und liefert zudem den integralen Verschleißzustand der Lauffläche. Es werden Ultraschall-Oberflächenwellen eingesetzt, die die Lauffläche bis zu einer Tiefe von etwa 8 mm abtasten.

Die Ultraschallwandlung erfolgt über EMUS-Prüfköpfe (EMUS – Elektromagnetischer Ultraschall), die in ein Messgleis integriert sind und sogar eine Prüfung im Überrollbetrieb zulassen. Der wesentliche Vorteil dieser Technik liegt darin, dass Rayleigh-Wellen – ein bestimmter Typ von Oberflächenwellen – direkt im Prüfobjekt angeregt und abgegriffen werden können und somit ohne Koppelmittel gearbeitet werden kann. Dadurch kann auch bei niedrigen Umgebungstemperaturen zuverlässig geprüft werden. Zudem kann sich die Oberflächenwelle über mehrere Umläufe praktisch ungestört ausbreiten, was für die Anwendung des Messprinzips von entscheidender Bedeutung ist.

Aufgabenstellung und Durchführung

Die Prüfung der Lauffläche erfolgt mit Ultraschall-Oberflächenwellen (Rayleigh-Wellen), die sich bidirektional, in und entgegen der Uhrzeigerichtung ausbreiten. Sowohl die Anregung als auch der Abgriff der Ultraschallsignale erfolgt über in das Gleis integrierte elektromagnetische Ultraschall-Prüfköpfe (EMUS, siehe Abbildung). Diese Prüftechnik zeichnet sich dadurch aus, dass ohne Koppelmittel gearbeitet werden kann. Dadurch werden zum einen Messungen im Überrollbetrieb ermöglicht, zum anderen können sehr effektiv Rayleigh-Wellen in den Laufflächen erzeugt und detektiert werden. Über Lichtschranken am Gleis wird der Triggerzeitpunkt bestimmt, so dass die Anregung der Rayleigh-Welle genau dann stattfindet,

wenn sich das Rad exakt über dem betreffenden Prüfkopf befindet. Auf jeder Seite sind zwei Prüfköpfe verbaut, die direkt nacheinander zum Einsatz kommen, insgesamt also vier Prüfköpfe, wodurch sich Totzonenbereiche abdecken sowie die Redundanz und damit die Messsicherheit erhöhen lassen.

Im fehlerfreien Fall breiten sich die Ultraschallimpulse während der Kontaktzeit mit dem Prüfkopf mehrere Umläufe auf der Radlauffläche in und entgegen der Uhrzeigerichtung aus. Im A-Bild existieren dann nur die Umlaufsignale. Trifft dagegen der Ultraschallimpuls auf einen Riss mit einer radial-axialen Ausrichtungskomponente wird ein Teil der Ultraschallenergie reflektiert. Diese Echosignale können abgegriffen werden und bilden zusätzliche Anzeigen zwischen den Umlaufsignalen.

Um nachzuweisen, wie erfolgreich in der Summe alle Weiterentwicklungen des Systems bisher waren, wurde AUROPA anschließend einer umfangreichen Validierungsprozedur unterzogen. Dazu wurde ein Testfehlerkatalog aufgestellt. Die Testfehler wurden als axiale Nuten in die neuprofilerte Lauffläche eingebracht. Pro Rad wurde jeweils nur ein einziger Testfehler eingefräst, damit die Fehlerechos eindeutig den Fehlern zugeordnet werden können.

Die Messung wurde so durchgeführt, dass jeder Testfehler mit 24 unterschiedlichen Umfangspositionen relativ zum Prüfkopf erfasst werden konnte. Insgesamt wurden dazu über 6700 Einzelmessungen durchgeführt. Die Fehleranzeigen wurden erfasst und in Testfehlergruppen zusammengestellt. Daraus lässt sich die Amplitudenverteilung zu dem jeweiligen Fehlerparameter ableiten. Diese Verteilung dient als Eingangsgröße für eine POD-Berechnung (Probability of Detection). In der Abbildung ist exemplarisch eine POD-Kurve für eine 3 mm tiefe Quernut mit variabler Länge dargestellt. Bei der Auswertung der a90/95- bzw. der a95/95-Werte wurden unterschiedliche untere Schwellen zugrunde gelegt, die verschiedene Störhintergründe und damit verschiedene Betriebszenarien nachstellen. Neben ungestörten Labormessungen wurden auch ein mittlerer Störpegel, wie er beispielsweise durch einen ICE verursacht wird, und ein hoher Störpegel (wie er bei der DB-Baureihe 101 auftritt) ausgewertet.



Moderne Ausführungsform eines AUROPA-Inspektionsgleises (links), Eisenbahnrad auf EMUS-Prüfkopf im Überrollbetrieb (rechts)

Ergebnisse

Die in den vergangenen Jahren durchgeführten Weiterentwicklungen haben AUROPA zu einem zuverlässigen Messmittel für die Untersuchung der Lauffläche gemacht. Insbesondere die Arbeiten zur Signalaufbereitung (z. B. digitale Entstörung) und zur sicheren Detektion von Fehleranzeigen im A-Bild haben zu dem Ergebnis beigetragen. Durch die anschließende Validierungsprozedur wurde die Tauglichkeit als Prüfmittel nachgewiesen.

Im Labor lässt sich somit eine Quernut mit 10,3 mm Länge und 3 mm Tiefe mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit und einem 2σ -Vertrauensintervall nachweisen. Selbst im stark gestörten Fall kann eine 25 mm lange Nut gleicher Tiefe sogar mit 95 Prozent Wahrscheinlichkeit sicher detektiert werden.

Projektpartner

Hegenscheidt-MFD GmbH & Co. KG, Erkelenz

Ansprechpartner

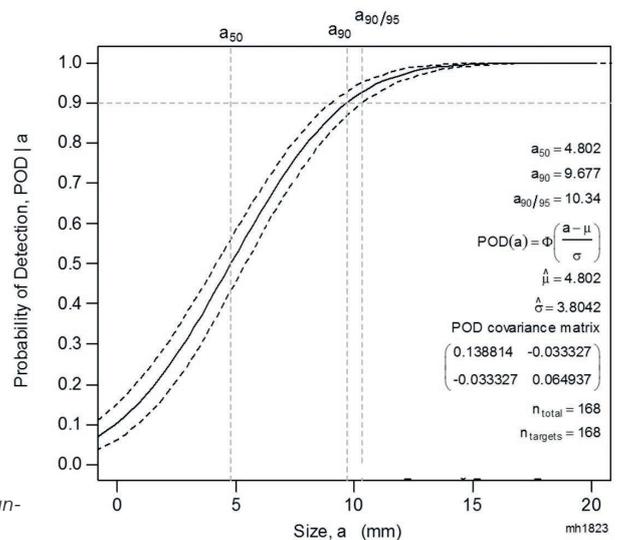
Dr.-Ing. Frank Niese
+49 681 9302 3921
frank.niese@izfp.fraunhofer.de

POD-Kurve der Testfehlerlänge bei einer Testfehlertiefe von 3 mm und einer unteren Schwelle, die dem Störhintergrund im Labor entspricht.

Abstract

Thanks to 30 years of continuous development, the AUROPA system has evolved into a reliable test instrument for high-speed rail systems. The system is designed for detecting individual fractures and measuring attrition on the contact surface of rail wheels. AUROPA relies on ultrasound surface waves that scan the contact surface to a depth of around 8 mm.

An electromagnetic ultrasound probe integrated into the measurement track even allows measurements with the wheels in motion. The key advantage of this technology is the fact that Rayleigh waves can be induced and captured directly in the test object, eliminating the need to use couplants. That means reliable measurements are possible even at low temperatures. In addition, the surface waves can propagate over multiple cycles, essentially without interruption, a key factor in utilizing this measurement principle.



ULTRASCHALLUNTERSUCHUNG DER ALTERUNG VON MECHANISCH UND KLIMATISCH BELASTETEN KLEBVERBUNDEN

Ausgangssituation

Kleben gewinnt als Fügeverfahren insbesondere im Leichtbau zunehmend an Bedeutung. Klebverbindungen können im praktischen Einsatz Kombinationen von mechanischer Last und Umwelteinflüssen ausgesetzt sein, die mit den heute standardisierten Methoden der Versagensanalyse und Lebensdauerprognose nicht erfasst werden. In einem Gemeinschaftsprojekt mit der Arbeitsgruppe Werkstoff- und Oberflächentechnik der Universität Kaiserslautern (AWOK), dem Lehrstuhl für Adhäsion und Interphasen in Polymeren (LAIP) der Universität des Saarlandes und dem Fraunhofer IZFP wurde daher das Zusammenwirken von mechanischen und klimatischen Einflüssen bei der Alterung von Klebverbindungen untersucht.

Aufgabenstellung und Durchführung

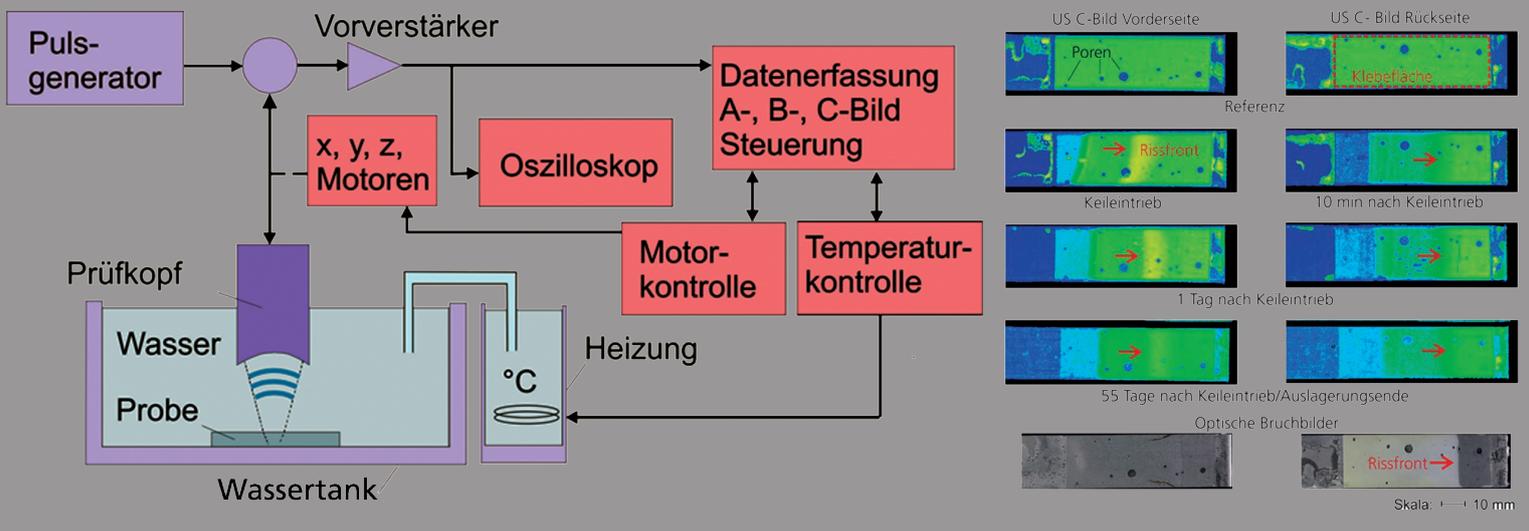
Der Projektpartner AWOK stellte Keilspaltproben, Zugscherproben sowie Zugproben aus reinem Klebstoffmaterial her. Als Substratmaterial wurde rostfreier Stahl gewählt, um Korrosion der Klebpartner zu vermeiden. Mechanische Last wurde in Form von Zug oder durch Keileintrieb aufgebracht. Gleichzeitig wurden die Proben verschiedenen Klimaten ausgesetzt, wie der Freibewitterung, einer Bewitterung in der Klimakammer bei 60 °C in trockener Luft oder einer Immersion in Wasser bei einer Temperatur von 60 °C. Die Belastungsdauer betrug 8 Wochen bis 24 Monate. Neben einem kommerziellen Epoxidharzklebstoff wurden zwei Modellklebstoffe aus Ein- und Zweikomponenten Epoxidharz verwendet. Da kommerzielle Klebstoffe Zusätze enthalten, die eine systematische Bewertung von Forschungsergebnissen erschweren, wurden die Modellklebstoffe aus wenigen Grundstoffen komponiert. Diese erlaubten aufgrund ihrer bekannten Zusammensetzung eine genaue spektroskopische Untersuchung der alterungsbedingten chemischen Veränderungen des Polymernetzwerks.

Bei der zerstörungsfreien Prüfung der Klebschichten sollten herstellungsbedingte Fehler, beispielsweise Poren und alterungsbedingte

Änderungen wie Risse, Delaminationen und Änderungen in den Eigenschaften des Klebstoffvolumens detektiert werden. Besonders die Hochfrequenz-Ultraschallprüfung in Tauchtechnik erwies sich als hierfür geeignet. Zunächst wurden die Klebstoffflächen vor und nach der Alterung abgebildet. Mit fokussierenden Prüfköpfen konnte bei 25 MHz Arbeitsfrequenz eine laterale Auflösung von besser als 1 mm erzielt werden. Kohäsives oder adhäsives Versagen konnte abgebildet und überdies eine Aussage getroffen werden, an welcher Substrateite adhäsives Versagen auftrat. Nach der zerstörungsfreien Prüfung wurden die Proben zerstörend geprüft. Sowohl die optisch gemessene Risslänge auf den geöffneten Bruchflächen als auch die beim Projektpartner LAIP erzielten mikrospektroskopischen Ergebnisse korrelieren sehr gut mit den Ultraschalldaten.

In einem weiteren Teil des Projekts wurden Keilspaltproben während der Alterung mit Ultraschall abgebildet. Um auch während der Alterung bei 60 °C im Wasserbad Messungen durchführen zu können, wurde eine Ultraschallanlage mit Temperaturkontrolle aufgebaut (siehe Abbildung links). Sensoren und eine spezielle Schaltung sorgen dafür, dass die Temperatur im Wasserbad auf einem Sollwert gehalten wird und dass der Wasserpegel im Ultraschallbad konstant bleibt. Bei Betrieb mit Wasser beträgt die maximale Regeltemperatur der Anlage 80 °C. Obwohl spezielle Ultraschall-Sensoren auch noch bei deutlich höheren Temperaturen eingesetzt werden können, waren die verwendeten fokussierenden Prüfköpfe mit hoher Ortsauflösung nicht für Temperaturen bis 80 °C ausgelegt. Diese enthalten Klebschichten und polymere Komponenten, die ebenfalls in warm-feuchtem Klima beschleunigt altern. Die Schallgeschwindigkeiten des Wassers und der Polymere, die akustischen Impedanzen, die Dämpfung und die piezoelektrischen Eigenschaften des Wandlermaterials hängen des Weiteren von der Temperatur ab. Voruntersuchungen zeigten in Summe eine Abnahme der Ultraschall-Signalamplitude mit der Temperatur. Um einen sicheren Dauerbetrieb nahe an der Auslagerungstemperatur der Proben zu gewährleisten, wurden die Messungen bei 40 °C durchgeführt.

Die rechte Abbildung zeigt den Verlauf der Rissentstehung am Beispiel einer Keilspaltprobe mit Zweikomponenten-Modellklebstoff. Zunächst wurde eine Referenzmessung an der ungespalteten Probe



Aufbau der Ultraschallanlage mit Temperaturkontrolle des Wasserbades (links), Ultraschall-C-Bilder und optische Bruchbilder einer Keilspaltprobe (rechts)

durchgeführt. Dann wurde der Keil eingetrieben und die Probe über eine Stunde im Wasserbad kontinuierlich beobachtet. Nach jeder Messung wurde die Probe gewendet, d. h. die Messungen fanden im Wechsel von der Ober- und Unterseite aus statt. Anschließend wurde die Probe bei 60 °C in deionisiertem Wasser im Klimaschrank gelagert und nur für weitere Messungen kurzfristig in die Ultraschallwanne umgelagert. Die zeitlichen Abstände zwischen den Messungen wurden schrittweise vergrößert. Die Ultraschallbilder zeigen die Klebstofffläche, abgebildet von der Oberseite der Probe (linke Spalte) und von der Unterseite der Probe (rechte Spalte) mit zunehmender Alterung (von oben nach unten). In der letzten Zeile ist zum Vergleich das optische Bruchbild gezeigt.

Ergebnisse

Im Gegensatz zur konventionellen zerstörenden Prüfung erlaubt es die Ultraschallprüfung, die Klebschichten zu bewerten, ohne dass sie zerstört werden müssen. Mit Hilfe der Ultraschallbilder kann der Rissverlauf während der Alterung verfolgt werden.

Projektpartner

Projektfinanzierung: IGF-Vorhaben 17458N »Alterungsprogression in Klebverbunden unter komplexer Beanspruchung«, Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)

Ansprechpartner

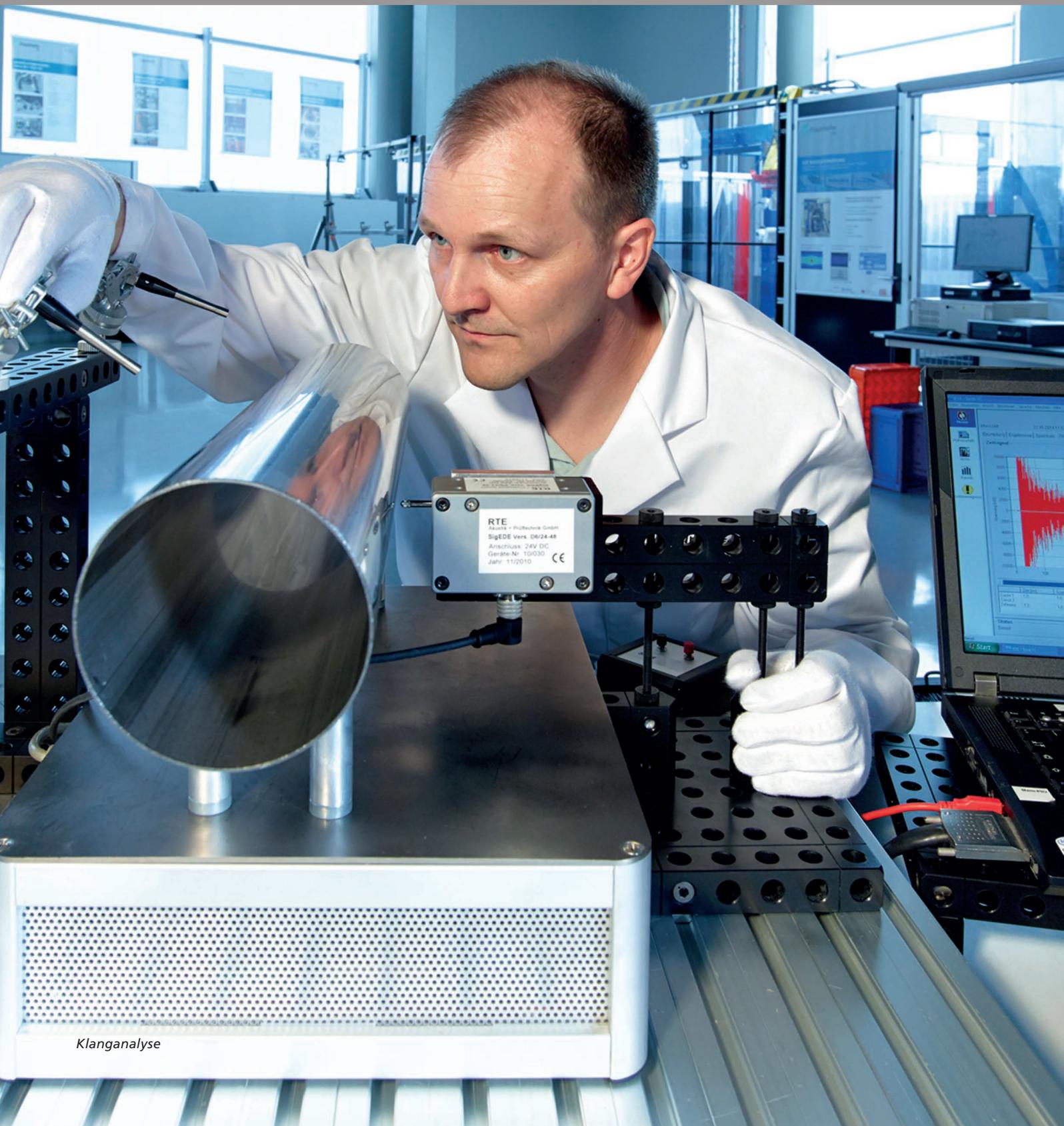
APL Prof. Dr.-Ing. Ute Rabe
+49 681 9302 3863
ute.rabe@izfp.fraunhofer.de

Dr. rer. nat. Udo Netzelmann
+49 681 9302 3873
udo.netzelmann@izfp.fraunhofer.de

Abstract

Bonding is an increasingly important joining technology, especially in lightweight construction. Adhesives can be subjected to a combination of mechanical loads and environmental influences that cannot be assessed with today's standard failure analysis and life cycle prognosis methods. In a joint project that included the Workgroup Materials and Surface Technologies (AWOK) at the University of Kaiserslautern, the Chair for Adhesion and Interphases in Polymers (LAIP) at the University of Saarland and the Fraunhofer Institute for Nondestructive Testing IZFP, researchers produced different types of polymer adhesive samples, subjected them to combined mechanical and climatic loading, and characterized them with ultrasound and destructive and spectroscopic methods before and after the aging process. In another part of the project, wedge test samples were scanned during the aging process with a temperature-controlled ultrasound system. In contrast to conventional destructive inspection methods, ultrasound allows the adhesive layers to be analyzed without damaging them. The images can be used to track the development of the crack front during the aging process.





Klanganalyse

ABTEILUNGSÜBERGREIFENDE FUE-PROJEKTE

SCHNELLE MIKROMAGNETISCHE MATERIAL-CHARAKTERISIERUNG MIT 3MA-X8

Ausgangssituation

Eisen- und Stahlkomponenten sowie Komponenten im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau unterliegen hohen Qualitätsansprüchen. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, ist bereits eine hohe Qualität des Ausgangsmaterials, z. B. bei Grobblechen, erforderlich. Die Homogenität der mechanisch-technologischen Eigenschaften wie der Härte stellt ein wichtiges Qualitätsmerkmal dar. In der zerstörungsfreien Bestimmung dieser Eigenschaften liegt das Hauptaufgabenfeld und die Herausforderung der Mikromagnetik. Bei dieser Methode werden mikromagnetische Effekte in der magnetischen Hysterese und daraus abgeleitete charakteristische Merkmale zur Charakterisierung von Materialeigenschaften ausgenutzt.

Aufgabenstellung und Durchführung

Es sollte eine Prüflösung entwickelt werden, welche die Homogenität der Oberflächenhärte (Härteflecken / Hardspots) von Grobblechtafeln flächendeckend über mehrere Quadratmeter detektiert und mobil einsetzbar ist. Die durch einen Prüfwagen durchgeführten Flächenscans sollten mit Hilfe einer einfachen Kalibrierprozedur eine ortsgenaue Zuordnung der Hardspots in Form von i.O. / n.i.O.-Bereichen in Echtzeit, also während des Messbetriebs liefern. Weitere Rahmenbedingungen der geforderten Prüflösung waren die Mehrkanalfähigkeit und ein einfacher Abgleich der Sensoren untereinander. Zusätzlich sollte das Prüfsystem einen zuverlässigen Messbetrieb unter rauen Umgebungsbedingungen (wie Temperaturschwankungen oder Restmagnetfelder) im Stahlwerk sicherstellen.

Zur Lösung der Aufgabenstellung wurde auf Grundlage des am Fraunhofer IZFP entwickelten 3MA-Ansatzes (Mikromagnetische Multiparameter-, Mikrostruktur- und Spannungs-Analyse) eine Prüflösung erarbeitet: Bei der klassischen 3MA-II-Prüftechnik werden vier mikromagnetische Verfahren mit unterschiedlichen Wechselwirkungsmechanismen und -tiefen kombiniert und somit vielfältige Eigenschaften der magnetischen Hysterese indirekt abgebildet.

Dies erlaubt nach Kalibrierung mit geeigneten Referenzproben und -werten die Separierung von Spannungs- und Gefügeeinflüssen sowie die Unterdrückung von Störeinflüssen.

Das 3MA-X8-Prüfsystem entwickelt den Ansatz der 3MA-Prüftechnik weiter: Robuster Messeinsatz (z. B. in Stahlwerken), einfache Kalibrierprozedur, hohe Messgeschwindigkeit und Unempfindlichkeit des Prüfsystems gegenüber Restmagnetfeldern im Werkstoff stehen nunmehr im Zentrum der Entwicklung. Aufgrund des vereinfachten Aufbaus der Sensoren und der entsprechenden Gerätekonzeption ergeben sich Vorteile hinsichtlich der Reproduzierbarkeit in der Herstellung sowie beim Abgleich der Sensoren. »3MA-X8« bietet eine kostengünstige Möglichkeit zur Anpassung mehrkanaliger mikromagnetischer Prüflösungen an eine spezielle Prüfaufgabe.

Für die beschriebene Prüfaufgabe wurde eine 8-Kanallösung (siehe Abbildung links) aufgebaut, die Echtzeitmessungen unter gleichzeitigem Betrieb aller acht Sensoren erlaubt. Zur Erfassung der Ortsinformation und der Kontrolle der Geschwindigkeit wurde an den Prüfwagen ein Weggeber montiert (Abbildung Mitte). Seitens des Auftraggebers wurden fertige Prüfwagen-Gestelle zur Verfügung gestellt, in die das Fraunhofer IZFP die Geräte- und Sensortechnik integriert hat, so dass eine zügige Fertigstellung des Gesamtsystems möglich war. Zur Kalibrierung kamen Kalibrierbleche mit definiert eingebrachten Härteflecken zum Einsatz. Hierfür wurde der »magnetische Fingerabdruck«, also die Zuordnung magnetischer Kenngrößen zu mechanisch-technologischen Eigenschaften der einzelnen Zustände aufgenommen. Bekannte i.O. / n.i.O.-Zustände, können durch eine manuelle Zuordnung seitens des Prüfers in einer Datenbank vorgegeben werden.

Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung erfolgte in Form einer i.O. (grün) / n.i.O. (orange) Verteilung (Abbildung rechts). Fehlfunktionen der Sensoren, eine unvollständige Kalibrierdatenbank oder eine zu schnelle Bewegung über das Blech werden in roter Farbe auf dem Messteppich dargestellt.



3MA-X8 (links), Sensorzeile des Prüfwagens mit Weggeberrad (Mitte), Ergebnisdarstellung, i.O. - grün / n.i.O. - orange (rechts)

Ihr Vorteil

Der wesentliche Fortschritt der 3MA-X8-Prüftechnik liegt im vereinfachten Prüfkopfaufbau, der hohen Messgeschwindigkeit und der Mehrkanalfähigkeit. Im Gegensatz zu einem 3MA-II-Prüfkopf besteht der 3MA-X8-Prüfkopf lediglich aus den Komponenten Joch und Magnetisierungsspule. Das federnd gelagerte Sensorelement des 3MA-II-Prüfkopfs bestehend aus Hall-Sonde, Wirbelstrom-Sende- und Wirbelstrom- und Barkhausenrausch-Empfangsspule konnte eingespart werden.

Trotz dieser Vereinfachung ist es möglich, drei der vier mikromagnetischen Verfahren des bisherigen 3MA-Ansatzes zu verwenden. Weitere Vorteile ergeben sich im Hinblick auf Herstellungskosten, Robustheit und eine einfachere Abgleichprozedur der Prüfköpfe sowie der Eignung zur Multikanallösung.

Ansprechpartner

Sargon Youssef, M.Sc. (Technischer Ansprechpartner)
+49 681 9302 3997
sargon.youssef@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Christian Conrad
+49 681 9302 5302
christian.conrad@izfp.fraunhofer.de

Martin Schuppmann, M.Sc.
+49 681 9302 3854
martin.schuppmann@izfp.fraunhofer.de

Abstract

Parts made from iron and steel, as well as components in mechanical engineering, plant engineering and automotive construction, are subject to high quality standards. This requires ensuring that the primary materials, such as sheet metal, meet the same quality standards. Uniformity of the mechanical-engineering properties, such as hardness, is a key quality characteristic. The main task and challenge of micromagnetics is the nondestructive analysis of these properties.

As part of an industry contract, IZFP was tasked with developing a portable inspection solution capable of thoroughly inspecting and representing the uniformity of the surface hardness (hard spots) over an area of several square meters.

A robust and cost-effective multichannel inspection solution was created using the 3MA approach (micromagnetic multiparameter-microstructure and stress analysis) developed by IZFP. This so-called 3MA-X8 inspection system provides the opportunity to operate up to eight probes in real-time. It offers other benefits such as simple calibration, fast measuring speed and resistance to residual magnetic fields.

PRAXISTAUGLICHES ULTRASCHALL-MESSVERFAHREN ZUM NACHWEIS NICHTMETALLISCHER EINSCHLÜSSE IN ALUMINIUMSCHMELZE

Ausgangssituation

Der Einsatz von Aluminiumgusswerkstoffen weist in den letzten Jahren, angetrieben durch den zunehmenden Trend zum Leichtbau, eine stark steigende Tendenz auf. Hierbei sind immer dünnere Wanddicken bei höheren mechanischen und thermischen Belastungen zu realisieren, was hohe Anforderungen an die Reinheit der Aluminiumschmelze stellt. Ungängen wie nichtmetallische Einschlüsse werden immer weniger toleriert, wodurch zwecks Kostenersparnis Messverfahren zum Nachweis dieser Einschlüsse bereits in der flüssigen Phase von der Industrie gewünscht werden.

Aufgabenstellung und Durchführung

Aus den zuvor beschriebenen Gründen wird von der Industrie der prozesssichere, kontinuierliche Nachweis von nichtmetallischen Einschlüssen bereits in der Aluminiumschmelze gefordert. Die derzeit verfügbaren Messverfahren eignen sich hierfür nur bedingt. Die Filtrationstechnik (PoDFA, Prefil, Alspek MQ) sowie das sogenannte LiMCA-Messverfahren sind nicht für die betriebliche Praxis in Formgießereien geeignet, da sie die benötigte Kombination von Eigenschaften (hinreichend schnell, sicher, genau, preiswert, handlich sowie ohne Expertenwissen auskommend) nicht aufweisen. Das weiterhin eingesetzte MetalVision-Verfahren, bei dem es sich um ein neu entwickeltes und anhand von Aluminiumschmelzen mit hohem Reinheitsgrad erprobten Messverfahren handelt, zeigt im Langzeittest eine schlechte Reproduzierbarkeit der Messergebnisse. Diesem ultraschallbasierten Messverfahren wird von der Industrie jedoch aufgrund der gemachten Erfahrungen ein hohes Potential attestiert.

Das Fraunhofer IZFP hat zusammen mit dem Institut für Gießertechnik IfG (Düsseldorf) aus diesem Grunde ein Forschungsvorhaben ins Leben gerufen, um den ultraschallbasierten Nachweis von nichtmetallischen Einschlüssen weiter zu optimieren und der Industrie den Weg hinsichtlich eines zuverlässigen, preiswerten und ohne Expertenwissen auskommenden Messverfahrens aufzuzeigen. Seit

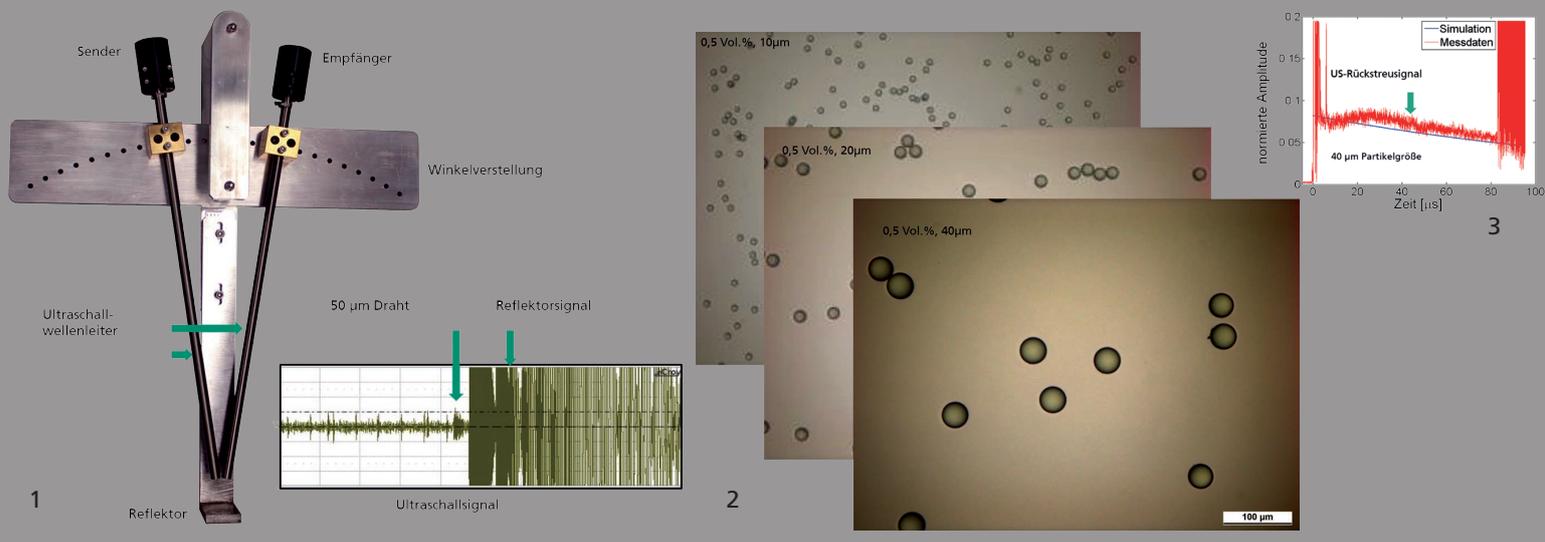
2015 wird das Fraunhofer IZFP von dem Gießerei-Institut der RWTH Aachen unterstützt.

In Versuchsreihen am Fraunhofer IZFP erwies sich die Ultraschallrückstreuungsmessung als geeignetes Messverfahren. Um eine bestmögliche Wechselwirkung zwischen Ultraschallfeld und Partikeln der Verunreinigung zu erzielen, wurde zur Bestimmung der optimalen Prüffrequenz eine Vorausberechnung der Streueffekte durchgeführt sowie ein Modellsystem erarbeitet, welches unter Raumtemperatur einsetzbar ist und die nichtmetallischen Einschlüsse in der flüssigen Aluminiumschmelze realistisch nachstellt. Anhand dieses Modellsystems konnte der Nachweis erbracht werden, dass die geforderten Konzentrationen mittels Ultraschall reproduzierbar und zuverlässig nachgewiesen werden. Derzeit werden diese Ergebnisse auf die flüssige Aluminiumschmelze übertragen, wofür ein Messaufbau entwickelt wurde, welcher den hohen Temperaturen standhält. Unter Einsatz einer Simulation der Ultraschallstreuung kann später die Verunreinigung der Schmelze charakterisiert werden.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt den am Fraunhofer IZFP entwickelten Versuchsaufbau, welcher für die Einkopplung und den Empfang des Ultraschalls in die flüssige Aluminiumschmelze konzipiert und aufgebaut wurde. Dieser besteht aus einem Reflektor und zwei Ultraschallwellenleitern, die den Schall in die ca. 800 °C heiße Schmelze einkoppeln. Einer der Wellenleiter dient dabei als Ultraschallsender, der andere als -empfänger.

Der Reflektor wird als Referenz zur Einstellung des Ultraschallfokus verwendet. In Abbildung 1 ist hierfür ein exemplarisches Ultraschallsignal dargestellt, welches im Wasserbad aufgenommen wurde. Es zeigt das Reflektorsignal sowie die Ultraschallreflektion von einem 50 µm Draht, welcher dicht oberhalb der Reflektorfläche positioniert wurde. Zur Entwicklung der optimalen Wellenleitergeometrie wurde eine Simulation mittels Finite-Elemente-Methode (FEM) eingesetzt. Anhand verschiedener wässriger Modellsuspensionen konnte das theoretisch berechnete Modell experimentell validiert werden. Die



1 – Temperaturfester Messaufbau, 2 – Modellsuspensionen mit verschiedenen Partikelgrößen, 3 – Ultraschall-Signale in Modellsuspensionen (1 Vol. Prozent)

Modellpartikel zeigen eine vergleichbare Ultraschallreflektivität in Wasser wie reale oxidische Verunreinigungen in Aluminiumschmelze.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch einige lichtmikroskopische Aufnahmen verschiedener Modellsysteme, welche aus sphärischen Partikeln mit Größen von 10 bis 40 µm in wässriger Umgebung bestehen. Es wurden Suspensionen mit unterschiedlichen Anteilen an Partikeln ($3,98 \cdot 10^{-5} - 1$ Vol. %) hergestellt, so dass verschiedene Konzentrationen getestet wurden.

In Abbildung 3 wird die gemessene sowie die theoretisch berechnete Ultraschallstreuung an einer Suspension mit 40 µm Partikelgröße dargestellt. Bei 0 sowie 80 µs ist das Einkoppel- sowie das Reflektorecho zu sehen. Dazwischen befindet sich das auszuwertende Ultraschallsignal. Wie zu erkennen ist, stimmen die experimentell bestimmten Ultraschallreflexionsverläufe sehr gut mit den theoretisch vorhergesagten Verläufen überein. Hiermit können später unbekannte Partikelgrößen und -konzentrationen aus den Messungen bestimmt werden.

Projektpartner

IfG (Institut für Gießertechnik gGmbH, Düsseldorf)
Gießerei-Institut (RWTH Aachen)
18 Partner aus der deutschen und internationalen Gießereiindustrie

Ansprechpartner

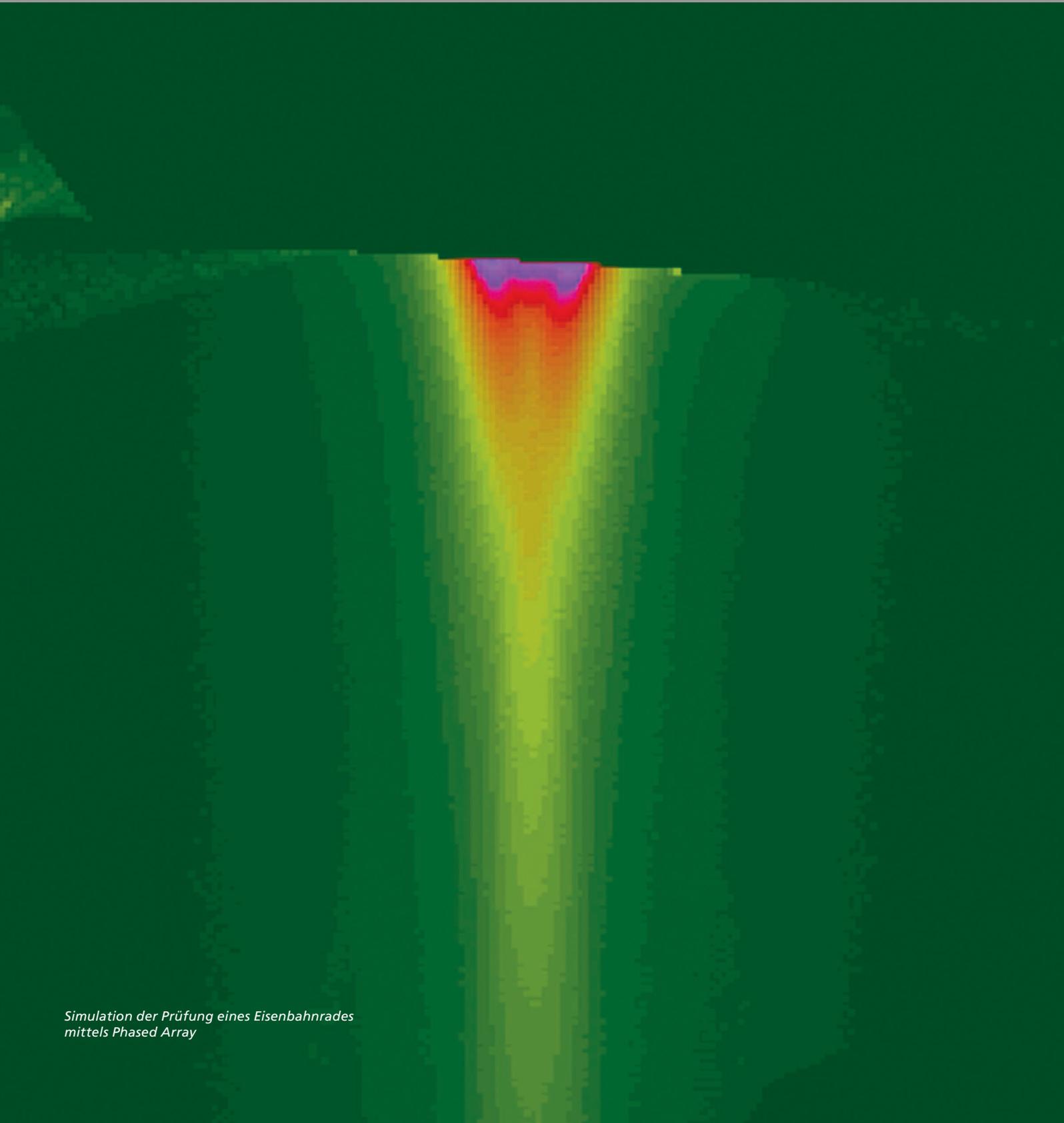
Dr.-Ing. Thomas Waschkies
+49 681 9302 3637
thomas.waschkies@izfp.fraunhofer.de

Miriam Weikert-Müller, M.Sc.
+49 681 9302 3835
miriam.weikert-mueller@izfp.fraunhofer.de

Abstract

The increasing popularity of aluminum materials and the simultaneous demand for better mechanical characteristics and increasingly thinner wall thicknesses to reduce weight makes it necessary to characterize the purity of the materials. Because non-metallic inclusions such as aluminum-oxide particles are being tolerated less and less, Fraunhofer IZFP developed a special process for characterizing these anomalies.

Using ultrasound backscattering as a basis, researchers developed a measurement process that provides more reliable and reproducible results compared to reference systems. Various calculation and simulation methods were utilized to optimize the inspection. The reliability of this approach was verified by means of model suspensions featuring different levels of contamination. A system capable of withstanding the high temperatures was developed in order to carry out the measurements in the melting. The initial tests of the temperature-resistant inspection system in an aluminum melting proved successful. The theoretical model for describing the backscattering processes was verified on the model suspension and will be used at a later point to determine the size and concentration of melting contaminants.



*Simulation der Prüfung eines Eisenbahnrades
mittels Phased Array*

ANHANG

MITARBEIT IN FACHAUSSCHÜSSEN, GREMIEN UND ZEITSCHRIFTEN

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP (Mitgliedschaften des Gesamt-Instituts)

- AMA Fachverband für Sensorik e. V., Wissenschaftsrat
- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
- Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied
- Verein der Deutschen Eisenhüttenleute (VDEh), Werkstoffausschuss, Unterausschuss für ZfP und Messtechnik, Gast
- Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V. (DVM)

Dipl.-Ing. Steffen Bessert

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Fachausschuss »Zerstörungsfreie Prüfung im Eisenbahnwesen«
 - Fachausschuss »Oberflächenrisssprüfung«
- Sektorkomitee »Werkstofftechnik/Materialprüfung« der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS), Berlin, Mitglied

Prof. Dr.-Ing. Christian Boller

- »Encyclopaedia on Structural Health Monitoring«, John Wiley & Sons, 2008, Editor-in-chief
- Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR), Mitglied
- American Institution of Aeronautics and Astronautics (AIAA), Mitglied
- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), kooptiertes Beiratsmitglied
- Journal of Aerospace Sciences and Technologies, Aeronautical Society of India, Redaktionsmitglied
- »European Micro Aerial Vehicle Conference and Flight Competition«, Mitglied des wissenschaftlichen Komitees
- »SPIE Annual International Symposium on Smart Structures and Materials«, Mitglied des Organisationskomitees der Konferenz »Industrial and Commercial Applications of Smart Structures Technologies«
- »International Workshop on Structural Health Monitoring«, Stanford Univ., Stanford/CA, Mitglied des International Scientific Committees seit 1997
- »European Workshop on Structural Health Monitoring«, Mitglied des Scientific Committee seit 2002, Vorsitz seit 2012
- »Smart Materials and Structures«, herausgegeben vom Institute of Physics Publishing, Bristol/UK, Redaktionsmitglied seit 1997, europäischer Herausgeber seit 2000, Mitherausgeber seit 2005
- Institute of Physics, Bristol/UK, Fellow
- Institute of Smart Structural Systems (ISSS), Bangalore/Indien, Mitglied
- Canadian Institute of Non-Destructive Evaluation (CINDE), Mitglied
- Far East NDT (FENDT) 2014 in Chengdu/China, Präsident
- Deutscher Hochschulverband, Mitglied
- Beirat der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Mitglied
- Projektkomitee »Komponentenverhalten« (PKKOM), des Bundesministers für Wirtschaft und Technologie, Mitglied
- »Physics & Engineering Panel« des European Research Council (ERC), Mitglied seit 2009
- »Scientific Reports« (Nature Group), Reviewer seit 2012

Dipl.-Ing. Christian Conrad

- Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS)
 - DVS / AG V 11.2 / DIN NA 092-00-27 AA »Rührreibschweißen«
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) / Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik (VDE)
 - VDI/VDE-GMA FA 3.23 »Härteprüfung« AG 2616-1

Birgit Conrad-Markschläger

- Sprecherkreis Fachinformation der Fraunhofer-Gesellschaft, Vorsitzende

Prof. Dr.-Ing. Randolph Hanke

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Persönliches Mitglied
 - Beirat, kooptiertes Mitglied
 - Fachausschuss »Hochschullehrer«, Mitglied
 - Fachausschuss »Durchstrahlungsprüfung FA D«, Mitglied
 - Unterausschuss »Digitale Radiologie UA DR«, Mitglied
- Kuratorium zur Förderung des Andenkens an Wilhelm Conrad Röntgen in Würzburg e.V. (Röntgen-Kuratorium Würzburg e.V.), Mitglied
- Julius-Maximilians-Universität Würzburg
 - Graduate School of Science & Technology (GSST), Mitglied
 - Fakultätsrat der Fakultät Physik und Astronomie, Mitglied
- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), Mitglied
- Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des Deutschen Verbands für Schweißen und verwandte Verfahren e.V., Mitglied
- Hochschulrat der Hochschule Deggendorf, Mitglied

Dipl.-Geogr. Dirk Henn

- Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V. (DGQ), Mitglied

Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Herrmann

- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)
- »Society of Automotive and Aeronautical Engineers« (SAE), USA, Mitglied
- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP)
- »World Conference on NDT« 2016, Mitglied des wissenschaftlichen Gutachterausschusses
- American Society for Nondestructive Testing
- »Smart Materials and Structures«, herausgegeben vom Institute of Physics Publishing, Bristol/UK, Reviewer
- Fraunhofer-Allianz Leichtbau
- Materials and Design (Elsevier), Gutachter
- Science and Engineering of Composite Materials (de Gruyter), Gutachter
- Smart Materials and Structures (IOPscience), Gutachter

Dipl.-Phys. Patrick Jäckel

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Fachausschuss »Zustandsüberwachung«, Mitglied
- Fraunhofer-Allianz »Numerische Simulation«

Dipl.-Phys. Wolfgang Kappes

- Fraunhofer-Allianz Verkehr, Rail-Gruppe
- DGZfP-Unterausschuss »Automatische Ultraschallprüfsysteme«, Fachausschuss »Ultraschallprüfung«
- SECTOR Cert, Fachausschuss »Ultraschall«

Dr.-Ing. Jochen Kurz

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Fachausschuss »Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen«, stellvertretender Vorsitzender
- Deutsche Geophysikalische Gesellschaft
- Fraunhofer-Allianz Bau
- COST FP 1101 Assessment, »Reinforcement and Monitoring of Timber Structures«, WG3: »Monitoring of timber structures«, Working Group Leader

Dr.-Ing. Michael Maisl

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Arbeitsgruppe Bildverarbeitung
 - Ausschuss für Durchstrahlungsprüfung mit Strahlenschutz
 - Unterausschuss CT

Dipl.-Ing. (FH) Ralf Marcel Moryson

- Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV), persönliches Mitglied
 - Arbeitskreis AK 7.6.3 »Zerstörungsfreie Messverfahren«, Mitglied
- Fraunhofer Allianz BAU
- Fraunhofer Allianz SysWasser
- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), persönliches Mitglied
 - Fachausschuss »BAU«, Mitglied
- Deutscher Verband Schweißen und verwandte Verfahren e.V.
 - Arbeitsgruppe und Fachausschuss V 4 »Unterwassertechnik«

Dr. rer. nat. Udo Netzelmann

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Fachausschuss »Thermographie und Fachausschuss Materialcharakterisierung«
- Fraunhofer-Allianz VISION
- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)
- DIN-Normenausschuss NA 062-08-27 »Visuelle und thermographische Prüfung«

Dr.-Ing. Holger Neurohr

- DIN Normenausschuss: NA 062-08-20-01, AK »Arbeitskreis Shearographie«

Dipl.-Übers. Sabine Poitevin-Burbes

- Fraunhofer PR-Netzwerk

APL Prof. Dr.-Ing. habil. Ute Rabe

- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)
- Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA)
- Vorstand DGM Regionalforum Saar

Dipl.-Ing. (Universität) Hans Rieder

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Fachausschuss »Ultraschallprüfung«
 - Unterausschuss »Phased Array«, Vorsitzender
 - Unterausschuss »Automatische Prüfsysteme«
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)

Dr. rer. nat. Christoph Sklarczyk

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Fachausschuss »Mikrowellen- und Terahertzverfahren«
 - Unterausschuss »Feuchte« des Fachausschusses »ZfP im Bauwesen«
- Shota Rustaveli National Science Foundation, Tiflis, Georgien, Internationaler Peer Reviewer

Dipl.-Ing. Benjamin Straß

- Verein Deutscher Ingenieure VDI, Mitglied
- Deutsche Physikalische Gesellschaft DPG, Mitglied

Priv.-Doz. Dr. rer. nat. habil Martin Spies

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), persönliches Mitglied
 - Beirat, Mitglied
 - Fachausschuss »Hochschullehrer«, Mitglied
 - Fachausschuss »Ultraschallprüfung«, Mitglied
 - Unterausschuss »Modellierung & Bildgebung«, Vorsitzender
 - Unterausschuss »Ausbildung«, Mitglied
 - Unterausschuss »Phased Array«, Mitglied
- Programmausschuss der DGZfP-Jahrestagung / DACH-Tagung, Mitglied
- 19th World Conference on NDT, Munich 2016, Vice President
- International Advisory Group of the UK Research Centre in NDE, United Kingdom, Member

Prof. Dr.-Ing. Bernd Valeske

- Verband für Angewandte Thermografie e. V. (VATH)
- Fraunhofer-Strategiekreis Fügetechnik
- Mitglied im Wissenschaftlich-Technischen Rat (WTR) der Fraunhofer-Gesellschaft
- Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS)
 - Fachausschuss 8 »Klebtechnik«
 - Fachausschuss 11 »Kunststoff-Fügen«
- Arbeitsgruppe »Automotive Saar«

Dr. rer. nat. Ines Veile

- European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE), Mitglied
- Society of Exploration Geophysicists (SEG), Mitglied

Dipl.-Phys. Günter Walle

- Arbeitsgruppe »Aktive Thermographie« im Unterausschuss »Ausbildung TT« des Fachausschusses Thermographie

Dr.-Ing. Thomas Waschkies

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)
 - Fachausschuss »Ultraschallprüfung«
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde (DGM)

Dr.-Ing. Bernd Wolter

- Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA)
 - AK »Fertigungstechnik«
 - AK »Werkstoffe«
- Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS)
 - Fachausschuss 6 »Strahlverfahren«
- RILEM TC ATC (Technical Committee: Advanced Testing of Fresh Cementitious Materials)

TEILNAHMEN AN TAGUNGEN, WORKSHOPS UND KONFERENZEN 2015

		2015
Anzahl der besuchten Veranstaltungen		27
	innerhalb Deutschlands	15
	außerhalb Deutschlands	12
Veranstaltungsteilnahmen gesamt		56
	aktive Teilnahmen	29
	passive Teilnahmen	27
Verteilung der ausländischen Veranstaltungen		27
	Europa	21
	Asien	2
	Amerika	4



Saarlandtag 2015, Expertengespräch zur IAA

Gabi, Yasmine; Wolter, Bernd; Martins, Olivier; Gerbershagen, Andreas; Kern, Rolf; Conrad, Christian

3MA Finite Element Modeling of 3MA NDT Devices in Different Inspection Situation

CEDRAT Magazine, Vol. 67, Feb. 2015, p. 16-17

Jäckel, Patrick; Niese, Frank

Korrosions- und Fehlerprüfung von unzugänglichen Anlagen- und Konstruktionsteilen

Technische Sicherheit, Jhrg. 5, Nr. 3, 2015, S. 27-34

Dugan, Sandra; Wagner, Sabine; Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Spies, Martin

Detection and Sizing of Stress Corrosion Cracks in Austenitic Components using Ultrasonic Testing and Synthetic Aperture Focusing Technique

VGB PowerTech, 1/2 2015, S. 93-96

Kurz, Jochen Horst

Monitoring of Timber Structures

Journal of Civil Structural Health Monitoring, Vol. 5, No. 2, April 2015, Editorial

Kurz, Jochen Horst; Boller, Christian

Some Background of Monitoring and NDT also useful for Timber Structures

Journal of Civil Structural Health Monitoring, Vol. 5, No. 2, April 2015, p. 99-106

Dugan, Sandra; Wagner, Sabine; Rieder, Hans; Spies, Martin

Ultrasonic Inspection and Analysis Using the Synthetic Aperture Focusing Technique (SAFT) on Dissimilar Metal Welds with Intergranular Stress Corrosion Cracks

ASME Pressure Vessels and Piping Conference, Boston, 2015, Vol. 5, Paper No. PVP2015-45781, pp. V005T10A003; 6 pages

Osman, Ahmad; Hassler, Ulf; Kaftandjian, Valérie; Hornegger, Joachim

Automated Segmentation of Ultrasonic Volumetric Data of Composite Materials

Insight, Vol. 57, No. 3, 2015, p. 153-160

Waschkies, Thomas; Licht, Rudolf; Valeske, Bernd

Luftultraschallprüfung – berührungslose kontaminationsfreie Werkstoffcharakterisierung

Stahl und Eisen, Jhrg. 135, Nr. 6/7, 2015, S. 249-252

Schwarz, Michael; Summa, Jannik; Quirin, Steven; Herrmann, Hans-Georg

New Approaches in Nondestructive Characterisation of Defects in Metal - CFRP Hybrids

Materials Forum Science, Vols. 825-826, 2015, p. 976-982

Dobmann, Gerd; Kurz, Jochen Horst; Pudovikov, Sergey;

Determination of the Probability of Failure (POF) in a Sensitivity Study Based on a Probabilistic FAD-Approach and POD-Curves Using PAUT

E-Journal of Advanced Maintenance, Vol.7, No. 1, 2015, p. 20-33

Rabe, Ute; Netzelmann, Udo; Schwabe, Ulrike; Hirsekorn, Sigrun

Ultraschalluntersuchung der Alterung von gleichzeitig mechanisch und klimatisch belasteten Klebverbunden

DAGA 2015, 41. Jahrestagung für Akustik, Session Ultraschall, 2015, Beitrag 000310

Netzelmann, Udo; Walle, Günter; Lugin, Sergey; Ehlen, Andreas; Bessert, Steffen; Valeske, Bernd

Induction Thermography: Principle, Applications and First Steps Towards Standardization

First QIRT-ASIA Conference on Quantitative InfraRed Thermography, ed. by ISNT Kalpakam, 2015, keynote invited 6

Wolter, Bernd; Müller, Thorsten; Behrens, Bernd-Arno; Hübner, Sven; Gaebel, Christoph

Prüfsysteme zur Prozessüberwachung beim Kragenziehen – Blechteilen geht es an den »Kragen«

QZ Qualität und Zuverlässigkeit, Jhrg. 60, Heft 8, 2015, S. 44-47

Holub, Wolfgang; Häbler, Ulf; Schorr, Christian; Maisl, Michael; Janello, Philipp; Janke, Peter

XXL-Micro-CT Comparative Evaluation of Microscopic Computed Tomography for Macroscopic Objects

Digital Industrial Radiology and Computed Tomography (DIR 2015), Session Defect Detection, oral 2

Dörr, Laura; Maisl, Michael; Schorr, Christian

Applying A Priori Information to Computed Laminography

Digital Industrial Radiology and Computed Tomography (DIR 2015), Session Reconstruction Methods, oral 2

Szielasko, Klaus; Youssef, Sargon; Sourkov, Alexander; Kurz, Jochen Horst; Pushkarev, Sergey; Birringer, Ralf

Magnetic Flux Leakage Detection of Corrosion Damage in Prestressed Concrete Poles

Electromagnetic Nondestructive Evaluation (XVIII), Chen, Z. et al. (Eds.), IOS Press, 2015, p. 203-210

Kurz, Jochen Horst; Szielasko, Klaus; Tschuncky, Ralf

Non-Destructive Stress Determination of Steel Elements in Pre-Stressed Constructions using Micromagnetic and Ultrasound Methods

NDT-CE 2015, International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering, BAM Berlin, 2015, p. 1128-1231

Schorr, Christian; Dörr, Laura; Maisl, Michael

Semi-automatische Registrierung von a priori Modellen und Messdaten für die Computertomographie und -laminographie

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, Mo.3.A.4

Niese, Frank; Hans, Michael; Neuschwander, Rainer; de la Riva, Camillo; Neumann, Peter

30 Jahre AUROPA - Zuverlässige Prüfung der Lauffläche von Eisenbahnrädern im Überrollbetrieb

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, Di.2.A.3

Netzelmann, Udo; Bessert, Steffen; Walle, Günter; Valeske, Bernd; Maisl, Michael

Induktionsthermographie auf dem Weg zur Normung

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, P14

Heinrich, Matthias; Rabe, Ute; Grabowski, Barbara; Valeske, Bernd

Methodische Entwicklung der akustischen Resonanzanalyse zur zerstörungsfreien Erkennung von ur- oder umgeformten Serienteilen mit unzulässigen Geometrieabweichungen – simulationsbasierte Modellüberlegungen

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, Mi.2.A.3

Spies, Martin

Verfahren zur Modellierung und Simulation in der Ultraschallprüfung – ein Leitfaden des Unterausschusses Modellierung und Bildung im DGZfP Fachausschuss Ultraschallprüfung

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, Di.1.B.1

Rieder, Hans; Spies, Martin; Bamberg, Joachim; Henkel, Benjamin; Müller, Simon

Materialcharakterisierung mittels Ultraschall bei der additiven Fertigung

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, Di.1.C.3

Orth, Thomas; Spies, Martin; Kersting, Thomas

Optimierung von Empfindlichkeitszuschlägen bei der Rohrendenprüfung mittels POD-Analyse

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, Mi.2.C.1

Rauhut, Markus; Hirschenberger, Falco; Spies, Martin

Simulation von Oberflächenveränderungen und -defekten zur Bestimmung der Fehlerauffindwahrscheinlichkeit (POD)

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, Mi.2.C.2

Rothbart, Nick; Maierhofer, Christiane; Röllig, Mathias; Sengbusch, Martin; Goldammer, Matthias; Hohlstein, Felix; Koch, Joachim; Kryukov, Igor; Mahler, Guido; Stotter, Bernhard; Walle, Günter

Ringversuche zur Blitzthermografie

Thermographie-Kolloquium 2015, hrsg. Goldammer, Matthias; DGZfP-Berichtsband 154, 2015, Vortrag 12

Altpeter, Iris; Dobmann, Gerd; Szielasko, Klaus

Electromagnetic NDT to Characterize Usage Properties of Flat Steel Products – Part 2

CINDE Journal, Vol. 36, No. 5, 2015, p. 6-9

Sklarczyk, Christoph

Verfolgung der Trocknung von Estrich mit Hilfe von ultrabreitbandigen Mikrowellen und luftgekoppelten Antennen

Innovative Feuchtemessung in Forschung und Praxis, Berichtsband zur CMM-Tagung 2015, Nr. 8, S. 143-151

Amanieu, Hugues-Yanis; Aramfard, Mohammad; Rosato, Daniele; Batista, Leonardo; Rabe, Ute; Lupascu, Doro C.

Mechanical Properties of Commercial LiMn₂O₄ Cathode under Different States of Charge

Acta Materialia, Vol. 89, 2015, p. 153-162

Kurz, Jochen Horst

New Approaches for Automatic Threedimensional Source Localization of Acoustic Emissions – Applications to Concrete Specimens

Ultrasonics, Vol. 63, No. 12, 2015, p. 155-162

Kappes, Wolfgang; Hentschel, Dieter; Oelschlägel, Thomas

Potential Improvements of the Presently Applied In-Service Inspection of Wheelset Axles

International Journal of Fatigue, August 2015, doi:10.1016/j.ijfatigue.2015.08.014, In Press

Lanza, Gisela; Herrmann, Hans-Georg; Stommel, Markus

Großserientaugliche Verbindungselemente für den hybriden Leichtbau

Lightweight Design, Nr. 2/2015, S. 48-53

Bastuck, Matthias; Herrmann, Hans-Georg; Wolter, Bernd; Zinn, Peter-Christian; Zäh, Ralf-Kilian

Acoustic In-Process Monitoring of Laser Welding

34th International Congress on Applications of Laser & Electro-Optics, ICALEO 2015, paper #601

Conrad, Christian; Kern, Rolf; Wolter, Bernd; Wicke, Tim; Tonne, Jens

Industrial Demands and Nondestructive Testing (NDT) Solutions for Process Monitoring and Quality Control in Hot and Cold Formed Steel Production

5th International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High-Performance Steel, ed. by Steinhoff, Kurt; Oldenburg, Mats ; Prakash, Braham, 2015, p. 243-250

Conrad, Christian; Kern, Rolf; Wolter, Bernd; Wicke, Tim; Tonne, Jens

Industrial Demands and Nondestructive Testing (NDT) Solutions for Process Monitoring and Quality Control in Hot and Cold Formed Steel Production

3rd PHS Suppliers Forum, Grundig Akademie, Nürnberg, 2015, p. 194-205

Kern, Rolf; Conrad, Christian

PHS Process Monitoring & Product Quality Control

3rd PHS Suppliers Forum, Grundig Akademie, Nürnberg, 2015, p. 224-230

Gabi, Yasmine; Wolter, Bernd; Kern, Rolf; Gerbershagen, Andreas

Simulation of 3MA Incremental Permeability In Different Industrial Application Cases

4ème Colloque sur L'Inductique CI 2015, ed. by Université Jijel

Dobrovolskij, Dascha; Hirsekorn, Sigrun; Spies, Martin

Simulation of Ultrasonic Materials Evaluation Experiments Including Scattering Phenomena due to Polycrystalline Microstructure

Physics procedia, Vol. 70, 2015, p. 644-647

Porsch, Felix; Hassler, Ulf; Maisl, Michael; Schorr, Christian

Laminographische Methoden zur 3D-Röntgenuntersuchung flächiger Bauteile

Leitfaden zur industriellen Röntgentechnik – Band 15, Stuttgart, 2015, Beitrag 5, S. 26-28

Porsch, Felix

CT-Automat für das Prüflabor

Leitfaden zur industriellen Röntgentechnik – Band 15, Stuttgart, 2015, Beitrag 21, S. 86-87

Behrens, Bernd-Arno; Gaebel, Christoph; Wolter, Bernd; Hanke, Randolf

EFB-Forschungsbericht Nr. 413 - Prozessüberwachung beim Kragenziehen hochfester Blechwerkstoffe

EFB – Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V., 150 Seiten, ISBN: 978-3-86776-459-9

Dugan, Sandra; Wagner, Sabine; Rieder, Hans; Spies, Martin

Untersuchungen zur Prüfung von Mischschweißverbindungen mit Längsrissen mittels Ultraschall und Synthetischer Apertur Fokus-Technik (SAFT)

DGZfP DACH-Jahrestagung 2015, DGZfP-Berichtsband 152, Berlin, 2015, Mo .3.B.3

Spies, Martin; Dobrovolskij, Dascha; Hirsekorn, Sigrun

Simulationsverfahren für die Ultraschallprüfung anisotroper, inhomogener und/oder schallschwächender Werkstoffe

DGZfP-Seminar des Fachausschusses Ultraschallprüfung, DGZfP-Berichtsband 155, Berlin, 2015, Vortrag 12

Rieder, Hans; Spies, Martin; Bamberg, Joachim

Innovative Ultraschallprüfung komplexer Bauteile – vom Guss bis zur additiven Fertigung

DGZfP-Seminar des Fachausschusses Ultraschallprüfung, DGZfP-Berichtsband 155, Berlin, 2015, Vortrag 15

2015 beantragte Patente

Lugin, Sergey; Osman, Ahmad; Valeske, Bernd

Verfahren und Anordnung zur überwachten, räumlich-aufgelösten Prüfung eines dreidimensionalen Objektes

Del Galdo, Giovanni; Römer, Florian; Ihlow, Alexander; Osman, Ahmad; Valeske, Bernd; Hanke, Randolph; Bähr, Werner

Ultrasonic Measurements

Maisl, Michael; Herrmann, Hans-Georg; Moryson, Ralf; Sklarczyk, Christoph; Herrmann de Valliere, Esther

Vorrichtung und Verfahren zur entfernungs aufgelösten Bestimmung eines physikalischen Parameters in einer Messumgebung

2015 erteilte Patente

Kuo, Chen-Ming; Kuo, Chung-Hsin; Boller, Christian

Unbemanntes schwebefähiges Fluggerät sowie Verfahren zu dessen horizontalen lagestabilisierten Lageänderung

DE

Jäckel, Patrick; Niese, Frank

Verfahren für den Betrieb eines elektromagnetischen Ultraschallwandler

GB, DE

Altpeter, Iris; Tschuncky, Ralf; Herrmann, Hans-Georg; Kurz, Jochen; Dobmann, Gerd; Hübschen, Gerhard; Bergholz, Steffen; Rudolph, Jürgen

Verfahren zur Erfassung zeitlich veränderlicher thermomechanischer Spannungen und/oder Spannungsgradienten über die Wanddicke von metallischen Körpern

DE

Netzelmann, Udo; Herrmann, Hans-Georg

Thermographie-Auswertevorrichtung und Thermographie-Prüfsystem zur Prüfung von elektro-chemischen Zellanordnungen

DE

Altpeter, Iris; Rabung, Madalina; Szielasko, Klaus; Schmauder, Siegfried; Binkele, Peter

Verfahren zur zerstörungsfreien quantitativen Bestimmung der Mikroeigenspannung II. und/oder III. Art

FI, DE, EP, DE (sic!)

Dobmann, Gerd; Hübschen, Gerhard; Kurz, Jochen

Verfahren und Vorrichtung zur zerstörungsfreien Materialuntersuchung mittels Ultraschall

GB, FR, DE, EP

Postadresse

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Campus E3 1
66123 Saarbrücken

Telefon: +49 681 9302 0

info@izfp.fraunhofer.de
www.izfp.fraunhofer.de

Anfahrt

Auto

Aus Richtung Koblenz, Trier Autobahn A1/A8 bis Kreuz »Göttelborner Höhe« (1), von dort zum Autobahndreieck Friedrichsthal (2), dort auf die A623 bis Stadtrand Saarbrücken, dort der linken Abzweigung »Rodenhof« (3) folgen, aber auf der Autobahn bleiben bis sie in innerstädtische Straßen übergeht. Nach etwa 1,5 km Abfahrt links »Meerwiesertalweg« (4) bis zur Universität, an der Universität vorbei bis Ausfahrt Universität-Ost (5), am Ende der Ausfahrt nach links, und nach etwa 500 Metern nach rechts zum Institut (6).

Aus Richtung Mannheim, Kaiserslautern Autobahn A6 bis Ausfahrt St. Ingbert-West (7), Hinweisschildern »Universität« folgen, bis Ausfahrt Universität-Ost (nach etwa 5 km, rechte Abzweigung). Ab hier ist das Fraunhofer IZFP ausgeschildert, die Zufahrt befindet sich ungefähr 500 m weiter auf der rechten Seite.

Flugzeug

Ab Saarbrücken Flughafen nur mit Taxi; etwa 20 – 30 Minuten

Bahn

ICE, IC und EC von Frankfurt oder Stuttgart kommend (meist via Mannheim); Schnell- bzw. Eilzüge aus Richtung Koblenz via Trier bis Saarbrücken Hauptbahnhof. Von dort mit Taxi bis zum Institut (ca. 15 min). Alternativ per Bus:

Buslinien 102 und 124, direkt vor dem Bahnhof an der Europa-Galerie (bis Universität, Haltestelle Busterminal, unmittelbar vor unserem Haus);

Buslinie 109 ab Rathaus (mit Saarbahn ab Bahnhofsvorplatz bis Haltestelle Johanneskirche, von dort 100 Meter zu Fuß bis Rathaus), ebenfalls bis Haltestelle Busterminal;

während der Vorlesungszeit der Universität fährt auch die Buslinie 111 (wie Linie 109 ab Rathaus) bis zum Campus

Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Campus E3 1
66123 Saarbrücken

Telefon: +49 681 9302 0

info@izfp.fraunhofer.de
www.izfp.fraunhofer.de

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Randolph Hanke
(Geschäftsführender Institutsleiter)

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Dipl.-Übers. Sabine Poitevin-Burbes
+49 681 9302 3869
sabine.poitevin-burbes@izfp.fraunhofer.de

Redaktionsteam

Dip.-Übers. Sabine Poitevin-Burbes
Roger Pfau

Wissenschaftliche Supervision

Dr. rer. nat. Ines Veile

Layout, Satz, Bildverarbeitung

Roger Pfau

Druck

Ottweiler Druckerei und Verlag GmbH

Bildquellen

© Uwe Bellhäuser Seite 12 (außer Portraits Prof. Hanke und Dr. Szielasko), 17 unten, 21, 29, 37, 53, 58
© Foto Glasow: Portraits Prof. Dr.-Ing. Randolph Hanke Seiten 5, 12

Seite 4, Abb. 1, 2, 6 © Fraunhofer EZRT
Seite 4, Abb. 3, 5 © MEV-Verlag, Deutschland
Seite 4, Abb. 6 © endostock – Fotolia
Seite 4, Abb. 7 © Tomasz Zajda – Fotolia
Seite 4, Abb. 8 © Thaut Images – Fotolia
Seite 50 © Juhku - Fotolia

Alle weiteren Bilder und Grafiken: © Fraunhofer IZFP, Fraunhofer-Gesellschaft

Abdruck und Vervielfältigung jeder Art nur mit Genehmigung des Herausgebers

© 2016 Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken

Dokumentenummer izfp16.03.1.1.de