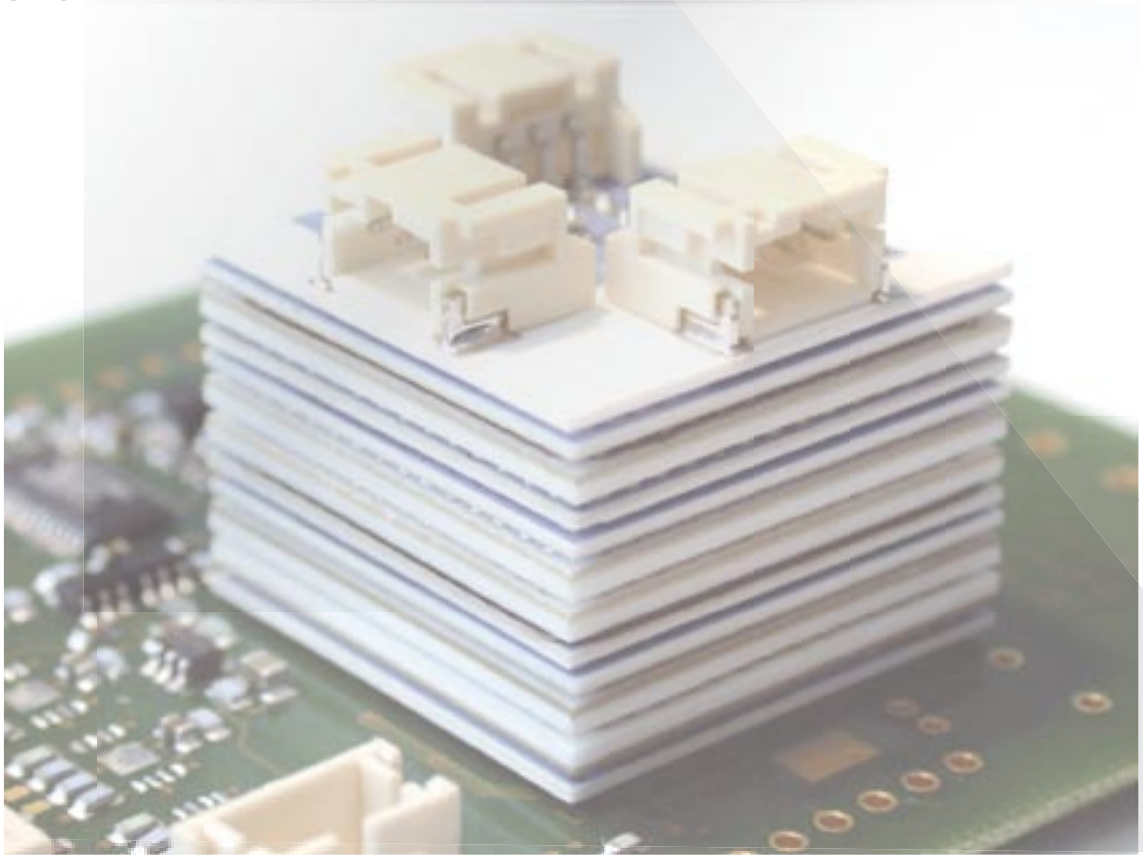
IZFP

Fraunhofer Institut Zerstörungsfreie Prüfverfahren

Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2005



Visionen für Innovation

Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2005

Vorwort

Neue Technologien und Produkte, die sich am Markt durchsetzen können, sind Ausdruck einer relevanten angewandten Forschung und Entwicklung.

Ein effektiver Transfer der Entwicklungsergebnisse in den Markt benötigt strategische Allianzen mit der Industrie. Genauso notwendig ist die interne Anpassung der Ressourcen an die Marktgegebenheiten und eine Institutsstrategie, die sich am Potenzial refinanzierbarer Forschungs- und Entwicklungsaufgaben orientiert. Die strategischen Partnerschaften mit Marktteilnehmern vermitteln Arbeitsziele und Visionen für neue Technologien und Produkte.

Sie setzen auch Maßstäbe für die notwendige Professionalität der Bearbeitung. Die strategischen Allianzen mit dem Markt werden auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene derzeit aufgebaut und erweitert. Wichtigste Initiativen im Berichtsjahr waren ohne Zweifel der Beginn des Aufbaus von Prüfzentren für die Automobilindustrie am Standort Saarbrücken und für die Luft- und Raumfahrt in Fürth und Dresden.

In Fürth erfreuen wir uns einer langjährigen Partnerschaft mit dem Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, mit dem wir gemeinsam das Entwicklungszentrum Röntgentechnik »EZRT« betreiben, unter dessen Leitung auch das Fürther Prüfzentrum stehen wird.

Die dynamische Entwicklung der Märkte erfordert eine Entsprechung bei der Anpassung der Ressourcen. Selbst ein Institut von der Größe des Fraunhofer IZFP kann dies alleine nicht tragen.

Wir benötigen analog zu unserer Partnerschaft mit dem Fraunhofer IIS strategische Wissensallianzen. Diese Allianzen sind ein unverzichtbares Element der Ressourcenentwicklung, ebenso unverzichtbar wie interne Maßnahmen zur Gewährleistung einer flexiblen und qualifizierten wissenschaftlich-technischen Arbeit.

Partnerschaften im Umfeld des Institutes konnten bereits ausgebaut und belebt werden. Beispiele dafür sind die Kooperation mit der Bundesanstalt für Materialprüfung BAM, dem Institut für Aufbau und Verbindungstechnik der Elektronik, an der TU Dresden, dem Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS im Fraunhofer Verbund Mikroelektronik sowie mit Kollegen der Universität des Saarlandes. Wir sind dankbar für die im Rahmen dieser Kooperation erreichten Erfolge.

Das Institut und seine Strukturen öffnet sich für diese Partnerschaften des Wissensmanagements, gleichzeitig wächst eine junge Generation von Wissenschaftlern am Institut heran, die neben ihren fachlichen Fähigkeiten qualifiziert sind für ein offenes System des Ressourcenmanagements.

Fortschritt bedingt Wandel, Erfolge im Fortschritt Optimismus und Tatkraft.

Ich danke allen Kollegen für ihre Stärke bei der Gestaltung unserer Zukunft.

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult.
Michael Kröning
Institutsleiter

Die Fraunhofer-Gesellschaft 6

Das Institut im Profil 8

Aufgaben und Ziele, Kurzportrait 8

Arbeitsschwerpunkte, Kompetenzen und Anwendungen 9

Zukunftsfelder 10

Kuratorium 12

Organigramm 13

Organisation und Ansprechpartner 14

Das Institut in Zahlen 16

Ausstattung 18

Namen, Daten und Ereignisse 20

Geschäftsfelder und Kernkompetenzen 24

Automobil 26

Automatische Bestimmung der Faserorientierungsverteilung aus 2-D-ZfP-Bilddaten 28

Bahn / Schiene 30

Prüflinien für Eisenbahnräder, Radreifen und Ringe 32

Luft- und Raumfahrt 36

Ultraschall-Thermographie mit einer ungekühlten Kamera am Beispiel von Verbundwerkstoffen 38

Metallerzeugung und -verarbeitung 40

Neuer Ultraschallansatz zur Planheits- und Spannungsanalyse an Warm- und Kaltband 42

Großanlagen 44

Ultraschall-Prüfsysteme für Wiederholungsprüfungen an Kraftwerks- und Chemieanlagen 46

Pipeline und Kanalsysteme 48

EMUS-Prüfkopf zur Wanddickenprüfung im horizontalen Magnetfeld mit integrierter Streuflussprüfung 50

Elektronik / Mikrosystemtechnik / Nanotechnologie 52

Kanalleiterplatte für Mikro-Ultraschallfrontend 54

Neue ZfP-Anwendungen 56

Auslegung und Bau von Luft-Ultraschallwandlern mit piezoelektrischen Elektreten 58

Neue ZfP-Anwendungen (Dresden) 60

Akustische Messtechnik für geo- und bautechnische Anwendungen 62

Werkstoffcharakterisierung, Fehlerprüfung und Lebensdauermanagement 64

Berührungslose Schichtdickenmessung mit Hilfe von Mikrowellen 66

Fehlerprüfung an induktiv gehärteten Bauteilen mittels Streufluss-Sondenprüfung 67

»Sampling Phased Array«-Ultraschallplattform 68

Online-Überwachung des Spritzgießens mit einem Radarsensor 70

Entwicklungswerkzeuge zum ökologischen und ökonomischen Gestalten von Gussteilen 71

Mikromagnetischer Nachweis der Werkstoffalterung infolge kohärenter Kupferausscheidungen 72

Prozessüberwachung und -beherrschung 74

Kontinuierliche Feinblechprüfung mit 3MA-ISIS: Einsatz und Validierung in der Fertigung 76

Systeme für Zustandsüberwachung 78

Strukturintegrierte Sensorik / Aktorik für die Zustandsüberwachung 80

ZfP für Mikro- und Nano-Strukturen 82

Herstellung und Charakterisierung von Nanopartikeln 84

Systementwicklung und Gerätebau 86

Sensoren und Sensorsysteme / LOD 88

Sensorik für das Monitoring von Flugzeugstrukturen auf der Basis akustischer Signaturen 90

Lasergestützte Qualitäts- und Funktionskontrolle für die Solartechnik 91

Softwarezentrum 92

Datenexport- und Verwaltungssystem der Gerätelinien zur Randhärtetiefebestimmung 94

Demonstrationssystem EMUS-Wanddicken-Prüfung 95

Klassifikationsverfahren zum Structural Health Monitoring 96

ZfP-Dienstleistungszentrum 98

Aktive thermische Prüftechnik mit induktiver Anregung als zukunftsweisende ZfP-Methode für die quantitative Oberflachenrissprüfung in der Serienfertigung 100

Mechanisierte Wanddickenmessung mit automatisierter statistischer Ergebnisbewertung 102

Beratungsdienstleistung für TACIS-Projekte der Ukraine 103

Entwicklungszentrum Röntgentechnik 104

Weiterentwicklung der Visualisierungssoftware »VolumePlayerPlus« 106

Grundlagen der ZfP 108

Nichtlineare Kontaktresonanzspektroskopie mit dem Ultraschall-Kraftmikroskop 110

Mitarbeit in Fachausschüssen und Gremien, Herausgeber von Fachzeitschriften 114

Schülerpraktika 116

Lehrveranstaltungen und Kurse 117

Personalqualifizierung für innovative Prüftechniken am Fraunhofer IZFP 118

Konferenz- und Messebeteiligungen 120

Wissenschaftliche Veröffentlichungen 122

Technisch-wissenschaftliche Berichte 122

Veröffentlichungen 123

Vorträge 127

Dissertationen / Habilitationen 132

Studien- und Diplomarbeiten 132

Patente 133

Service 134

Adresse, Anfahrt 134

Anfrageformular 137

Impressum 138

Standorte Fraunhofer
Forschungseinrichtungen

Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft forscht und entwickelt zum direkten Nutzen für Unternehmen und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Mit Produkt- und Technologie-Innovationen tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Dabei zielen sie auf eine wirtschaftlich erfolgreiche, sozial gerechte und umweltverträgliche Entwicklung der Gesellschaft.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, in anderen Bereichen der Wissenschaft, in Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen, davon 58 Institute, an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 12 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten ein jährliches Forschungsvolumen von über 1 Milliarde €. Davon fallen mehr als 900 Millionen € auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Ein Drittel wird von Bund und Ländern beigesteuert, auch um damit den Instituten die Möglichkeit zu geben, Problemlösungen vorzubereiten, die in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für den Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mitglieder der 1949 gegründeten und als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft sind namhafte Unternehmen und private Förderer. Von ihnen wird die bedarfsorientierte Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft mitgestaltet.

Namensgeber der Gesellschaft ist der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreiche Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787-1826).

Joseph von Fraunhofer (1787 - 1826)

Das Institut im Profil

Aufgaben und Ziele

Erfolge in der Wirtschaft und damit die Sicherung des Wohlstandes und der Lebensqualität sind nur durch eine effektive wissenschaftlich-technische Infrastruktur zu gewährleisten. Aufgabe der angewandten Forschung und Entwicklung ist es, im Verbund mit der Industrie neue Kenntnisse und Fertigkeiten in innovative Produkte und Dienstleistungen umzusetzen und über eine ergebnisorientierte Ausbildung eine kritische Technologieakzeptanz zu fördern, die Voraussetzung eines erfolgreichen, nachhaltigen Innovationsprozesses ist. Im Verbund mit der Grundlagenforschung und Forschungseinrichtungen mit ergänzenden Kompetenzen sind die Innovationspotenziale darzustellen und die Innovationsrisiken zu minimieren.

Ziel der angewandten Forschung und Entwicklung am Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP) ist die Verbesserung der Produktqualität – verbunden mit einer Senkung der Qualitätskosten – und der Nachweis der technischen Sicherheit von Geräten, Maschinen und Anlagen, der eine Voraussetzung für ihren Gebrauch ist.

Die Aufgaben des Instituts ergeben sich überwiegend aus der industriellen Nachfrage mit der Tendenz, dass die Prüftechnik zunehmend genutzt wird, um durch Prozessbeherrschung Fertigungsqualität zu sichern. Hierfür erforscht das Fraunhofer IZFP Grundlagen der physikalischen Messtechnik zur Erweiterung des Verständnisses anwendbarer Prüfmethoden, erarbeitet Verfahren zur Materialcharakterisierung, analysiert Produktionsabläufe und -prozesse sowie betriebliche Risiken, entwickelt marktgerechte Prüfgeräte und Systeme und ermöglicht ihre industrielle Anwendung durch die Validierung im akkreditierten Dienstleistungszentrum. Hierin wird das Institut von dem Fraunhofer-Verbund »Werkstoffe, Bauteile« sowie den Verbünden »Produktionstechnik« und »Mikroelektronik« unterstützt.

Kurzportrait

Das Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, IZFP, gegründet 1972, hat seinen Sitz in Saarbrücken und verfügt seit dem 1.1.1992 über eine Außenstelle in Dresden. Seit 1990 wird das IZFP von Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult. Michael Kröning geleitet, der auch Inhaber des Lehrstuhls für zerstörungsfreie Prüfung und Qualitätssicherung, Fachrichtung Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III der Universität des Saarlandes ist.

Das Fraunhofer IZFP befasst sich mit den physikalischen Methoden der zerstörungsfreien Prüfung und Charakterisierung von Werkstoffen sowie der Kontrolle und Überwachung von Fertigungsprozessen und Anlagenkomponenten. Die Institutsergebnisse finden industrielle Anwendung, wenn Qualitätsnachweise bzw. sicherheitstechnische Nachweise gefordert werden. Die methodische Kompetenz umfasst die physikalischen Verfahrensgrundlagen, die Sensorik, den Gerätebau, Handhabungstechniken, Techniken zur Ergebnisbewertung und Dokumentation sowie die Qualifizierung und Validierung neuer Prüfverfahren und Prüfgeräte einschließlich Gerätewartung, Schulung und Prüfdienstleistungen.

Über eine Vielzahl von Kooperationsverträgen wurde ein Netzwerk der regionalen, nationalen und internationalen Zusammenarbeit zur Durchdringung der Märkte und zur Organisation wichtiger Ressourcen geschaffen, das dem Industriepartner zur Verfügung steht. Die Fraunhofer-Gesellschaft ermöglicht dabei über ihre internen Institutsverbünde die Nutzung modernster Werkzeuge.

Die Finanzierung der notwendigen Vorlaufforschung erfolgt in der Regel über Projektträger der öffentlichen Hand, die anwendungsnahe Entwicklung, die Markteinführung und Erprobung über Aufträge der Industrie. Ergänzend erlaubt eine Grundfinanzierung die wissenschaftliche Bearbeitung von grundlegenden, strategischen Fragestellungen, die Entwicklung der Arbeitsmittel sowie die Organisation der notwendigen Industrienähe.

Arbeitsschwerpunkte

Die aktuellen Arbeitsschwerpunkte ergeben sich einerseits aus dem methodischen Entwicklungspotenzial und andererseits aus Prüfzielen und Prüfaufgaben, die der Markt vorgibt bzw. fordert. Die Arbeitsmittel zur Entwicklung von zerstörungsfreien Prüfverfahren erfahren dabei auf den Gebieten der Mikroelektronik, der Rechnertechnik und der Mikrosensorik sowie allgemein gesehen in der physikalischen Messtechnik Fortschritte.

Innovative Entwicklungen, aber auch Verbesserungen existierender Techniken, sind als Einzellösung wirtschaftlich nicht mehr finanzierbar, da die gerätetechnische Entwicklung bei kleinen Stückzahlen aufwändig bleibt und eine kostengünstigere Gerätefertigung die Preise im Wettbewerb verfallen lässt. Dieser Umstand macht eine Entwicklungsplattform mit modularer Systemarchitektur notwendig, um für die Entwicklungsaufwendungen eine breitere Basis zu erreichen. Hoch entwickelte, Hard- und Software umfassende Funktionsmodule können von mehreren Firmen für ihre unterschiedlichen Prüfgeräte verwendet werden. Dieser methodisch orientierte Arbeitsschwerpunkt ermöglicht den Aufbau von Gerätefamilien, die von »Low Cost«-Prüfgeräten bis hin zu großen Prüfanlagen reichen.

Die Fülle neuer Prüfaufgaben definiert einen weiteren Arbeitsschwerpunkt, der u. a. die quantitative Visualisierung von Werkstofffehlern, die Charakterisierung von Werkstoffeigenschaften über Kenngrößen (Härte, Festigkeit, Haftfestigkeit u. a.), die Entwicklung zerstörungsfreier Mikroskopie (µ-ZfP) sowie die Prozessprüfung und -regelung über Qualitätsmerkmale umfasst.

Der dritte Arbeitsschwerpunkt basiert auf der notwendigen Industrierelevanz. Das Dienstleistungsszentrum des IZFP – ein nach DIN EN ISO / IEC 17025:2000 akkreditiertes Prüflabor – hat die Kompetenz, Entwicklungsergebnisse des Instituts für die Anwendung zu qualifizieren und zu validieren. Die Akkreditierung erstreckt sich nicht nur auf die Durchführung von Prüfungen mit genormten Verfahren. Vielmehr dürfen neue, eigenständig entwickelte Verfahren eingesetzt und bekannte Verfahren weiterentwickelt werden, ohne dass es einer vorherigen Zustimmung des Akkreditierers bedarf. Damit gelingt die frühzeitige qualitätsgesicherte Einführung innovativer Prüftechniken und Dienstleistungen in die Prüfpraxis. Die mit diesem Prozess verbundenen Industriepartnerschaften vermitteln weitere Anstöße für bedarfsorientierte Entwicklungen.

Kompetenzen und Anwendungen

Die methodische Kompetenz für ein Prüfverfahren ist vollständig, wenn Prüfsituationen modelliert, die Sensorik und die Prüfsysteme im Haus entwickelt oder anwendungsbezogen optimiert und die Prüfungen durch qualifizierte Mitarbeiter durchgeführt werden können.

Die Kernkompetenzen des Instituts resultieren aus der Verbindung der methodischen Grundlagenkenntnisse, des professionellen Geräte- und Sensorbaus und der Prüfdienstleistung, d. h. den Anwendungserfahrungen.

Diese Kompetenzen nutzt das Institut, um seine Entwicklungspotenziale für aussichtsreiche bzw. industrierelevante Anwendungen einzusetzen.

Die methodischen Kompetenzen umfassen die Verfahren:

- Ultraschall
- Schallemission
- Wirbelstrom
- Magnetische Verfahren
- Thermographie
- Optische Verfahren
- Mikrowellen
- Röntgenverfahren
- Neutronenmessungen
- Röntgenbeugung (Synchrotronstrahlung)
- Kernspinresonanzverfahren
- Rastersondenmikroskopie

Im Verbund der Fraunhofer-Gesellschaft vernetzt das Institut die Kompetenz des Gerätebaus, der Sensorfertigung und der Softwareentwicklung. Die Softwareentwicklung umfasst Algorithmen zur Ergebnisbewertung und Darstellung (Rekonstruktionen, Computertomographie, Korrelations-

techniken, Neuronale Netze, Bilddarstellung und Bildverarbeitung u. a.), der Signalverarbeitung und der Gerätekommunikation (Bedieneroberflächen, Vernetzung, Dokumentation).

Angewendet werden die Prüfverfahren zum Nachweis und zur Bewertung von Fehlerzuständen und Spannungen und zur Charakterisierung von Werkstoffeigenschaften, wobei Funktions- und Strukturwerkstoffe auf ihre Eignung hin geprüft werden.

Die Werkstoffe umfassen

- Metalle
- Keramiken
- Polymere
- Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde
- Bauwerkstoffe
- Halbleiter

Dabei werden die Verfahren für Prüfaufgaben im Herstellungsprozess, bei der Werkstoffbearbeitung, am Endprodukt oder im Betrieb eingesetzt.

Sie finden Anwendung in der Metall erzeugenden und verarbeitenden Industrie, der Verpackungsindustrie sowie bei Automobilherstellern und -zulieferern, welche zunehmend ZfP zur Sicherung der Quälität einsetzen. Sie sind im Zusammenhang mit Anforderungen der Sicherheitstechnik (z. B. Druckgeräterichtlinie) oder des Qualitätsmanagements (Qualitätsnachweise, Qualitätskosten) zu sehen.

Zukunftsfelder

Sicherheit und Qualität sind herausragende Merkmale einer langfristig erfolgreichen Technik. Sie sind ein Kennzeichen der deutschen Industrie, die sich derzeit in einem Anpassungsprozess befindet. Dienstleistungen und Informationen bestimmen zunehmend das wirtschaftliche Wachstum. Globale Märkte und Ressourcen formen eine schlanke, flexible Produktion, die Basis einer Dienstleistungsgesellschaft ist. In solch einem Umfeld wächst die Bedeutung zerstörungsfreier Prüfverfahren und somit der Bedarf an Qualitäts- und Sicherheitsnachweisen.

Eine zunehmend wichtige Aufgabe der zerstörungsfreien Prüfung wird es sein, risikobezogen die technische Sicherheit von Anlagen und Maschinen quantitativ nachzuweisen, wobei internationale Standards die Nachweisführung regeln. Auf Grund unterschiedlicher nationaler Qualitäts- und Sicherheitskulturen werden die internationalen Regelungen die direkte Nachweisführung durch Prüfungen verstärkt fordern. Diese Entwicklung vollzieht sich bereits z. B. in der Luftfahrt, im Eisenbahnwesen und in der Kerntechnik.

Ähnliches gilt für das Qualitätsmanagement. Zulieferteile können nur Verwendung finden, wenn vorgegebene Qualitätsnachweise geführt werden. Auch fertige Produkte werden auf globalen Märkten einen individuellen, anerkannten Qualitätspass benötigen, um Haftungsansprüchen zu genügen. Dies erfordert eine qualitätsgesteuerte Fertigung mit prozessintegrierten zerstörungsfreien Prüfverfahren.

Neben der risikobezogenen quantitativen ZfP »RISQNDE« und der prozessintegrierten ZfP »PINDT« ist die zerstörungsfreie Werkstoffanalytik »µ-NDE« ein weiteres Zukunftsfeld. Neue Werkstoffe und neue Herstellungsprozesse werden für neue Produkte benötigt, wobei die Innovationszyklen im globalen Wettbewerb der Märkte, Ressourcen und Ideen immer kürzer werden. Entwicklungszeiten werden wichtiger als Entwicklungskosten. Die Gebrauchseignung neuer Werkstoffe bzw. die Beherrschung neuer Herstellungsprozesse kann häufig nicht mehr im Rahmen bestehender Regelwerke nachgewiesen werden. Es werden neue, zerstörungsfreie Prüfverfahren benötigt, um z. B. Lebensdauerversuche abzukürzen oder neuartige Qualitätsmerkmale prüfen zu können. Neuartige physikalische Messverfahren mit hoher mikroskopischer Auflösung sind hierfür beispielhaft hervorzuheben.
Aus methodischer Sicht ergeben sich zukünftige Arbeitsfelder in der problemorientierten Suche nach neuen Messverfahren, der Entwicklung preiswerter Prüfsysteme, die sich mit betrieblichen Organisations- und Informationssystemen vernetzen lassen, und der Entwicklung von Signalverarbeitungs-, Korrelations- und Rekonsstruktionstechniken, um quantitative Prüfaussagen zum Fehlerzustand oder zur Werkstoffcharakterisierung zu erhalten.

Den folgenden beiden Arbeitsfeldern misst das Institut besondere Relevanz bei:

• Sicherheitsforschung

Die moderne, eng vernetzte Gesellschaft ist verwundbar gegen extremistische Angriffe jeder Art. Durch die zunehmende Konzentration der Bevölkerung in Ballungszentren, die wachsende Vernetzung unterschiedlichster Lebensbereiche und -funktionen, sowie den Übergang zur global vernetzten Informations- und Dienstleistungsgesellschaft ergibt sich eine bisher nicht bekannte Verletzbarkeit.

Sicherheitsorgane sehen eine besonders hohe Bedrohung durch potenzielle Selbstmordattentäter. Daher kommt der Personen- und Gepäcküberwachung an Flughäfen eine besondere Bedeutung zu.

Methoden der zerstörungsfreien Prüfung leisten einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Sicherheit. Die dafür eingesetzten Geräte und Systeme nutzen ähnliche physikalische Messtechniken wie sie auch in der ZfP Verwendung finden. Die ZfP entwickelt auf der Grundlage vorhandener Module der neuen Wellentechnik und der Röntgentomographie Konzepte zur Verbesserung von Personenschleusen und zur Kontrolle des Reisegepäcks.

• Structural Health Monitoring (SHM)

In vielen Industriezweigen wie der Luftfahrtindustrie, der Energietechnik, im Schienenverkehr und in der Automobilindustrie wird längerfristig die Vision von sich selbst überwachenden Strukturen verfolgt, die, dem menschlichen Organismus vergleichbar, Auskunft über ihre Integrität liefern. Zunehmend verwendete Leichtbaumaterialien wie Faserverbundwerkstoffe ermöglichen Einsparungen an Gewicht und Energie, stellen aber gleichzeitig neuartige Anforderungen an die Prüftechnik. Es bedarf einer Integration von Sensoren in die Strukturen, um dauerhaft und zuverlässig über die gesamte Lebensdauer der überwachten Komponenten hinweg Informationen über beginnende und fortschreitende Ermüdungserscheinungen zu erhalten. Eine schnelle, automatische Diagnose ist besonders wichtig, weil gerade bei Faserverbundwerkstoffen die Zeitdauer zwischen erstem Impakt und Integritätsverlust sehr kurz sein kann; der Ermüdungsprozess verläuft schlagartig. Zur Integration in Faserverbundwerkstoffe eignen sich insbesondere akustische Piezofasersensoren. Sie bilden die Basis von akustischen Überwachungssystemen, die die Strukturen passiv, durch Messung der Schallemission kontrollieren, bzw. durch Beschallung mit aktivem Ultraschall weitere Informationen über die Integrität der Strukturen gewinnen können. Durch Nutzung von Structural- Health-Monitoring-Systemen können Inspektionszyklen verlängert werden, weil Wartungsmaßnahmen erst eingeleitet werden, wenn sie tatsächlich erforderlich sind.

Kuratorium

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

Mitglieder des Kuratoriums

Prof. Dr.-Ing. Erich Tenckhoff (Vorsitzender)
Energy Technology, Erlangen

Prof. Dr. Nikolai Aljoschin
Baumann-Universität, Moskau

Dipl.-Phys. Otto-Alfred Barbian
NDT Systems & Services AG, Stutensee

Dr.-Ing. Otto-Wolfgang Buchholtz
Thyssen-Krupp Stahl AG, Duisburg

Prof. Dr. Dietmar Eifler
Werkstoffkunde
Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern

Prof. Dr. Margret Wintermantel
Präsidentin der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

MinRat Klaus Gerstner
Saarl. Ministerium für Wirtschaft und Finanzen

Dr. Rainer Link
Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e. V., Berlin

Dipl.-Ing. Eckhard Netzmann
RIEBAG AG, Riesa

Prof. Dr. Eberhard Roos
Materialprüfungsanstalt an der Universität Stuttgart

Dr. Eberhard Velten
Daimler Chrysler AG,
Mannheim

MinRat Dr. Reinhard Zimmermann
Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst,
Dresden

Dipl.-Ing Manfred Erve
Framatome / ANP, Erlangen

Dr. Peter Heilmann
Arxes Information Design Berlin GmbH,
Berlin

MinRat Dipl.-Ing. Peter Notnagel
Sächs. Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit, Dresden

Prof. Dr. Nikolai Kazak
B.L. Stepanov-Institut der Physik der Nationalen Akademie der Wissenschaften, Weißrussland

Ehrenmitglieder des Kuratoriums

Prof. Dr. Ulrich Rösler
Erlangen

Dr.-Ing. Rudolf Trumpfheller
Essen

Prof. Dr. Hubertus Nickel
Universitätsprofessor, emeritiert, Jülich

Aus Altersgründen gibt Prof. Tenckhoff den Vorsitz des Kuratoriums ab. Als Ehrenmitglied des Kuratoriums wird er das Institut weiter unterstützen. Seine Nachfolge tritt Herr Erve an.

Organigramm

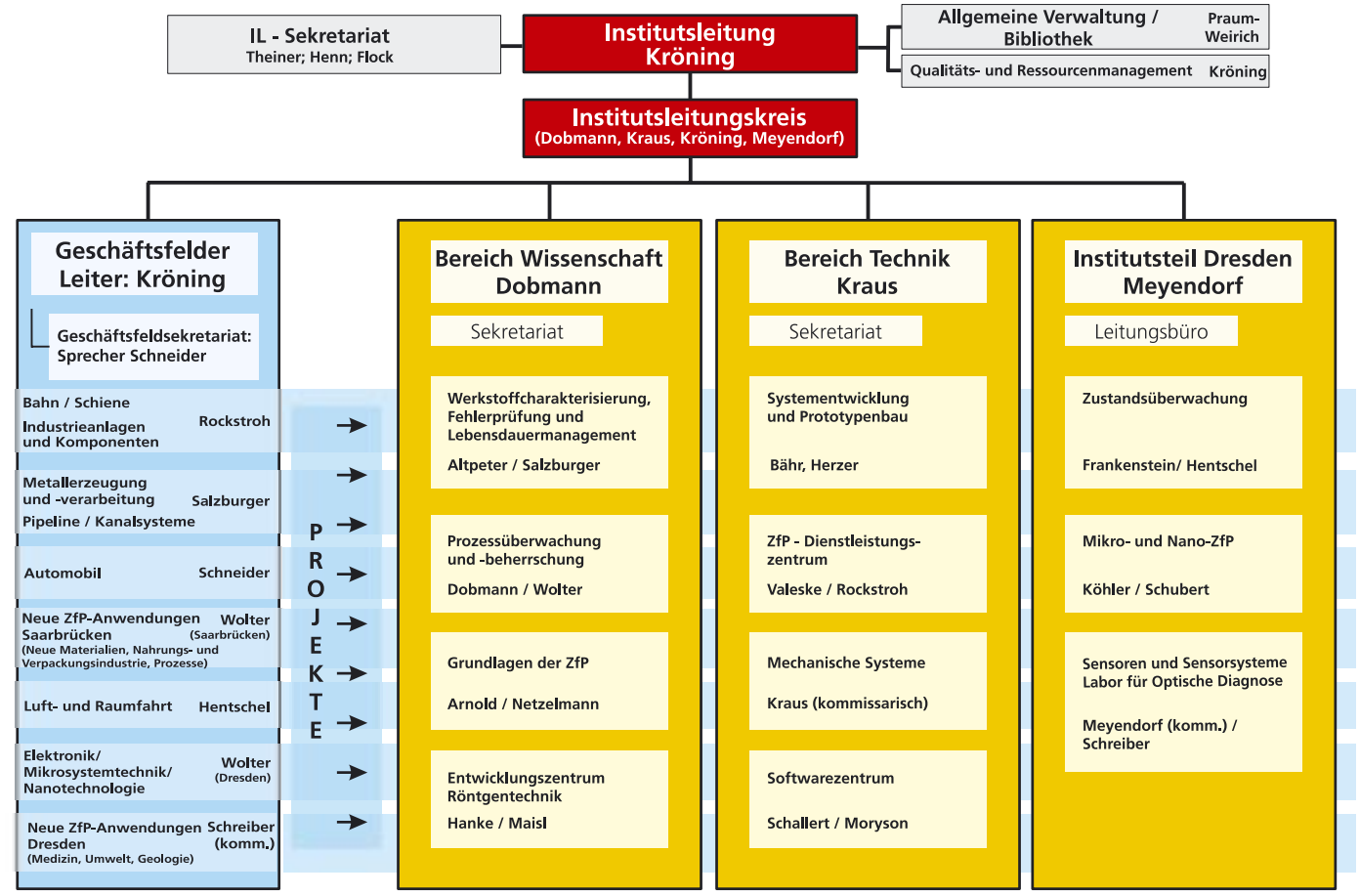


Abb. 1: Organigramm des IZFP, Stand Juni 2005

Organisation und Ansprechpartner

Institutsleitung

Leiter	Prof. Dr. Michael Kröning	+49 (0) 6 81/93 02-38 00
Stellvertreter	Dipl.-Ing. Siegfried Kraus	+49 (0) 6 81/93 02-38 11
	Dr. Gerd Dobmann	+49 (0) 6 81/93 02-38 55
	Prof. Dr. Norbert Meyendorf	+49 (0) 3 51/2 64 82-11

Institutsverwaltung

Leiter	Birgit Praum-Weirich	+49 (0) 6 81/93 02-10 02

Bereich Wissenschaft

Leiter	Dr. Gerd Dobmann	+49 (0) 6 81/93 02-38 55
Werkstoffcharakterisierung, Fehlerprüfung und Lebensdauer-management	Dr. Iris Altpeter	+49 (0) 6 81/93 02-38 27
	Dr. Hans-Jürgen Salzburger	+49 (0) 6 81/93 02-38 20
Prozessüberwachung und -beherrschung	Dr. Gerd Dobmann (komm.)	+49 (0) 6 81/93 02-38 55
	Dr. Bernd Wolter	+49 (0) 6 81/93 02-38 83
Grundlagen der ZfP	Prof. Dr. Walter Arnold	+49 (0) 6 81/93 02-38 44
	Dr. Udo Netzelmann	+49 (0) 6 81/93 02-38 73
Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT	Dr. Randolf Hanke	+49 (0) 9 11/9 70 37-11
	Dr. Michael Maisl	+49 (0) 6 81/93 02-38 25

Bereich Technik

Leiter	Dipl.-Ing. Siegfried Kraus	+49 (0) 6 81/93 02-38 11
Systementwicklung und Prototypenbau	Dipl.-Ing. Werner Bähr	+49 (0) 6 81/93 02-38 93
	Dipl.-Ing. Rüdiger Herzer	+49 (0) 6 81/93 02-38 43
ZfP-Dienstleistungszentrum	Dr. Bernd Valeske	+49 (0) 6 81/93 02-39 89
	Dipl.-Ing. Bernd Rockstroh	+49 (0) 6 81/93 02-38 10
Mechanische Systeme	Dipl.-Ing. Siegfried Kraus (komm.)	+49 (0) 6 81/93 02-38 11
Softwarezentrum	Dipl.-Ing Ralf Schallert	+49 (0) 6 81/93 02-37 03
	Dipl.-Ing Ralf Moryson	+49 (0) 6 81/93 02-39 38

Geschäftsfeldsekretariat		
Sprecher der Geschäftsfeld-verantwortlichen	Dr. Eckhardt Schneider	+49 (0) 6 81/93 02-38 40
Presse und Öffentlichkeitsarbeit	Martin Stenger M. A.	+49 (0) 6 81/93 02-39 98

Geschäftsfeldverantwortliche – Fraunhofer IZFP, Saarbrücken		
Bahn / Schiene, Großanlagen	Dipl.-Ing. Bernd Rockstroh	+49 (0) 6 81/93 02-38 10
Metallerzeugung und -verarbeitung, Pipeline und Kanalsysteme	Dr. Hans-Jürgen Salzburger	+49 (0) 6 81/93 02-38 20
Automobil	Dr. Eckhardt Schneider	+49 (0) 6 81/93 02-38 40
Neue ZfP-Anwendungen Saarbr.	Dr. Bernd Wolter	+49 (0) 6 81/93 02-38 83

Institutsteil Dresden		
Leiter	Prof. Dr. Norbert Meyendorf	+49 (0) 3 51/2 64 82-11
ZfP für Mikro- und Nanostrukturen	Dr. Bernd Köhler Dr. Frank Schubert	+49 (0) 3 51/2 64 82-42 +49 (0) 3 51/2 64 82-63
Sensoren und Sensorsysteme	Prof. Dr. Norbert Meyendorf (komm.) Prof. Dr. Jürgen Schreiber	+49 (0) 3 51/2 64 82-11 +49 (0) 3 51/8 82-33 93
LOD Labor für Optische Diagnose	Prof. Dr. Norbert Meyendorf (komm.) Prof. Dr. Jürgen Schreiber	+49 (0) 3 51/2 64 82-11 +49 (0) 3 51/8 82-33 93
Zustandsüberwachung	Bernd Frankenstein	+49 (0) 3 51/2 64 82-32

Geschäftsfeldverantwortliche – Institutsteil Dresden		
Luft- und Raumfahrt	Dr. Dieter Hentschel	+49 (0) 3 51/2 64 82-21
Elektronik / Mikrosystemtechnik / Nanotechnologie	Prof. Dr. Klaus-Jürgen Wolter	+49 (0) 3 51/2 64 82-10
Neue ZfP-Anwendungen Dresden	Prof. Dr. Jürgen Schreiber	+49 (0) 3 51/8 82-33 93

Das Institut in Zahlen

Mitarbeiterentwicklung

Im Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren waren 2005 im Jahresdurchschnitt 286 Mitarbeiter, einschließlich studentischer Hilfskräfte und Gastwissenschaftler, tätig. Davon gehören zum Stammpersonal an den beiden Standorten in Saarbrücken und Dresden 124 Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker.

Stammpersonal

	Saarbrücken	Dresden
Wissenschaftler	45	26
Ingenieure	34	7
Techniker	11	1
Infrastruktur	20	4
Σ	**110**	**38**

Sonstige Mitarbeiter

	Saarbrücken	Dresden
Doktoranden	12	2
Diplomanden	13	1
Auszubildende	4	5
Praktikanten	10	8
Studentische Hilfskräfte	60	13
Gastwissenschaftler	9	1
Σ	**108**	**30**

Betriebshaushalt

Der Betriebshaushalt hatte im Jahr 2005 eine Höhe von 15,57 Mio € in Saarbrücken und 5,11 Mio € in Dresden. Hervorzuheben ist der Anteil an Industrieerträgen in Höhe von insgesamt 11,98 Mio €.

Erträge aus FuE-Vorhaben

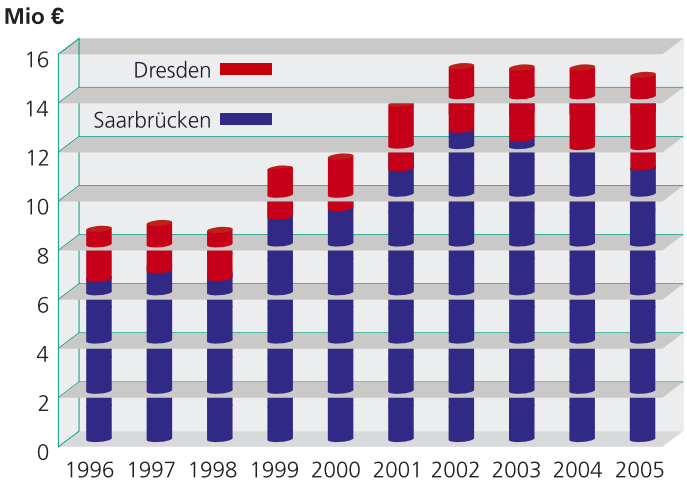
Saarbrücken

Jahr	Erträge Mio Euro	p1)	davon Industrie Mio Euro	p1)	Institutionelle Förderung Mio Euro
1996	6,60	0,67	5,60	0,56	3,22
1997	6,88	0,68	4,76	0,47	3,22
1998	6,56	0,67	4,67	0,47	3,28
1999	9,08	0,74	7,18	0,59	3,13
2000	9,42	0,72	7,43	0,57	3,71
2001	11,03	0,80	8,26	0,60	2,71
2002	12,60	0,72	9,10	0,51	4,91
2003	12,24	0,72	10,9	0,60	5,38
2004	11,90	0,70	10,2	0,60	5,09
2005	11,06	0,71	9,82	0,63	4,52

Dresden

Jahr	Erträge Mio Euro	p1)	davon Industrie Mio Euro	p1)	Institutionelle Förderung Mio Euro
1996	1,96	0,56	0,79	0,23	1,53
1997	1,92	0,64	0,58	0,19	1,11
1998	1,96	0,61	0,65	0,20	1,25
1999	1,94	0,76	0,93	0,37	0,60
2000	2,09	0,76	0,94	0,34	0,67
2001	2,63	0,81	1,18	0,36	0,64
2002	2,59	0,85	0,75	0,23	0,45
2003	2,90	0,74	1,45	0,30	1,16
2004	3,24	0,73	1,32	0,30	1,25
2005	3,77	0,74	2,16	0,43	1,34

1) Anteil an der Finanzierung des Betriebshaushaltes



Übersicht der Erträge aus FuE-Vorhaben in Mio €

Investitionen

Der Investitionshaushalt betrug im Jahr 2005 0,54 Mio €.

Jahr	Saarbrücken Mio €	Dresden Mio €
1994	2,25	0,97
1995	0,72	0,56
1996	0,56	0,66
1997	0,31	0,61
1998	0,46	0,20
1999	0,51	0,10
2000	0,50	0,15
2001	0,20	0,13
2002	0,27	0,05
2003	0,29	0,01
2004	0,41	0,23
2005	0,45	0,09

Vertragsforschung mit der Wirtschaft

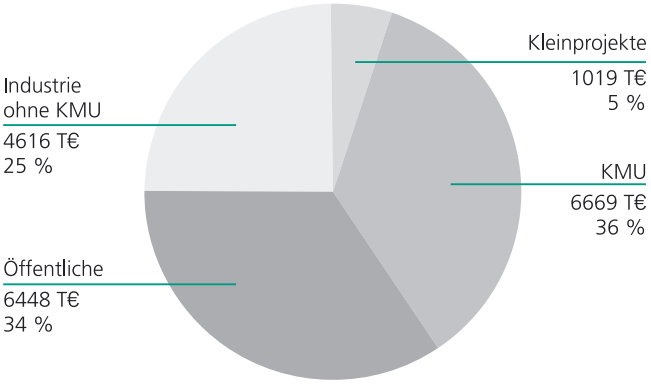
Projekte aus Angeboten an die Industrie 2005

Von insgesamt 673 an privatwirtschaftliche Unternehmen abgegebenen Angeboten wurden im Jahr 2005 dem Fraunhofer IZFP 610 Aufträge erteilt; das bedeutet eine Erfolgsquote von 90 Prozent. Das daraus resultierende Auftragsvolumen beträgt insgesamt 11,98 Mio €.

Die Aufträge gliedern sich in:

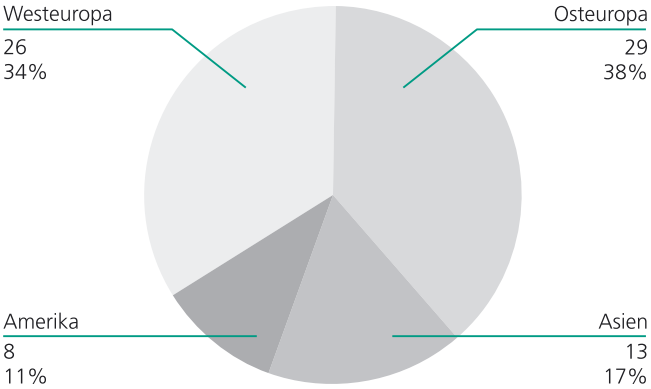
- 504	Projekte im Auftragswert bis	15 000 €
- 27	Projekte im Auftragswert bis	25 000 €
- 38	Projekte im Auftragswert bis	50 000 €
- 24	Projekte im Auftragswert bis	100 000 €
- 10	Projekte im Auftragswert bis	250 000 €
- 4	Projekte im Auftragswert bis	500 000 €
- 3	Projekte im Auftragswert über	500 000 €

Auftraggeber

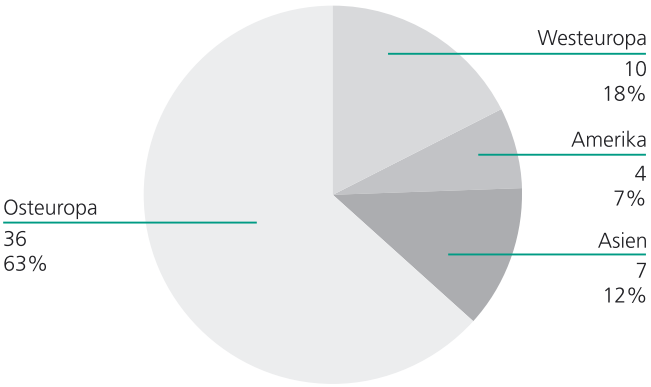


In 2005 erhaltene Aufträge nach Auftraggebern für Saarbrücken und Dresden

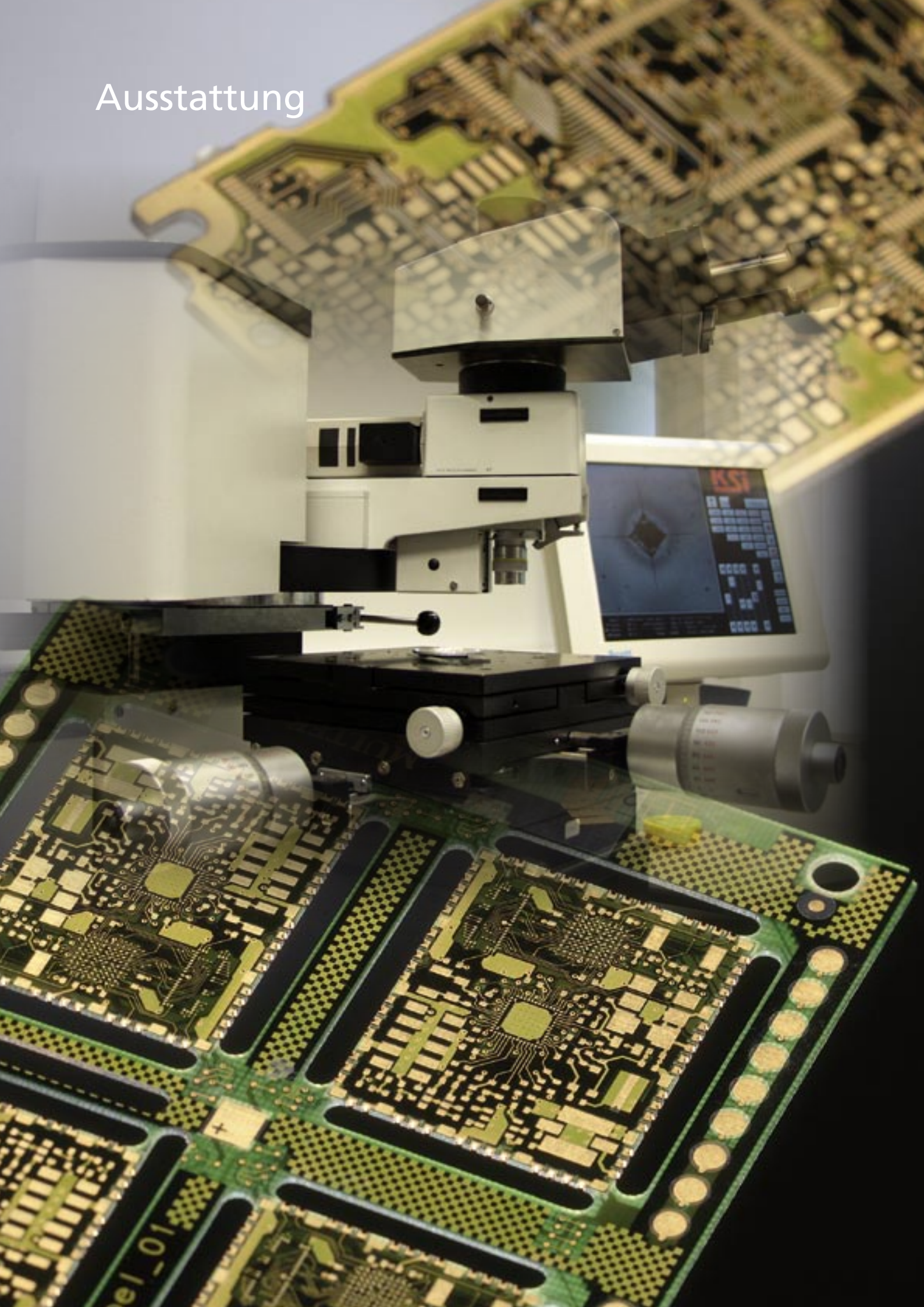
Kooperationen mit ausländischen Instituten und Hochschulen



Internationale Gäste



Ausstattung



Ausstattung

Das Institut verfügt in Saarbrücken über eine Nutzfläche von rund 4 500 m², in Dresden über rund 800 m². Etwa ¾ der Fläche wird als Laborraum bzw. Technikum genutzt. Die Prüflabore in Dresden und Saarbrücken sind nach DIN EN ISO / IEC 17025:2000 für zerstörungsfreie Prüfungen akkreditiert.

Die Messplätze unserer Prüflabore decken die folgenden Methoden ab:

• Ultraschall

Sensorik und Messplätze ...
... zur Prüfung und Charakterisierung von Werkstoffen
... für präzise Laufzeitmessungen zur Bestimmung von Eigenspannungen, Textur und Härte
... für Ultraschallrückstreumessungen zur Visualisierung zweiter Phasen und zur Bestimmung der Einhärtungstiefen

• Wirbelstrom

Sensorik und Messplätze ...
... für die Detektion und Beschreibung oberflächennaher Fehler
... zur Charakterisierung von Gefügezuständen
... zur Bestimmung von Schichtdicken

• Magnetik

3MA-Geräte ...
... zur Strukturanalyse
... zur Spannungsanalyse
... zur Bestimmung von Kennwerten
Streufluss-Prüfsysteme

• Radiographie und Computertomographie

Systeme zur ...
... Detektion von Fehlstellen in Komponenten
... 2-D- und 3-D-Visualisierung

• Dynamische Thermographie-Verfahren

Systeme zur ...
Detektion und Visualisierung von Fehlstellen in Metallen, Verbundwerkstoffen und Kunststoff

• Mikrowellen

Sensoren und Messsysteme zur ...
... Charakterisierung von Werkstoffen, z. B. elektromagnetische Eigenschaften, Dichte, Feuchte
... Prüfung von Bauteilen, z. B. Poren, Einschlüsse, Risse, Homogenität
... Charakterisierung von Schichten
... Bestimmung der Schichtdicke
... Nachweis von Delaminationen

• Kernspinresonanz

Sensoren und Messsysteme zur ...
... Detektion von Feuchte, Dichte und Aushärtung in Faserverbund-, Polymer- und Bauwerkstoffen mit Aufsatzprüfkopf

• Mikroskopie

Geräte zur ...
Gefügeanalyse und -bestimmung mit:
Lichtmikroskopie, akustische Mikroskopie, Akustische Kraftmikroskopie (AFM), Barkhausenrauschen, Rastersondenmikroskopie

Ehrung

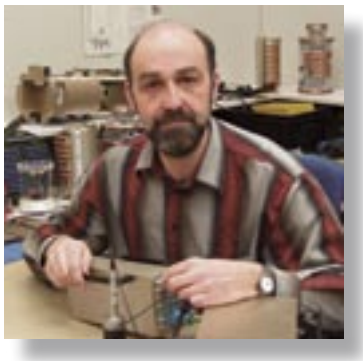
Kassel, 28. Januar 2005
Dr. Gerd Dobmann, der das Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren von Anfang an mit geprägt hat, erhielt von der Universität Kassel die Ehrendoktorwürde der Ingenieurswissenschaften. Die Laudatio wurde von Prof. Dr. Karl-Jörg Langenberg gehalten. Die Auszeichnung erhielt er in Anerkennung seiner herausragenden Verdienste auf dem Gebiet elektromagnetischer Prüfverfahren.

»Getakteter Gruppenstrahler«

Saarbrücken, 21. Dezember 2005
Herr Andrey Bulavinov erhielt das Thema für seine Doktorarbeit im Herbst 2004. Er konnte unmittelbar im Anschluss daran wissenschaftlich fundierte Thesen formulieren, deren Realisierung einen erheblichen Fortschritt in der Entwicklung von Ultraschallprüfsystemen für die industrielle Praxis darstellen. Innerhalb eines Jahres wurde eine experimentelle Plattform entwickelt, mit deren Hilfe die Experimente durchgeführt werden konnten, die das Leistungsvermögen und die Innovationshöhe des getakteten Ultraschallgruppenstrahlers zeigten. Dabei bewährte sich sein Teamgeist als Motor der Entwicklung und die Fähigkeit zur Projektleitung als beispielhaft für eine effiziente, zielorientierte Arbeit. Für die beste Promotion erhielt er den Institutspreis 2005.

»Frontendelektronik«

Saarbrücken, 21. Dezember 2005
Herr Bähr war Leiter des Projektes »Frontendelektronik für US-Prüfsysteme«. Dieses Projekt wurde zum Teil im Auftrage eines Industriekunden, zum Teil im Rahmen der institutsinternen Vorlaufforschung und -entwicklung durchgeführt. Das Projekt hatte eine außerordentlich hohe strategische Bedeutung, da nur auf der Basis des Projekterfolges die Abwicklung der beauftragten Industrieprojekte in den Geschäftsfeldern »Pipeline«, »Verkehr« und »Metallindustrie« durchführbar war. Vom Projekterfolg hingen somit zwei Drittel der industriellen Auftragsforschung ab. Herrn Bähr wurde für diese außerordentliche Leistung der Institutspreis 2005 für das beste Projekt verliehen.



Fraunhofer International

Moskau, 31. Oktober 2005
Die Fraunhofer-Gesellschaft eröffnete in Moskau ein Representative Office. Initiator war das Fraunhofer IZFP, da das Institut bereits seit langer Zeit Kontakte nach Osteuropa pflegt. Schon seit Jahren arbeiten russische Wissenschaftler und Unternehmen mit dem Institut erfolgreich zusammen. Das Representative Office wird künftig den Technologie-Transfer und den Ausbau strategischer Partnerschaften unterstützen.

Ehrenprofessur

Kasachstan, 20. Oktober 2005
Dem Institutsleiter Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult. Michael Kröning wurde der Titel eines Ehrenprofessors der L. N. Gumilyov Euroasian National University der Republik Kasachstan verliehen. Den Titel erhielt er für seine Verdienste um die Universität.

Bertholdpreis

Rostock, 2. Mai 2005
Prof. Dr. Rudolf Berthold (1898-1960) war einer der Nestoren der Zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) in Deutschland und gilt als Vater der Deutschen Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP). Zur Erinnerung an seine Pionierleistungen und für seine Verdienste, die er sich um die ZfP und die DGZfP erworben hat, verleiht die Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. seit 1973 den Berthold-Preis.
Der Preis wurde Dr.-Ing. Frank Schubert (Bild rechts) für seine Arbeiten zu den Grundlagen der Schallemissionstomographie auf der DGZfP-Jahrestagung in Rostock verliehen.

»Founders Award 2005«

Orlando, Florida, 5.-11. November 2005
Die Non-Destructive Evaluation Engineering Division der American Society of Mechanical Engineers hat Herrn Dr.-Ing. Eckhardt Schneider den alle zwei Jahre vergebenen Founders Award verliehen.
Damit werden E. Schneiders systematische Grundlagenarbeiten zur Bestimmung von mechanischen Spannungszuständen und Texturen mittels Ultraschallverfahren und die Entwicklung von Mess- und Auswerteempfehlungen ausgezeichnet. Die vom Fraunhofer IZFP entwickelten Ultraschallprüfsysteme zur Spannungs- und Texturanalyse genießen im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Robustheit und Anwendungsbreite ein weltweites Alleinstellungsmerkmal.

»GESA Symposium«

Saarbrücken, 22. September 2005
Das zweijährig stattfindende Symposium der VDI / VDE Gemeinschaft Experimentelle Strukturanalyse (GESA) fand unter der Leitung von Dr.-Ing. Eckhardt Schneider in Saarbrücken statt.
Das Symposium zeichnete sich durch die große Bandbreite und Interdisziplinarität der vorgestellten praktischen Anwendungen und Verfahrensentwicklungen aus. Die meisten der rund 90 Teilnehmer nahmen auch die Einladung des Institutsleiters an, und ließen sich bei Demonstrationen und Rundgängen über die Forschungsarbeiten und Prototypentwicklungen des Fraunhofer IZFP informieren.

In memoriam

Saarbrücken, 19. Februar 2005
Das Fraunhofer IZFP trauert um sein Kuratoriumsmitglied Dr. rer. nat. Kurt Paul Fink. Er hat die Arbeit des Fraunhofer IZFP seit der Gründung im Jahre 1972 intensiv unterstützt. 1973 wurde er von den Mitgliedern des Gremiums zunächst zum stellvertretenden Vorsitzenden und später zum Vorsitzenden des Kuratoriums gewählt. Herr Fink starb am 19. Februar 2005 im Alter von 91 Jahren. Wir danken ihm und werden ein ehrendes Andenken bewahren.

»Fraunhofer Zentrum«

Die Fraunhofer-Zentren für Zerstörungsfreie Prüfung neuer Materialien für die Luft- und Raumfahrt wurden 2005 mit Förderung der Freistaaten Sachsen und Bayern an den Standorten Dresden und Fürth gegründet. Die Zentren werden als gemeinsames »Laboratorium« der Fraunhofer-Institute IIS in Erlangen und IZFP in Saarbrücken / Dresden aufgebaut.

Die Entwicklung neuer Flugzeugtypen ist ein hervorragendes Beispiel für interdisziplinäre FuE-Arbeit und insbesondere auf den Leichtbau angewiesen, da Neuentwicklungen den Einsatz von Materialien bis an die Grenze ihrer Belastbarkeit erfordern. Hierzu müssen neue Verfahren zur zerstörungsfreien Materialanalytik und -prüfung vorangetrieben werden. Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen der Region, die an der Entwicklung neuer Leichtbauwerkstoffe arbeiten und diese einsetzen, sollen vom Zentrum profitieren. Erlangen arbeitet auf dem Gebiet der Röntgentechnik, die sächsischen Arbeiten umfassen Akustik und Health Monitoring.

»Fachausschüsse«

Dr.-Ing. Eckhardt Schneider wurde im April 2005 zum stellvertretenden Leiter des neu gegründeten Fachausschusses »Zerstörungsfreie Prüfung in der Luftfahrt« (FA Luftfahrt) der DGZfP gewählt. In Absprache mit den Gründungsmitgliedern und dem Leiter des FA Luftfahrt, Herrn Berthold Busch von der Titan-Aluminium-Feinguss GmbH, wird sich Herr Schneider um Information zu Prüfverfahren, zu besonderen Anwendungen an Luftfahrt spezifischen Bauteilen und um Beratung zu konkreten Prüfaufgaben bemühen. Herr Busch bringt seine langjährige Erfahrung aus der Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien ein und wird die Aktivitäten des FA Luftfahrt zu Normen, zur Ausbildung und Zertifizierung des Prüfpersonals gestalten.

Im September 2005 wurde der Fachausschuss »Zustandsüberwachung« der DGZfP gegründet. Die Wahl zum Vorsitzenden fiel zugunsten von Prof. Dr. Norbert Meyendorf, Leiter des Institutsteils Dresden, aus. In dem Ausschuss werden Themen zur Zustandsüberwachung, also der Überwachung der Integrität von Komponenten und Strukturen durch verteilte Sensorik, von Fachleuten aus Industrie und Forschung diskutiert. Hierbei wird der Schwerpunkt von Luft- und Raumfahrt auf andere Branchen wie Schienen gebundener Verkehr und Energietechnik erweitert. Daneben fördert der Fachausschuss die Erweiterung der Kompetenzen durch internationale Vernetzung.

Geschäftsfelder

Automobil 26

Automatische Bestimmung der Faserorientierungsverteilung aus 2-D-ZfP-Bilddaten 28

Bahn / Schiene 30

Prüflinien für Eisenbahnräder, Radreifen und Ringe 32

Luft- und Raumfahrt 36

Ultraschall-Thermographie mit einer ungekühlten Kamera am Beispiel von Verbundwerkstoffen 38

Metallerzeugung und -verarbeitung 40

Neuer Ultraschallansatz zur Planheits- und Spannungsanalye an Warm- und Kaltband 42

Großanlagen 44

Ultraschall-Prüfsysteme für Wiederholungsprüfungen an Kraftwerks- und Chemieanlagen 46

Pipeline und Kanalsysteme 48

EMUS-Prüfkopf zur Wanddickenprüfung im horizontalen Magnetfeld mit integrierter Streuflussprüfung 50

Elektronik / Mikrosystemtechnik / Nanotechnologie 52

Kanalleiterplatte für Mikro-Ultraschallfrontend 54

Neue ZfP-Anwendungen (Neue Materialien, Nahrungsmittelindustrie, Verpackungsindustrie, Prozesse) 56

Auslegung und Bau von Luft-Ultraschallwandlern mit piezoelektrischen Elektreten 58

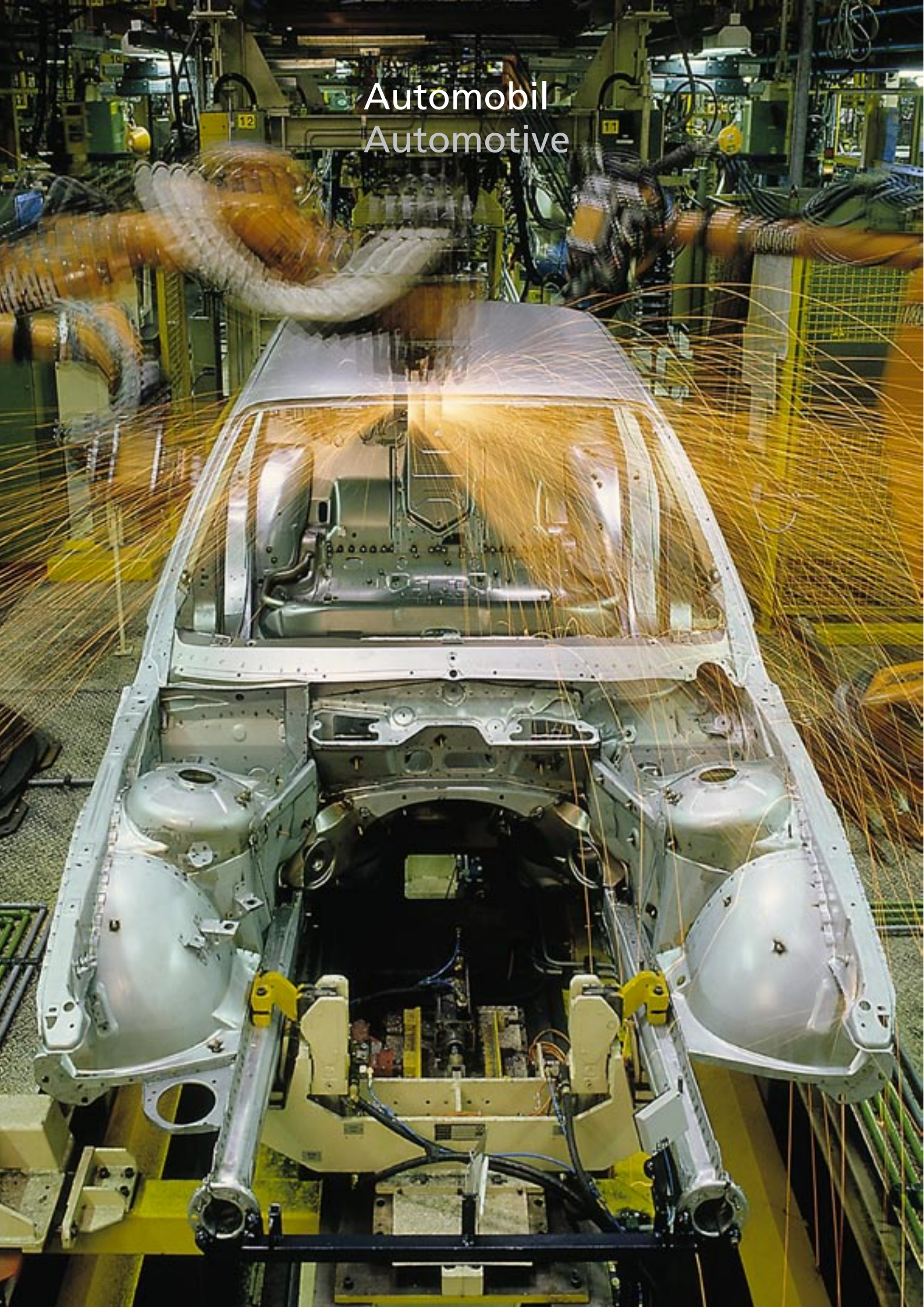
Neue ZfP-Anwendungen (Medizin, Geologie, Umwelt, Biotechnologie) 60

Akustische Messtechnik für geo- und bautechnische Anwendungen 62

Kernkompetenzen

Kernkompetenzen – Wissenschaft und Technologie

Werkstoffcharakterisierung, Fehlerprüfung und Lebensdauermanagement	64
Berührungslose Schichtdickenmessung mit Hilfe von Mikrowellen	66
Fehlerprüfung an induktiv gehärteten Bauteilen mittels Streufluss-Sondenprüfung	67
»Sampling Phased Array«-Ultraschall-Plattform	68
Online-Überwachung des Spritzgießens mit einem Radarsensor	70
Entwicklungswerkzeuge zum ökologischen und ökonomischen Gestalten von Gussteilen	71
Mikromagnetischer Nachweis der Werkstoffalterung infolge kohärenter Cu-Ausscheidungen	72
Prozessüberwachung und -beherrschung	74
Kontinuierliche Feinblechprüfung mit 3MA-ISIS	76
Zustandsüberwachung	78
Strukturintegrierte Sensorik / Aktorik für die Zustandsüberwachung	80
ZfP für Mikro- und Nano-Strukturen	82
Herstellung und Charakterisierung von Nanopartikeln	84
Systementwicklung und Prototypenbau	86
Sensoren und Sensorsysteme / LOD Minsk	88
Sensorik für das Monitoring von Flugzeugstrukturen auf der Basis akustischer Signaturen	90
Lasergestützte Qualitäts- und Funktionskontrolle für die Solartechnik	91
Softwarezentrum	92
Datenexport- und Verwaltungssystem der Geräterichtlinien zur Randhärtetiefenbestimmung	94
Demonstrationssystem EMUS-Wanddickenprüfung	95
Klassifikationsverfahren zum Structural Health Monitoring	96
ZfP-Dienstleistungszentrum	98
Aktive Thermische Prüftechnik mit induktiver Anregung als zukunftsweisende ZfP-Methode	100
Mechanisierte Wanddickenmessung mit automatisierter statistischer Ergebnisbewertung	102
Beratungsdienstleistung für TACIS-Projekte mit der Ukraine	103
Entwicklungszentrum Röntgentechnik	104
Weiterentwicklung der Visualisierungssoftware »VolumePlayerPlus«	106
Grundlagen der ZfP	108
Nichtlineare Kontaktresonanzspektroskopie mit dem Ultraschall-Kraftmikroskop	110



Automobil
Automotive

Auftrag

Leichtbaukonzepte, betriebssichere Auslegung, Fertigungskontrolle, Zuverlässigkeit bei der Nutzung, bedarfsorientierte Wartung und zunehmend auch Recycling-Strategien erfordern die vermehrte Anwendung und stetige Weiterentwicklung zerstörungsfreier Prüfverfahren in der Automobilindustrie.

Das Fraunhofer IZFP empfiehlt sich als Partner der Hersteller und Zulieferer bei der Weiterentwicklung zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Werkstoffcharakterisierung und Prozessüberwachung, zur Bestimmung von Bauteileigenschaften und deren Veränderungen während der Nutzung.

Kommentar zum Geschäftsjahr

Das 3MA-II-Verfahren wird mit zunehmender Tendenz vom Markt nachgefragt. Die Nutzung von vier Messeffekten unterschiedlicher Wechselwirkungen des aufgebrachten Magnetfeldes mit dem Material stellt sich immer öfter als Vorteil gegenüber den Wettbewerbsprodukten heraus. Die Bestimmung der Härte warmgeformter Bleche, die Bestimmung von Härte und Härtetiefen an einsatzgehärteten und nitriergehärteten Bauteilen, sowie die Lokalisierung und Charakterisierung von Schleifbrand skizzieren die Anwendungen der im Geschäftsjahr 2005 vermarkteten Systeme.

Die in der Prüfpraxis gewonnenen Erfahrungen werden für die Weiterentwicklung der Gerätetechnik genutzt.

3MA wurde auch zur Charakterisierung von Eigenspannungen insbesondere in den dünnwandigen Teilen von Motorblöcken aus Eisenguss mit Lamellen- und Vermiculargraphit ertüchtigt (S. 71).

Das zur Bestimmung der Randhärtetiefe Rht etablierte Ultraschallsystem setzt sich ebenfalls weiter auf dem Markt durch. Mit dem neuen Softwarepaket PINTRht werden unter anderem die statistische Ergebnisauswertung, die Dokumentation und die Datenübergabe in die werksseitigen QM-Systeme verbessert (S. 94).

Der erkennbar häufigere Einsatz von feinkörnigen, härtbaren Stählen und die Einstellung größerer Übergangszonen von der gehärteten Oberflächenschicht zum Grundmaterial wird die Anwendbarkeit des Ultraschallrückstreuverfahrens zur Rht-Bestimmung einschränken. Im Rahmen einer Diplomarbeit wird das Potenzial der Frequenzabhängigkeit von Schallgeschwindigkeit und -schwächung zur Charakterisierung von Härte und Härtetiefe ausgelotet. Ziel ist, in circa zwei Jahren ein Verfahren vorhalten zu können, das auch geringe Randhärtetiefen (<~ 1,5 mm) und Rht-Werte bei fl acheren Härtegradienten zuverlässig anzeigt.

Das alte Streuflussverfahren zum Nachweis von Oberfl ächenfehlern und oberfl ächennahen Ungänzen erfährt durch die Verfügbarkeit hochsensibler Magnetfeldsensoren neue Akzeptanz und ermöglicht durch die Automatisierbarkeit der Prüfdurchführung und die Objektivierbarkeit der Ergebnisbewertung mittels Bildverarbeitung vielfältige Anwendungen (S. 67). Das Streuflussverfahren hat ähnlich wie das Thermographieverfahren Potenzial zur effi zienten Alternative für das Magnetpulververfahren.

Große Erwartungen werden in die Leistungsfähigkeit des Sampling-Phased-Array-Systems gesetzt (S. 68, 54). Die Prüfung von Lasernähten im Automobilbau ist nach wie vor eine Herausforderung, die in den meisten Fällen nur durch eine Kombination von Verfahren zu meistern ist. Die kombinierte Nutzung von Thermographieund Ultraschallverfahren erscheint sehr aussichtsreich, insbesondere wenn die Vorteile der neuen Gruppenstrahlertechnik ausgenutzt werden können.

Der Transfer von innovativen oder neuen Geräten und Technologien in die industrielle Prüfpraxis benötigt nach wie vor größere Anstrengungen in Zusammenarbeit mit der Industrie. Dies gilt insbesondere dann, wenn bestehende Regelwerke oder Bestellspezifi kationen angepasst werden müssen. Im Transferprozess befi nden sich derzeit zwei vielversprechende neue Prüf- und Kontrolltechniken, der »Schrauber« sowie das »Clinchen«. Mit dem »Schrauber« kann im Schraubprozess die Schraubenvorspannkraft gemessen werden, mit dem »Clinchen« die Qualität der Clinchverbindung über die Messung der Bodendicke des Clinchpunktes.

Ansprechpartner

Dr. Eckhardt Schneider
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 40
eckhardt.schneider@izfp.fraunhofer.de

Automatische Bestimmung der Faserorientierungsverteilung aus 2-D-ZfP-Bilddaten

Ausgangssituation

Die Forderung nach Gewichtsreduktion im Automobilbau bzw. in der Luftfahrtindustrie führt zunehmend zum Einsatz von Faserverbundwerkstoffen, die in Kombination mit Bauteilen aus Metall eingesetzt werden. Dabei übernehmen beide Komponenten tragende Funktionen. Ein aktuelles Beispiel sind langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT). Bei der Auslegung von LFT-Bauteilen verlässt man sich auf Materialkennwerte, die jedoch nur bei der gewünschten Orientierung der Verstärkungsfasern gegeben sind.

Aufgabe

Die vorgestellten Ergebnisse entstammen einem Verbundprojekt, dessen Ziel es war, Werkstoffherstellung, Lastauslegung, Fügetechniken und zerstörende und zerstörungsfreie Werkstoffprüfung frühzeitig zu vereinen, um den Einsatz der vielversprechenden LFT-Werkstoffe in der Automobilindustrie zu unterstützen. Eine Teilaufgabe für die zerstörungsfreie Prüfung war dabei die automatisierte Ermittlung von Orientierungsverteilungen der Fasern bei der Entwicklung der Herstellungsprozesse für LFT.

Ergebnis

Es entstand die Software NDEFO (nondestructive evaluation of fiber orientation), die auf der Basis von Grauwertdaten, z. B. aus Röntgen-, Ultraschall- oder Thermographiebildern, Orientierungsverteilungen in Form von Histogrammen errechnet und Anisotropieparameter ausgibt.

Die Software arbeitet mit einem Algorithmus, der auf Gradientenanalyse basiert. Es stehen zwei Fasererkennungsalgorithmen zur Verfügung, um der je nach Prüfverfahren unterschied-

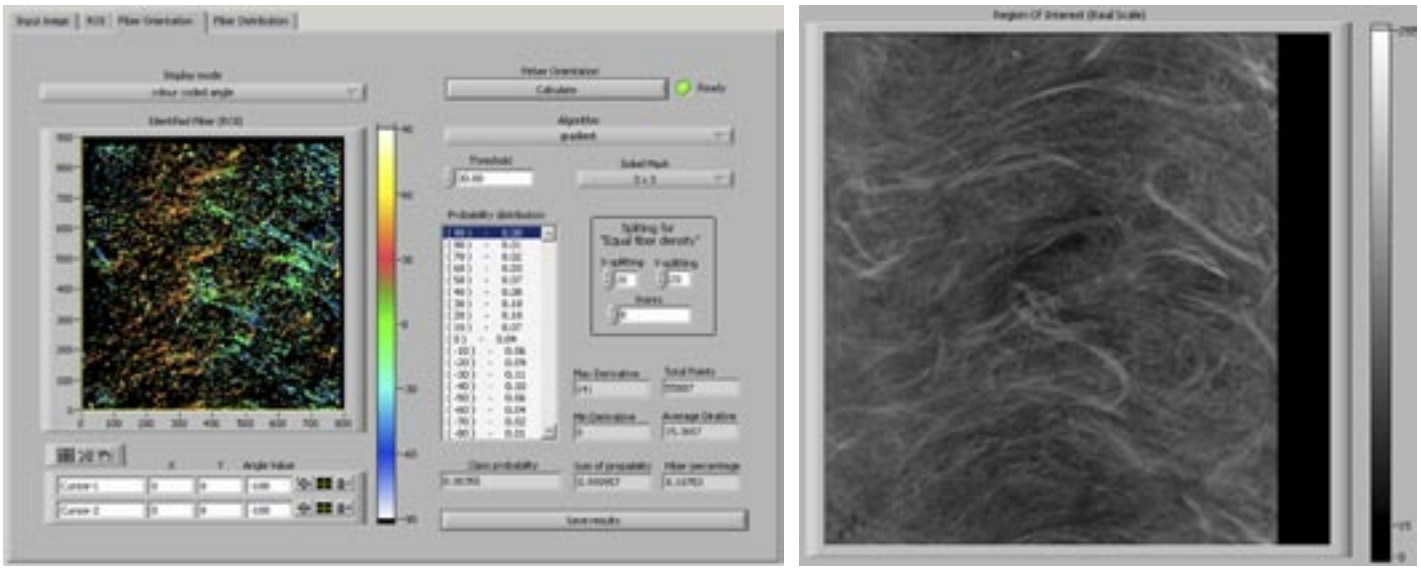


Abb. 1: Links: Bedienoberfläche von NDEFO zur automatisierten Bestimmung von Faserorientierungen in LFT-Bauteilen. Rechts: Auszuwertendes Radiographiebild einer LFT-Platte

lichen Dynamik in den Bilddaten Rechnung zu tragen.

Abb. 1 zeigt rechts ein Radiographiebild einer LFT-Platte, bei dem die Glasfasern mit hellem Kontrast erscheinen. In dem Auswertefenster links ist dieselbe Platte zu sehen, wobei dem ermittelten Orientierungswinkel jeder erkannten Faser nun eine Farbstufe zugeordnet ist. Histogramme der Faserverteilung werden mit wählbaren Winkelklassengrößen erstellt.

Im Gegensatz zu früher bekannten Lösungen kann NDEFO über ein Softwaremodul auch direkt die Winkelabhängigkeit der elastischen Eigenschaften aus der Orientierungsverteilung herleiten. Neu ist auch die Möglichkeit einer kreisförmigen Auswerteregion, sodass die Orientierungsverteilung in Rondenproben direkt mit den Ergebnissen von Biegeversuchen korreliert werden kann.

Aus den Orientierungsverläufen wie in Abb. 2 dargestellt kann z. B. das Ergebnis des Fliesspressprozesses mit dem Ergebnis von rheologischen Modellen bei der Formfüllsimulation korreliert werden.

Andere Anwendungen zielen darauf, aus Mikrowellen-Rückstreubildern Faserfehllagen und Faserknoten automatisiert zu erkennen.

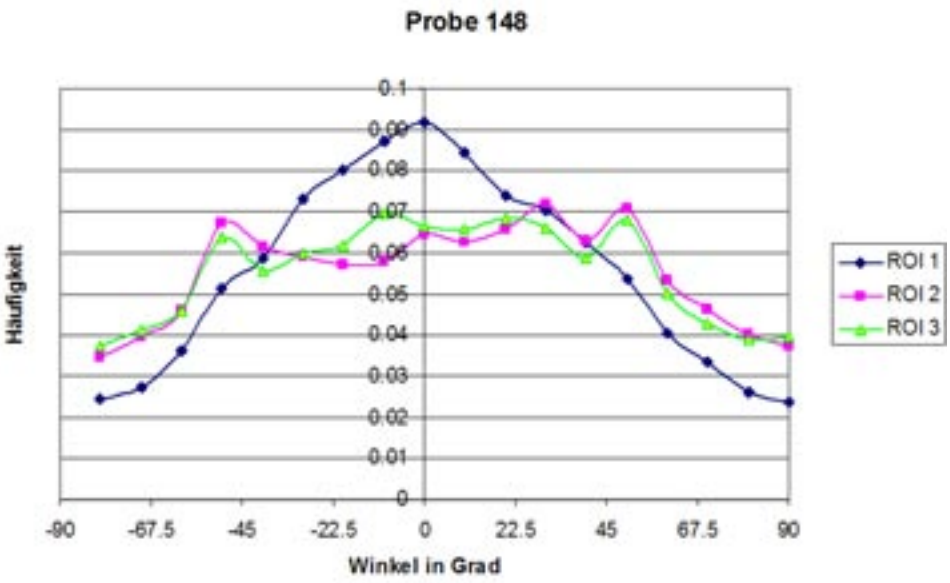


Abb. 2: Histogramme der Faserverteilung in drei Auswerteregionen (ROI) auf einer LFT Platte auf der Basis von Röntgen-Radiographiebildern

Stichworte

Orientierungsverteilung,
Software,
Radiographie,
Mikrowellen

Auftraggeber

FhG, WISA-Projekt »InFaSt-Integration tragender thermoplastischer Faserverbund-Bauteile in angrenzende Strukturkomponenten« , Laufzeit 2002-2005.

Projektpartner

Fraunhofer-Institute ICT, IFAM, IPT, IWMH, IZFP

Ansprechpartner

Dr. Udo Netzelmann
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 73
udo.netzelmann@izfp.fraunhofer.de

Bahn / Schiene
Railway Systems

Auftrag

Die europäischen Wettbewerber im Bereich Bahn / Schiene setzen zur Erreichung besserer Kostenstrukturen vor allem auf die Qualität der Einzelkomponenten ihrer Züge und Systeme; dabei steht neben Sicherheitsaspekten die Verfügbarkeit der Fahrzeuge im Vordergrund.

Beides wird u. a. durch zerstörungsfreie Prüfungen sichergestellt. So werden am ICE im Lebensdauerzeitraum Wiederholungsprüfungen z. B. an Rädern und Radsatzwellen alle 240 000 km mittels UFPE (**U**nter**f**lur**p**rüf**e**inrichtung) im eingebauten Zustand und alle 500 000 km mittels AURA (**A**utomatische **U**ltraschall **R**adsatzprüfanlage) nach der Reprofilierung im ausgebauten Zustand durchgeführt.

Für die Fertigungsprüfung von Rädern wurden 2005 die Ultraschall-Radprüfsysteme RWI (Rail Wheel Inspection) in der Radsatzfabrik Ilsenburg (RAFIL, Deutschland) und in Nischnij Tagil (NTMK, Russland) in den Dauerbetrieb überführt.

Die RWI-Anlage von RAFIL prüft Eisenbahnräder im Durchmesserbereich von 680 – 1250 mm in ca. vier Minuten je Rad im Dreischicht-Betrieb an fünf Tagen in der Woche, die RWI-Anlage in Russland prüft ein Rad pro Minute, 22 Stunden pro Tag an sieben Tagen in der Woche. Die Abmessungen der Räder können 790 – 1295 mm betragen.

Die Abbildung auf der linken Seite zeigt die Ultraschall-Radprüfanlage in Ilsenburg bei RAFIL während des Betriebes.

Die Prüfempfindlichkeit für beide Ultraschall-Radprüfanlagen beträgt KSR 1,0 mm. Die nachfolgenden Prüfnormen werden von der RWI-Anlage erfüllt:

- RD 32.144-2000
- EN 13 262
- UIC 812-3V
- AAR M 107-84
- ISO 5948
- DB-TL 918 272
- AFNOR 09-340
- AFNOR ND-FOII-142
- DIN/EN 473 und GOST 30489

Um die Verfügbarkeit der Schienenfahrzeuge auf einem hohen Niveau zu halten, legen stationäre Prüfsysteme wie AURA und UFPE den Stand der Radprüftechnik fest. Eine Weiterentwicklung dieser Ultraschall-Radsatzprüfanlagen wurde im Werk Krefeld der Deutschen Bahn und der SRS Süddeutsche Rail Service GmbH in Kaiserslautern in Betrieb genommen.

In Krefeld werden Antriebsradsätze ohne Demontage der Antriebskomponenten u. a. im Scheibenbereich und Laufradsätze geprüft. Die Ultraschallprüfung erfolgt mit einer neuen miniaturisierten Prüfelektronikgeneration (Ultraschall-Frontend). Im Werk Krefeld der Deutschen Bahn sind zwei AURA-Anlagen in Betrieb.

In Kaiserslautern wurde eine kombinierte Ultraschall-Wirbelstrom-Prüfanlage für Räder und Radsatzvollwellen in Betrieb genommen, die in dieser kompakten Ausführung die erste Anlage weltweit darstellt.

Für das Überrollprüfsystem AUROPA (US-Radprüfung bei einer Überrollgeschwindigkeit von ca. 10 km/h) wurden im Jahr 2004 und 2005 zehn Systeme aus China beauftragt. Geprüft wird die Radlauffläche von Eisenbahnrädern mit einer Eindringtiefe von 8 mm auf offene oder verdeckte Fehler.

Die Entwicklung eines Frühwarnsystems zur Schadensfrüherkennung durch fahrzeugintegrierte Sensorik (z. B. in der Hohlwelle) wurde vorangetrieben. Ziel ist die akustische Detektion von Rissen in rollenden Rädern.

Die Strategie der Deutschen Bahn AG besteht in der Zusammenführung der stationären und Onboard-Diagnose unter dem Begriff »intelligente und flexible Zuginspektion«. Dies stellt das Fraunhofer IZFP vor neue Herausforderungen. Zur Erfüllung dieser technischen Anforderungen werden die am Institut vorhandenen Kompetenzen genutzt, um Innovationspotenziale konsequent in Produkte umzusetzen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Bernd Rockstroh
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 10
bernd.rockstroh@izfp.fraunhofer.de

Prüflinien für Eisenbahnräder, Radreifen und Ringe

Ausgangssituation

Beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge sind aufgrund der Wechselwirkung zwischen Rad und Schiene die Räder den höchsten Belastungen ausgesetzt. Die Radgeometrie, die Rund- und Planlaufabweichungen der Räder und die Oberflächenqualität der Laufflächen sind Güteparameter, die entscheidend sowohl für die Betriebssicherheit als auch für einen hohen Fahrkomfort eines Schienenfahrzeuges sind. Bei immer höheren Geschwindigkeiten der Fahrzeuge ist die Sicherstellung definierter Güteparameter durch objektive Messung und Dokumentation von großer Bedeutung.

Abb. 1: Brinell-Härteprüfmaschine für Eisenbahnräder
(Mit freundlicher Genehmigung der EMCO TEST Prüfmaschinen GmbH)

Aufgabe

Um die in Normen geforderte Qualität für Eisenbahnräder, Radreifen und Ringe nachzuweisen und zu dokumentieren, werden Prüflinien in bestehende Produktionsstrecken in Stahlwerken und Halbzeug-Werken integriert. Auf der Grundlage vorhandener Erfahrungen mit Radprüfsystemen im industriellen Dauerbetrieb wurde das Fraunhofer IZFP von mehreren Auftraggebern als Hauptauftragnehmer für Prüflinien als Systemverantwortlicher angesprochen.

Für die Brinell-Härteprüfung von Rädern und Radreifen ist die DIN EN ISO 6506 Teil 1 – 3 verbindlich.
In dieser Norm sind beschrieben:

Teil 1 Prüfverfahren
Teil 2 Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfmaschinen
Teil 3 Kalibrierung von Härtevergleichsplatten

Ein Härteprüfsystem für Eisenbahnräder ist in Abb. 1 dargestellt. Die Härteprüfung erfolgt an einer 2 – 3 mm tiefen automatisch ausgefrästen Oberfläche. Auch die Integration dieser Maschine in die Prüflinie erfordert umfangreiche Erfahrung in der Fördertechnik und Steuerelektronik.

Vor allem die Boden-Boden-Zeit von 1 – 2 Minuten pro Rad bzw. Radreifen bedingt eine exzellente Verknüpfung aller Prüf- und Messsysteme. Diese »Prüfstrecken« erfordern ein umfassendes Know-how der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, für die Fördertechnik und die Automatisierungstechnik (Schwerpunkt u. a. Steuerelektronik) in Verknüpfung mit der Prüfelektronik. Sollen Werkstücke zwischen verschiedenen Anlagenstationen hin- und hertransportiert werden, so ist die Schnittstelle zwischen den Anlagen und der Transporteinrichtung genauestens zu definieren (Verriegelungssignale, Kommandos, Fehlermeldungen). Außerdem ist die Aufgabe der Transportanlage zu definieren. Soll sie nur die Werkstücke von A nach B transportieren oder soll sie selbstständig Aufträge in Abhängigkeit der Zustände der einzelnen Anlagenkomponenten generieren.

Für die Inbetriebnahme vor Ort ist es sinnvoller, der Anlage eine übergeordnete Steuerung zu geben, die komplette Produktionsaufträge verwaltet und den Teilanlagen die entsprechenden Unteraufträge übermittelt. Diese übergeordnete Steuerung kann dann auch die Visualisierung übernehmen, was die Fehlersuche für die Anlagenbediener vereinfacht.

Folgende Arbeits- bzw. Prüfschritte sind in eine Prüflinie zu integrieren:

1. Reinigung mit anschließender visueller Prüfung
2. Geometrievermessung
3. Härtemessung nach Brinell
4. Ultraschallprüfung
5. Magnetpulverprüfung
6. Trocknung
7. Farbgebung (Korrosionsschutz)
8. Visuelle Ausgangskontrolle

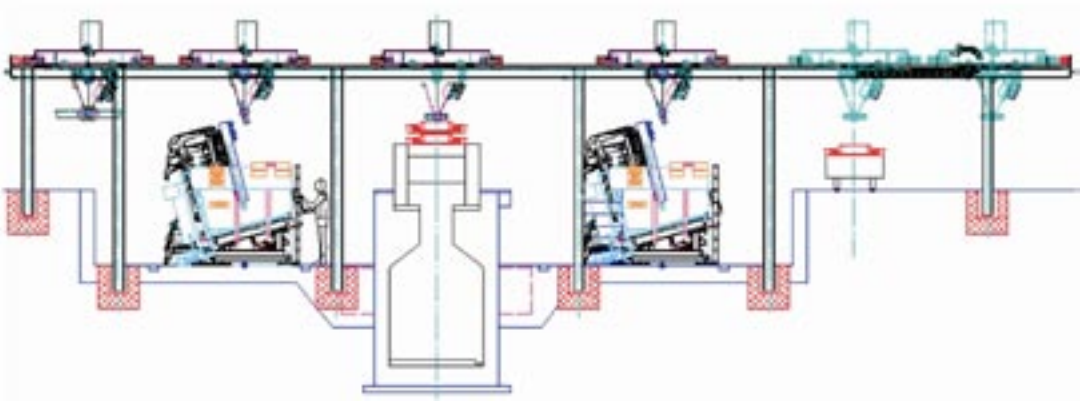


Abb. 2: US-Doppelbeckenprüfanlage mit zwei Prüfelektroniksystemen, je 16-kanalig, zwei Prüfwannen, Kranbahnen, 2 Roboter für die Radein- und -ausbringung in die Prüfwanne

Ergebnis

Die Kombination aller Systeme erfordert detaillierte Kenntnisse zum Ablauf der Prüf- und Transportprozesse während des technologischen Gesamtablaufs. An die Fördersysteme (Kranbahnen, Transportstrecken, Rollenbahnen), an die Handhabungstechnik (Manipulatoren, Roboter) sowie an die Steuerelektronik werden hohe Qualitäts- und Funktionalitätsforderungen für einen störungsfreien Dauerbetrieb gestellt. Spezielle Softwaremodule zur Prüfdatenerfassung, Prüfdatenauswertung und Prüfdatendokumentation sind unverzichtbare Bestandteile der Gesamtprüflinie und der Einzelanlagen, wie z. B. der Ultraschallprüfsysteme (Abb. 2).

Ferndiagnosemodule über ISDN für die einzelnen Stationen der Prüfelektronikkomponenten und die Steuerelektronik sind für die schnelle Beseitigung von Störungen und somit für die Sicherstellung der Verfügbarkeit der Gesamtprüflinie entscheidend. Abb. 3 vermittelt einen Überblick zur Komplexität der gesamten Prüflinie. In Abb. 4 ist das Ablaufschema mit Ablageplätzen zu sehen.

Spezielle langjährige Erfahrungen sind auch für die Auslegung, Erprobung und Inbetriebnahme von Eisenbahnradvermessungseinheiten erforderlich.

Zur Erfassung der Geometriemerkmale an Eisenbahnrädern kommen durch das Fraunhofer IFF komplexe Sensorverbünde zum Einsatz. Alle Sensoren messen in einem gemeinsamen Koordinatensystem. Dazu wurden Verfahren zur Kalibrierung und zur Einmessung dieser Sensoren entwickelt. Mittels Einstellmuster, die sich am Originalwerkstück orientieren (Testkörper), kann die Fertigungseinrichtung im Betrieb auf ihre Prüfmittelfähigkeit überprüft werden. Umfangreiche Softwarealgorithmen ermöglichen die Geometriemerkmalserfassung bei wechselnden Oberflächen und tolerieren so unterschiedliche Einflussfaktoren, wie Oberflächenrauheit, Rost, Kühlflüssigkeit, Fremdlicht, u. a.

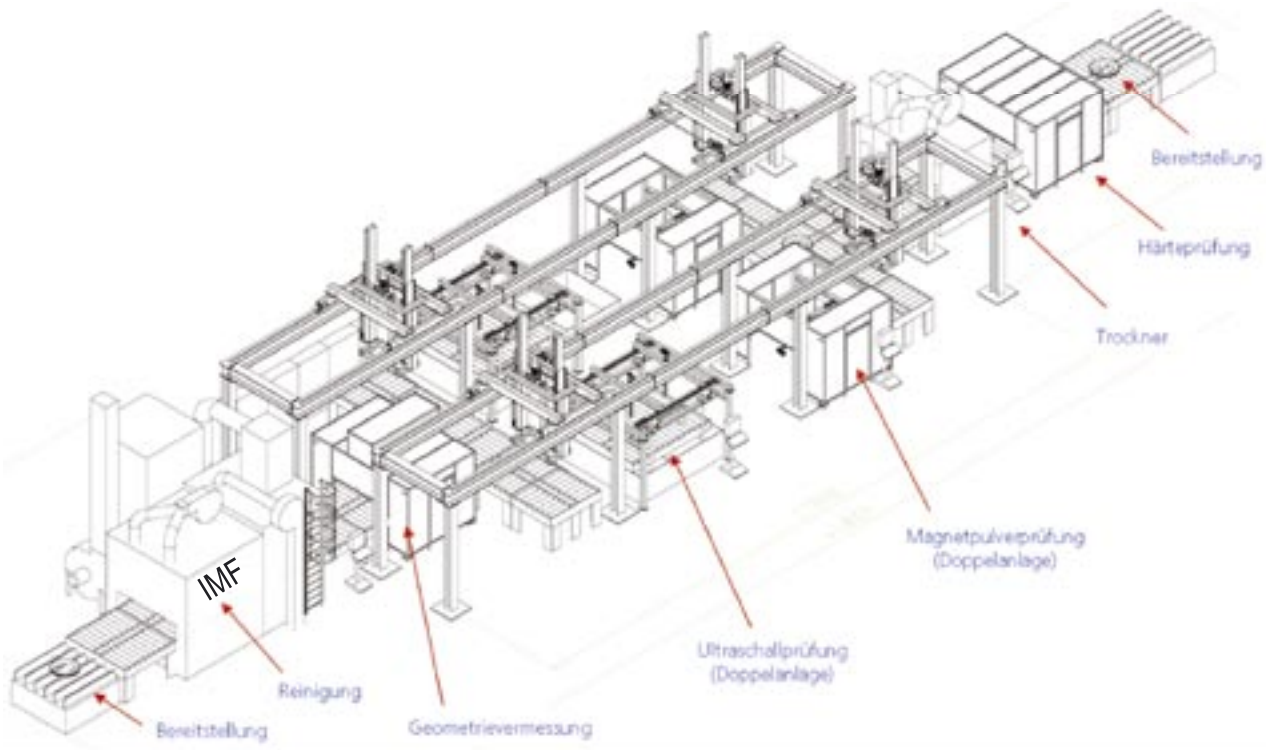


Abb. 3: Entwurf einer Prüflinie für Eisenbahnräder

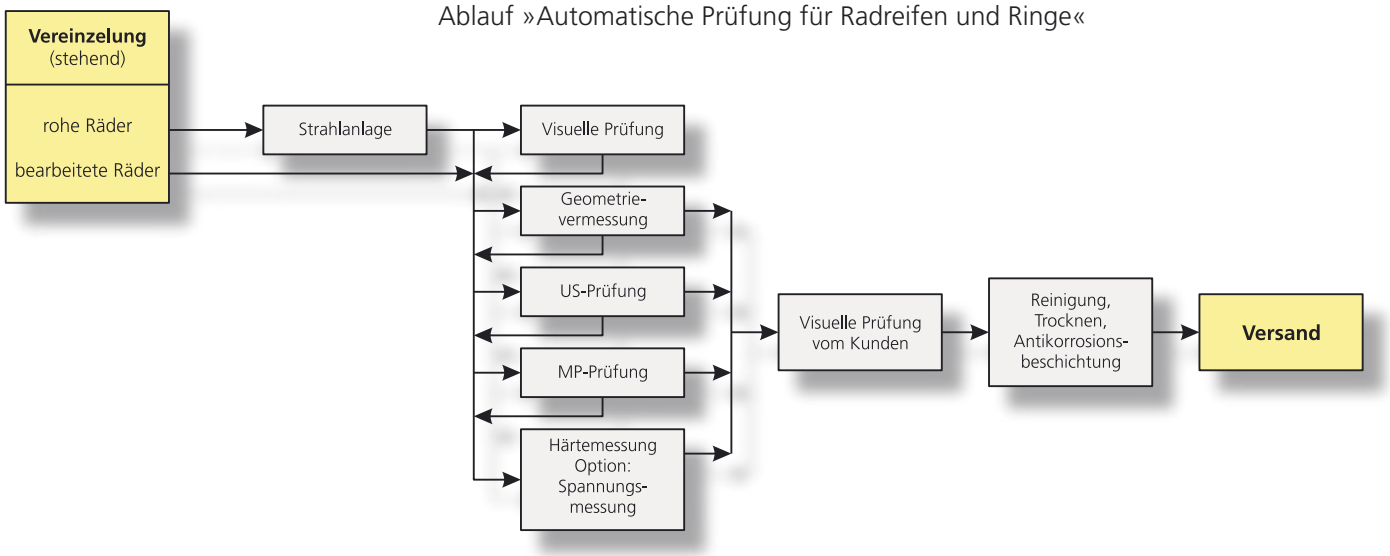


Abb. 4: Ablaufplan mit Speicherplätzen für eine Prüflinie für Eisenbahnräder. Die Prüflinien sind ein Ergebnis der langjährigen Erfahrung des Fraunhofer IZFP bei der Herstellung und dem Betrieb von Ultraschall Rad- bzw. Radreifenprüfanlagen.

Auftraggeber

Europäischer Radhersteller

Projektbeteiligte FhG

Fraunhofer IZFP, Saarbrücken:
Bernd Rockstroh, Wolfgang Kappes,
Friedhelm Walte

Fraunhofer IFF, Magdeburg:
Dirk Berndt

Stichworte

Radreifen und Ringe,
Prüflinien,
Eisenbahnräder,
Ultraschall

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Bernd Rockstroh
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 10
bernd.rockstroh@izfp.fraunhofer.de

Abb. 5a: Geometrievermessung; Senseorverbund aus Laserlichtschnitt- und punktförmig messenden Lasersensoren
(Mit freundlicher Genehmigung Fraunhofer IFF)

Abb. 5b: Geometrievermessung; Senseorverbund während der Profilmessung
(Mit freundlicher Genehmigung Fraunhofer IFF)

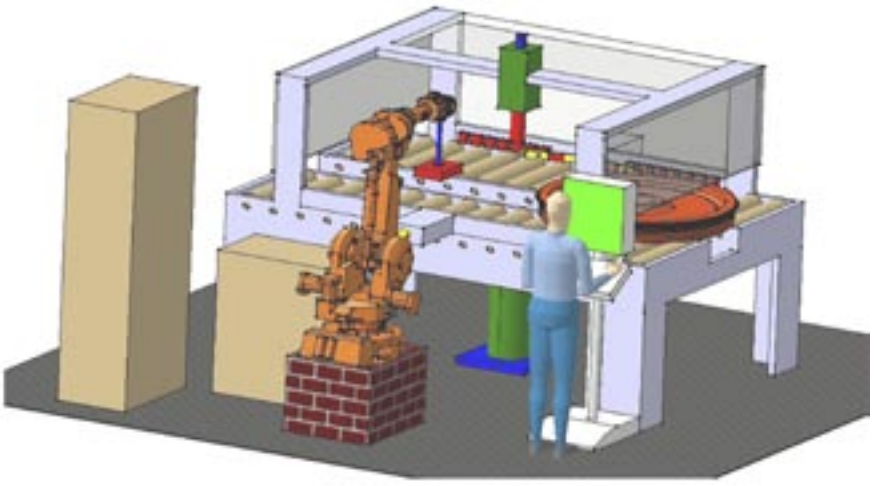
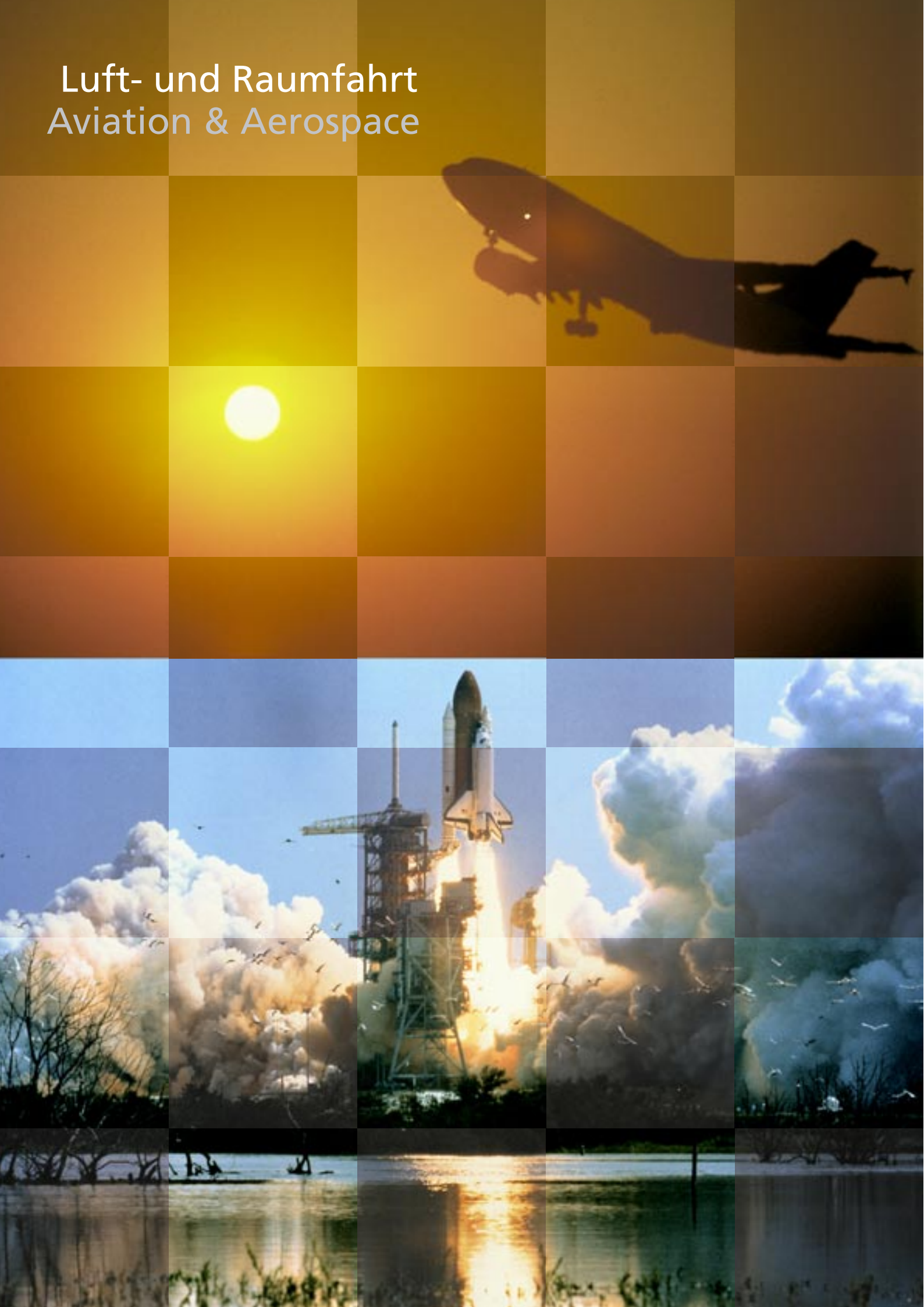


Abb. 6: 3-D-Darstellung einer Radgeometrievermessung

Luft- und Raumfahrt
Aviation & Aerospace



Auftrag

In der heutigen Luftfahrttechnik kommen in zunehmendem Maße neue Verbundwerkstoffe zum Einsatz. Dadurch sind Flugzeuge leichter geworden, ohne an Sicherheit zu verlieren. Die weitere Erhöhung der Sicherheit, verbunden mit verbesserter Ökonomie im Langzeitbetrieb der Flugzeuge, ist eine Voraussetzung, um im internationalen Konkurrenzkampf bestehen zu können. Deshalb wird ein neues Sicherheitskonzept für die mechanische Stabilität, das »Structural Health Monitoring« (SHM), eingeführt und schrittweise verwirklicht. Die wissenschaftlich-technischen Herausforderungen des SHM sind so groß, dass die ZfP vor einer prinzipiell neuen Aufgabe steht. Im Geschäftsfeld Luft- und Raumfahrt spielen daher Systeme für das SHM eine zentrale Rolle.

Andere zum Einsatz kommende Prüfsysteme betreffen die Ultraschall-Prüfung (Gruppenstrahler-Systeme, schnelle scannende Systeme) und die Rissprüfung (beispielsweise mit Wirbelstrom).

Die Region Dresden ist bereits traditionell durch die Luftfahrtindustrie geprägt. Enge Beziehungen hat das Fraunhofer IZFP, Institutsteil Dresden, mit einschlägigen regionalen Unternehmen; das Fraunhofer IZFP insgesamt auch mit großen europäischen Unternehmen. Das Produkt- und Dienstleistungsportfolio umfasst:

- Zustandsüberwachung mit akustischen Methoden
- Entwicklung und Einsatz von Sensorknoten für die akustische Zustandsüberwachung, zunächst für Ermüdungs-Tests
- Systeme zur Ultraschallprüfung von Luftfahrt-Strukturen, beispielsweise spezielle Phased-Array-Systeme, schnell scannende Prüfsysteme
- Rissprüfung, beispielsweise mit Wirbelstromverfahren.

Visionen für die weitere Entwicklung des Geschäftsfelds:

- Ausrüstung von Großversuchen mit SHM-Technik
- »mitfliegende« Strukturüberwachung (Ermöglichung neuer Konstruktionsprinzipien)
- Monitoring von Risswachstum in metallischen Werkstoffen, auch mit elektrischen (z. B. Pulswirbelstrom) oder magnetischen Methoden, am Konstruktionselement verbleibenden patchartigen Sensoren, Auswertung durch modifizierte Sensorknoten, Möglichkeit der Fernabfrage
- SHM mittels optischer Fasersensoren, u. a. Fasergittersensoren und »photonic-crystal«-Sensoren zur mehrparametrischen und ortsaufgelösten Dauerüberwachung, auch über große Längen und Flächen
- skalierende Verfahren mit zoomartiger Visualisierung von Groß-Strukturen, Verknüpfung unterschiedlicher Verfahren, auch zur Früherkennung von Korrosion und Ermüdung an Werkstoffverbunden

Ansprechpartner

Dr. Dieter Hentschel, Dresden
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64-82 21
dieter.hentschel@izfp-d.fraunhofer.de

Ultraschall-Thermographie mit einer ungekühlten Kamera am Beispiel von Verbundwerkstoffen

Ausgangssituation

In der Ultraschall angeregten Thermographie erzeugen elastische Wellen an Schadstellen Wärme, die thermographisch detektiert wird. Schnelle, hochempfindliche Kameras (gekühlte Photonendetektoren) nehmen selbst geringe Temperaturunterschiede (< 0,1 K) wahr, wie sie beispielsweise bei Metallen auftreten und dort wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit zudem schnell (ca. 10 ms) abgebaut werden. Für die Ultraschall-(US)-Anregung können in der Regel handelsübliche US-Schweißgeneratoren eingesetzt werden. In der Luftfahrttechnik kommen zunehmend Verbundwerkstoffe als Leichtbaumaterial zum Einsatz. Deren Untersuchung stellt auf Grund der geringen thermischen Leitfähigkeit nicht so hohe Anforderungen an die zeitliche Auflösung des Messsystems. Durch eine entsprechende US-Anregung, wie schnelle Anregungsfolge, hohe US-Energie und effektive Ultraschalleinkopplung, sind auch Temperaturunterschiede von einigen Zehntel K zwischen Fehler und Umgebung messbar (Abb. 1). Daher können für die US-Thermographie bei Verbundwerkstoffen auch preisgünstige, ungekühlte Kameras auf der Basis von Mikrobolometerarrays eingesetzt werden. Sie sind robust, schnell und für Langzeitinspektionssysteme geeignet. Neuere Entwicklungen von Mikrobolometerarrays können bis zu 100 Bilder/s und in Teilbildern bis 200 Bilder/s liefern. Damit ist es möglich, die zeitliche Auflösung von schnellen Vorgängen zu verbessern, bzw. durch entsprechende Mittelung die thermische Auflösung zu erhöhen. Die Erfassung der Wärmestrahlung in einem Spektralbereich von 8 bis 14 µm, in dem bei Raumtemperatur das Maximum der thermischen Strahlung liegt, stellt einen weiteren Vorteil dieses Kameratyps dar.

Aufgabe

Verbundwerkstoffe wie CFK (Kohlefaserverstärkte Kunststoffe) oder GFK (Glasfaserverstärkte Kunststoffe) zeichnen sich durch hohe Festigkeit, Hitzebeständigkeit und Steifigkeit aus. Trotz dieser Vorteile weisen diese Strukturen ein schlechtes Fail-Safe-Verhalten auf, weil Schäden oft im Innern des Materials entstehen und einen schlagartigen Funktionsausfall bewirken. Diese Werkstoffe erfordern deshalb neue Prüfmethoden bei der Herstellung: die Prüfung der Homogenität (Vollständigkeit, Schäden) des Fasermaterials (Glasgewebe, Kohlenstofffasern, Metallfolien), Prüfung der Verbindung zwischen dem Fasermaterial durch die Kunststoffmatrix (Kleberauftrag, Einschlussfreiheit), wie auch bei der Inspektion im Einsatz, um die Verbindung zwischen dem Fasermaterial auf Delamination durch Überbelastung (schwingende Belastung, Ermüdung) und Schäden durch punktförmige Belastungen (Impakt) zu prüfen.

Wichtig ist in jedem Fall eine Inspektion in bestimmten zeitlichen Intervallen mit Aussagen zur konkreten Lage und insbesondere zur Ausdehnung des Schadens. Hier liegt das Einsatzfeld der US-Infrarotthermographie. Sie ermöglicht in kurzer Messzeit über ein großes Messfeld eine konkrete Aussage über Lage und Ausdehnung der Fehlstelle zu treffen.

Realisierung

Für die Untersuchung wurde ein Prüfsystem aufgebaut, bestehend aus einer weiterentwickelten Industrie-Thermokamera (mit einem 384 x 288 Pixel-Mikrobolometerarray, einer Bildrate von 100 Bilder/s und im Teilbildmodus von 200 Bilder/s), einer schnellen CameraLink-Schnittstelle zum PC und Objektiven für Makro- und Mikro-Aufnahmen. Die US-Anregung erfolgt mit einer PCI-Generatorkarte, einem breitbandigen Leistungsverstärker (500 W) und Spannwerkzeugen mit integrierten Schwingerelementen und einer Workstation zur Steuerung des Messablaufs und Auswertung der Messdaten, wobei zwei Auswerteprogramme genutzt wurden: eine industrielle Auswertesoftware als Bestandteil des Kamerasystems (Bildaufnahme, Zonenauswertung, Trendkurven) und eine Auswertesoftware des Fraunhofer IZFP Saarbrücken zur optischen Thermographie mit Hochgeschwindigkeitskameras (3-D-Darstellung, Bildverknüpfung, Tomographie).

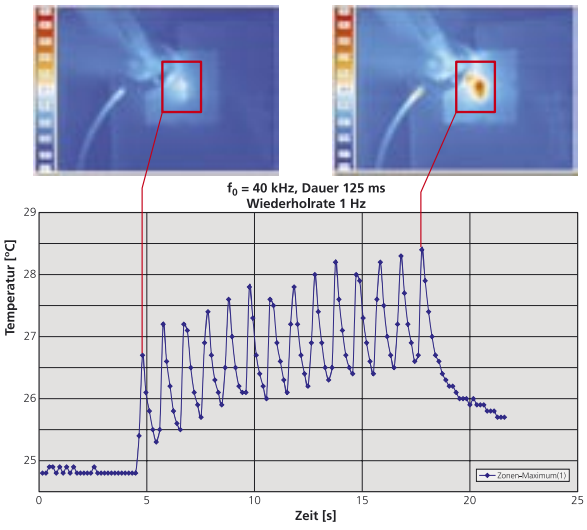


Abb. 1: Temperaturverlauf über der Zeit bei Anregung mit Impulsgruppen (40 kHz) von 125 ms Dauer und einer Wiederholrate von 1 Hz

Ergebnis

Es wurde eine Probenserie mit CFK-Platten (Abmessungen 100 x 100 mm²) hergestellt, die mit verschieden starken Impakten geschädigt wurden. Abb. 1 zeigt den Temperaturverlauf an der Schadensstelle über der Zeit und für zwei Zeitpunkte der Anregung beispielhaft die zugehörigen Thermographiebilder. Die US-Anregung erfolgte hierbei im Resonanzbetrieb des Aktuators (40 kHz) mit einem Sinussignal über eine Zeit von 125 ms. Diese Anregung wurde jede Sekunde wiederholt. Aus dem Diagramm ist zu erkennen, dass mit dem Einschalten der Anregung sofort eine Temperaturerhöhung zu verzeichnen ist, die sich im Thermographiebild auf die Randzone des Schadens beschränkt. Wiederholungen der Anregung bewirken einen weiteren Temperaturanstieg, da die Abklingphase noch nicht abgeschlossen ist, der aber die Aussage zum Fehler nicht verbessern hilft, sondern nur zu einer räumlichen Vergrößerung der Erwärmungszone führt. In Abb. 2 ist der Temperaturverlauf über der Zeit mit der gleichen Anregungsfunktion wie in Abb. 1 dargestellt, die Anregung wurde aber alle 2 s wiederholt. Es tritt synchron zur Anregung eine entsprechende Temperaturerhöhung auf, die deutlich die Ausdehnung des Fehlers anzeigt. Abb. 3 zeigt den Temperaturverlauf über der Zeit bei kontinuierlicher Anregung mit einer innerhalb 1 s linear veränderten Frequenz von 15 kHz bis 85 kHz. Aus dem Zeitverlauf über mehrere Anregungszyklen wird deutlich, dass unmittelbar nach dem Einschalten der Anregung ein starker Anstieg der Temperatur erfolgt und beim Durchfahren der Frequenz an den Resonanzstellen weitere Temperaturerhöhungen auftreten. Im Thermographiebild ist in der linken unteren Ecke ein zusätzlicher Fehler zu erkennen. Moderne Bolometerkameras sind für die US-Thermographie geeignet, wenn man sie »intelligent« einsetzt. In CFK-Materialien können auch relativ kleine Fehler schnell, sicher und mit verhältnismäßig wenig Aufwand detektiert werden. An der Erweiterung des Einsatzfelds auch für Metalle wird gearbeitet.

Stichworte

Thermographie,
Ultraschall,
Verbundwerkstoffe

Projektpartner

Arxes GmbH Berlin

Auftraggeber

IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH Dresden

Ansprechpartner

Dr. Lothar Haupt
Telefon: +49 (0) 3 51/88 23-33 0
lothar.haupt@izfp-d.fraunhofer.de

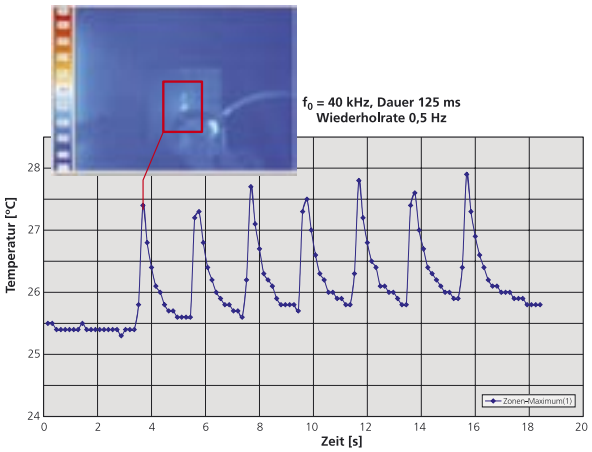


Abb. 2: Temperaturverlauf über der Zeit bei Anregung mit Impulsgruppen (40 kHz) und einer Wiederholrate von 0,5 Hz

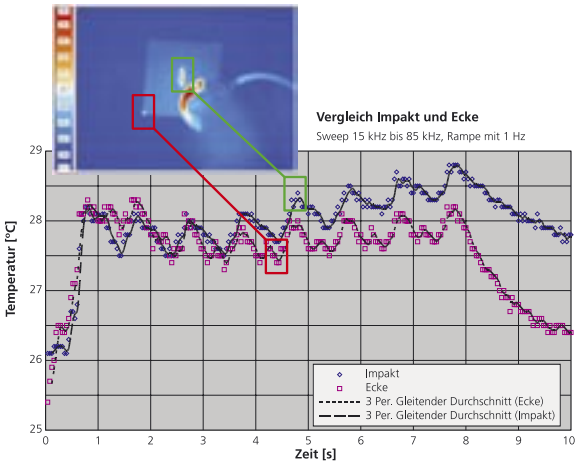


Abb. 3: Temperaturverlauf über der Zeit bei Anregung mit einer linear variierten Frequenz von 15 kHz bis 85 kHz und einer Wiederholrate von 1 Hz

Metallerzeugung und -verarbeitung

Metal Production and Processing

Auftrag

Der Einsatz und Bedarf zerstörungsfreier Prüfmethoden (ZfP) sind in der vom Geschäftsfeld Metallerzeugung und -verarbeitung betreuten Branche traditionell sehr hoch. Zerstörungsfreie Prüftechniken begleiten in vielfältiger Weise nahezu vollständig die gesamte Produktionskette vom Vorprodukt bis zum Endprodukt. Ultraschall, magnetische und magnetinduktive Techniken sind am weitesten verbreitet und in vielen Fällen in die Produktionsabläufe integriert.

Die europäische Metallindustrie befindet sich in einem globalen Wettbewerb, der dadurch gekennzeichnet ist, dass sie wie jede Industrie in Hochlohnländern nur mit Qualitätsprodukten und Innovationen überleben kann. Für die ZfP, eingebettet in die Qualitätssicherungs-Konzepte, ergibt sich daher eine hohe Bedeutung.

Aufgabe des Geschäftfeldes ist es, den Beitrag der ZfP für die Qualitätsbeurteilung durch neue Verfahren und innovative Prüfsysteme zu stärken. Dabei spielen in einem frühen Stadium der Wertschöpfungskette einsetzbare zerstörungsfreie Prüftechniken eine wichtige Rolle.

Es wird sich tendenziell und generell der Trend zur »0-Fehlerproduktion« fortsetzen (Fehler statistisch nur noch zulässig im ppm-Bereich). Dies gilt es bei der Produktion und im Rahmen der Eingangskontrollen bei den Verarbeitern sicherzustellen.

In der Metall erzeugenden Industrie spielt die ZfP neben der Erkennung makroskopischer Materialfehler eine zunehmende Rolle zur protokollierten Online-Überwachung von Qualitätsparametern wie mechanisch technologische Eigenschaften (z. B. Streckgrenze) und mikroskopische Reinheit.

Im Bereich der Metall verarbeitenden Industrie ist die ZfP gefordert bei der Kontrolle von Verarbeitungsschritten wie Schleifen, Härten, Fügen usw. und für die schnelle Endkontrolle von Einzelteilen mit großen Stückzahlen.

Neue Fügetechniken werden im Zusammenhang mit dem Thema Leichtbau (Kleben, Fügen unterschiedlicher Werkstoffe) notwendig; die Fügung ist auf Fehler, Vollständigkeit, Verbindungsgüte etc. zu prüfen.

Eine endabmessungsnahe Produktion (z. B. Dünnbandgießen) erfordert neue, schnelle und den Umgebungsbedingungen (Temperatur) angepasste ZfP-Techniken.

Die Entwicklung und Produktion neuer (insbesondere Leichtbau-) Werkstoffe (Aluminiumlegierungen, metallische Schäume u. a.) verlangt eine begleitende ZfP.

Die Stärken liegen auch in diesem GF in der Fähigkeit, Problemlösungen aus einem breiten Methodenpotenzial anbieten zu können und diese auch in industrietaugliche Prüfsysteme / -anlagen umsetzen zu können. Des Weiteren sind die werkstoff- und ingenieurwissenschaftlichen Voraussetzungen vorhanden, um ausgehend von einem einem fundierten Verständnis des Werkstoffes in Verbindung mit den Kernkompetenzen, welche sich mit »Prüfphysik« und »Sensorik« beschäftigen, problemangepasste Lösungen methodenübergreifend erarbeiten zu können. Diese Fähigkeit erlaubt es auch, breitbandig Produkt und Branchen übergreifend (Eisen / Stahl, NE, Weiterverarbeitung) zu agieren.

Ansprechpartner

Dr. Hans-Jürgen Salzburger
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 20
hans-juergen.salzburger@
izfp.fraunhofer.de

Neuer Ultraschallansatz zur Planheits- und Spannungsanlayse an Warm- und Kaltband

Ausgangssituation

Die zuverlässige Kontrolle der Planheit und Eigenspannungsfreiheit in Flachstahlprodukten (Warm- und Kaltband) ist ein immer noch nicht zufriedenstellend gelöstes Problem der Stahl erzeugenden Industrie.

Die durch den Umformungsprozess des Walzens bedingten Spannungen sowie eventuelle Planheitsfehler (also Formungenauigkeiten) begrenzen die Einsatzfähigkeit des fertigen Halbzeugs mitunter sehr stark. Planheitsfehler entstehen beispielsweise infolge unsymmetrischer Umformungsgrade aufgrund schlechter Walzengeometrie oder aufgrund der Lagerung (Aufcoilen) der Bleche. Bestimmte Anteile dieser Spannungen und Formungenauigkeiten können durch Streckrichten entfernt werden.

Die Lösung dieses Problems wird zunehmend dringlicher, da die Abnehmer dieser Produkte – insbesondere aus der Automobilindustrie – immer höhere Maßstäbe an die Form- und Maßhaltigkeit nach dem Zuschneiden und die »Berechenbarkeit« des Rückfederns nach der Umformung setzen. Der Stahlhersteller ist bestrebt, auf der Basis ausgeklügelter Streckrichtprozesse ein möglichst ebenes und spannungsfreies Produkt zu liefern.

Dazu gehört natürlich im Vorfeld die Möglichkeit einer präzisen Detektion dieser Spannungszustände im laufenden Produktionsprozess (also am bewegten Band), sowie die Möglichkeit einer extrem genauen Bestimmung des Spannungszustandes nach Durchlaufen der Streckrichtanlage.

Um eine Streckrichtanlage für verschiedenste Stahlgüten und Blechdicken optimieren zu können, ist ein Prüfverfahren erforderlich, mit dem die Eigenspannungsverteilung im Stahlband unmittelbar nach dem Streckrichten zerstörungsfrei, ortsaufgelöst und mit hoher Genauigkeit geprüft werden kann.

Aufgabe

Für die zerstörungsfreie Spannungsanalyse kommen die elektromagnetischen (3MA) und die Ultraschall-Verfahren grundsätzlich in Betracht, jedoch sind verfahrensbedingte Einschränkungen bzgl. der quantitativen Aussagemöglichkeit zu berücksichtigen:

Bei allen Parametern des 3MA-Verfahrens ist keine direkte lineare Korrelation mit der angelegten Spannung gegeben, auch wenn die meisten der 3MA-Parameter bei Spannungsänderungen deutlich variieren.

Bei den auf dem akustoelastischen Effekt basierenden Ultraschall-Verfahren sind die infolge der Spannungen verursachten Geschwindigkeitsänderungen immer überlagert durch die in Walzprodukten vorhandene Textur.

Ziel eines von der Europäischen Kommission geförderten Projektes war, herauszufinden, ob die Dynamische Magnetostriktion (DM) als Ergänzung der 3MA-Technik für das Monitoring innerer Spannungen in gewalzten Flachprodukten besser und/oder ergänzend zu den 3MA-Verfahren genutzt werden kann.

Bei der Magnetostriktion wird die Tatsache ausgenutzt, dass sich die (longitudinale) magnetostriktive Längenänderung polykristallinen Materials als Funktion des in der gleichen Richtung angelegten Magnetfeldes beim Vorliegen von Spannungen signifikant ändert.
Diese Längenänderung ist mit konventioneller Messtechnik nur statisch und sehr zeitaufwändig über Dehnungsmessstreifen zu erfassen.
Im Hinblick auf eine betriebliche Anwendung bietet die DM die Möglichkeit, die spannungsbeeinflusste magnetostriktive Längenänderung dynamisch am bewegten Band unter Nutzung der koppelmittelfreien EMUS-Technik zu messen.

Ergebnis

Bei der DM werden durch die Überlagerung einer quasistatischen Vormagnetisierung eines magnetostriktiven ferromagnetischen Materials mit einem hochfrequenten magnetischen Wechselfeld (Wirbelstromfeld) elastische Verschiebungen in Form einer Ultraschallwelle mittels eines EMUS-Prüfkopfes berührungsfrei erzeugt. Im Bandmaterial ist die so erzeugte Ultraschallwelle eine Lamb'sche Plattenwelle. Diese breitet sich in dem Band aus und wird von einem EMUS-Empfänger in einem geringen Abstand vom Sender ebenfalls berührungsfrei detektiert. Intensität und Phase der angeregten Ultraschallwelle variieren, wie in Abb.1

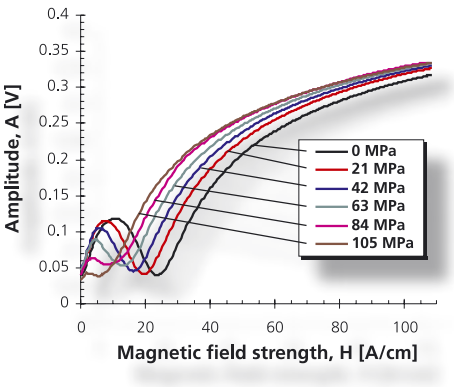


Abb.1: Abhängigkeit der Ultraschall-Amplitude bei magnetostriktiver Anregung von der Magnetisierungsfeldstärke (Intensitätsprofil)
Parameter: Zugspannung in Richtung der angelegten Vormagnetisierung in [MPa]

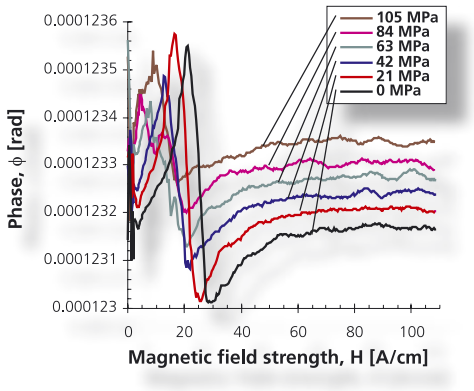


Abb.2: Abhängigkeit der Ultraschall-Phase bei magnetostriktiver Anregung von der Magnetisierungsfeldstärke (Phasenprofil)
Parameter: Zugspannung in Richtung der angelegten Vormagnetisierung [MPa]

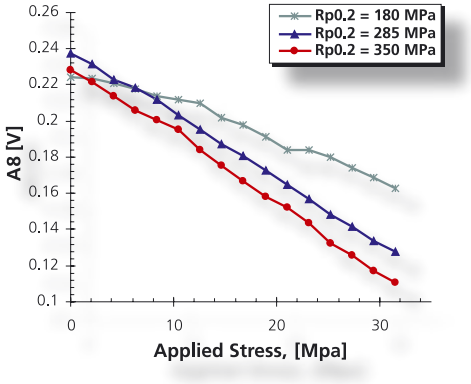


Abb. 3: Starke, lineare Abhängigkeit der Messgröße A8 des Intensitätsprofils von der angelegten Spannung (Parameter: Stahlgüte)

und 2 gezeigt, mit der Stärke der magnetischen Vormagnetisierung, wobei der Einfluss von Spannungen zu signifikanten Änderungen der Intensitäts- und Phasenprofile führt.

Im Rahmen der Untersuchungen hat sich gezeigt, dass besonders spannungssensitive und stabile Messgrößen aus dem Intensitäts-Profil der DM bei niedriger Magnetisierungsstärke abgeleitet werden können (Abb. 3), wobei der Einfluss der Stahlgüte noch über Kalibriermessungen ermittelt werden muss.

Die unter zusätzlicher Einbeziehung von 3MA-Messgrößen erstellten Kalibrierfunktionen erlauben dann die Bestimmung von Last- und Eigenspannungen auch in Materialien unbekannter Güte und auch Dicke.

Zur Durchführung der Messungen und Auswertungen entstand auf der Basis eines modularen Frontend-Konzeptes das in Abb. 4 dargestellte Prüfsystem 3MA II, mit dem die simultane Erfassung von 3MA und DM Messgrößen auch bei dynamischer Messung am bewegten Band möglich ist.

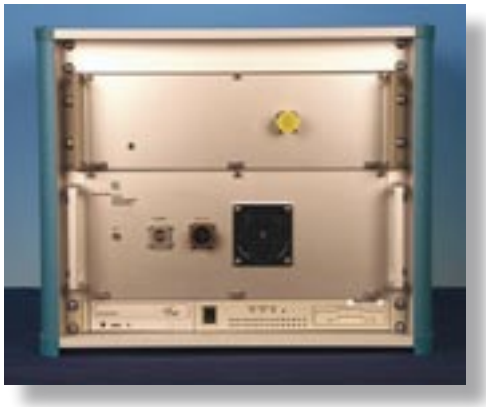


Abb. 4: Modulares Messgerät zur simultanen Erfassung von 3MA- und DM-Messgrößen

Stichworte

Planheitsanalyse,
Spannungsanalyse,
Warmband,
Kaltband

Auftraggeber

Europäische Kommission,
Research Fund for Coal and Steel
(RFCS)

Ansprechpartner

Dr. Bernd Wolter
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 83
bernd.wolter@izfp.fraunhofer.de

Dr. Gerhard Hübschen
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 23
gerhard.huebschen@izfp.fraunhofer.de

Großanlagen
Industrial Plants and Installations

Auftrag

Sicherheit und Verfügbarkeit technischer Großanlagen

Der Betrieb von technischen Großanlagen wie Kraftwerken, Chemieanlagen, kerntechnischen Anlagen u. a. wird durch ein umfangreiches nationales und internationales Regelwerk abgesichert (Druckgeräterichtlinie, KTA-Regelwerke u. a.), das auch den Einsatz zerstörungsfreier Prüfungen im Rahmen von Wartung und Instandhaltung, Schadensanalysen und Zustandsbewertungen vorschreibt.

In einigen Bereichen ist die technische Sicherheit auf dem jeweils neuesten Stand von Wissenschaft und Technik zu gewährleisten, wenn Folgen eines Komponentenversagens katastrophal sein könnten.

Das Geschäftsfeld »Großanlagen« entwickelt in diesem Umfeld Prüfsysteme und -verfahren und bietet innovative Prüfdienstleistungen an. Im Normalfall ergibt sich die Nachfrage nach solchen Entwicklungen und Prüfdienstleistungen, wenn

- schwer prüfbare Komponenten beurteilt werden müssen oder

- der Einsatz neuer Werkstoffe, z. B. für den Leichtbau oder für den Hochtemperaturbetrieb ermöglicht werden soll;

  Ohne geeignete Anpassungen oder Weiterentwicklungen der Prüftechniken und Prüfsysteme muss in vielen Fällen eine eingeschränkte Prüfbarkeit von Komponenten in Kauf genommen werden, wenn werkstoff- oder fertigungstechnische Vorteile realisiert werden sollen. Gründe für eine nicht nach Regelwerk durchführbare Prüfung liegen vor, wenn der Werkstoff (z. B. Guss, austenitische Schweißverbindungen, Komposite für den Leichtbau u. a.) hierfür nicht geeignet ist, die Zugänglichkeit zur Komponente nicht gegeben ist (z. B. bei Rohrdurchführungen, Einbauten u. a.) oder ältere Konstruktionen nicht nach neuestem Stand der Regelwerke prüfbar sind. Für solche und analoge Probleme liefert das Geschäftsfeld Großanlagen am Kundenbedarf orientierte, maßgeschneiderte Lösungen.

- eine Zustandsbewertung von Komponenten durchgeführt werden muss;

  Gründe dafür können das formale Ende der ausgelegten Lebensdauer sein, ein bei der Projektierung nicht berücksichtigtes Werkstoffverhalten bzw. eine -belastung und Schadensfälle, die systematisch bedingt sind.

- die Prüfkosten verringert werden sollen.

  Dies gelingt, wenn Prüfzeiten reduziert werden können (geringere Stillstandskosten), durch einen geringen Aufwand bei der Prüfvorbereitung bzw. durch Entfall der Prüfungen, wenn die Komponenten z. B. durch eine ZfP-Überwachungstechnik abgesichert werden können.

Das Institut kann neue Verfahren und Prüfsysteme für den Einsatz qualifizieren und verfügt über eine zertifizierte Prüfergruppe, die im Dienstleistungszentrum oder an der Industrieanlage die Prüfung ggf. in Partnerschaft mit den Betrieben oder einem Prüfdienstleister regelkonform durchführen.

Partnerorganisationen: VGB, DECHEMA, DVS
Referenzen: Framatome, BASF, Intelligent NDT, KKB, E.ON

Mitgliedschaften: PKKV, IWS, DECHEMA

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Bernd Rockstroh
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 10
bernd.rockstroh@izfp.fraunhofer.de

Ultraschall-Prüfsysteme für Wiederholungsprüfungen an Kraftwerks- und Chemieanlagen

Ausgangssituation

Der Betrieb von technischen Großanlagen wie Kraftwerke, Chemieanlagen, kerntechnische Anlagen u. a. wird durch die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung im Rahmen von Wartung und Instandhaltung sowie durch Zustandsbewertungen bzw. Schadensanalysen beeinflusst. Hierfür ist der Einsatz leicht handhabbarer Ultraschallprüfsysteme erforderlich.

Abb. 1: Prüfsystem

Aufgabe

Für die Abarbeitung von Prüfaufgaben mussten spezielle miniaturisierte Ultraschallprüfsysteme entwickelt und gebaut werden. Sonderprüfaufgaben führen über Forschungsergebnisse und deren Einführung in die industrielle Prüfpraxis zu optimalen Lösungen für unterschiedliche Anwendungsbereiche.

Ergebnis

So ermöglicht z. B. die neue Sampling- Phased-Array-Technologie (SPA) Ultraschall-Hochgeschwindigkeitsprüfungen mit vielen Einschallwinkeln (Schwenken und Fokussieren). Dabei wird die gesamte Schallbündelöffnung genutzt, um das Volumen des Prüfobjektes darzustellen. Die Rekonstruktion der Prüfergebnisse erfolgt durch hochentwickelte, patentierte Technologien, welche die Aufnahme von A-Bildern, Echobildern und Volumenbildern vereinfachen. In Kombination mit den Positionsdaten liefert das Sampling Phased Array B-, C-, D-Bilder und dreidimensionale Darstellungen des Scanbereiches. Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Phased Array ergeben sich vor allem aus der reduzierten Anzahl von Prüfschüssen, der simultanen Fokussierung auf jeden Punkt im Bauteil, der erhöhten Prüfempfindlichkeit und -auflösung, der signifikanten Reduzierung der toten Zone sowie durch die schnelle Darstellung der Prüfdokumentationen. In Kombination mit einer einfachen, leicht handhabbaren Manipulatortechnik ergeben sich wesentliche Vorteile bei der Durchführung, Auswertung und Dokumentation der Prüfergebnisse.

In Abb. 1 ist die Elektronik und ein Arrayprüfkopf mit Testkörper des am Fraunhofer IZFP entwickelten Sampling-Phased-Array-Systems abgebildet. Die geringe Größe und das minimale Eigengewicht erleichtern den Einsatz bei Vor-Ort-Prüfungen.

Für spezielle Prüfaufgaben an Behältern, Rohrleitungen und anderen Bauteilen wurde eine miniaturisierte Ultraschall-Frontendelektronik (16- bzw. 32-kanalig) entwickelt.

Abb. 2 zeigt die Prüfelektronik schematisch. Die unmittelbare Positionierung der Frontendelektronik am Prüfort gewährleistet einen schnellen, flexiblen und kostengünstigen Aufbau von kundenspezifisch ausgelegten Prüfsystemen ohne störende Kabelverbindungen.

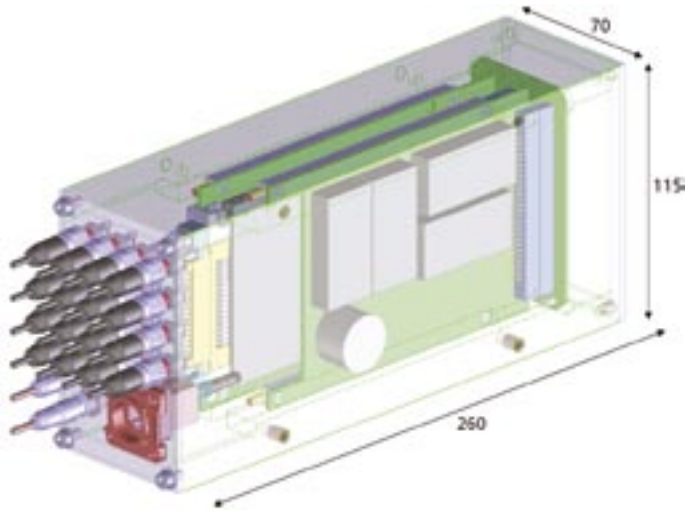


Abb. 2: Schematische Darstellung der Prüfelektronik [mm]

Neben der 16 (32)-kanaligen Sende- und Empfangselektronik befindet sich ein vollständiger Power-PC mit Betriebssystem QNX auf der Platine und bildet zusammen mit der umfangreichen PGA- und Speicher-Elektronik ein völlig autarkes Prüfsystem. Als Manipulatoren kommen u. a. die vom Fraunhofer IZFP konzipierten ISCAN-Systeme zum Einsatz. Sie haben sich in zahlreichen Prüfeinsätzen bewährt. Für die Ultraschallprüfung von Rohrleitungen, Behältern, Wellen, Knüppeln und anderen Bauteilen wurden diese modifizierten Elektroniksysteme in die Prüfpraxis überführt.

Abb. 3 zeigt einen Manipulator und die Steuerelektronik mit kurzem (500 mm) Fahrbereich und einen langen Fahrbereich (1 500 mm). In Abb. 4 ist der Manipulator an einem austenitischen Rohr dargestellt.

Die neue bedienerfreundliche Software (CPS, Windows) ermöglicht eine schnelle, qualifizierte Prüfungsdurchführung, eine effiziente Prüfdatenspeicherung, eine schnelle Bewertung der Prüfergebnisse und eine effektive Prüfdokumentation.

Abb. 5 zeigt einen Rohrbogenmanipulator zur Ultraschall-Prüfung in Kraftwerken.

Abb. 4: Manipulator und Prüfelektronik

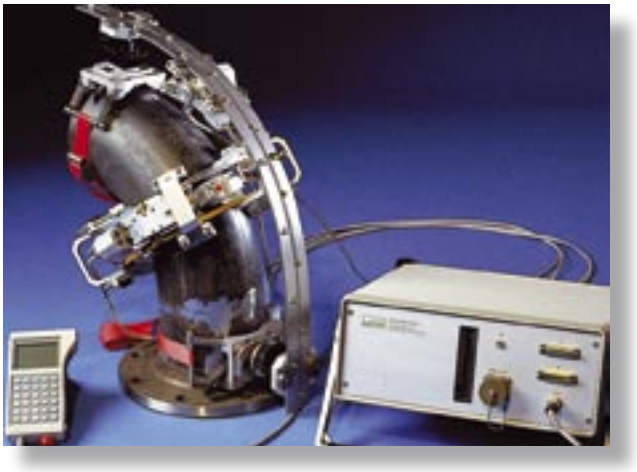


Abb. 5: Rohrbogenmanipulator

Abb. 3: Manipulator

Stichworte

Ultraschallprüfungen,
Rohrleitungen,
Behälter,
Manipulatoren

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Bernd Rockstroh
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 10
bernd.rockstroh@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Winfried Jager
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 82
winfried.jager@izfp.fraunhofer.de

Pipeline und Kanalsysteme
Pipeline Inspection

Auftrag

Weltweit sind derzeit Fernleitungen (Pipelines) für Gas, Öl und daraus abgeleitete Produkte von über drei Millionen km verlegt. Jährlich kommen in einer Größenordnung von 25 000 km neue Leitungen hinzu. Verglichen mit Tankern sind Pipelines die sicherste Methode des Transportes, dagegen steht jedoch der relativ hohe Gestehungspreis von 500 000 bis 1 Mio € pro verbautem km, je nach Bodenbeschaffenheit, Meerestiefe, etc.

Die Leitungen sind heute weitgehend aus höherfesten, duktilen Stahlqualitäten mit Streckgrenzen von 600 MPa – 800 MPa hergestellt und werden auf Grund des Innendruckes bei mechanischen Spannungen von bis zu 80 Prozent der spezifizierten minimalen Streckgrenze betrieben. Die Integrität der Leitungen vorausgesetzt, werden diese Spannungen sicher beherrscht. Jedoch unterliegen die Rohrleitungen Einflüssen, die diese Integrität mindern können. Hier sind neben mechanischer Beschädigung der Isolation, das Auftreten von Korrosion sowie die korrosions- und betriebsbedingte Rissentwicklung zu nennen.

Nach zum Teil spektakulären Unfällen fordern die für die sicherheitstechnische Zulassung verantwortlichen Behörden – obwohl die Leitungen nicht unter die Druckgeräterichtline fallen – eine Wasserdruckprobe bei den in die Jahre gekommenen Leitungen oder – äquivalent – eine Rissprüfung mit Prüfmolchen.

Durch den Einsatz hoch entwickelter zerstörungsfreier Prüftechnologie – so genannte intelligente Prüfmolche – als Bestandteil eines Gesamtüberwachungs-Konzeptes – kann der Zustand der Pipelines überprüft und bereits kleinste Fehler aufgefunden, lokalisiert und vermessen werden.

Wegen der alternden Infrastruktur und dem zunehmenden Neubau von Rohrleitungen insbesondere in Russland, den GUS-Staaten, Indien, China und Afrika, ist der Markt verstärkt wachsend für Dienstleistungsunternehmen, die die den Einsatz von Prüfmolchen für Pipeline-Inspektionen anbieten.
Diese Situation hat dazu geführt, dass das Fraunhofer IZFP seit 1997 mit der Firma Pipetronix (heute GE, PII Pipetronix) und seit 2000 in einer Entwicklungspartnerschaft mit der Fa. NDT Systems & Services Rissprüfmolche auf der Basis der Ultraschalltechnologie entwickelt hat.

Im Rahmen dieser Partnerschaft konnte sich das Geschäftsfeld ein sehr breitbandiges Know-how in Entwicklung, Bau und gemeinsamer Inbetriebnahme solcher Prüfmolche aneignen. Dabei tritt das GF sowohl als »Generalunternehmer« oder auch im Verbund mit anderen Fraunhofer-Einrichtungen als Unterlieferant für Speziallösungen (Sensorik, Mechanik, Hardware, Firmware, Auswertealgorithmik) am Markt auf.
Das GF befindet sich auf diesem Markt zusammen mit dem Kooperationspartner NDT Systems & Services in nationaler und internationaler Konkurrenz zu etablierten Dienstleistungsunternehmen mit einem breiten Dienstleistungsangebot. In diesem Wettbewerb sieht das Geschäftsfeld seine Chancen in langjährigem Know-how und Erfahrung bei der Erstellung und Inbetriebnahme kompletter Ultraschall-Prüfmolche sowie dem Entwicklungs-Potenzial in Richtung weiterer Miniaturisierung von Prüfelektronik und Erhöhung des Integrationsgrades von Elektronik und Prüfkopf. Gemeinsames Ziel mit dem Kooperationspartner ist der weitere Ausbau der Ultraschall-Molchflotte in Richtung 6“- und 8“-Dimensionen sowohl für die Wanddickenmessung als auch für die Rissprüfung.

Des Weiteren ist die Entwicklung eines neuen trocken arbeitenden Ultraschall-Prüfmolches im Gange, der in Kombination mit der Wirbelstrom-Prüftechnik für die Korrosionsprüfung in Gasfernleitungen eingesetzt werden soll.

Die Anwendung / Diversifikation der für erdverlegte Leitungen vorhandenen Technologie für Offshore-Anwendungen (z. B. »Riser«-Leitungen) ist eine wesentliche Maßnahme zur Sicherung der Zukunft des Geschäftsfeldes, wozu die bereits vorhandene Technologie- und Marktpartnerschaft mit Industriefirmen noch ausgebaut werden muss.

Ansprechpartner

Dr. Hans-Jürgen Salzburger
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 20
hans-juergen.salzburger@
izfp.fraunhofer.de

Pipelineprüfungen und Dienstleitungen
NDT Systems & Services AG
info@ndt-ag.de

EMUS-Prüfkopf zur Wanddickenprüfung im horizontalen Magnetfeld mit integrierter Wirbelstrom- und Streuflussprüfung

Ausgangssituation

Erdverlegte Rohrleitungen zum Transport von Öl und / oder Gas sind aufgrund vorhandener Umgebungsbedingungen und der Beschaffenheit des transportierten Mediums der Korrosion ausgesetzt. Von den Pipeline-Betreibern werden daher in bestimmten Zeitintervallen Prüfmolche eingesetzt, die sich als autark arbeitende Messeinrichtungen mit dem Medium in der Leitung fortbewegen. Dabei wird mit Techniken der zerstörungsfreien Prüfung die Rohrwand auf Korrosion (flächiger Wandabtrag, Lochfraß, Spannungsrisskorrosion) hin geprüft.

Für Öl-Pipelines ist dies die klassische Ultraschall-Messung mittels piezoelektrischer Prüfköpfe, die über das Medium Öl den Ultraschallimpuls in die Rohrwand einkoppeln und aus der Laufzeit des Eintrittsechos von der Innenwand und des Rückwandechos (von der Außenwand) flächige Korrosion an Innen- und/oder Außenwand erkennen und die Tiefe der Wandstärkenschwächung bestimmen.

In Gas-Pipelines können die klassischen Techniken der Ultraschallprüfung wegen des notwendigen flüssigen Koppelmittels nicht eingesetzt werden. Es wird daher die trocken arbeitende magnetische Streuflusstechnik (MFL) angewendet, bei der die Rohrwand an der Messstelle mittels eines von einem U-förmigen Magnetisierungsjoch erzeugten magnetischen Gleichfeldes in axialer Richtung aufmagnetisiert wird, und das durch die Wandstärkenminderung verursachte, aus der Rohrwand austretende magnetische Streufeld, mittels Hall-Sensoren gemessen wird.

Nachteilig bei dieser Technik ist

- die beschränkte Nachweisempfindlichkeit von Außenkorrosion (insbesondere bei größeren Wandstärken) und
- das schlechte Aussagevermögen bzgl. der Tiefe der Korrosion.

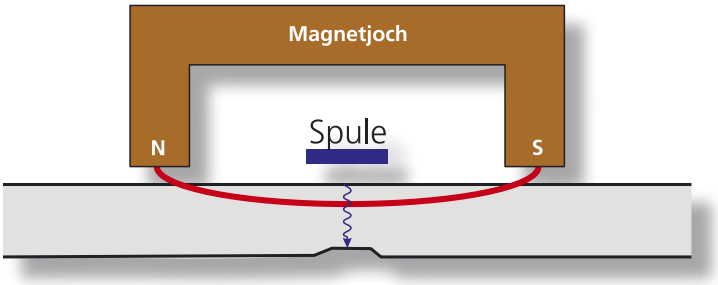


Abb. 1: Schematische Sensoranordnung

Aufgabe

Die Alternative hierzu ist die trocken arbeitende EMUS-Technik der Ultraschall-Einkopplung / Abnahme mit der in ähnlicher Weise wie bei der klassischen Ultraschall-Wanddickenmessung Ultraschall-Impulse in der Rohrwand erzeugt und abgenommen werden und anhand der Laufzeit der Rückwandechos die Korrosion tiefenmäßig erfasst wird.

Mit dem heute vorhandenen Stand der Technik der trockenen Ultraschall-Einkopplung und Abnahme mittels elektrodynamischer / magnetischer Ultraschallprüfköpfen (EMUS) sind die Vorraussetzungen gegeben, Ultraschall-Prüfmolche mit trockener Ankopplung zu entwickeln.

Speziell für die Rissprüfung ist ein vom Fraunhofer IZFP entwickelter Prüfmolch seit 2 Jahren in der betrieblichen Erprobung. Dieser Prüfmolch ist neben den EMUS-(Winkel)-Prüfköpfen für SH-Plattenwellen, die die gesamte Rohrwanddicke erfassen, und Rayleigh-Wellen-Prüfköpfen zur Erfassung der Rohr-Innenoberfläche mit Prüfkopfen für die Wanddicken-Messung ausgerüstet, die auf wenigen um den Umfang verteilten Positionen die Wanddicke aus der Laufzeit senkrecht eingeschallter linear polarisierter Transversalwellen bestimmen.

Problematisch bei dieser Technik ist die starke magnetische Haftung der Sensoren, die zu Verschleißproblemen führen, sowie die relativ hohen Kosten der Sensoren. Die Wanddickenmessung kann zudem nicht zwischen Innen- und Außenkorossion unterscheiden, sofern die Rissprüfkomponente keine Hinweise liefert.

Ergebnis

Es wurde ein EMUS-Prüfkopfprototyp zur Anregung und zum Empfang von linear polarisierten Transversalwellen mit zunächst nur senkrechter Einschallung im horizontalen Magnetfeld entwickelt. Das Schallfeld wurde für die Messung der Wanddicke von Blechen oder Rohrwandungen mit korrosionsbedingtem Wandabtrag optimiert.

Da ein EMUS-Prüfkopf kein Eintrittsecho liefert, kann mit der EMUS

Technik nur die Restwanddicke einer Komponente bestimmt werden, eine Aussage über die Lage des Wandabtrags (innen oder außen) ist nicht möglich. Deshalb wurde in dem EMUS-Wandler zusätzlich das Streufluss- und das Wirbelstromverfahren integriert. Mit dem Wirbelstromverfahren, das das EMUS-Anregungssignal als Impuls-wirbelstromanregung nutzt, kann die Prüfkopfabhebung bzw. eine mögliche Innenkorrosion detektiert werden; dies geschieht gleichzeitig zur Ultraschallmessung. Parallel dazu nutzt man beim Streuflussverfahren die horizontale Magnetisierung und die EMUS-Empfangsspule als Streufeldsensor (Abb. 1). Da der Streufeldanteil sehr niederfrequent gegenüber dem Wirbelstrom- und Ultraschallanteil ist, können die Signalanteile voneinander getrennt und separat ausgewertet werden. Durch die Kombination erhält man einen Prüfkopf, der über verschiedene Verfahren die Wanddicke einer Komponente und die Lage der Korrosionsstelle detektieren kann. Das Messprinzip und seine Ausfeilung konnte patentiert werden.

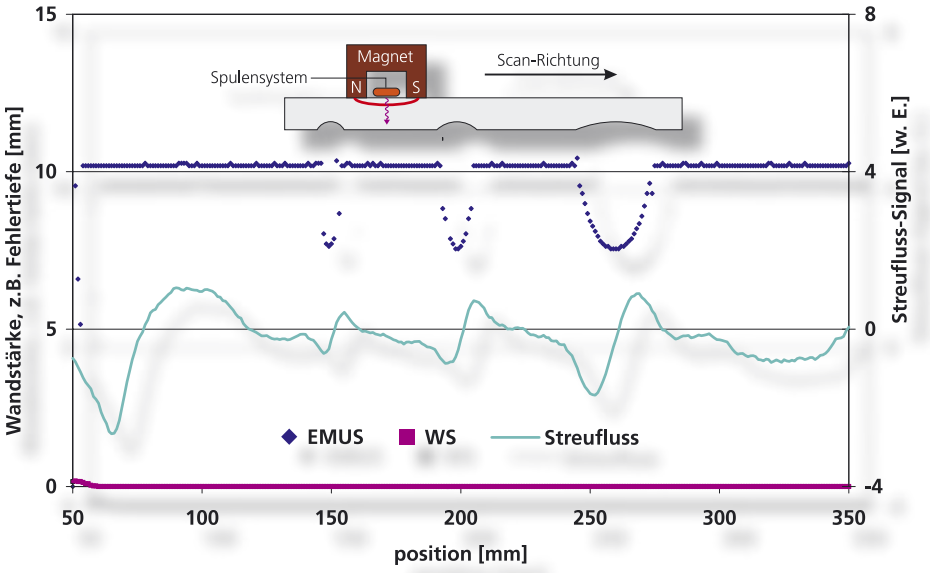


Abb. 2: Ergebnisse der kombinierten EMUS-, Wirbelstrom- und Streufluss-Prüfung von Außenwandschädigungen

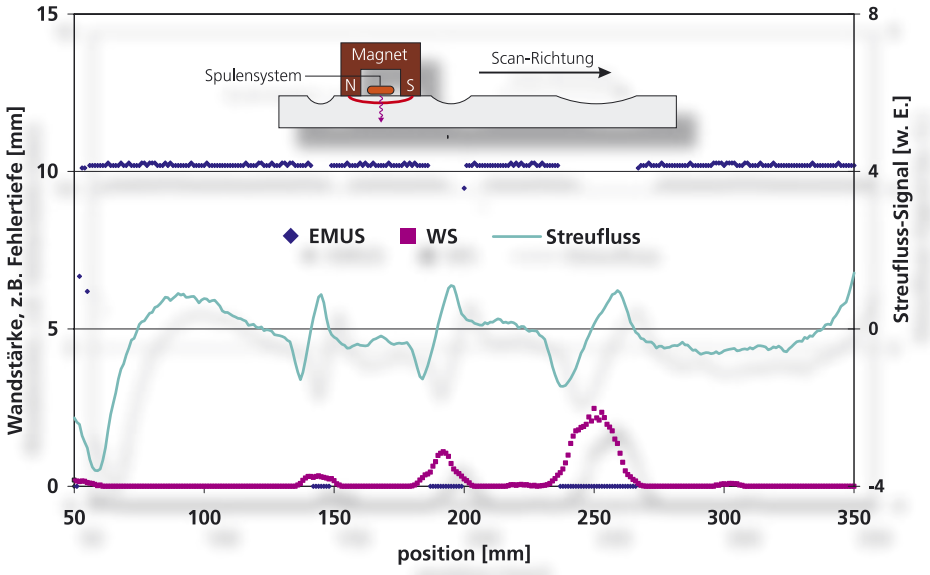


Abb. 3: Ergebnisse der kombinierten EMUS-, Wirbelstrom- und Streufluss-Prüfung von Innenwandschädigungen

Auftraggeber

Q NET Engineering GmbH
Fraunhofer IZFP Eigenforschungsprojekt

Stichworte

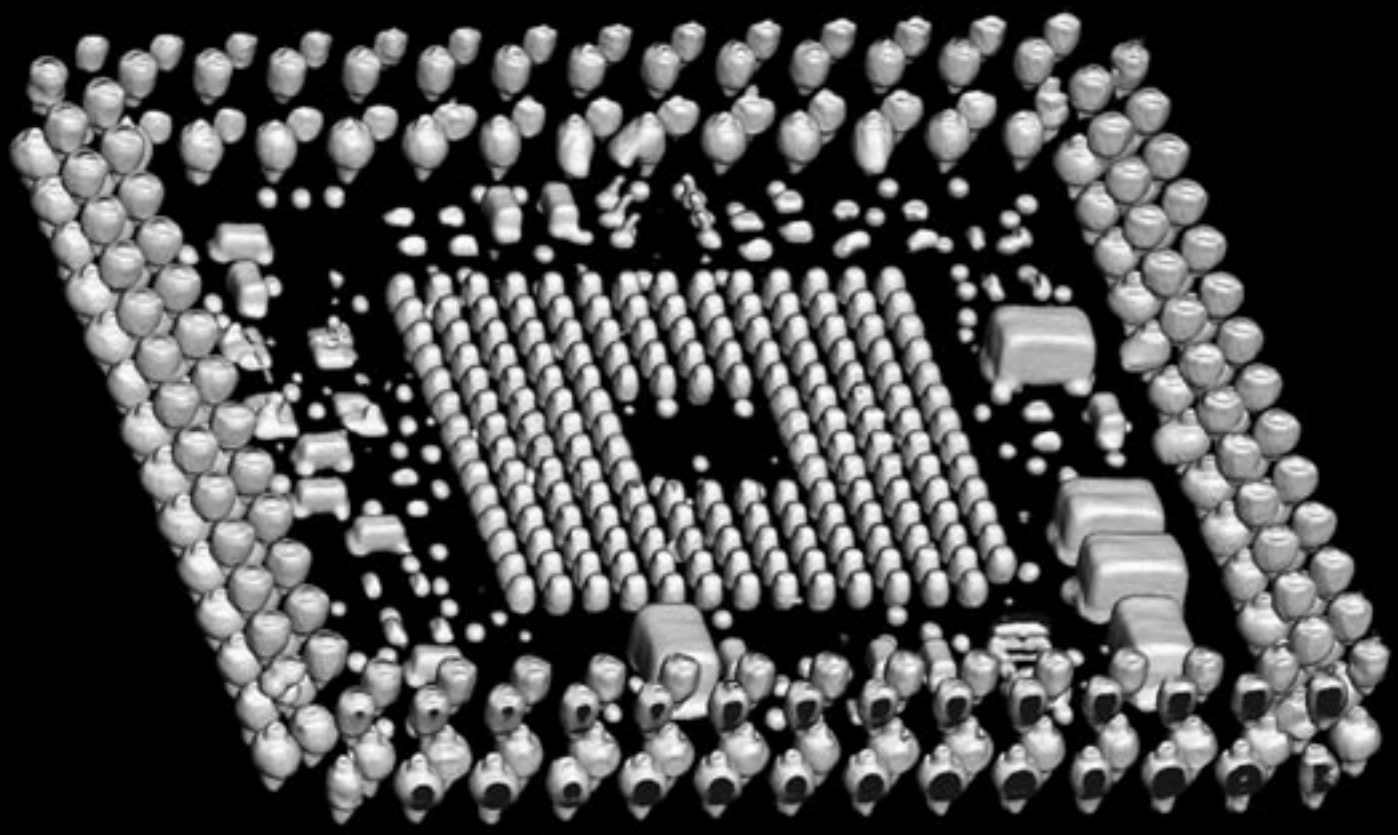
EMUS, Prüfmolch,
Wanddicken-Prüfung

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Frank Niese
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 21
frank.niese@izfp.fraunhofer.de

Elektronik / Mikrosystemtechnik / Nanotechnologie

Electronic / Microsystems / Nanotechnology



Auftrag

Das Geschäftsfeld umfasst die Entwicklung und Anwendung von Mess- und Prüftechniken für die Elektronik, Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie sowie die Entwicklung und Fertigung mikroelektronischer Komponenten für Mess- und Prüfverfahren. Es ist auf den Bedarf von Kunden aus den Bereichen Entwicklung, Herstellung und Anwendung von neuen Materialien, Werkstoffen mit Beschichtungen und Mikro- und Nanosystemen ausgerichtet. Mit innovativen Prüf- und Messsystemen können die Qualität der Produkte garantiert und die Qualitätskosten der Fertigung gesenkt werden, was zu Wettbewerbsvorteilen für den Kunden führt. Produkte und Dienstleistungen des Geschäftsfelds sind:

- zerstörungsfreie, überwiegend hochauflösende Analyse von Werkstoffzuständen mit Methoden der Strahlungsdiagnose (Röntgen-, Neutronen-, Laser-, Infrarot-Techniken etc.); linke Abbildung: Röntgenprüfung von Netzwerkknoten eines Zustandsüberwachungssystemes, entwickelt im Fraunhofer IZFP

- mikroskopische Verfahren zur Mikro- und Nanostrukturcharakterisierung (Rasterkraftmikroskopie mit / ohne Ultraschallanregung – AFAM, Focussed Ion Beam (FIB)-Techniken, Elektronenmikroskopie – SEM u. a.)

- akustische Diagnose von Werkstoffen und Prozessen mit aktivem Ultraschall, Schallemission und Signaturanalyse

- optische Techniken zur 3-D-Vermessung im Mikro- und Nanobereich, Oberflächen- und Schichtcharakterisierung sowie zur Materialcharakterisierung

- röntgenographische Eigenspannungs- und Texturmessungen mit hoher Ortsauflösung

- Prüftechnik für Nano-Strukturen (nano-CT, nano-Raman).

Zur weiteren Entwicklung des Geschäftsfelds ist es erforderlich, die Kooperationsbeziehungen mit den europäischen Halbleiterfirmen und Anbietern von Messsystemen auszubauen sowie diese in das sich gegenwärtig etablierende europäische Netzwerk »Mikro- und Nano-Zuverlässigkeit« zu integrieren. Die Weiterentwicklung der Produkte und Dienstleistungen betrifft u. a.:

- die Schaffung von vereinheitlichten Zellen und Plattformen, um Sensoriklösungen aus einer Hand anbieten zu können

- die Entwicklung einer einheitlichen Plattform für ZfP-Module, Systeme für ZfP-Lösungen – beispielsweise Phased-Array-Systeme – unterschiedlicher Konfiguration sowie Schall- und Überwachungstechniken bestehend aus einheitlichen Hardwaremodulen und entsprechenden Softwaremodulen. Diese sind an Kundenanforderungen anpassbar. Darüber hinaus besteht ein weiterer Schwerpunkt für die zukünftige Entwicklung in der Charakterisierung von Schichten und hier besonders dünner Schichten.

- Es ist vorgesehen, gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) ein Demonstrationszentrum für die Charakterisierung dünner Schichten aufzubauen. Hier wird sich das Fraunhofer IZFP mit geeigneter Gerätetechnik und wissenschaftlichem Personal beteiligen. Die Koordination des Zentrums wird beim IWS liegen. Dieses »nanolab« wird dafür Sorge tragen, dass Fachleute aus dem Bereich Beschichtungs- und Oberflächentechnologie mit den neusten ZfP-Verfahren vertraut gemacht werden.

Ansprechpartner

Prof. Dr. Klaus-Jürgen Wolter
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64 82-10
klaus-juergen.wolter@izfp-d.fraunhofer.de

Kanalleiterplatte für ein Mikro-Ultraschallfrontend

Ausgangssituation

Die hohe Verfügbarkeit von technischen Komponenten, z. B. Behälter, Rohrleitungen, Turbinenwellen, Fahrzeug- und Flugzeugteile, wird durch vorbeugende, regelmäßig wiederkehrende Prüfungen (WKP) gesichert. Die WKP müssen zerstörungsfrei erfolgen; Zum Einsatz kommen häufig leistungsfähige Ultraschallprüfsysteme, welche die Rüst- und Prüfzeiten erheblich verkürzen. Die Prüfsysteme sind an die jeweilige Prüfaufgabe, sowohl im stationären als auch mobilen Einsatz, anzupassen.

Automatisierte Ultraschallprüfsysteme beinhalten meist eine größere Anzahl an Ultraschallkanälen die bisher – räumlich abgesetzt von den Prüfköpfen – die Verarbeitung der Sensorsignale und Bereitstellung der Sendeimpulse realisieren. Die große Entfernung zwischen Prüfkopf und Auswerteelektronik ist mit einigen Nachteilen verbunden. Unter anderem können elektrische Störeinstreuungen die Messergebnisse beeinflussen. Die erforderlichen Prüfkopfkabel sind oft schwer handhabbar. Somit besteht der Bedarf an einem sensornahen Aufbau eines Ultraschallsystems, das sowohl die analoge Elektronik als auch die digitale Verarbeitung der Daten enthält. Für die Weiterleitung der Daten zu einem Auswerterechner ist ein schnelles digitales Interface erforderlich.

Aufgabe

Als wesentliche Funktionen einer Entwicklungsplattform für ein Mikro-Ultraschallfrontend (µ-USE) waren zu realisieren:

- konventioneller Gruppenstrahler (phasengesteuertes Senden und Empfangen sowie Summierung der empfangenen Ultraschallsignale)
- getakteter Gruppenstrahler, (Sampling Phased Array)
- Mehrkanal-Ultraschallprüfsystem.

Ein wichtiger Bestandteil dieser µ-USE sind Kanalleiterkarten, die einerseits die Sendeimpulse für jeden Prüfkopf bereitstellen und andererseits die Sensorsignale analog verarbeiten und in digitale Signale wandeln. An diese Karten werden sehr hohe technische Anforderungen gestellt. Der Einsatz in automatisierten Systemen setzt auch eine sehr schnelle Signalverarbeitung voraus. Die Signale müssen sowohl zeitlich als auch amplitudengetreu exakt bereitgestellt und reproduzierbar mit einer sehr hohen Auflösung verarbeitet werden. Die Verlustleistung und die geometrischen Abmessungen der Kanalleiterkarte müssen wegen des kompakten Aufbaus der µ-USE sehr klein sein.

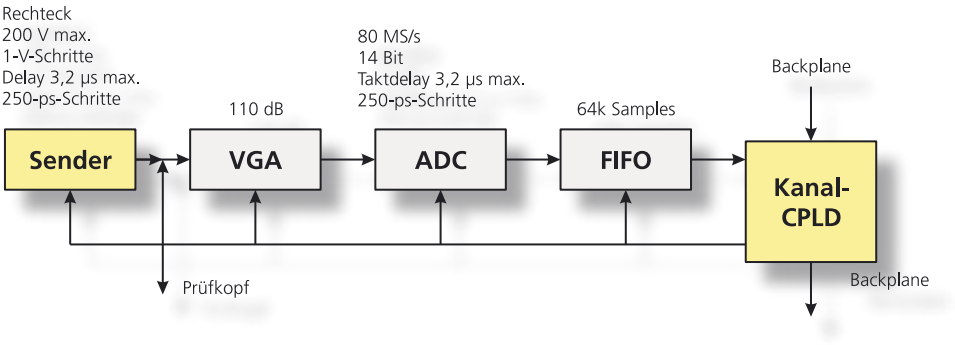


Abb. 1: Prinzipschaltbild eines Kanals

Realisierung

Die Kanalleiterkarte besteht aus zwei vollständig unabhängigen Kanälen zur Ultraschallprüfung im Frequenzbereich von 500 kHz bis 20 MHz. Sie vereinigt alle für die Messung mit aktivem Ultraschall notwendigen Komponenten einschließlich der Digitalisierung und Zwischenspeicherung (Abb. 1). Das Sendesignal ist einstellbar in 1 V-Schritten von ca. -50 V bis -180 V an 50 Ohm, die Impulsbreite von 25 ns bis 300 ns in 2 ns-Schritten. Das empfangene Signal kann in 0,1 dB-Schritten bis zu 96 dB verstärkt und bis zu 14 dB abgeschwächt werden. Zwei analoge Bandfilter ermöglichen eine optimale Anpassung an verschiedene Prüfköpfe. Das so konditionierte Signal wird mit einem 14-Bit-ADC digitalisiert. Die Auflösung der Aufnahme beträgt wahlweise 10, 20, 40, 80 MS/s. Es ist möglich, bis zu 64k Abtastwerte abzuspeichern.

Jeder Kanal besitzt entweder je eine Echostartblende und Messblende oder zwei Messblenden. Es kann eine Tiefenausgleichskurve mit 256 Stützstellen, einem Dynamikbereich von 80 dB – in 0,1 dB-Schritten einstellbar – und einer Steilheit von 40 dB/µs realisiert werden. Die Kanalkarte ist softwareseitig umschaltbar in zwei Einschwinger-Kanäle (IE, je ein Kanal für Sender und Empfänger) oder einen gemeinsamen Sende-Empfangskanal (SE). Hardwareseitig ist eine feste Zuordnung in zwei SE-Kanäle oder je einen IE- und SE-Kanal möglich. Die maximale Impulsfolgefrequenz je Kanal beträgt in Abhängigkeit von Prüfbereich, Impulsbreite, Abtastrate und Sendespannung maximal 10 kHz. Sie wird bei 2 000 Samples durch die Datenüber-

tragung auf 2 kHz begrenzt. Digitale Bauelemente (Kanal-CPLD) dienen der Ankopplung an den internen Datenbus der Backplane der µ-USE. Die Leistungsaufnahme je Kanal-Leiterplatte liegt unter 3 W. Die Abmaße betragen 73 mm × 59 mm.

Ergebnis

Es wurden zwei Funktionsmuster einer µ-USE mit je 16 Ultraschall-Kanälen erfolgreich realisiert. Jede µ-USE enthält 8 Baugruppen gemäß Abb. 2. Die Lösung sehr komplexer Prüfaufgaben, wie die Prüfung eines akustisch anisotropen Prüfkörpers aus faserverstärktem Kunststoff mit Gruppenstrahler-Technik, konnte demonstriert werden. Anwendungen zur Prüfung von luftfahrtrelevanten Konstruktionselementen sind in Vorbereitung.

Autraggeber

Arxes Information Design Berlin GmbH

Stichworte

Ultraschallprüfung,
Phased Array,
Sampling Phased Array

Ansprechpartner

Dr. Dieter Joneit
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64 82-23
dieter.joneit@izfp-d.fraunhofer.de

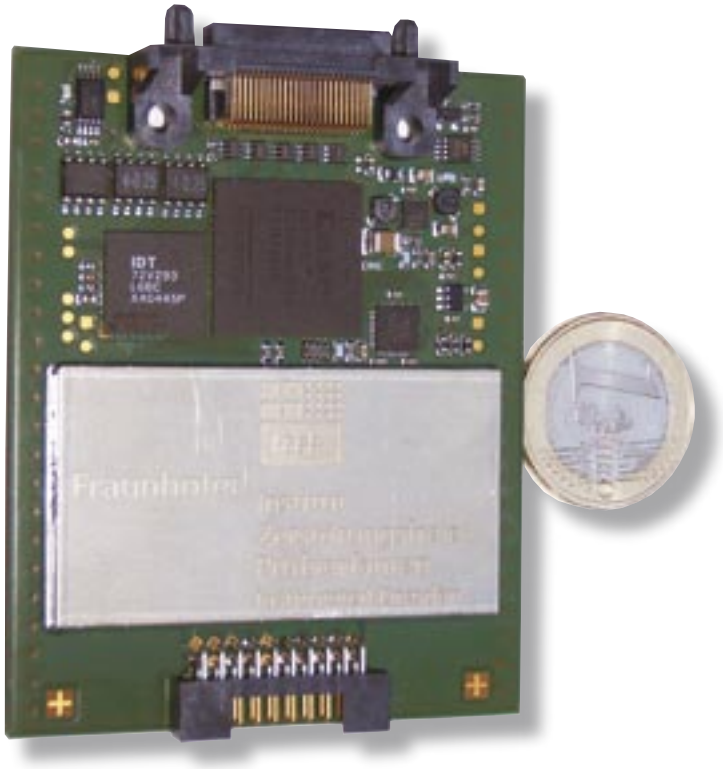
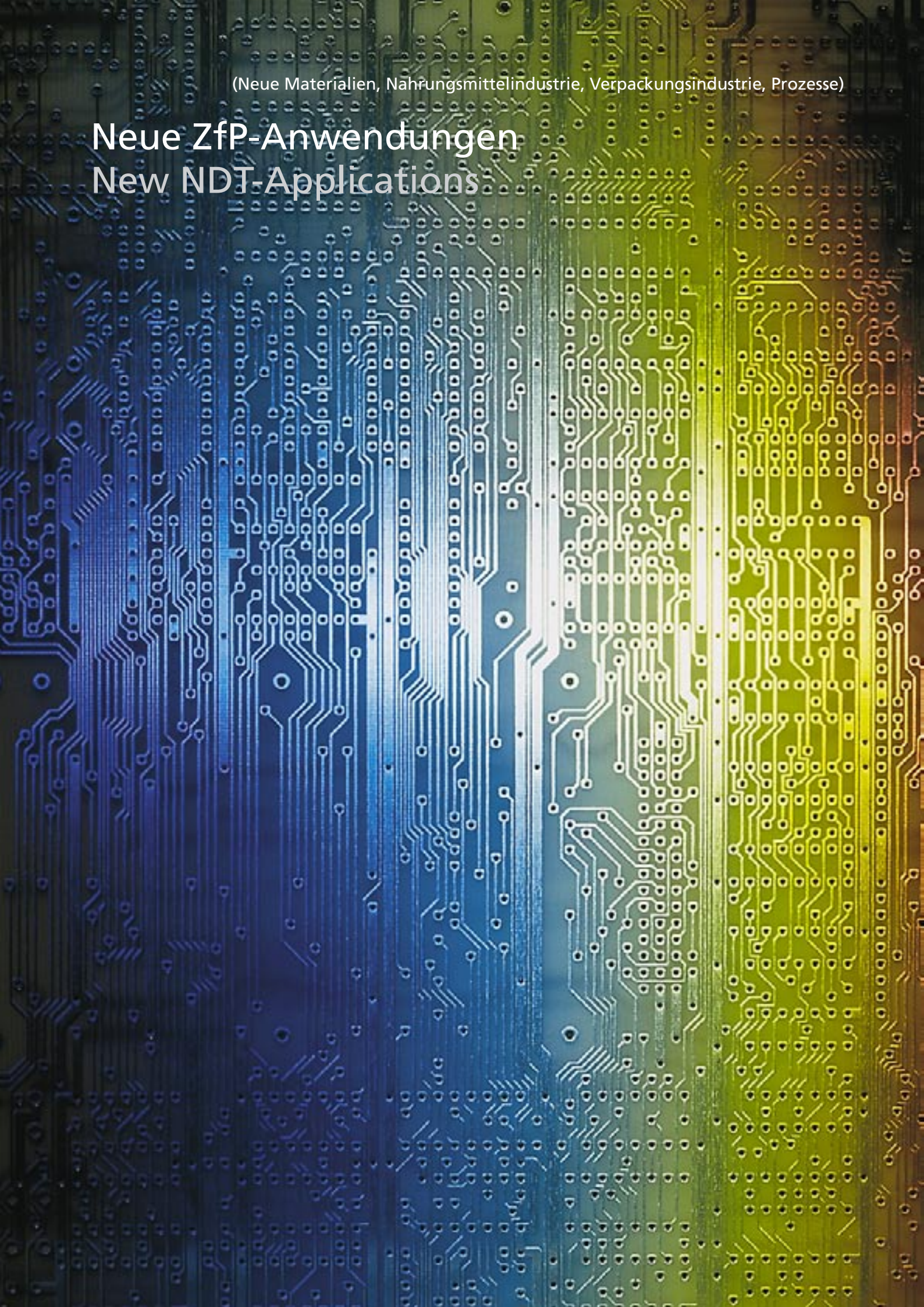


Abb. 2: Kanal-Leiterplatte für das Mikro-Ultraschallfrontend; auf der Unterseite der Leiterplatte ist der gleiche Aufbau für den zweiten Kanal der Baugruppe realisiert.

(Neue Materialien, Nahrungsmittelindustrie, Verpackungsindustrie, Prozesse)

Neue ZfP-Anwendungen
New NDT-Applications



Auftrag

ZfP-Anbieter müssen ihre Aktivitäten zukünftig verstärkt auf kundenspezifische Lösungen ausrichten. Ziel des Geschäftsfelds »Neue ZfP-Anwendungen« ist es, aktuelle Nischenmärkte, die ein hohes Wachstumspotenzial aufweisen, zu identifizieren und zu entwickeln, um neue Geschäftsfelder für das Fraunhofer IZFP sicherzustellen. Das Geschäftsfeld soll auch auf solchen Märkten präsent sein, die erst mittel- oder langfristig eine verstärkte Nachfrage nach bestimmten Produkten oder Dienstleistungen der ZfP erwarten lassen.

Hierzu zählt der Bereich »Neue Werkstoffe und Fertigungsverfahren«. Im Geschäftsfeld werden Verfahren zur Qualitätsprüfung von innovativen metallischen Werkstoffen (höchstfeste Stähle, Aluminium, Magnesium), faserverstärkten Kunststoffen, modernen Elastomeren, Funktionskunststoffen, Ingenieurkeramiken, Holz- und Holzwerkstoffen sowie Lebensmitteln angeboten.

Neben der klassischen ZfP kommen auch neuartige Prüftechniken, wie Kernspinresonanz in Aufsatztechnik, Mikrowellentechnik oder Ultraschall-Kraftmikroskopie zum Einsatz. Besonderes Augenmerk gilt solchen Verfahren, die dabei eine fertigungsintegrierte bzw. -begleitende Prüfung zulassen, da die Herstellung / Verarbeitung neuer Werkstoffe oft die Adaption oder auch die Neuentwicklung von Fertigungsprozessen verlangt, für deren qualitätsgesicherte Führung geeignete Werkzeuge bereitgestellt werden müssen. In aktuellen Forschungsarbeiten werden beispielsweise Verfahren zur Qualitätsüberwachung beim Formhärten höchstfester Stähle, beim Direktpressen glasmattenverstärkter Thermoplaste (GMT) oder beim kontinuierlichen Pressen von Holzwerkstoffen entwickelt. Auch bei den neuerdings im Flugzeug- und Automobilbau eingesetzten Verfahren des wärmearmen Fügens, wie Kleben, mechanische Fügeverfahren oder Reibrührschweißen werden Techniken zur Qualitätsüberwachung in der Pre-, In- und Post-Process-Phase benötigt.

Die Sicherung des menschlichen Umfelds stellt eine weitere wichtige neue Aufgabe für die ZfP dar. Das nicht nur im Zuge der Ereignisse des 11. September gewachsene Sicherheitsbedürfnis in den westlichen Ländern lässt eine stetig steigende Nachfrage nach hochempfindlichen Metalldetektoren, Sensoren zum Nachweis von Explosivstoffen, Biosensoren, biometrischen Sensoren u. a. erwarten.

Auch in diesem Bereich kann das Fraunhofer IZFP erste Entwicklungsergebnisse vorweisen, z. B. ein Verfahren zur Metallerkennung für Geldautomaten mit Scheineingabe. Die Problematik der weltweit begrenzten Vorkommen an fossilen Energieträgern und Trinkwasser erfordert verstärkte FuE-Aktivitäten für die Erkundung, das Management und den Schutz dieser Ressourcen. So entwickelt das Fraunhofer IZFP neue Verfahren zur Erkundung und Charakterisierung von Wasser- und Öl-Reservoirs (z. B. Kernspinresonanz in Bohrlochsonden).

Ansprechpartner

Dr. Bernd Wolter
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 83
bernd.wolter@izfp.fraunhofer.de

Auslegung und Bau von Luft-Ultraschallwandlern mit piezoelektrischen Elektreten

Ausgangssituation

Im Rahmen des Fraunhofer-internen Verbundprojektes »Neue polymere Elektrete für Sensoren und Wandler« werden mikroporöse Elektretfolien entwickelt, die sich durch eine hohe Temperaturstabilität (maximale Einsatztemperatur 100 bis 150 °C), hohe Piezokoeffizienten (300 bis 600 pC/N) sowie sehr geringe akustische Impedanzen (kleiner 0,5 MRayl) auszeichnen. Diese Eigenschaften prädestinieren die Folien für den Einsatz in Luft-Ultraschallwandlersystemen.

Aufgabe

Part des Fraunhofer IZFP in diesem Projekt ist es, mit dem Elektret-Material leistungsfähige Luftschallwandler zu konzipieren und aufzubauen. Hierbei werden zwei Schwerpunkte gesetzt. Zum einen sollen »klassische« Luft-Ultraschallsensoren (Frequenzbereich 20 kHz bis 1 MHz) für den Sende-Empfangs-Betrieb entwickelt werden, wie sie beispielsweise für Abstandsmessungen oder Durchschallungsprüfungen verwendet werden. Daneben sollen parametrische Lautsprechersysteme realisiert werden, die sich gegenüber heute verfügbaren Produkten durch eine höhere Temperaturstabilität auszeichnen. Hierdurch wird deren Anwendungsbereich stark erweitert (Anwendungen zum Beispiel im Automobilbau). Bei diesen Lautsprechertypen werden Ultraschallwellen hoher Energie (100 bis 140 dB Schalldruck bezogen auf 20 µPa) abgestrahlt. Die Frequenz liegt in der Regel zwischen 30 und 200 kHz. Auf diesen Träger ist die Audioinformation aufmoduliert. Durch die Nichtlinearität der Luft kommt es bei der Schallausbreitung zu einer Demodulation. Wegen der durch die hohe Trägerfrequenz bedingten engen Richtwirkung kann hörbarer Schall in sehr enge Winkelbereiche abgestrahlt werden. Außerhalb dieses Kegels liegt der Schallpegel unterhalb der Hörschwelle. Mit diesem Lautsprecher können Peilschärfen realisiert werden, die mit keinem konventionellen Lautsprecher möglich sind. Ein Anwendungsbereich ist die gezielte Beschallung enger Bereiche in Museen, Stadien oder Bahnhöfen, sodass Personen außerhalb des Kegels nicht gestört werden.

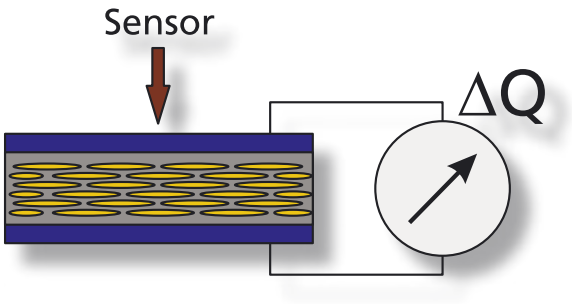


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Elektrets: Die langgestreckten Poren besitzen permanente entgegengesetzte Ladungen, die bei der Herstellung durch einen Polarisationsprozess entstehen. Beim Zusammendrücken des Elektrets entsteht durch die Verschiebung an den Elektroden eine Spannung.

Ergebnis

Im ersten Jahr des drei Jahre umfassenden Projektes wurden die folgenden Arbeiten durchgeführt:

- Für die Schallfeldmodellierung wurden vorhandene Softwareprogramme (Punktquellensynthese) an die Besonderheiten der Luftschallsensoren und der parametrischen Lautsprecher angepasst.

- Insbesondere wurden breitbandige Luftschallwandler mit breiter Abstrahlcharakteristik für die Positionsbestimmung mittels Triangulation ausgelegt. Dabei wurde von einer zylindrischen konvexen Krümmung der schallabstrahlenden Fläche ausgegangen. Variiert und optimiert wurden der Krümmungsradius und die Abmessungen der Elektretfolie. Diese Auslegungsrechnungen wurden für die Frequenzen 96 und 360 kHz durchgeführt. Abb. 2 zeigt zwei typische Modellierungsergebnisse.

- Labormuster mit den durch die Modellierungsrechnungen festgelegten Parametern wurden aufgebaut. Die Elektretfolien wurden über einen zylindrisch gekrümmten Träger aufgespannt oder aufgeklebt. Die elektrische Kontaktierung erfolgte durch Klemmen mit kleinen Anschlussplatinen.

- Die Schallfeldstrukturen der aufgebauten Luftschallwandler wurden mit einem Miniaturmikrofon, das mit einem Manipulator bewegt wurde, vermessen (Abb. 3).

- Für einen parametrischen Lautsprecherbetrieb müssen hohe Schallleistungen abgestrahlt werden. Hierzu wurde ein Stapelwandler durch 25-faches Falten und anschließendes Verkleben einer Elektretfolie hergestellt. Wie von der Theorie vorher gesagt, ergab sich dadurch ein fast 25-fach höherer Schalldruck, bzw. eine fast 625-fach höhere abgestrahlte Schallleistung. Der Stapelwandler lief im Dauertest über mehrere Tage ohne merkliche Verringerung des Wirkungsgrades.

Auftraggeber

Es handelt sich um ein von der FhG gefördertes Verbundprojekt mit den Fraunhofer Partnern IAP, IZM, FIRST, IBMT und IZFP

Projektdurchführung

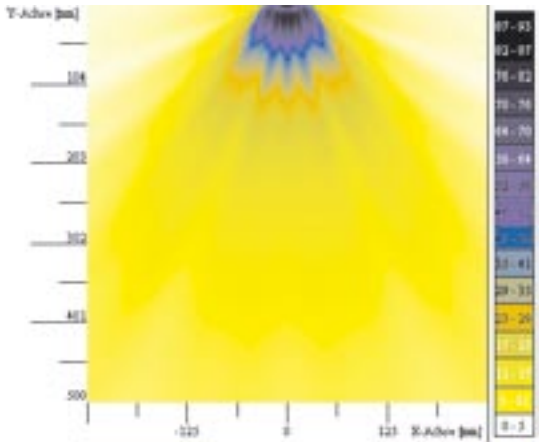
Dr. W. Gebhardt, R. Licht, R. Marmillod

Stichworte

Ultraschall,
Piezoelektrische Elektrete,
Luftschallwandler,
Parametrische Verstärker

Ansprechpartner

Dr. Wolfgang Gebhardt
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 71
wolfgang.gebhardt@izfp.fraunhofer.de



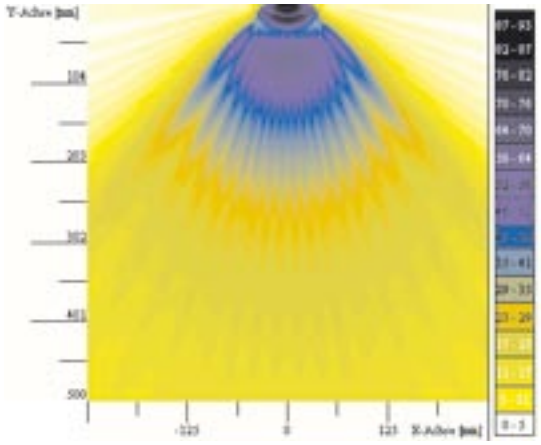


Abb. 2a und 2b: Modellierungsergebnisse: Abb. oben – konvexe Krümmung Krümmungsradius 20 mm, Frequenz 96 kHz, Abb. unten – konvexe Krümmung Krümmungsradius 20 mm, Frequenz 360 kHz

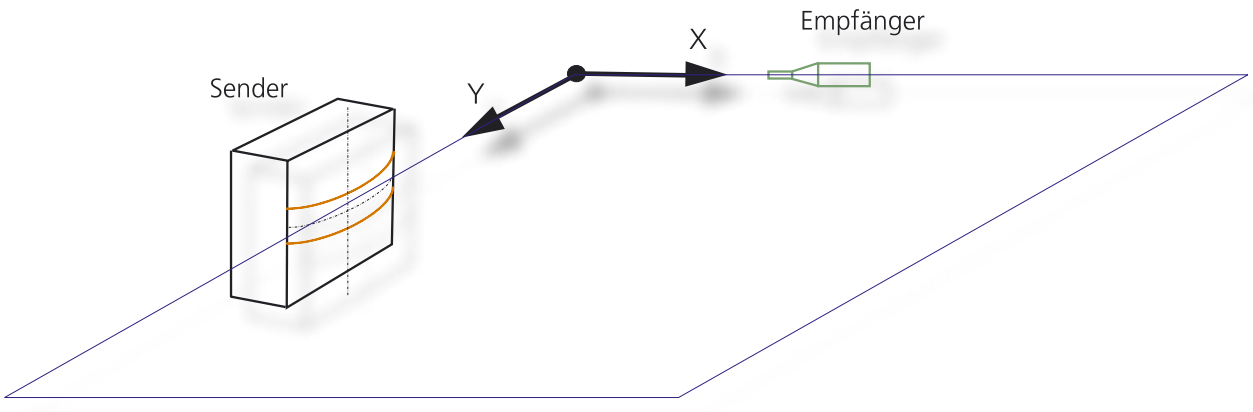


Abb. 3: Versuchsaufbau zur Schallfeldermittlung

(Medizin, Geologie, Umwelt, Biotechnologie)

Neue ZfP-Anwendungen
New NDT-Applications

Auftrag

Der Institutsteil Dresden des Fraunhofer IZFP untersucht, inwieweit nachhaltige Technologien und umweltrelevante Fragestellungen ein erweitertes Betätigungsfeld bieten und in neuen Geschäftsfeldern erschlossen werden können. Die ostdeutsche Industrie unternimmt große Anstrengungen im Bereich der Umwelttechnologie. Über die Bedeutung dieses Forschungsgebiets bestehen keine Zweifel. Das Fraunhofer IZFP will sich deswegen verstärkt mit seinen methodischen Potenzialen in dieses Fachgebiet einbringen. Analog sieht die Situation auf dem Gebiet »Life Science« aus. Experten erwarten, dass ein technologischer Aufschwung in den nächsten Jahrzehnten gerade auf diesem Gebiet erfolgen wird. Deshalb ist es notwendig, sich mit Machbarkeitsstudien und exemplarischen Lösungen den Bedürfnissen von Medizin und Biotechnologie zu nähern. Die Geologie ist seit Jahren Arbeitsgebiet im Fraunhofer IZFP in Dresden. Dabei erworbene Kompetenzen sollen zukünftig verstärkt für Bergbauunternehmen wirksam werden. In den Bereichen Geotechnik und Umwelt existiert für Endlagerung, Anlagensicherheit, Solarenergie, Lärmbekämpfung und Geräuschdesign ein attraktiver FuE-Markt. Die bisher durchgeführten Projekte bilden eine gute Ausgangsposition für die zukünftige Entwicklung des Geschäftsfelds. Der vom Fraunhofer IZFP betriebene Einsatz von Radiotracern stellt ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal dar.

Die Weiterentwicklung der Produkte und Dienstleistungen betrifft u. a.:

- zerstörungsfreie Beurteilung von natürlichen und künstlichen Barrieren in Endlagern für radioaktive Abfälle und Untertagedeponien mit geophysikalischen Messverfahren
- zerstörungsfreie Methoden zur Prüfung von Anlagen für regenerative Energien
- Bereitstellung von Messtechnik für Biotechnologie und aktive Teilnahme an der Einführung dieser Technologien in die Industrie
- Beurteilung von umweltrelevanten Produktionsprozessen mit Tracermethoden
- Schaffung exemplarischer Lösungen für Messtechnik in der Medizin und Mitarbeit an Entwicklungen auf dem Gebiet nebenwirkungsfreier Arzneimittel.

Ansprechpartner

Prof. Dr. Jürgen Schreiber
Telefon: +49 (0) 3 51/88 23-39 2
juergen.schreiber@izfp-d.fraunhofer.de

Akustische Messtechnik für geo- und bautechnische Anwendungen

Ausgangssituation

Stark heterogene Werkstoffe wie Beton oder Gestein können mittels der zerstörungsfreien Prüfverfahren »Akustische Emission« und »Niederfrequenter Ultraschall« beurteilt werden. Die Akustische Emission ist besonders für das Verfolgen der zeitlichen und räumlichen Entwicklung von Materialfehlern geeignet, der momentane Schädigungszustand wird besser durch eine Ultraschallprüfung charakterisiert.

Abb. 1: Konfigurationsbeispiel vierkanaliges System mit AE.engine AE.switch und Toughbook zur Fernbedienung

Aufgabe

An der Umsetzung der beiden Verfahren »Akustische Emission« und »Niederfrequenter Ultraschall« in einem »embedded« Prüfsystem besteht großes Interesse seitens der Bauindustrie und der Geotechnik. Dafür ist es erforderlich, folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Nutzbarkeit für beide Prüfverfahren
- Einsetzbarkeit unter den rauen Praxisbedingungen der Bauindustrie und der Geotechnik
- Qualifizierung der Prüfverfahren hinsichtlich einer sicheren Bewertung des Schädigungszustands von heterogenen Werkstoffen, insbesondere von Beton und Gestein
- Nachweis der Praxistauglichkeit des Prüfsystems und der Bewertungsalgorithmen für typische Anwendungen

Realisierung

Im Rahmen mehrerer, sich ergänzender Forschungsprojekte wurde ein Prototyp des Prüfsystems »AE.net« (Abb. 1) entwickelt. Es handelt es sich dabei um ein vielkanaliges Prüfsystem für großvolumige Komponenten. Alle Messkanäle arbeiten in einem Frequenzband von 5 kHz - 300 kHz und besitzen eine Dynamik von 20 bis 110 dB_{AE}. Das System ist dezentral aufgebaut. Wichtigstes Modul ist AE.engine, ein vierkanaliges Messsystem auf der Basis eines »embedded« PCs mit an die beiden Prüfverfahren angepassten Analog-Digital-Konvertern. Synchronisation, Stromversorgung und Messdatentransfer mehrerer solcher Module erfolgen durch AE.switch über Standard-Ethernet-Kabel. Die Kanalzahl des Systems ist praktisch beliebig erweiterbar. Der dezentrale Aufbau mit jeweils einem »embedded« PC für vier Messkanäle garantiert, dass die Rechenleistung mit steigender Kanalzahl nicht abnimmt. Alle Module sind kompakt aufgebaut und arbeiten ohne Lüfter in einem dichten Gehäuse. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz unter rauen Praxisbedingungen. In Kürze wird eine Gerätevariante mit dem Schutzgrad IP67 angeboten. Für das Prüfverfahren »Niederfrequenter Ultraschall« steht ein Sendeverstärker US.power mit beliebig konditionierbaren Signalformen im Frequenzbereich von 5 kHz - 400 kHz zur Verfügung. Der Modus »Akustische Emission« zeichnet sich durch eine komplette Aufzeichnung der Wellenformen für jedes Burstereignis und die Möglichkeit aus, Parameter der kontinuierlichen Emission messen zu können.

Für alle Gerätemodule besteht die Möglichkeit zur Fernbedienung über Internet. Als Bestandteil des Prüfsystems werden Sensoren mit integrierten Vorverstärkern und analogen Bandfiltern für Volumen-, Platten- und Oberflächenwellen angeboten.

Ergebnis

Im Rahmen der Bearbeitung mehrerer Projekte wurde das Prüfsystem in unterschiedlichen Anwendungsbereichen erfolgreich getestet:

Schallemissionsmessungen, zur Ortung von Mikrorissen um eine neu angelegte Verbindungsstrecke in der Kaligrube des Merkers herum

US-Rückstreumessungen zur Erfassung der bergbauinduzierten Auflockerungszone (Beispiel in Abb. 3)

Niederfrequente Ultraschallmessungen mit Eindringtiefen bis zu 100 m zur Erkundung von Lagerungsstrukturen in den Kalibergwerken Bischofferode und Sigmundshall.

Mikroseismische Messungen zur Rissprüfung in wassergefüllten Beton-Abwasserrohren großer Nennweite (bis DN 3600).

Auftraggeber

Der überwiegende Teil der Arbeiten wurde in Rahmen mehrerer Projekte zur Sicherheitsforschung von Untertagedeponien für chemisch-toxische Abfälle durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert; aktuell: »Entwicklung eines Messsystems zur hochauflösenden zerstörungsfreien Erkundung von Gesteinsnahbereichen mittels Sonar«, Förderkennzeichen 02 C 1184, und »Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswerteinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar - Sonarverfahren«, Förderkennzeichen 02 C 1325. Die Messungen an den Abwasserrohren haben das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg und der Abwasserkanalbetreiber Emscher-Genossenschaft unterstützt.

Stichworte

Akustische Emission,
niederfrequenter Ultraschall,
Beton,
Salzgestein

Ansprechpartner

Dr. Horst Kühnicke
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64 82-41
horst.kuehnicke@izfp-d.fraunhofer.de

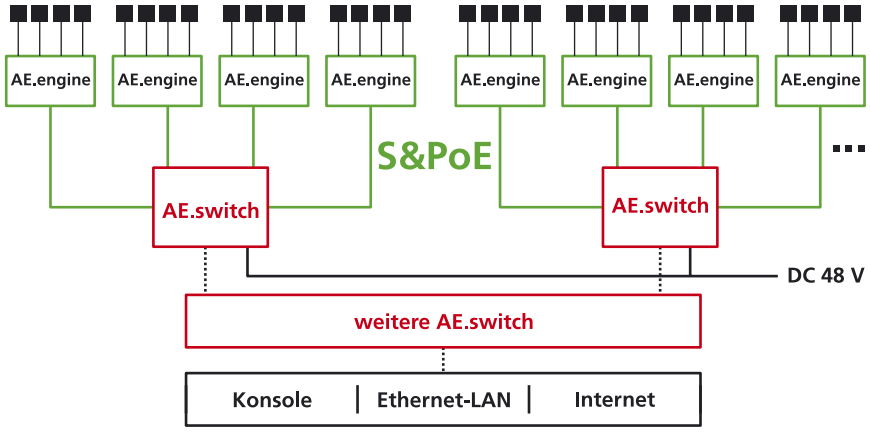


Abb. 2: AE.net-Baumstruktur für Systeme mit mehr als 16 Messkanälen

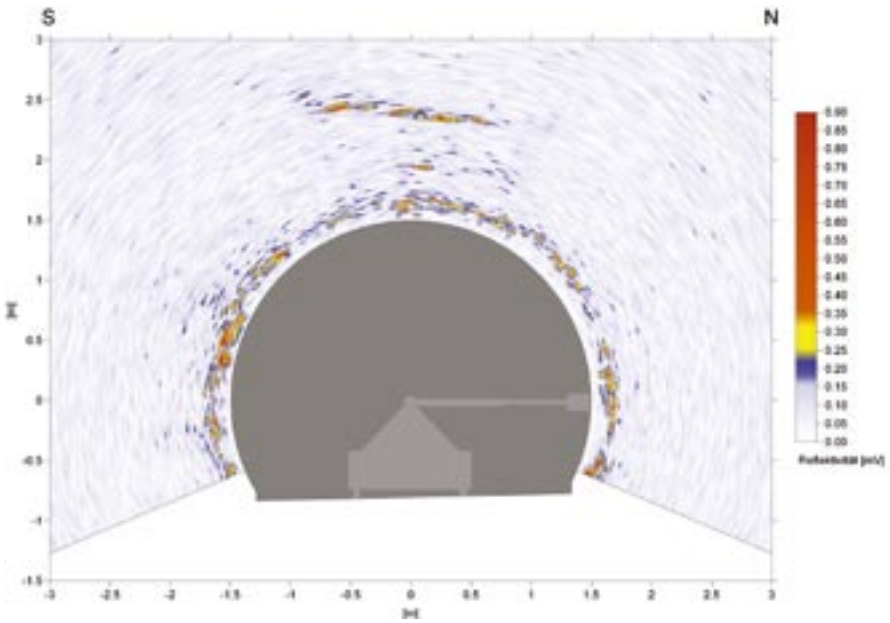
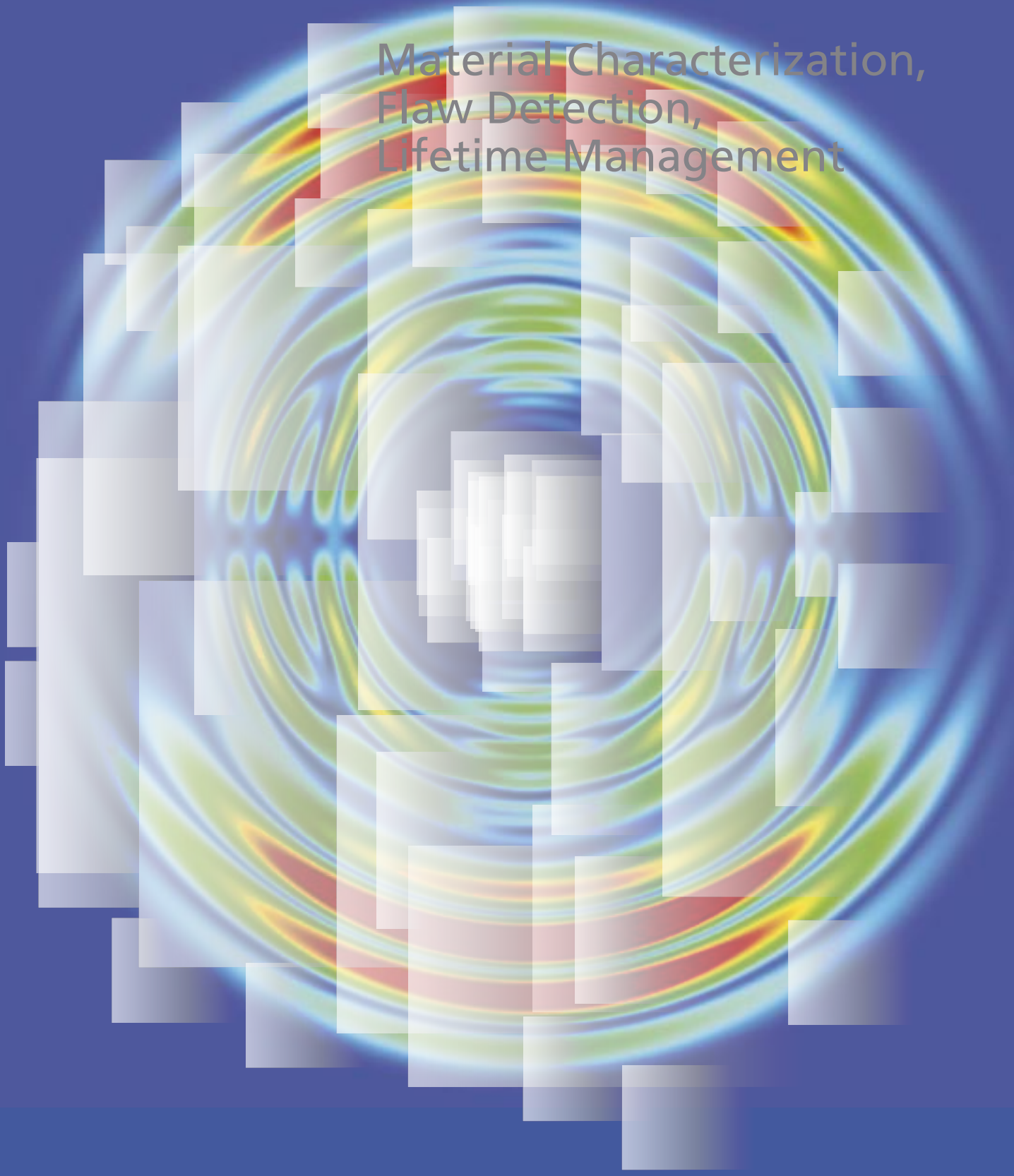


Abb. 3: Ultraschall-Rückstreumessungen zur Erfassung einer bergbauinduzierten Auflockerungszone (Grube Sondershausen, im Steinsalz aufgefahrene Maschinenstrecke)

Kernkompetenz

Werkstoffcharakterisierung, Fehlerprüfung und Lebensdauermanagement

Material Characterization, Flaw Detection, Lifetime Management



Auftrag

Der Einsatz neuer Hochleistungswerkstoffe, z. B. intelligente Werkstoffe mit Sensor- und Aktorfunktion (»smart materials«), multifunktionale Werkstoffe, Gradientenwerkstoffe und Leichtbauwerkstoffe, gewinnt zunehmend an Bedeutung. Dementsprechend steigen die Ansprüche an die Werkstoffcharakterisierung und die qualitätsgesicherte Herstellung. Es besteht Bedarf an begleitenden zerstörungsfreien Prüfmethoden bei der Entwicklung, der Produktion und dem Einsatz der neuen Werkstoffe. Diese weisen in den meisten Fällen eine komplexe makroskopische und mikroskopische Struktur auf, um den hohen mechanischen, thermischen und auch korrosiven Belastungen und Sicherheitsansprüchen gerecht zu werden.

Bei der Entwicklung neuer Prüfverfahren zur Werkstoffcharakterisierung ist in zunehmendem Maße eine Verknüpfung zwischen Messtechnik und Verfahrenstechnik erforderlich.

Zunehmende Miniaturisierung und gleichzeitig wachsende Komplexität der Komponenten in der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik sind weitere Tendenzen. An die Ortsauflösung und Messgenauigkeit der einzusetzenden Methoden werden immer höhere Anforderungen gestellt. In diesem Zusammenhang gewinnt die Kennwertermittlung in kleinen Dimensionen zunehmend an Bedeutung. Als wesentliches Merkmal kommt noch die Forderung hinzu, nicht nur zerstörungsfrei, sondern auch berührungslos zu arbeiten.

Die Kernkompetenz zielt auf die Schaffung der prüftechnischen Voraussetzungen für die Entwicklung industrierelevanter Prüfsysteme zur zerstörungsfreien Werkstoffcharakterisierung sowie Fehlerprüfung und der Lebensdauerabschätzung von Bauteilen über Ansätze der probabilistischen Bruchmechanik.

Zur Erreichung dieses Zieles werden sowohl elektromagnetische Prüfverfahren (mikromagnetische, Mikrowellen- und Streuflussverfahren) als auch Ultraschallverfahren auf Basis piezoelektrischer und elektromagnetischer Schallwandlung weiterentwickelt.

Im Rahmen von Vorhaben der öffentlichen Hand und der Industrie werden in den einzelnen Fachgebieten folgende Themenschwerpunkte bearbeitet:

Magnetik / Sonderverfahren

- Zerstörungsfreie Bestimmung von Mikroeigenspannungen II. und III. Art
- Optimierung der Tiefzieheignung von Blechen
- Nachweis von nanometergroßen Kupferausscheidungen in WB36 und charakterisierung der thermischen Versprödung
- Eigenspannungsmessung an Motorblöcken aus Lamellen- und Vermiculargraphit
- Charakterisierung von Gradientenwerkstoffen

Wirbelstrom / Streufluss

- Charakterisierung von GMI-Schichten mittels Barkhausenrausch- und Wirbelstrom-Mikroskopie
- Entwicklung einer Streufluss-Plattform zur Werkstoffcharakterisierung und Fehlerprüfung

Mikrowellen

- Schichtdickenmessung an kunststoffbeschichteten Stahlrohren
- Gasblasendetektion an Kunststoffbauteilen

Ultraschall / QzfP

- Entwicklung eines Sampling-Phased-Array-Systems zur Fehlercharakterisierung

Elektromagnetischer Ultraschall

- Charakterisierung des Werkstoffes GLARE®

Anprechpartner

Dr. Iris Altpeter
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 27
iris.altpeter@izfp.fraunhofer.de

Berührungslose Schichtdickenmessung mit Hilfe von Mikrowellen

Ausgangssituation

Zum Schutz gegen Korrosion werden große Stahlrohre meistens mit einer mehrere Millimeter dicken Kunststoffschicht umhüllt (Wickel- und Schlauchverfahren). Für eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit ist eine Mindestschichtdicke erforderlich. Wird diese aufgrund einer Prozessstörung unterschritten, muss die Schicht nachträglich mit hohem Aufwand vom Rohr entfernt und entsorgt werden. Andererseits sollte die Schicht aus Gründen der Materialersparnis nicht zu dick sein.

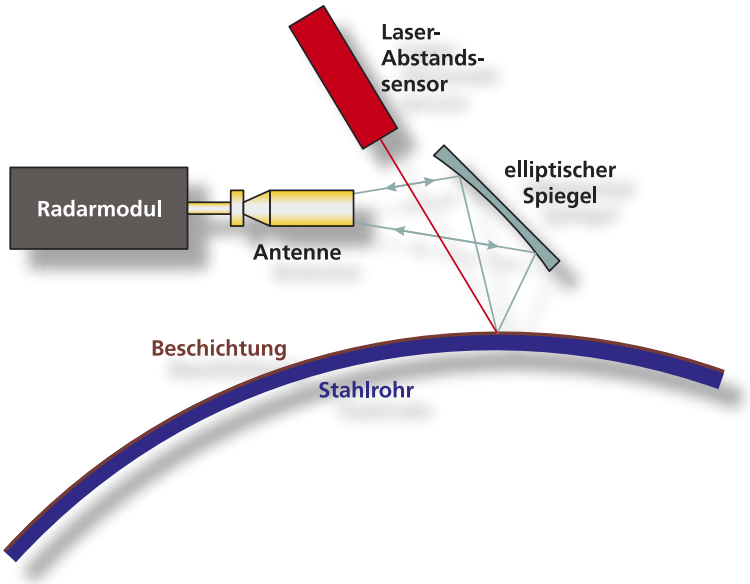


Abb. 1: Aufbau eines Schichtdickenmesssystems auf der Basis einer Kombination aus Mikrowellen- und Laserabstandssensor. In dem quasioptischen Messaufbau kann statt eines Spiegels auch eine dielektrische Linse verwendet werden.

Aufgabe

Die Industrie sucht daher nach einer Schichtdickenmessmethode, die online arbeitet, um etwaige Prozessabweichungen möglichst frühzeitig zu erkennen. Außerdem sollte die Messung berührungslos erfolgen, damit die nach dem Beschichtungsprozess heiße und weiche Kunststoffschicht nicht beschädigt wird.

Ergebnis

Mit Hilfe von Mikrowellen ist es möglich, die Schichtdicke berührungslos und aufgrund der geringen abgestrahlten Leistung zerstörungsfrei zu ermitteln. Die Mikrowellen dringen über die Grenzfläche Luft-Kunststoff größtenteils bis zur Grenzfläche Kunststoff-Stahl vor und werden dort reflektiert. Das Herz des eingesetzten Mikrowellensensors ist ein hochintegrierter 94-GHz-Radarchip (Entwicklung des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF, Freiburg) mit einer Größe von ca. 2 × 3 mm^2 und einer Wobbel-Bandbreite von ca. 5 GHz. Der Chip vereinigt in sich alle notwendigen Hochfrequenzbauteile und strahlt die Mikrowellen nicht in Pulsform, sondern kontinuierlich und frequenzmoduliert ab. Der Sensor kann insgesamt sehr kompakt gehalten werden. Durch Mischung von ausgesendetem und empfangenen Signal (beide hochfrequent) entsteht ein niederfrequentes Zwischenfrequenzsignal, das mit herkömmlicher Elektronik erfasst und ausgewertet werden kann. Abstandsschwankungen zwischen Sensor und Rohr aufgrund der Eigenbewegung des Rohres verfälschen jedoch die Messdaten. Daher wird der Abstand zwischen dem Sensor und der Grenzfläche Luft-Kunststoff mit einem Laser-Abstandssensor bestimmt. Mit Hilfe eines Mustererkennungsalgorithmus kann dann die Schichtdicke nach einer Kalibrierprozedur auch beim Auftreten von Abstandsschwankungen mit einer Genauigkeit von 0,1 mm oder besser ermittelt werden. Abb. 1 zeigt schematisch den Messaufbau. Mit Hilfe eines Hohlspiegels oder einer dielektrischen Linse kann ein Fokusfleck von ca. 4 mm Durchmesser erreicht werden, woraus eine gute laterale Ortsauflösung resultiert. Gegenüber existierenden Messsystemen weist das hier beschriebene System die Vorteile auf, dass es berührungslos arbeitet, eine hohe laterale Auflösung erzielt und ohne ionisierende Strahlung auskommt.

Auftraggeber

BMBF

Stichworte

berührungslos,
Schichtdickenmessung,
Mikrowellen,
Kunststoff

Ansprechpartner

Dr. Christoph Sklarczyk
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 81
christoph.sklarczyk@izfp.fraunhofer.de

Fehlerprüfung an induktiv gehärteten Bauteilen mittels Streufluss-Sondenprüfung

Ausgangssituation

Das Magnetpulververfahren ermöglicht den Nachweis rissartiger Defekte in ferromagnetischen Werkstoffen, zählt hierbei zu den etablierten zerstörungsfreien Prüfverfahren und ist in der Industrie weit verbreitet. Auch eine automatisierte Durchführung der Magnetpulverprüfung ist in vielen Fällen möglich.

Jedoch sind der Automatisierbarkeit Grenzen gesetzt, da sich beispielsweise in lokalen Vertiefungen der Probe (z. B. an Verzahnungen) eine verschlechterte Unterscheidbarkeit der Fehleranzeigen vom Störhintergrund ergibt. Darüber hinaus setzt die Magnetpulverprüfung eine Benetzung der Proben mit dem Prüfmittel voraus, welches dann später durch geeignete Reinigungsschritte wieder entfernt werden muss.

Die magnetische Streuflussprüfung mittels hochempfindlicher Magnetfeldsonden stellt eine zerstörungsfreie, saubere und schnell arbeitende Alternative zur Magnetpulverprüfung dar. Sie bietet ein hohes Maß an Automatisierbarkeit auch in solchen Fällen, wo die Magnetpulverprüfung nur mit hohem Kostenaufwand automatisierbar wäre. Unter Einsatz dicht belegter Sensorarrays in Form von Zeilen oder Flächen aus vielen Einzelsensoren ist eine hohe Prüfgeschwindigkeit auch an komplizierten Geometrien zu erzielen.

Aufgabe

Die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten induktiv gehärteten Bauteile wiesen angabengemäß Härterisse auf, welche mittels Streuflussprüfung nachzuweisen waren.

Realisierung

Der Magnetfeldsensor wurde computergesteuert über die zu prüfende Oberfläche hinweg bewegt. Die Probe wurde zuvor einem hohen Magnetfeld ausgesetzt, welches eine bleibende Magnetisierung der Probe während der Messzeit gewährleistete. Das an rissartigen Fehlern auftretende erhöhte Magnetfeld lässt sich in den vom Computer aufgezeichneten Signalen des Magnetfeldsensors nachweisen.

Ergebnis

Nach der Visualisierung der Messsignale als Funktion des Ortes lassen sich zwei Risse deutlich erkennen (Abb. 1).

Abb. 1: oben – optisches Bild des geprüften Probenausschnittes; mitte – Streufluss-Messsergebnis (hellerer Grauton = höheres Magnetfeld); unten – Endergebnis nach Anwendung eines kantenverstärkenden Bildfilters

Auftraggeber

Q NET Engineering GmbH
Saarbrücken

Stichworte

Streuflussprüfung,
GMR-Effekt,
Sensorarrays,
induktive Härtung

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Klaus Szielasko
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 88
klaus.szielasko@izfp.fraunhofer.de

»Sampling Phased Array« Ultraschall-Plattform

Ausgangssituation

Im Rahmen der stratgischen Eigenforschung wurde am Fraunhofer IZFP ein neues Prinzip der Signalverarbeitung von Gruppenstrahler-Ultraschallsignalen entwickelt. Die Idee »Der getaktete Gruppenstrahler« wurde zum Patent angemeldet. Aus diesem Ansatz wurde eine innovative Prüftechnologie entwickelt, die eine wesentliche Erhöhung der Prüfgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Verbesserung der Aussagekraft der Prüfergebnisse ermöglicht.

Aufgabe

Ziel der Entwicklungsarbeiten war eine universelle Entwicklungsplattform für Ultraschallprüfsysteme, die im Rahmen von automatisierten Fertigungsprüfungen und wiederkehrenden Prüfungen an betriebsbeanspruchten Komponenten eingesetzt werden.

Ergebnis

Mit der neuartigen Ultraschallprüfplattform wurde die konventionelle Gruppenstrahlertechnik prüf- und systemtechnisch weiterentwickelt.

Das Mehrkanalkonzept wird als »getakteter Gruppenstrahler« (Sampling Phased Array) bezeichnet, weil ein oder mehrere Gruppenstrahlerelemente nacheinander angeregt (»durchgetaktet«) werden, wobei mehrere Gruppenstrahlerelemente die Ultraschallechosignale aufnehmen. Aus diesen Informationen können die Ultraschallsignale für beliebige Einschallwinkel und Fokustiefen bzw. vollständige Sektorbilder mittels spezieller Rekonstruktionsalgorithmen berechnet werden.

Im Rahmen der Realisierung wurden einzelne Plattformkomponenten entwickelt, die zusammen ein universelles Mehrkanalsystem zur quantitativen zerstörungsfreien Ultraschallprüfung von unterschiedlichen Bauteilen und Komponenten bilden (Abb. 1, 2 und 3).

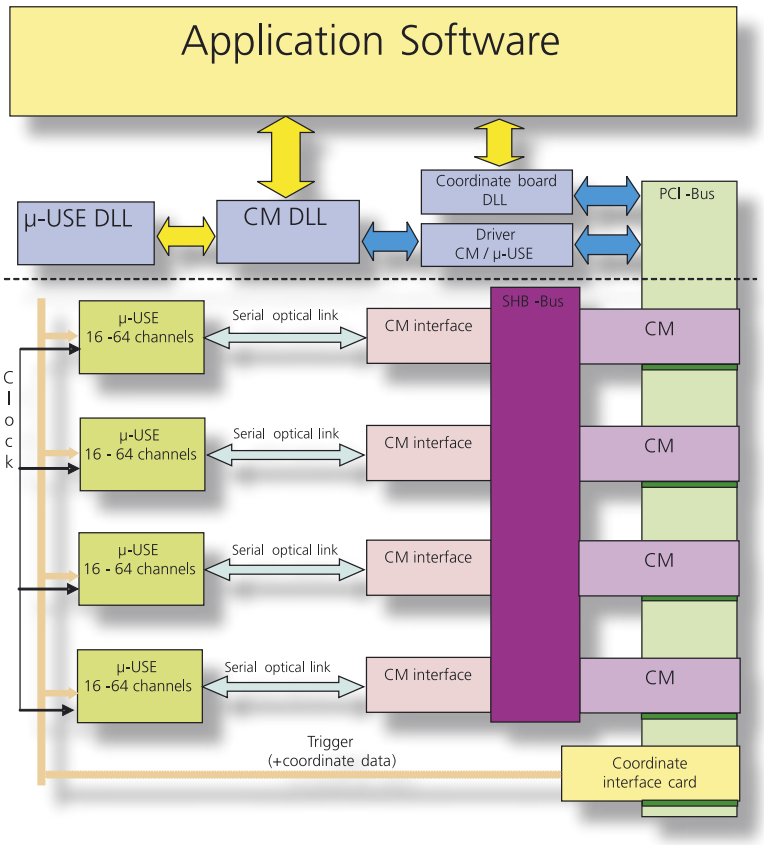


Abb. 1: Blockschaltbild der Ultraschallplattform »Sampling Phased Array«

Ein 16-kanaliges Ultraschall-Frontend µ-USE, ein spezielles Rechnermodul zur Durchführung der Echtzeit-Signalverarbeitung und Bildrekonstruktion und die Applikationssoftware wurden zur vollständigen Validierung der neuen Prüftechnik eingesetzt. Sie erfolgte an Testkörpern mit verschiedenen künstlichen und natürlichen Fehlern. Besondere Vorteile der neuen Technik bestehen in einer erheblichen Steigerung der Prüfgeschwindigkeit bei verbesserter Aussagekraft durch Echtzeit-Integration der »Synthetischen Apertur-Fokussierungs-Technik (SAFT)«. Ebenso entstand eine neue Prüfelektronik, die durch Einsatz von modernen Komponenten und Technologien der Mikroelektronik als miniaturisiertes Frontend aufgebaut werden konnte und zudem gegenüber konventionellen Systemen preisgünstiger angeboten werden kann.

Die kompakte Bauform der Prüfelektronik gestattet eine Montage in unmittelbarer Nähe der Ultraschallprüfköpfe, sodass durch kurze Kabelwege eine Verringerung von Störeinflüssen erreicht wird.

Alle digitalen Signalverarbeitungsfunktionen, einschließlich der Rekonstruk-

tion von Ultraschallsignalen und Ergebnisbildern sowie die Echtzeit-Datenauswertung und Datenreduktion werden von einem speziellen Rechnermodul durchgeführt, das u. a. über eine parallele Bearbeitungsstruktur verfügt.

Die Ultraschallplattform ist für eine Vielzahl von Prüfanwendungen geeignet, z. B.

- automatisierte Prüfungen an Halbprodukten der Stahlindustrie (Knüppel, Stabstahl, Profile, usw.)
- automatisierte Prüfungen an Schmiedeteilen (Turbinenwellen, Getriebe wellen, usw.)
- automatisierte Prüfungen an Faser-Verbundwerkstoffen (durch die patentierte Technik der inversen Phasenanpassung, einer Erweiterung des Sampling Phased Array Prinzips)
- mechanisierte Prüfungen an Kraftwerkkomponenten

Das Ultraschall-Frontend µ-USE kann als mobiles Ultraschall-Prüfgerät eingesetzt werden, wobei es über ein Fire-Wire-Interface an jeden Personalcomputer angeschlossen werden kann (Beispiel in Abb. 2). Dabei werden alle Funktionen des getakteten Gruppenstrahlers über die Applikationssoftware realisiert.

Auftraggeber

Q NET Engineering GmbH
Saarbrücken,
Arxes Information Design GmbH

Stichworte

Getakteter Gruppenstrahler,
Sampling Phased Array,
Ultraschall-Frontend,
schnelle Ultraschallprüfungen,
Echtzeit-Rekonstruktion

Ansprechpartner

Dr. Andrey Bulavinov
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 55
andrey.bulavinov@izfp.fraunhofer.de

Abb. 2: Mobiles Ultraschall-Prüfsystem und Frontend »µ-USE« mit 16 Ultraschallkanälen

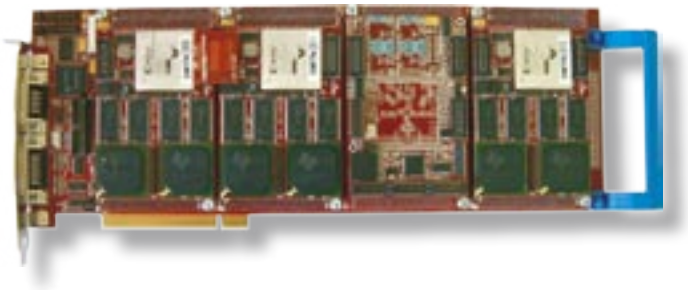


Abb. 3: Multi-DSP-Rechnermodul

Online-Überwachung des Spritzgießens mit einem Radarsensor

Ausgangssituation

Beim Spritzgießen werden zunehmend die Techniken der Gas- (GIT) oder Wasserinjektion (WIT) eingesetzt, mit denen sich thermoplastische Formteile mit funktionalen Hohlräumen herstellen lassen. Vorteile sind u. a. die Einsparung von Material, die Verbesserung der Formhaltigkeit des Bauteils sowie kurze Zykluszeiten.

Aufgabe

Die Prozessüberwachung bei GIT wie bei WIT erfolgt bislang hauptsächlich indirekt und relativ träge mittels Temperatur oder Druck. Daher besteht ein zunehmender Bedarf an einer direkten schnellen Online-Überwachung im industriellen Umfeld.

Ergebnis

Mikrowellen, die in dem mit flüssigem Kunststoff befüllten Hohlraum (Kavität) im Spritzgießwerkzeug eingestrahlt werden, erfahren eine zeitabhängige Streuung durch die sich ausbreitende Gas- oder Wasserblase. Beim Vorbeilaufen der Schmelze und der Blase an der Position eines Mikrowellensenders wird das gestreute Signal bzgl. Betrag und Phase verändert und zeigt damit an, ob der Prozess korrekt abläuft und die Blase sich an der richtigen Position befindet. Im Rahmen experimenteller Untersuchungen, die zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT) Pfinztal durchgeführt wurden, wurde ein kompakter 94-GHz-Radarsensor (Entwicklung des Fraunhofer IAF) eingesetzt, der an dem Spritzwerkzeug montiert wurde; dieser machte es möglich, das Voranschreiten der Schmelze- und Blasenfront mit hoher zeitlicher Auflösung zu verfolgen (Abb. 1). In vielen Fällen können aber auch preiswertere kommerzielle, bei tieferen Frequenzen arbeitende Mikrowellensensoren verwendet werden. Der Vorteil der Mikrowellenmethode gegenüber den Ultraschallverfahren besteht darin, daß eine über längere Zeiten kritische Ankopplung (Öl, Fett) nicht nötig ist und auch Abhebeeffekte zwischen dem heißen erstarrenden Kunststoff und der Kavitätswandung kaum eine Rolle spielen.

Auftraggeber

DFG

Stichworte

Spritzgießen,
GIT,
WIT,
Mikrowellen

Ansprechpartner

Dr. Christoph Sklarczyk
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 81
christoph.sklarczyk@izfp.fraunhofer.de

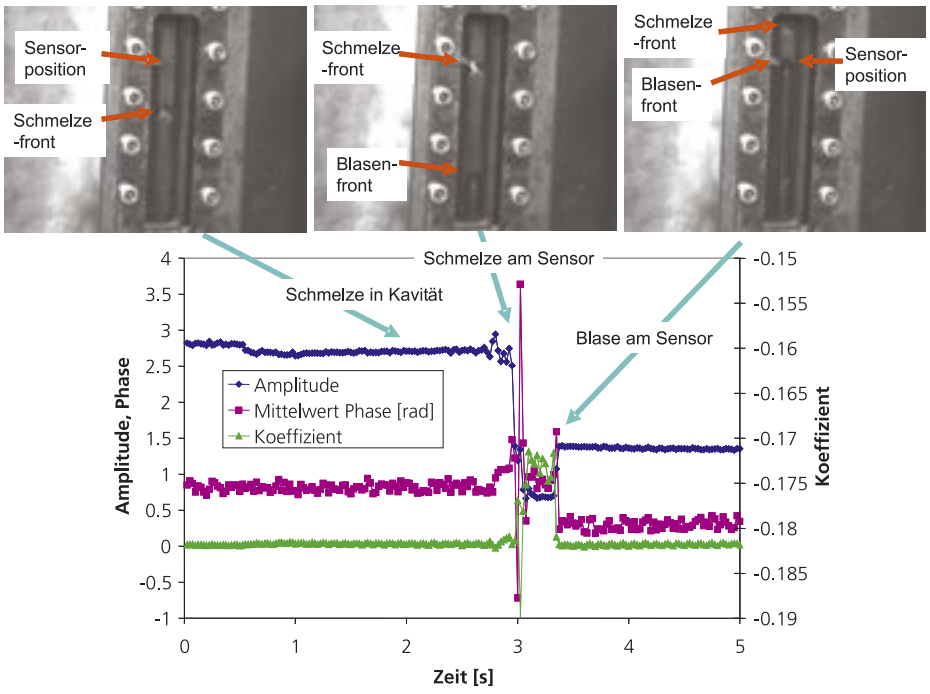


Abb. 1: (oben) Phasen des Voranschreitens von Schmelze und Gasblase (aus einem simultan aufgenommenen Videofilm); (unten) Signalverläufe von ZF-Amplitude, -Phase und -Frequenz (Koeffizient) bei GIT

Entwicklungswerkzeuge zum ökologischen und ökonomischen Gestalten von Gussteilen

Ausgangssituation

Bei Projektstart existierte keine zuverlässige Simulations-Software für Eigenspannungszustände in Gusseisen. Besonders bei dünnwandigeren Zylinderkurbelgehäusen, die über eine Gewichtsreduzierung zu Emissionsminderung bei der Herstellung und beim späteren Betrieb in Motorblöcken beitragen, sind Guss-Eigenspannungen, welche die Festigkeit des Werkstoffs überschreiten, Grund für mögliche Ausfälle. Diese Eigenspannungen entstehen im Produktionsprozess durch die Abkühlbedingungen bei der Erstarrung sowie infolge geometrischer Randbedingungen wie der Wanddicke eines Gussstückes. In Gusseisen sind die Eigenspannungen bisher nur durch zerstörende Prüfverfahren mittels Dehnungsmessstreifen (Zerlegemethode) messbar.

Aufgabe

Ziel des Projekts war die Aufstellung von Entwicklungsrichtlinien für das Gießen dünnwandiger Gussteile insbesondere für den Motorenbau, die Optimierung vorhandener Software durch Einsetzen thermomechanischer Daten für die unterschiedlichen Bereiche sowie die Optimierung des zerstörungsfreien elektromagnetischen Prüfverfahrens 3MA für die Eigenspannungsmessung in Gussbauteilen.

Ergebnis

Im Projektverlauf wurden dünn- und dickwandige Gussteile in GJL und dem festen GJV simuliert und hergestellt und die Grenzen der prozesssicheren Herstellbarkeit untersucht, um Entwicklungsrichtlinien für neue, gewichtsoptimierte Gussteile aufzustellen; diese Gussbauteile wurden zerstörungsfrei untersucht. Es zeigte sich, dass mit der optimierten zf-Prüfmethode an Flachproben sowie an Zylinderkurbelgehäusen unabhängig vom Gefügezustand eine zerstörungsfreie Eigenspannungsmessung möglich ist. Die Validierung des Prüfverfahrens erfolgte vor Ort und demonstrierte unter Berücksichtigung des verfahrensspezifischen Fehlers von ± 50 MPa für die Zerlegemethode eine gute Korrelation zwischen den zerstörungsfrei und den mittels Zerlegemethode ermittelten Eigenspannungswerten. Die gemessenen Eigenspannungen dienten zur Evaluierung der Software.

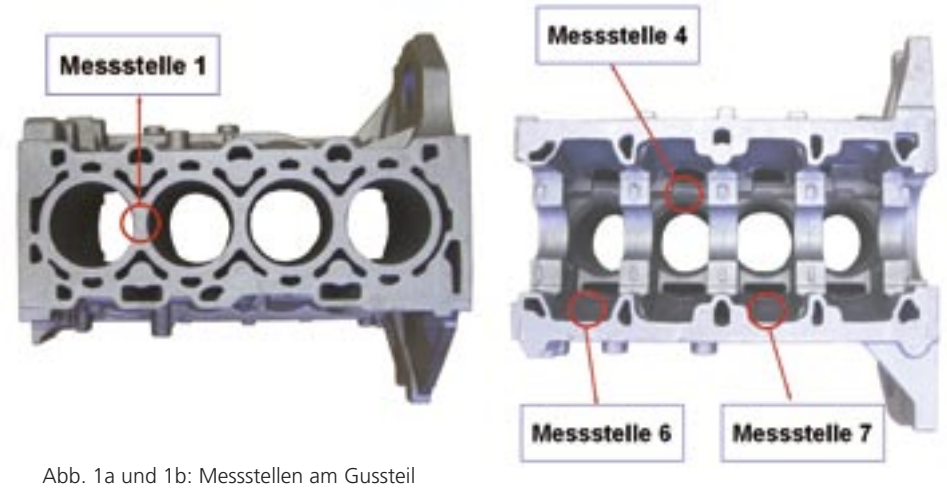


Abb. 1a und 1b: Messstellen am Gussteil

Bauteil	Messp.	σ_{mech} [MPa]	σ_{zf} [MPa]
ZKG 1	M1	-127	-152
	M7	-1	0
ZKG 2	M1	-127	-130
	M7	-1	22
ZKG 3	M1	-127	-133
	M7	-1	-2
ZKG 4	M1	-127	-121
	M4	43	49
	M6	66	100
	M7	-1	28

Tab. 1: Vergleich zwischen zerstörungsfrei (σ_{zf}) und mittels Zerlegemethode ermittelten Eigenspanungswerten (σ_{mech}) an Zylinderkurbelgehäusen

Auftraggeber

DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) e. V. als Projektträger des BMBF Umweltforschung und Technik

Stichworte

Eigenspannungen,
GJL (Gusseisen mit Lamellengraphit),
GJV (Gusseisen mit Vermiculargraphit),
Leichtbau,
3MA-Methode

Ansprechpartner

Dr. Iris Altpeter
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 27
iris.altpeter@izfp.fraunhofer.de

Mikromagnetischer Nachweis der Werkstoffalterung infolge kohärenter Kupferausscheidungen

Ausgangssituation

In ferritischen Stählen bewirken kleine, kohärente Ausscheidungen eine Werkstoffalterung, die sich in einer Härtezunahme und Zähigkeitsabnahme widerspiegelt. Ein Beispiel hierfür ist die durch kleine (1 - 1,5 nm Radius), kohärente Cu-Ausscheidungen bedingte thermische Werkstoffalterung in kupferlegiertem Stahl 15 NiCuMoNb 5 (WB 36, Werkstoffnummer 1.6368), der in deutschen Kernkraftwerken in großem Umfang als Rohrleitungswerkstoff bei Betriebstemperaturen bis ca. 300 °C verwendet wird. Als Behälterwerkstoff ist er im Druckhalter einer deutschen Druckwasserreaktoranlage bei Betriebstemperaturen von rund 340 °C eingesetzt. Nach langzeitiger Betriebsbeanspruchung neigt der Stahl WB 36 zur Nachausscheidung von Kupfer in Form kleiner und kohärenter Teilchen, die sich in einer Zähigkeitsabnahme (41 J) und Verschiebung der Sprödbruchübergangstemperatur (70 K) äußert. Zur Absicherung der an WB 36 erzielten elektromagnetischen Messergebnisse wurden im Rahmen der Dissertation »Mikromagnetischer Nachweis der Werkstoffalterung infolge von kohärenten Kupferausscheidungen« Fe-Cu-Legierungen untersucht.

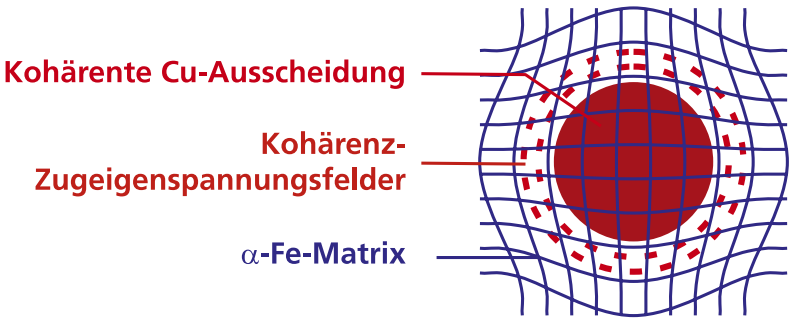


Abb. 1: Kohärenz-Zugeigenspannungen – herrührend von kohärenten Cu-Ausscheidungen im Fe-Cu-System

Aufgabe

Die Ziele der Dissertation waren:

Mikrogefügecharakterisierung von plastisch verformten und nicht plastisch verformten Fe-Cu-Legierungen mittels mikromagnetischer Prüfverfahren unter Zugrundelegung der Wechselwirkungsmechanismen zwischen der Mikrostruktur und der magnetischen Struktur sowie die Bestimmung der Kohärenz-Zugeigenspannungsänderung herrührend von kohärenten Cu-Ausscheidungen in Fe-Cu-Legierungen und die Übertragung der an den Fe-Cu-Legierungen gewonnenen Erkenntnisse auf den Stahl WB 36.

Ergebnis

Um diese Ziele zu erreichen, wurden Fe-Cu-Legierungen mit Cu-Gehalten von 0,65 bis 2,1 Gew.% hergestellt und mittels mikromagnetischer Prüfverfahren untersucht. Die Fe-Cu-Legierungen, wie sie in dieser Dissertation hergestellt und untersucht wurden, liefern die Voraussetzungen dafür, die o. g. Wechselwirkungsmechanismen ungestört von Fremdeinflüssen wie anderen Legierungselementen oder teil- und inkohärenten Cu-Teilchen erforschen zu können.

Im Falle der Fe-Cu-Legierungen durchlaufen die $M_{MAX}(\sigma)$-Kurven ein charakteristisches Minimum $(\sigma)M_{MIN}$. Die Verschiebung der $(\sigma)M_{MIN}$-Werte längs der Lastspannungsachse ist ein Maß für die Änderungen der Dichte an kohärenten Cu-Ausscheidungen und dadurch auch ein Maß für die Kohärenz-Zugeigenspannungsänderung. Die Verschiebung zwischen den Grenzzuständen (0,65 Gew.% Cu und 2,1 Gew.% Cu) ist äquivalent zu einer Kohärenz-Zugeigenspannungsänderung von ca. 50 MPa. Die Röntgeneigenspannungsanalyse hat gezeigt, dass die maximale Änderung der Kohärenz-Zugeigenspannungen zwischen den Grenzzuständen mehr als 20 MPa beträgt. Unter Berücksichtigung des Fehlerbandes dieses Verfahrens (ca. ± 25 MPa) zeigte sich eine gute Übereinstimmung zwischen der mittels Röntgenographie und der mittels des mikromagnetischen Prüfverfahrens ermittelten Änderung der Kohärenz-Zugeigenspannungen (Abb.2). Wie erwartet, wurden im Falle der Fe-Cu-Legierungen, die einen größeren Bereich der Werkstoffversprödung (100 bis 250 HV 10) abdecken, größere Effekte erzielt als im Falle des Stahls WB 36, der einen Bereich der Werkstoffversprödung von nur 190 bis 230 HV 10 abdeckt. Durch die fünfmal größere Zunahme der Menge an kohärenten Cu-Ausscheidungen werden die mikromagnetischen Prüfgrößen im Falle der Fe-Cu-Legierungen viel stärker beeinflusst als im Falle des Stahls WB 36, was sich in den entsprechenden Prüfgrößen (Abb. 3) niederschlägt.

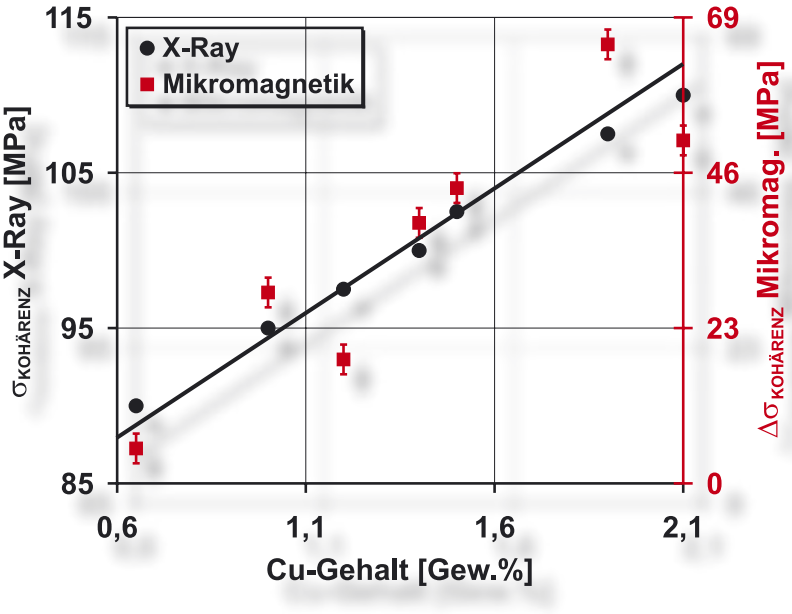


Abb. 2: Aus der Lastspannungsabhängigkeit der maximalen Barkhausenrauschamplitude und aus der Röntgenspannungsanalyse ermittelte Kohärenz-Eigenspannungszustände als Funktion des Cu-Gehaltes

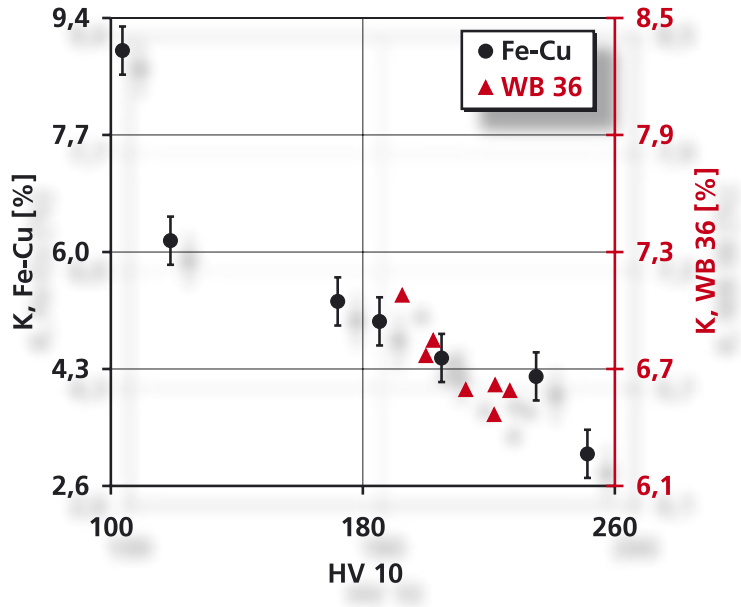


Abb. 3: Darstellung des aus der Oberwellenanalyse im Zeitsignal der magnetischen Tangentialfeldstärke abgeleiteten Klirrfaktors jeweils für den Stahl WB 36 und für die Fe-Cu-Legierungen als Funktion der Härte (Werkstoffversprödung)

Auftraggeber

Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.
VDEW, Frankfurt am Main

Stichworte

Cu-Ausscheidungen,
Kohärenz-Zugeigenspannungen,
Mikromagnetik

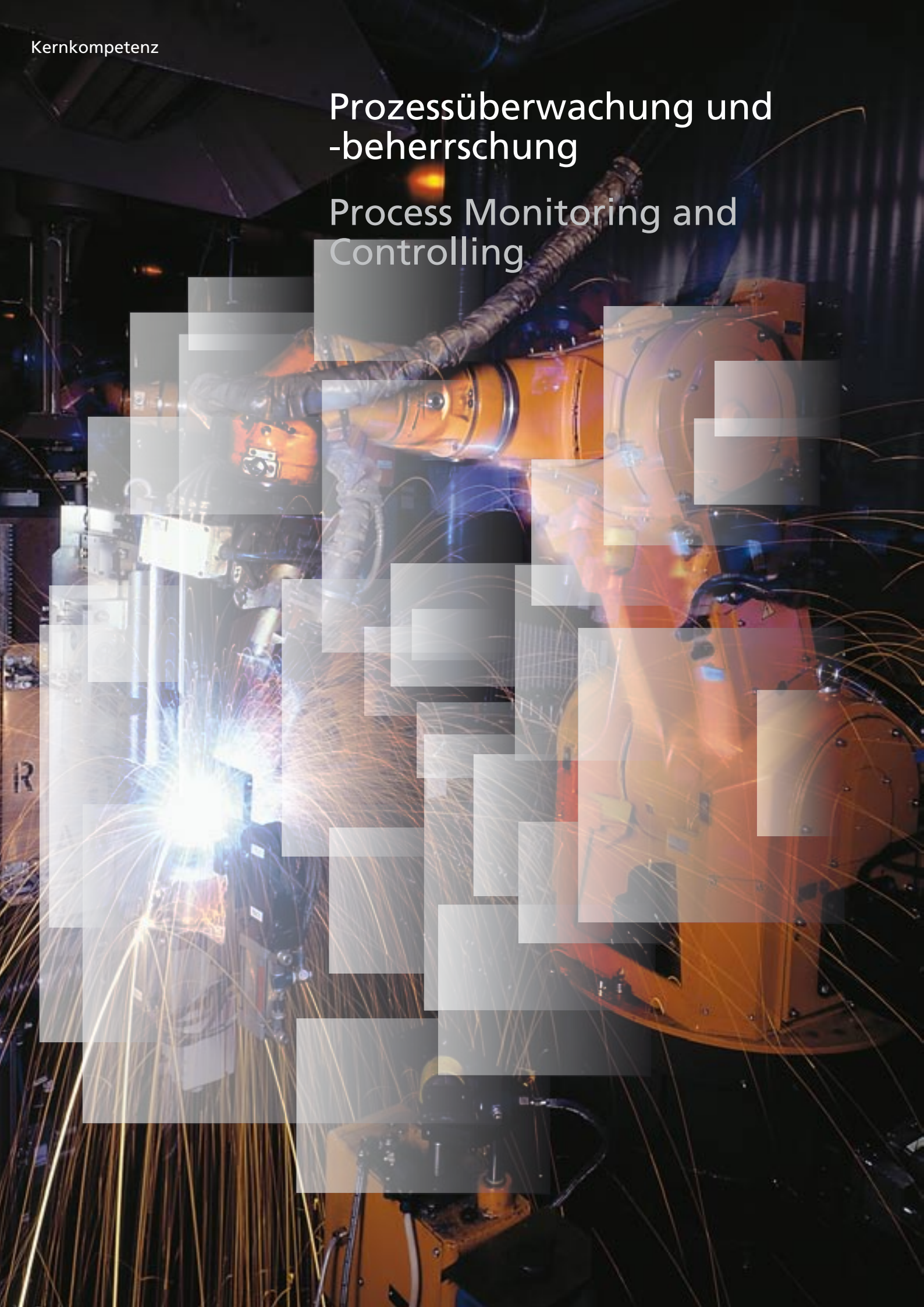
Ansprechpartner

Dr. Madalina Pirlog
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 41
madalina.pirlog@izfp.fraunhofer.de

Kernkompetenz

Prozessüberwachung und -beherrschung

Process Monitoring and Controlling



Auftrag

Die industrielle Fertigung, insbesondere in der Großserie, steht zunehmend unter einem wachsenden Kostendruck bei gleichzeitig steigenden Qualitätsanforderungen und einer fortschreitenden Automatisierung, wobei zusätzlich auf Kundenwunsch die Vielfalt der Produkte und Prozessvarianten immer größer wird. Daher wächst der Bedarf an automatisierten, kontinuierlich arbeitenden ZfP-Verfahren, die zur Überwachung und Regelung von Fertigungsprozessen eingesetzt werden können.

Ziel der Kernkompetenz »Prozessüberwachung und -beherrschung« ist der Einsatz der ZfP zur Prozessüberwachung und -regelung. Dabei wird das gesamte Potenzial der zur Verfügung stehenden zerstörungsfreien Prüfverfahren und -vorrichtungen genutzt. Es werden Lösungen für sämtliche Geschäftsfelder des Fraunhofer IZFP angeboten, wobei die Schwerpunkte der Anwendungen in den Bereichen Metallerzeugung und -verabeitung, Automobil, Anlagenbau und Zukunftsmärkte liegen.

Die prozessintegrierte Prüfung der Qualitätsmerkmale und Prozessparameter dient der Überwachung des bestimmungsgemäßen Betriebs, der Früherkennung irregulärer Zustände und Abläufe und der damit verbundenen Begrenzung der Auswirkung von Störungen. Daneben kann die zerstörungsfreie Prozessüberwachung ein wichtiges Hilfsmittel zur Optimierung der Prozessführung sein. In Verbindung mit Prozesssimulationen und -modellen erleichtert die kontinuierliche Aufnahme und damit Dokumentation von Qualitätsmerkmalen die Erstellung aussagekräftiger und belastbarer Qualitätsmodelle.

Der mit prozessintegrierter ZfP mögliche Soll-Ist-Vergleich in Echtzeit kann auch dazu genutzt werden, um Prozesse durch Änderungen von Stellgrößen gezielt zu beeinflussen (Prozessregelung). Fehlerhafte Produkte haben einen Teil der Wertschöpfungskette durchlaufen und damit Kosten verursacht. Prüfverfahren, mit denen fehlerhafte Produkte / irreguläre Prozesse vermieden werden können, sind daher von besonderem Interesse. Ziel ist hier nicht die 100-Prozent-Prüfung, sondern die 100-Prozent-Produktion von i.O.-Produkten. Diese »In-situ Prozesssteuerung« stellt die ultimative Integration der ZfP dar. Der Prüfkopf ist dann z. B. direkt in die Fertigungsmaschine integriert und regelt online rückgekoppelt den Fertigungsprozess.

Der Einsatz von solchen prozessintegrierten Verfahren ist mit einer nachweisbaren Steigerung der Produktivität und Reduktion der Qualitätskosten verbunden. Ergänzen oder ersetzen sie gar die konventionelle stichprobenhafte zerstörende Prüfung, so ergeben sich weniger Störungen des Produktionsflusses und höhere Produktionsgeschwindigkeiten bei gleichzeitiger Vermeidung von Ausschuss. Aber auch die Abhängigkeit von hoch qualifiziertem Prüfpersonal wird verringert. Neben der Automatisierung werden daher zunehmend auch intelligente Prüfverfahren gefordert, die es erlauben, benutzerabhängige Bedienfehler / subjektive Dateninterpretation zu minimieren und weitgehend ungeschultes Bedienpersonal einzusetzen.

Selbst bei gut beherrschten Prozessen kann sich aus dem Ersatz der stichprobenbasierten statistischen Prozesskontrolle (SPC) durch eine prozessintegrierte 100-Prozent-Prüfung ein Kostenvorteil ergeben, wenn dadurch die Weiterverarbeitung fehlerhafter Teile vollständig vermieden wird.

Die Prozessüberwachung und -beherrschung anhand zerstörungsfreier Prüfgrößen stellt daher ein Schlüsselelement im Zuge der Optimierung von Qualität, Produktivität und Kosten in der modernen industriellen Fertigung dar.

Ansprechpartner

Dr. Gerd Dobmann
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 55
gerd.dobmann@izfp.fraunhofer.de

Kontinuierliche Feinblechprüfung mit 3MA-ISIS: Einsatz und Validierung in der Fertigung

Ausgangssituation

Vollautomatisierte, kontinuierliche Inline-Prüfungen ermöglichen eine Senkung der Prüfkosten und gleichzeitig die vollständige, also nicht nicht nur stichprobenbasierte Überwachung und Dokumentation der Produktqualität. Gerade in der Stahlindustrie steigt die Nachfrage nach fertigungsintegrierten Prüfverfahren, die nicht nur zur klassischen Fehlerprüfung sondern zunehmend auch für die Werkstoffcharakterisierung eingesetzt werden können. Bislang war die Bestimmung mechanisch-technologischer Eigenschaften oder Eigenspannungen in kaltgewalztem Stahlblech, wie es z. B. im Karosseriebau eingesetzt wird, nur an Werkstoffproben durch Einsatz zerstörender, teilweise genormter Prüfverfahren möglich.

Aufgabe

Zur Sicherstellung und zum Nachweis einer stets gleich bleibenden Produkt- und Prozessqualität ist es wünschenswert, nicht nur die Prozessparameter (z. B. Temperaturen, Abmessungen, Walzgrade) sondern auch die Werkstoffeigenschaften des Stahlblechs bereits während der Fertigung vollständig zu überwachen. Dies gelingt mit Prüfsystemen des Typs 3MA-ISIS (Inline Sheet Inspection System). 3MA stellt eine gerätetechnische und methodische Kombination von vier mikromagnetischen Prüfverfahren dar. Im Rahmen eines durch die ECSC geförderten Vorhabens wurde ein 3MA-ISIS zur kontinuierlichen Bestimmung der Zugfestigkeit (Rm) und der 0.2-Dehngrenze (Rp0.2) in kaltgewalztem, rekristallisierend geglühtem Feinblech aufgebaut, in einer Feuerverzinkungsanlage der TKS installiert und anschließend kalibriert und erprobt.

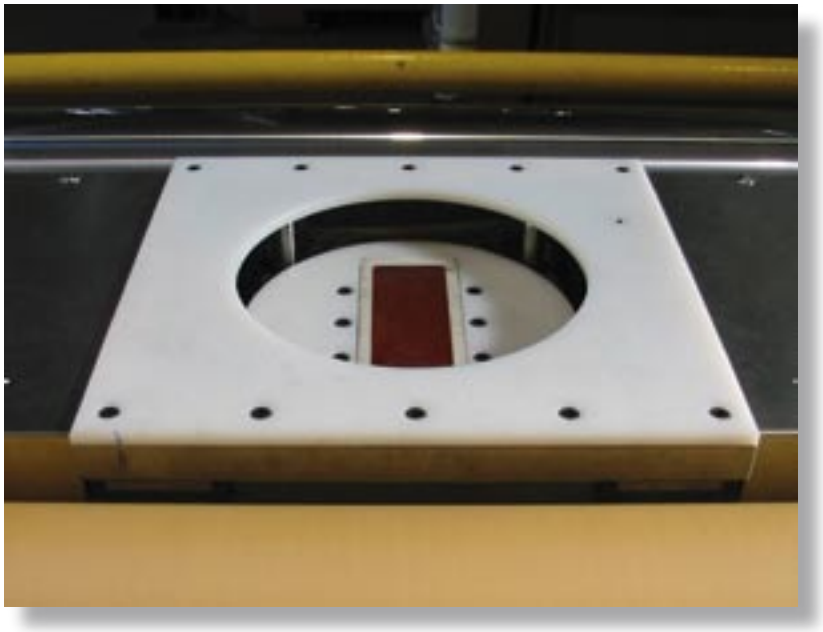


Abb.1: Drehbarer Prüfkopf im Messtisch

Ergebnis

Der Prüfkopf befindet sich in einer verschiebbaren und drehbaren Halterung. Sowohl der Abstand des Prüfkopfs zum Band wie auch die Orientierung der Hauptmagnetfeldrichtung des Prüfkopfes zur Vorschubrichtung bzw. Walzrichtung des Bandes sind justierbar. Die Prüfkopfhalterung ist wiederum in einem Messtisch fixiert, der hydraulisch abgesenkt werden kann. Das Absenken des Messtischs wird automatisch über das externe Signal »Fluchtwarnung« ausgelöst. Dies soll den Prüfkopf vor Beschädigung durch die Schweißnaht oder Zinkablagerung auf dem Band schützen.

Die automatische Bandprüfung startet mit der Übermittlung des so genannten Solldaten-Telegramms an das 3MA-Prüfsystem. Hierin kündigt das Datenversorgungssystem (DVS) das nächste zu prüfende Band (Verzinkungsnummer, Stahlmarke, etc.) an. Mit dieser Information wählt das Prüfsystem den Parametersatz aus, in dem die passenden Geräteeinstellungen und Kalibrierfunktionen für diese Stahlmarke hinterlegt sind. Passiert eine Schweißnaht den externen Schweißnahtsensor, wird ein digitales Signal vom Prüfsystem empfangen, welches den Bandwechsel einleitet. Die Zuordnung zwischen Prüfergebnissen und Bandposition erfolgt über das Zählen von Meterpulsen, die als externes Signal eingespeist werden. Das System startet mit der kontinuierlichen Bestimmung der Prüfergebnisse (Rm, Rp0.2), die in Echtzeit als Online-Plot graphisch dargestellt werden. Der Prüftakt beträgt ca. 1 Prüfung pro Bandmeter. Noch während der Bandprüfung können die Prüfergebnisse automatisch an das Prozessleitsystem (PLS) übergeben werden. Dies erlaubt eine frühzeitige Reaktion nach Überschreiten kundenspezifischer Warn- und Eingriffsgrenzen. Die Prüfergebnisse können so auch als Regelgrößen für eine automatisierte Prozessregelung mit den Stellgrößen Ofenführung, Bandgeschwindigkeit, Nachwalzgrad, etc. dienen.

11 000 Bänder aus 14 verschiedenen Stahlmarken dienten zur Kalibrierung des Systems. Es erwies sich von Vorteil, für einzelne Gruppen von Stahlmarken mit ähnlichen metallurgischen Eigenschaften individuell angepasste Kalibrierfunktionen zu verwenden. Die 14 Stahlmarken wurden daher in die 4 Stahlgruppen IF-weich, IF-höherfest, Bakehardening Stahl und Baustahl eingeteilt. Zur Validierung des Systems wurden die mittels 3MA bestimmten Werte für Rm und Rp0.2 mit den zerstörend gemessenen Werten von ca. 2 700 Bändern verglichen. Hierbei ergaben sich Reststreuungen (Abweichungen) zwischen den zerstörungsfrei und den zerstörend bestimmten Rm-Werten im Bereich zwischen 1,7 und 3,6 %. Diese Werte liegen zum Teil im Bereich der Messunsicherheit des zerstörenden Prüfverfahrens (standardisierter Zugversuch).

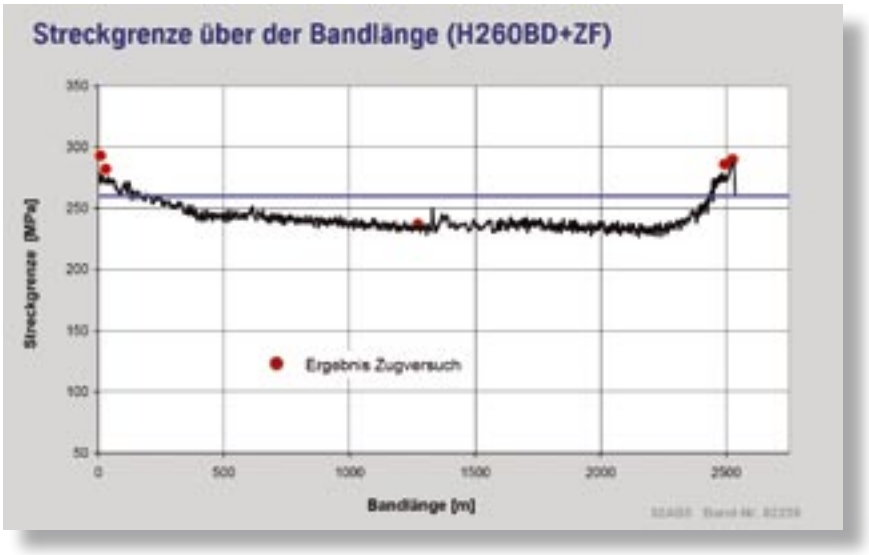


Abb. 2: Mit 3MA-ISIS ermittelter Rp0.2-Messplot für ein Band von rund 2,5 km Länge. Ebenfalls eingezeichnet sind die Ergebnisse von zerstörenden Messungen am Anfang, Ende und in der Mitte des Bandes.

Auftraggeber

European Coal and Steel Community (ECSC),
ThyssenKrupp Steel (TKS)

Stichworte

Inline-Prüfung,
Zugfestigkeit (Rm),
0.2-Dehngrenze (Rp0.2),
kaltgewalztes Stahlblech,
3MA-ISIS

Ansprechpartner

Dr. Bernd Wolter
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 83
bernd.wolter@izfp.fraunhofer.de

Abb. 3: Bedienerbildschirm – neben den Online-Plots werden auch die Toleranzgrenzen, sowie statistische Kenngrößen des ausgewählten Bandes angezeigt.

Zustandsüberwachung
Health Monitoring

Auftrag

Die Kernkompetenz besteht in der Fähigkeit, Systeme zur Zustandsüberwachung technischer Einrichtungen zu realisieren. Ausgehend von einer Modellierung der akustischen Verhältnisse werden Verfahren zur akustischen Zustandsbewertung entwickelt. Deren Umsetzung erfolgt entlang einer Wertschöpfungskette, von sensorischen Elementen über elektronische Komponenten zur Signalverarbeitung bis zur Vernetzung von Teilsystemen und deren Einbindung in komplexe Überwachungseinrichtungen.

Ein Schwerpunkt der Arbeiten liegt auf dem Gebiet der Verfahrensentwicklung zur Zustandsbewertung. Die Spezifikation, Entwicklung und Applikation von Teil- und Komplettsystemen erfolgt im Rahmen dieser Kernkompetenz oder in Zusammenarbeit mit universitären oder KMU-Partnern. Es sollen ZfP-Systeme entwickelt werden, die als Bestandteil einer Anlage den Prozess oder Komponenten überwachen. Signifikante Veränderungen werden detektiert und die Signale über Netzwerkverbindungen weitergeleitet. Applikationsbeispiele sind Flugzeugprüfstände, die Flügel von Windkraftanlagen (WKA), Rohrleitungen und die Radsätze von Eisenbahnwagen. Als Produkte und Dienstleistungen werden angeboten:

- hohlwellenintegrierte Messtechnik zur Radsatzüberwachung
- Sensornetzwerke zur Überwachung von Flugzeugkomponenten, basierend auf akustischer Signaturanalyse, Schallemission und akustischer Tomographie
- Monitor für tribologische Prozesse
- Sensoren und sensornahe Elektronik zur Erzeugung und Detektion von Plattenwellen
- hoch zuverlässige Baugruppen zur sensornahen Signalvorverarbeitung und Kommunikation mit Netzwerkkomponenten.
- Sensornetzwerke zur Überwachung von WKA-Flügeln
- Sensornetzwerke zur Überwachung von Rohrleitungsabschnitten
- Monitor für Fügeprozesse

Gegenstände der weiteren Entwicklung sind:

- einheitliche Plattformen für SHM-Lösungen, basierend auf den vorhandenen Match-X-Komponenten (Abbildung: Innovation in drei Dimensionen – Sensornetzwerk-Knoten auf Match-X-Basis, Foto: RHe Microsystems)
- Umsetzung von akustischen Methoden zur Zustandsüberwachung in vernetzbare modulare SHM-Systeme
- Applikation dieser SHM-Systeme bei industriellen Partnern.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Bernd Frankenstein
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64-82 32
bernd.frankenstein@
izfp-d.fraunhofer.de

Strukturintegrierte Sensorik / Aktorik für die Zustandsüberwachung

Ausgangssituation

Faserkomposite ermöglichen die Entwicklung komplexer Leichtbaustrukturen bei relativ niedrigen Kosten. Daher werden diese Materialien häufig in Kleinflugzeugen, Booten oder Rotorblättern von Windkraftanlagen eingesetzt. Verglichen mit metallischen Werkstoffen ist das Ermüdungsverhalten von Faserkompositen komplexer. Besonders bei extremen Belastungen kann die Enthaftung einzelner Schichten eine Steifigkeitsverringerung der Gesamtstruktur verursachen, oder Einzelfaserrisse in tragenden Strukturbestandteilen bewirken ein langsames Abnehmen der Festigkeit. Diese Art der Alterung tritt besonders unter dem Einfluss wechselnder oder schwankender mechanischer Lasten auf. Wenn wesentliche Strukturbestandteile nicht in der Lage sind die auftretenden Lasten zu kompensieren, kommt es zum plötzlichen Versagen der Fasern im restlichen Querschnitt. Dieses kann zu einer »Kettenreaktion« führen, welche die Struktur vollständig zerstört.

Aufgabe

Im Rahmen eines Projekts zur mittelstandsorientierten Eigenforschung der Fraunhofer-Gesellschaft sollen mittels akustischer Zustandsüberwachung Schädigungsprozesse in den hochbelasteten bzw. sicherheitsbestimmenden Komponenten von Kompositstrukturen nachgewiesen und eine frühzeitige Warnung für die Betreiber generiert werden. Für die Detektion der Schädigungsprozesse sind geeignet konfigurierte Sensoren und Aktoren erforderlich. Mittels akustischer Signalverarbeitung erfolgt die Zuordnung zu einem Schädigungsprozess. Technische Herausforderungen bestanden in der Strukturintegration der Wandlerelemente in das Kompositmaterial und der Entwicklung von Elektronik und Signalverarbeitung zur Schadensdetektion.

Abb. 1: Auswerteelektronik am Versuchsstand für ein Flugzeughöhenleitwerk mit integrierten Sensoren (Foto: Fraunhofer LBF)

Ergebnis

Durch die Integration einer den Schädigungsmechanismen angepassten analogen und digitalen Signalverarbeitung werden akustische Wandler zum innovativen Messsystem. Zwecks Demonstration wurden GFK-Komponenten eines Kleinflugzeugs nachgebaut und mit strukturintegrierbaren Wandlern instrumentiert (Abb. 1).

Die speziell entwickelten Piezofaserwandler des Fraunhofer ISC Würzburg weisen eine große Empfindlichkeit und eine hohe Dauerfestigkeit auf. Der wesentliche Vorteil eingebetteter Wandler besteht in der Konstanz von Wandlerposition und Ankopplung des Wandlers an das Material. Dies gewährleistet gut reproduzierbare Messungen.

Beispielhaft wurde eine akustische Impaktdetektion realisiert. Die Ortung erfolgt durch Triangulation aus den Schalllaufzeiten. Problematisch ist dabei die Anisotropie des Materials, welche sich je nach Lagenaufbau in unterschiedlichen Schallgeschwindigkeiten für verschiedene Richtungen widerspiegelt. Abb. 2 zeigt die EFIT-Simulation der Schallausbreitung von zwei Plattenwellenmoden (S0 und A0) bei einem Impaktereignis unter besonderer Berücksichtigung der Anisotropie des Materials. Zum Nachweis von Delaminationen werden aktive Ultraschallübertragungsverfahren getestet. Die Ultraschallwellen gehen beim Durchlaufen des Kompositwerkstoffs Wechselwirkungen mit einer Schädigung ein. Das Übertragungsverhalten zwischen Sende- und Empfangswandler verändert sich gegenüber dem Ausgangszustand (»Gutzustand«). Diese Änderungen werden von einem Ultraschallempfänger als Schadensindikator detektiert.

Die Messtechnik wurde in Form von Sensornetzknoten realisiert. Die einzelnen Knoten enthalten neben der für die Signalkonditionierung wesentlichen Analogtechnik einen 12Bit / 12,5 MS/s ADC und einen Digitalen Signalprozessor (DSP) zur Signalverarbeitung und Kommunikation. Die Signalverarbeitung besteht aus Algorithmen zur digitalen Filterung und zur Bestimmung des Ersteinsatzes des Signals (Picking), um die Schalllaufzeiten möglichst exakt zu

ermitteln. Zur Generierung angepasster Plattenwellen ist ein frei programmierbarer Wellenformgenerator mit einem Leistungsverstärker integriert, der kapazitive Lasten in das Messsystem »treibt«. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Netzwerkknoten und dem Auswertesystem erfolgt über CAN-Bus.

Auftraggeber

Fraunhofer-Gesellschaft, Programm zur Mittelstandsorientierten Eigenforschung (MEF), Strukturintegrierbare Sensorik / Aktuatorik zur akustischen Schadensdetektion

Stichworte

Monitoring,
Impaktdetektion,
Structural Health Monitoring,
Verbundwerkstoffe

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Bernd Frankenstein
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64 82-32
bernd.frankenstein@
izfp-d.fraunhofer.de

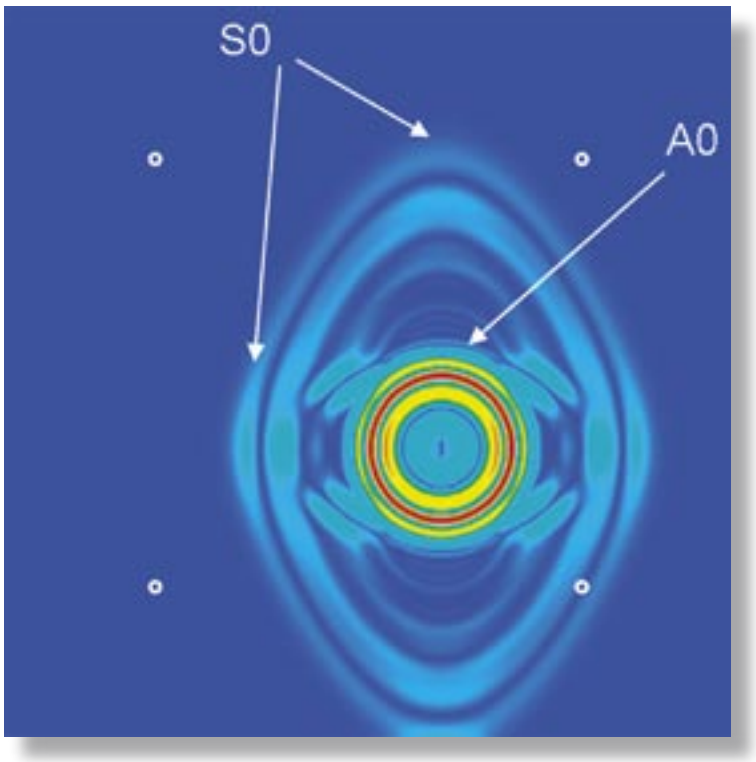


Abb. 2: Schallausbreitung der Plattenwellenmoden S0 und A0 in anisotropen Materialien; Bereich x,y: 0 - 500 mm

ZfP für Mikro- und Nano-Strukturen
NDT for Micro- and Nano-structures

Auftrag

Die Kernkompetenz versteht sich zusammen mit dem Entwicklungszentrum Röntgentechnik als Know-how-, Ressourcen- und Dienstleistungsplattform für alle am Fraunhofer IZFP operierenden Geschäftsfelder, die sich thematisch mit Mikro- und Nanostrukturen beschäftigen. Dies beinhaltet Kompetenzen zur Materialcharakterisierung und Bewertung von Werkstoffzuständen. Es werden Geräte und Methoden zur Verfügung gestellt, um eine effektive Marktdurchdringung dieser Geschäftsfelder zu gewährleisten, und kontinuierlich neue, theoretisch, experimentell und technologisch ausgerichtete Kompetenzen aufgebaut, um lukrative Zukunftsfelder wie z. B. die Nanotechnologie bedienen zu können. Der wesentliche Arbeitsschwerpunkt wird in den kommenden Jahren im Bereich der Mikro- und Nanosensorik zur Zustandsüberwachung bzw. in der Entwicklung von Zustandsüberwachungssystemen für Mikro- und Nanosysteme gesehen. Dadurch können die Geschäftsfeld- und Kernkompetenz-Aktivitäten des Fraunhofer IZFP auf ideale Weise vernetzt werden.

Die Kernkompetenz versteht sich außerdem als Dienstleister für Prüfphysik und Modellierung im Zusammenhang mit den Zustandsüberwachungs-Techniken.

Aktuell werden als Produkte und Dienstleistungen angeboten:

- zerstörungsfreie, hochauflösende Analyse von Werkstoffzuständen mit Strahltechniken (Röntgen-, Neutronen-, Laser-, Infrarot-Techniken etc.)
- Mikro- und Nanostrukturcharakterisierung mit mikroskopischen Methoden (Rasterkraftmikroskopie mit bzw. ohne Ultraschallanregung, Ionenfeinstrahlanlage, Rasterelektronenmikroskopie mit und ohne akustischem Zusatz); Beispiel: Abbildung der Domänenstruktur eines Bariumtitanat-Einkristalls mittels SEAM (Scanning Electron Acoustic Microscopy = Rasterelektronenmikroskopie mit akustischem Zusatz)
- Ultraschalldiagnose von Werkstoffen und Prozessen (mit aktivem Ultraschall, Schallemission und Signaturanalyse)
- optische Techniken zur 3-D-Vermessung im Mikro- und Nanobereich, Oberflächen- und Schichtcharakterisierung sowie zur Materialcharakterisierung (z. B. Spannungsoptik)
- röntgenographische Eigenspannungs- und Texturmessungen mit hoher Ortsauflösung
- 3-D-Röntgenmikrotomographie
- Entwicklung von Prüftechniken und Prüfmethoden für Mikro- und Nano-Strukturen.

Für die zukünftige Weiterentwicklung werden die Kooperationsbeziehungen mit lokalen Halbleiterfirmen und Anbietern von Messsystemen ausgebaut und die Integration in das europäische Netzwerk »Micro- und Nano-Reliability« vorangetrieben. Die Weiterentwicklung der Produkte und Dienstleistungen betrifft u. a.:

- schwerpunktmäßiger Ausbau der methodischen und technologischen Kompetenzen auf dem Gebiet der Nanotechnologie als zukünftigem Wachstumsmarkt
- Zustandsüberwachung von Mikrosystemen
- Entwicklung von »NDE on Chip«-Systemen.

Ansprechpartner

Dr. Bernd Köhler
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64 82-42
bernd.koehler@izfp-d.fraunhofer.de

Herstellung und Charakterisierung von Nanopartikeln

Ausgangssituation

Der Einsatz von Nanopartikeln und nanostrukturierten Materialien eröffnet für viele Einsatzfelder vollkommen neuartige Möglichkeiten. Hierzu zählen funktionalisierte Oberflächen, z. B. für katalytische Anwendungen, partikelverstärkte Materialien, Sensoren mit neuartigen Prinzipien und photonische Bauelemente.

Nanopartikel können auf verschiedene Art hergestellt werden. Vorteilhaft ist die Verwendung der Laserablation (Physical Laser Ablation, PLA) wegen der sehr großen Vielfalt möglicher Ausgangsmaterialien. An der Universität Dayton (Ohio, USA) wurde das Verfahren für Si, Fe, Ag, C und ein so komplexes Material wie YBa_2Cu_{3O7-x} entwickelt. Neben der Einhaltung der Stöchiometrie besteht ein weiterer Vorteil dieser Methode in der hohen Reinheit der Partikel: Sie werden in der Niederdruckatmosphäre eines Inertgases hergestellt – involviert ist nur das Festkörpertarget (Tiegelfreiheit). Ein zentraler Parameter für die Eigenschaften einer Schicht von Nanopartikeln ist ihre Größenverteilung. Nanopartikel neigen zu starker Agglomeration – ein Prozess, der für viele Anwendungen unerwünscht ist und gegebenenfalls unterbunden werden muss.

Aufgabe

Zur Entwicklung geeigneter Herstellungsprozesse und zur Kontrolle der Maßnahmen gegen Agglomeration sind Charakterisierungsverfahren mit Nanometerauflösung unabdingbar; auf die Aufgabe angepasste Verfahren existierten bisher nur begrenzt. Für die Abscheidung von Nanopartikeln mittels Laserablation waren Maßnahmen zu identifizieren, mit denen sich das Agglomerationsverhalten und die Partikelgrößenverteilung geeignet beeinflussen lassen, sowie Charakterisierungsverfahren mit Nanometerauflösung anzupassen, um den Erfolg dieser Maßnahmen zu überwachen.

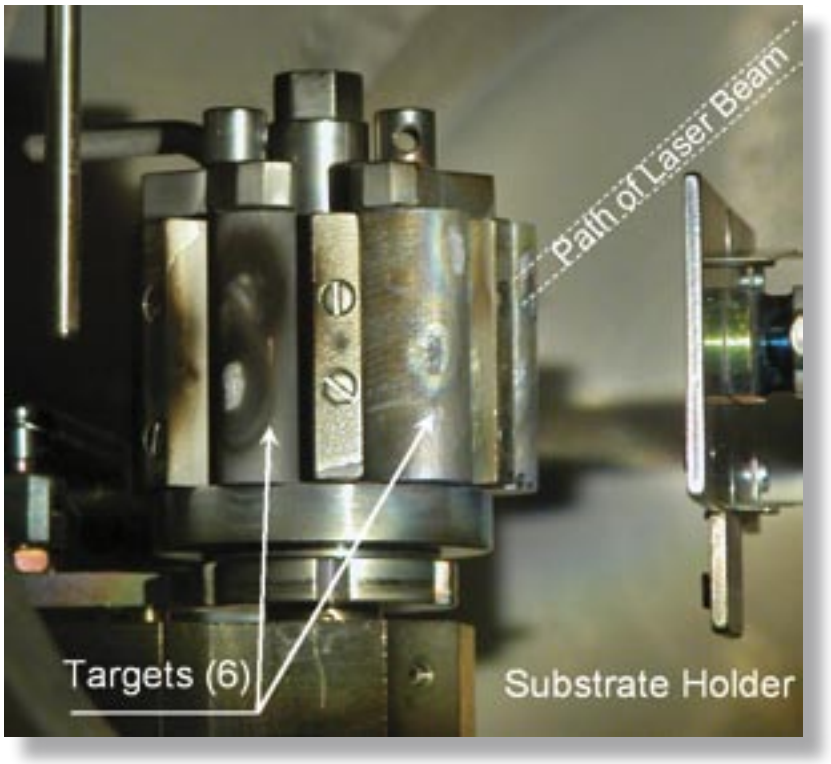


Abb. 1: Kammer mit Wechseltargets und Substrathalter. Die Position des Laserstrahls ist angedeutet.

Ergebnis

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWS Dresden wurden die technischen Voraussetzungen zur Herstellung von Nanopartikeln geschaffen (Abb. 1). Mit dieser Anlage konnten Nanopartikel aus Silizium, Kohlenstoff, Eisen und Titan erzeugt werden. Die Abscheidung der Partikel erfolgte auf unterschiedlichen Substratmaterialien wie Silizium, Glas, Stahl, Aluminium und Graphit. Die Abscheidung auf TEM-Gittern erwies sich als besonders wichtig für die spätere Charakterisierung. Variationen der Gasphase ermöglichten, das Agglomerationsverhalten in gewissen Grenzen zu beeinflussen. Zu dem inerten Argon wurde hierfür der mild reaktive Stickstoff in unterschiedlichen Anteilen beigefügt.

Die Charakterisierungsverfahren wurden von einem Mitarbeiter des Fraunhofer IZFP in Dayton optimiert. Aus einer Vorauswahl gingen die Atomkraftmikroskopie (AFM), die Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) als geeignete Verfahren für intensivere Untersuchungen hervor. Obwohl die AFM grundsätzlich eine ausreichend hohe Auflösung besitzt, erwies sie sich für die Charakterisierung von Nanopartikeln als nur begrenzt geeignet. Sehr kleine Partikel werden durch die AFM-Spitze auf der Oberfläche bewegt, so

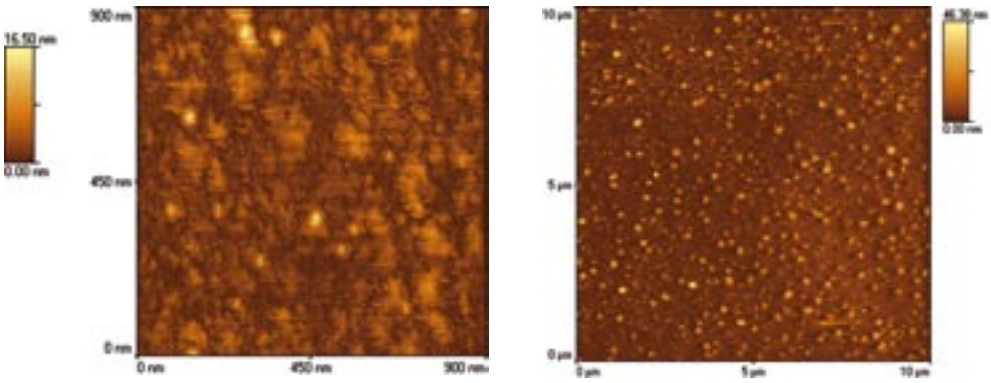


Abb. 2: AFM-Aufnahmen von Eisen-Nanopartikeln bei zwei unterschiedlichen Auflösungen

dass keine reproduzierbaren Messungen möglich sind. Etwas größere Partikel ließen sich gut abbilden (Abb. 2). Mittels REM und TEM konnten erfolgreich hoch aufgelöste Messungen durchgeführt werden. Bei allen Partikelsubstanzen und Substratarten traten charakteristische Agglomerationsstrukturen auf (Abb. 3), wie sie ähnlicher Weise in diffusionsbegrenzten Prozessen zu finden sind.

Intensive REM-Untersuchungen zeigten, dass diese Strukturen dreidimensional in den Raum reichen, statt zweidimensional auf der Oberfläche zu liegen (Abb. 4).

Künftige Untersuchungen werden zeigen, inwieweit sich diese Agglomerate in ihrer Ausbildung beeinflussen und / oder sogar für spezielle Anwendungen nutzen lassen. Eine gezielte Beeinflussung der Partikelgröße in den Agglomeraten durch die Herstellungsatmosphäre konnte bereits nachgewiesen werden.

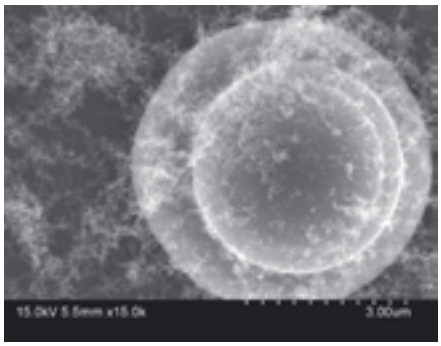


Abb. 3: Agglomerat von Eisen-Nanopartikeln auf einer TEM-Gitter-Membran (TEM-Aufnahme)

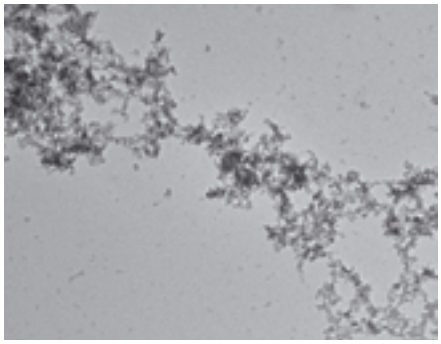


Abb. 4: Titan-Agglomerat auf einem Si-Wafer mit tropfenartiger Struktur. Die geringe Tiefenauflösung der REM-Aufnahme verrät die dreidimensionale Struktur der Agglomerate. Unmittelbar auf der Oberfläche liegende Teile sind leicht unscharf und höher liegende exakt scharf.

Auftraggeber

Fraunhofer-Gesellschaft, PROF.x^2-Scientific Fellowship Program USA

Projektpartner

University of Dayton Research Institute (UDRI), Paul T. Murray

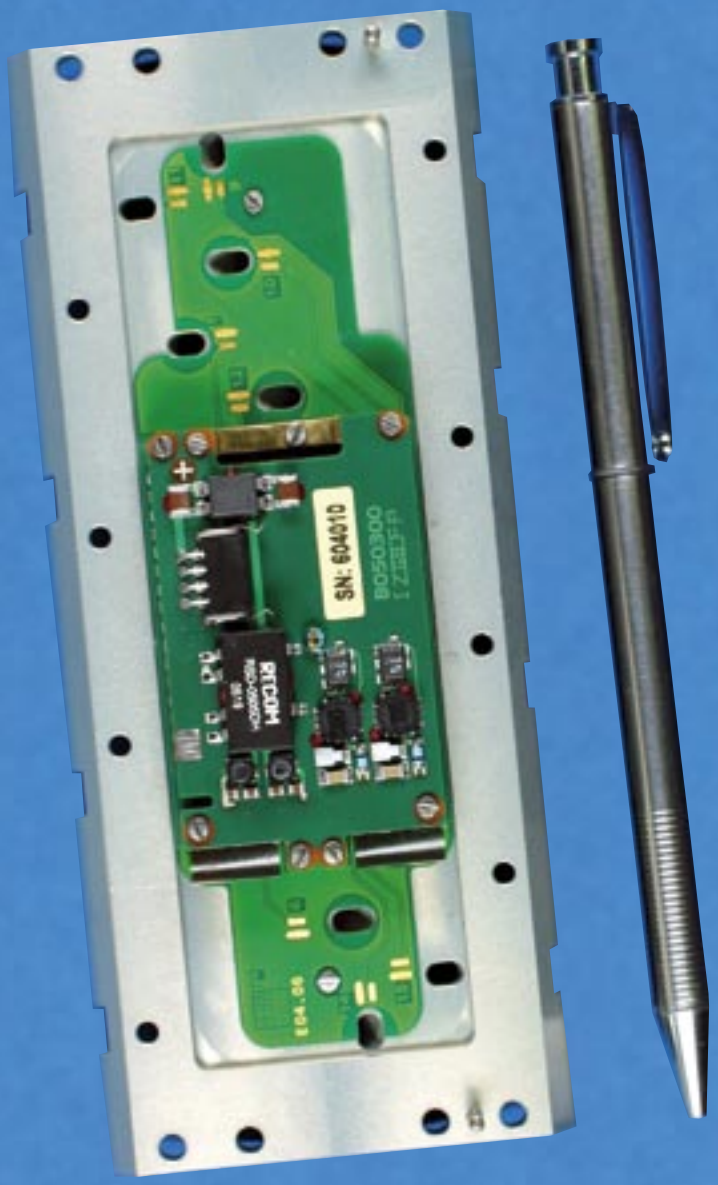
Stichworte

Nanopartikel,
Agglomeration,
Rasterelektronenmikroskopie,
Transmissionselektronenmikroskopie,
Atomkraftmikroskopie

Ansprechpartner

Dr. Bernd Köhler
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64 82-42
bernd.koehler@izfp-d.fraunhofer.de

Systementwicklung und Prototypenbau
System Development and Prototyping



Aufgabe

Die Kernkompetenz Systementwicklung und Prototypenbau entwickelt, assembliert und fertigt Prototypengeräte für alle Anwendungsbereiche der zerstörungsfreien Prüfung. In den Händen der Kernkompetenz liegt zudem der wissenschaftliche Gerätebau zur Unterstützung der grundlegenden Verfahrensentwicklung in den wissenschaftlichen Kernkompetenzen. Auftraggeber sind überwiegend Industrieunternehmen (> 85 Prozent), die angepasste ZfP-Lösungen für ihren speziellen Anwendungsfall benötigen.

Jährlich werden ca. 80 Einzelgeräte oder Teile von Prüfanlagen entwickelt, gefertigt und in Betrieb genommen. Zur Erfüllung höchst unterschiedlicher Kundenwünsche wurde eine Entwicklungsplattform aus verschiedenen Hard- und Software-Modulen entwickelt, die je nach Anforderungen kombiniert und angepasst werden können. Die Kernkompetenz hat zudem ein Netzwerk von Ingenieurfirmen aufgebaut, das in Unteraufträgen je nach Aufgabenstellung die Entwicklungskompetenzen und Fertigungsmöglichkeiten ergänzt.

Die Kernkompetenz Systementwicklung- und Prototypenbau beschäftigt derzeit 16 Ingenieure, 15 Techniker und Facharbeiter, zwei Auszubildende, drei Diplomanden sowie einige Aushilfskräfte. Je nach Bedarf werden aus den unterschiedlichen Fachgebieten heraus die Projekt-Gruppen zusammengezogen.

Der elektronische Bauteilmarkt lebt von häufigen Technologiesprüngen. Es werden zunehmend hochintegrierte Bauelemente entwickelt, die neue und spezielle Entwicklungswerkzeuge benötigen.

Diese Entwicklung geht einher mit der Erhöhung der Pin-Anzahl der mikroelektronischen Bauteile und der Verkleinerung der gesamten Aufbau- und Verbindungstechnik. Die Kernkompetenz Systementwicklung hat auf diese Trends bereits reagiert und sich mit neuen Entwicklungs- und Fertigungswerkzeugen ausgestattet.

Insbesondere ergab sich die Notwendigkeit, eine neue, PC-unabhängige ZfP-Geräteplattform zu entwickeln, die eine modulare, schnelle und flexible Gerätestruktur ermöglicht, und somit langfristig im industriellen Umfeld nutzbar ist.

Die neu entstandenen Baugruppen sind mit der standardisierten Ethernet-Schnittstelle auf Basis der Protokollstruktur TCP/IP ausgestattet. Daher können diese auch unter industriellen Umgebungsbedingungen in sichere Datennetzwerke einbezogen werden. Der Busstandard, aber auch die eingesetzte interne Hard- und Software unterstützen die Integration ins Internet, sodass auch Fernzugriffe für Wartung, Update oder Datentransfer weltweit möglich sind. Zurzeit erfolgt die Diversifizierung der Basismodule auf Sonderanwendungen, wobei im Regelfall der anspruchsvolle Digitalteil unverändert bleiben kann und »nur« der Analogteil sowie die in MatLab- oder VHDL-beschriebenen Auswertealgorithmen an die besonderen Anforderungen der Sensorsysteme angepasst werden müssen.

Im Rahmen der FhG-internen strategischen Eigenforschungen (SEF) und mit strategischen Sonderinvestitionen und Mitteln aus der Grundfinanzierung konnten die notwendigen Werkzeuge beschafft und die Mitarbeiter in der Anwendung geschult werden. Somit wurde gewährleistet, dass die Entwicklungs- und Fertigungsmannschaft über die notwendigen modernen Entwicklungs-, Fertigungs-, Analyse- und Testwerkzeuge verfügt.

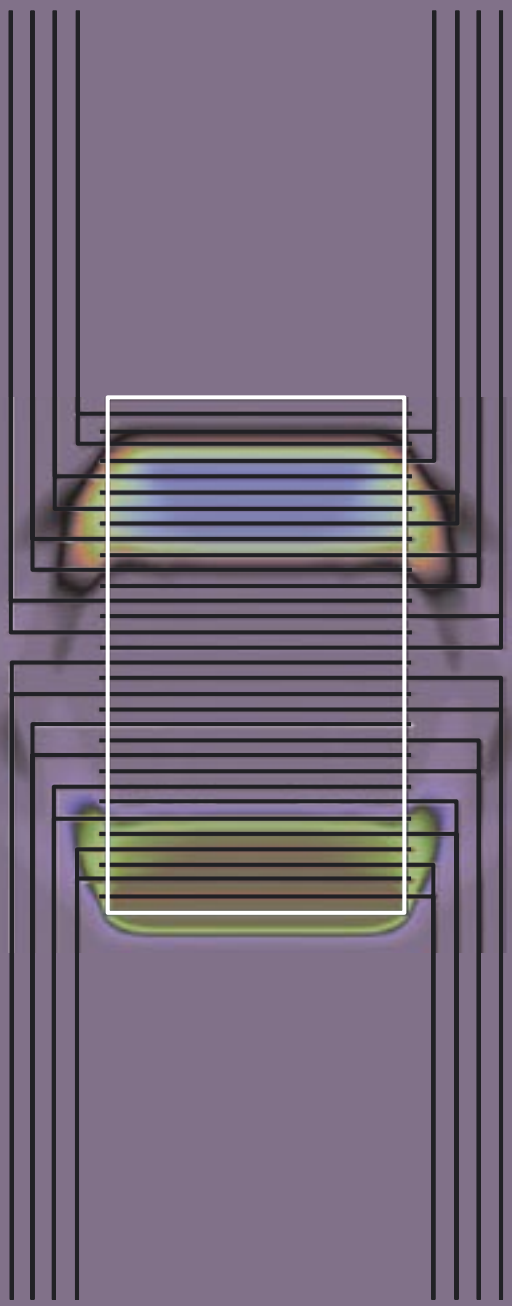
Speziallösungen für die mittelständige Industrie können marktgerecht entwickelt und gefertigt werden. Daneben wird auch die dazugehörige Serviceleistung langfristig garantiert.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Werner Bähr
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 93
werner.baehr@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Hans-Rüdiger Herzer
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 43
hans-ruediger.herzer@
izfp.fraunhofer.de

Sensoren und Sensorsysteme / LOD
Sensors and Sensor Systems / LOD



Auftrag

Das Ziel der Kernkompetenz besteht in der Schaffung eines international anerkannten Kompetenzzentrums für Sensorsysteme im Raum Dresden in Form eines Netzwerks durch Zusammenführung und Erweiterung der vorhandenen Spezialkompetenzen.

Die Arbeiten im Fraunhofer IZFP Dresden umfassen vier Bereiche:

- Sensorsysteme zur Zustandsüberwachung
- Sensorsysteme für die Geophysik
- Radiotracertechnik
- Optische Sensorik und Diagnostik

Unter »Sensorsystem« ist hierbei nicht nur der einzelne Sensor, sondern eine Einheit aus mehreren Sensoren, Auslese-Elektronik, Analog-Digital-Wandlung, Datenübertragung, Standard-Datenschnittstelle, Telemetrie und Datenauswertung zu verstehen. Die Hauptanwendung liegt im Bereich der Zustandsüberwachung von Fahrzeugen, technischen Anlagen und Bauwerken; in diesem Bereich besteht ein erhöhter Bedarf an Multisensorsystemen. Durch Synergieeffekte ist auch eine Vielzahl weiterer Anwendungsmöglichkeiten zu erwarten.

Die Entwicklung der Kernkompetenz Sensorik erfolgt in Abstimmung und Ergänzung zur Kernkompetenz Zustandsüberwachung. Das Produkt- und Dienstleistungsportfolio umfasst die Entwicklung und Praxiseinführung von Sensorsystemen

- zur geophysikalischen Erkundung (Geosonar)
- für die Prüfung mit Ultraschall (z. B. Gruppenstrahler)
- für die Anlagen- und Prozessüberwachung (Schallemission, Radiotracer, akustische Diagnose)
- für Eindring- / Transportverhalten und -kinetik ausgewählter, markierter Substanzen in Festkörpern, Schüttungen u. a.
- für die Röntgenmesstechnik
- für elektromagnetische Prüfverfahren
- durch Simulation akustischer, optischer und elektromagnetischer Sensoren (linke Abb.: Numerische Simulation des Schallfeldes eines PZT-Faserwandlers zur Überwachung von Faserverbundstrukturen)
- für 3-D-opto-mikromechanische Messsysteme
- für hochauflösende spannungsoptische Messungen
- für laserakustische Komponenten und Anwendungen (Laservibrometer, Laserfluoreszenz-System).

Zur weiteren Entwicklung der Kernkompetenz ist es erforderlich, die Kooperationsbeziehungen mit den Firmen im Sensorik-Netzwerk zu vertiefen und ein international anerkanntes Kompetenzzentrum für flexible modulare Sensorsysteme mit Standardschnittstellen aufzubauen. Die Weiterentwicklung der Produkte und Dienstleistungen betrifft u. a.

- Korrosionssensorik
- Emissionstomographie
- neue Röntgenmesstechniken auf Basis direktkonvertierender Zeilensensoren
- Phased-Array-Systeme
- magnetoresistive Zeilendetektoren
- polymerintegrierte Wirbelstromdetektoren
- 3-D-opto-mikromechanische Messtechnik für die Online-Überwachung der Fertigung und Qualitätssicherung in der Mikrosystemtechnik
- Entwicklung von Nanosensorik (magnetisch, Röntgen und optisch, z. B. SNOM-Matrix)
- schnelle und robuste optische Messtechnik für ZfP und Biomedizin (optische Signaturanalyse, optische Fehlererkennung in Kombination mit anderer Sensorik, Bessel-Strahlen-Technik, Polariskopie, Femtosekunden- und Terahertztechnik).

Ansprechpartner

Dr. Axel Berthold
Telefon: +49 (0) 3 51/88 23-39 3
axel.berthold@izfp-d.fraunhofer.de

Prof. Dr. Jürgen Schreiber
Telefon: +49 (0) 3 51/88 23-39 2
juergen.schreiber@izfp-d.fraunhofer.de

Dr. Udo Netzelmann
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 73
udo.netzelmann@izfp.fraunhofer.de

Sensorik für das Monitoring von Flugzeugstrukturen auf der Basis akustischer Signaturen

Ausgangssituation

Die tragenden Bauteile von Flugzeugen sind während des Fluges, vor allem aber während des Starts und der Landung, sehr hohen dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt. An der Außenhaut können Beaufschlagungen durch Impakt-Ereignisse hinzukommen. Trotz konservativer Auslegung ist ein partielles Materialversagen beispielsweise bei der Passage extremer Wetterlagen nicht mit absoluter Sicherheit auszuschließen. Durch aussagefähige Simulationen und intensive Tests an Prüfständen muss die Wahrscheinlichkeit eines solchen Materialversagens auf ein absolutes Minimum reduziert werden. Im Flugzeugbau kommen zunehmend Faserverbundstrukturen wie GFK (Glasfaserverstärkter Kunststoff) und CFK (Carbonfaserverstärkter Kunststoff) zum Einsatz. Diese Strukturen sind von geringem spezifischen Gewicht und können für den jeweiligen Einsatzfall sehr gut zugeschnitten werden. Sie sind aber anisotrop und in gewissem Maße inhomogen, weswegen Versagensszenarien schwer vorhersehbar sind. Damit sind umfangreiche Testreihen für diese Baugruppen zwingend erforderlich.

Aufgabe

Die Funktionalität wichtiger Faserverbundbauteile eines Flugzeugs soll in Simulationsanlagen sowohl im Ruhezustand als auch in Lastzuständen nachgewiesen werden. Dafür wurde ein Diagnosesystem auf der Basis akustischer Aktoren und Sensoren konzipiert. Die Tests erfolgten mit einem Aktor in Verbindung mit einem Array von Sensoren. Im Ruhezustand löst der Aktor einen möglichst breitbandigen Sendeimpuls aus, ähnlich einem Dirac-Stoß. Die Sensoren empfangen die Impulsantwort und bewerten diese als »akustische Signatur« des Bauteils. Im Lastfall erfolgt mit der gleichen Sensorik eine Fehlerdetektion durch Auswertung von Burstsignalen. Die aufgenommenen akustischen Signale werden in diesem Fall vom Testkörper selbst erzeugt. Bei der Ortung von Schallquellen wie Rissen oder Impaktschäden aus Laufzeitunterschieden muss die anisotrope Struktur der Faserverbunde berücksichtigt werden. In Weiterentwicklung bisheriger Ansätze, die von homogenen Schalenstrukturen ausgehen, waren daher Grundlagenuntersuchungen zur Schallausbreitung auf den Schalenstrukturen notwendig.

Ergebnis

Vorbereitend erfolgten zunächst eine Modellierung der Wellenausbreitung und die Validierung der Modelldaten. Nach ersten erfolgreichen Versuchen mit einem Laborsystem an CFK-Platten und Stringer-Strukturen wurden die Auswertetechnik und die Technologie zu hoch integrierten Sensornetzknoten weiterentwickelt. Die Ergebnisse der folgenden Experimente wurden berücksichtigt: Applikation des Diagnosesystems an einer GLARE®-Platte, Tomographie-Experimente, Untersuchungen zur Schallemission und Signaturanalyse am Stringerpanel). Abb. 1 zeigt einen speziell entwickelten Sensor zum Aufsetzen auf das Untersuchungsobjekt.

Auftraggeber

Sächsische Aufbaubank Dresden, Projektträger Technologieförderung, Verbund-Projekt 8172/1312, »Monitoring-System für Flugzeugstrukturen auf der Basis akustischer Signaturen (AHUMS-AS)«

Projektpartner

IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH

Stichworte

Structural Health Monitoring,
Akustische Signaturen,
Verbundwerkstoffe

Ansprechpartner

Dr. Dieter Hentschel
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64 82-21
dieter.hentschel@izfp-d.fraunhofer.de

Abb. 1: Sensor an einem CFK-Stringerpanel

Abb. 2: Auswerteelektronik am Versuchsstand für Flugzeugrumpfschalen

Lasergestützte Qualitäts- und Funktionskontrolle für die Solartechnik

Ausgangssituation

Auf dem Gebiet der Solartechnik ist Deutschland Technologie- und Marktführer. Kurze Entwicklungszeiten sowie Fortschritte in der Produktionstechnologie sind unabdingbar, um diese Position zu halten und auszubauen.

Zur Verbesserung der Qualität und zur Senkung der Herstellungskosten von Si-Solarzellen und mikrosystemtechnischen Sensorkomponenten basierend auf Halbleiter- und Glasmaterialien ist es vor allem erforderlich, materialseitige Begrenzungen zu überwinden. Dabei müssen nicht nur Fehler im Ausgangsmaterial wie Risse und andere Defekte erkannt werden, sondern der gesamte Herstellungsprozess ist optimal und qualitätsgerecht zu gestalten. Daher sind besondere Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung gestellt.

Aufgabe

Aussagen über innere Spannungen helfen, die Bruchgefahr und die spätere Funktionalität der Solarzellen und Bauelemente zu beurteilen, um letztlich kritische Bearbeitungszustände und ein Materialversagen im Herstellungsprozess und bei der Anwendung zu vermeiden.

Gegenwärtig ist auf dem Markt noch kein zuverlässiges, mit entsprechend kurzen Prüfzeiten arbeitendes Prüfsystem erhältlich. Die durchgeführten Arbeiten setzten bei der Bewertung von einkristallinen Si- und GaAs-Wafern mit Hilfe der »Scanning Infrarot Polariskopie« an. Die Anwendung dieses Verfahren auf Wafer, die für Si-Solarzellen produziert werden, erbrachte jedoch bislang keine zufrieden stellenden Ergebnisse. Sichere Aussagen sind lediglich für solche Risse möglich, die ohnehin bereits mit bloßem Auge zu erkennen sind. Die Ursache dafür liegt in der im Vergleich zu Wafern für die Halbleitertechnologie sehr viel größere Rauheit der Waferoberfläche. Kritisch zu bewerten und demzufolge weiterzuentwickeln ist die bisher verwendete Methode zur Bestimmung der Phasenunterschiede zwischen ordentlichem und außerordentlichem Strahl, die Messung der Depolarisation eines zirkular polarisierten Strahls.

Realisierung

Bei der direkten Messung der Phasenunterschiede mit Hilfe eines hochauflösenden heterodynen Verfahrens treffen auf die zu untersuchende Komponente zwei zueinander senkrecht polarisierte Laserstrahlen. Der Phasenunterschied beim Materialdurchgang resultiert aus der spannungsinduzierten Doppelbrechung. Mit Hilfe der photoelastischen Konstanten kann man aus diesem Phasenunterschied die Spannungsdifferenz zwischen den Spannungskomponenten entlang der jeweiligen Polarisation der beiden Laserstrahlen bestimmen. Zur Messung der Phasendifferenz werden beide Strahlen zur Interferenz gebracht und mit einem entsprechenden Referenzstrahl abgeglichen. Abb. 1 zeigt das Ergebnis der Laboruntersuchung an einer Si-Zelle mit einem Raster von ca. 1 mm². Deutlich ist in der unteren Hälfte des Bilds eine Rissanzeige zu sehen. Sie stammt von einem Mikroriss, der nur im Mikroskop zu identifizieren ist.

Ergebnis und Ausblick

Es wurden wesentliche Grundlagen für die Entwicklung eines Mess- und Prüfsystems für die Qualitäts- und Funktionskontrolle von Si-Solarzellen und Sensorkomponenten geschaffen. Weiteres Augenmerk gilt der Verkürzung der Messzeiten und einer angepassten örtlichen Auflösung. Eigenspannungskomponenten sind mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen. Das zu entwickelnde Prüfsystem soll mit einer intelligenten Prüfsoftware ausgestattet sein, die verschiedene Prüfstrategien anbietet.

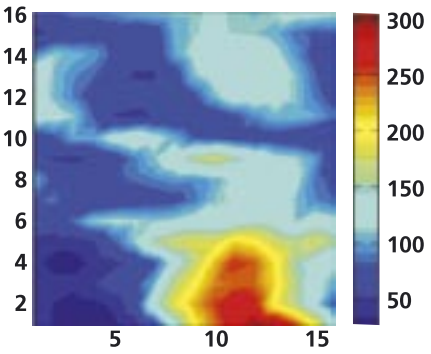


Abb. 1: Aufnahme der Phasendifferenz zwischen senkrecht zueinander polarisierten Laserstrahlen mit einer Wellenlänge von λ = 1,15 µm mit einem Raster von 1 x 1 cm². Die Anzeige im unteren rechten Bildausschnitt wurde durch einen Mikroriss hervorgerufen.

Stichworte

Laser,
Optische Diagnose,
Solarzellen

Ansprechpartner

Prof. Dr. Jürgen Schreiber
Telefon: +49 (0) 3 51/88 23-39 2
juergen.schreiber@izfp-d.fraunhofer.de

Softwarezentrum
Software Center

Kompetenzzentrum im Dienste des Life-Cycle-Managements

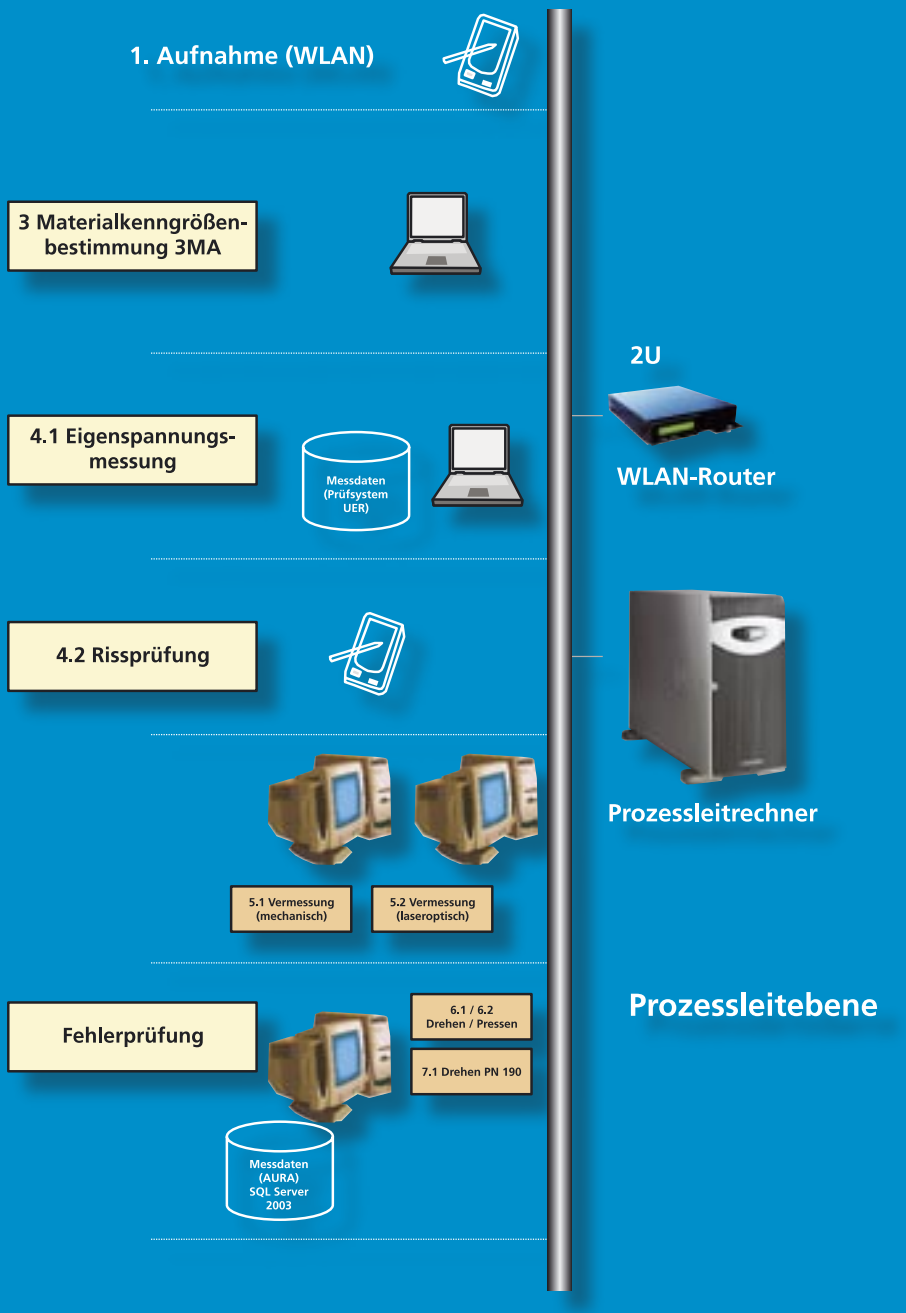


Abb. 1: Prüfsystemlinie »ZfP-Network«

Auftrag

Als eine der Kernkompetenzen des Fraunhofer IZFP ist das Softwarezentrum sowohl Mitglied der Forschungs- und Entwicklungszentren des Instituts in Saarbrücken und Dresden, als auch Partner bei der industriell orientierten Produktion und Konzeption von Prüfsystemen und -anlagen für und mit Kunden. Unsere Spezialisten arbeiten auf allen Feldern der technisch angewandten Informatik, des Software-Engineering und der Prozessautomation. Wir planen, entwerfen, realisieren und testen technische Informations- und Softwaresysteme für Kunden aus allen Bereichen der ZfP, allein oder in Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern. Unsere Analysten, Architekten und Entwickler stehen als Berater und Gutachter unserem Kunden bei Analyse, Planung und Test seiner prüfspezifischen oder technischen Informationssysteme zur Seite.

Als Kompetenzzentrum der angewandten Informatik und Prozessautomation unterstützen wir mit unserem Engagement und Know-how in Forschung und Lehre auch die Ausbildung zukünftiger Generationen.

Das Life Cycle Management (LCM) umfasst die theoretischen und praktischen Ansätze zur ökologischen und ökonomischen Optimierung im Lebenszyklus technischer Produkte. Teil davon ist das Life Time Management, das sich speziell mit der Nutzungsphase eines Produktes beschäftigt. In der Nutzungsphase wird ein Produkt der eigentlichen Bestimmung übergeben. Hier fällt oftmals ein Großteil der Kosten an, die ein Produkt während seines Lebenszyklus verursacht. Neben den sicherheitsrelevanten Anforderungen erfüllt hier die angewandte ZfP auch noch den Nutzen als Lieferant von wertvollen Informationen zum LCM.

Aus den gewonnen Informationen können anhand statistischer Methoden und Auswertungen verlässliche Aussagen über Lebensdauer, Qualität und Sicherheit technischer Bauteile gewonnen werden. Eines unserer neuen Tätigkeitsfelder in Richtung Unterstützung des LCM ist die Auslegung und Steuerung von Qualitätsprozessen.

Die Modularität der hauseigenen Prüfsysteme ermöglichte es uns, ein modernes Konzept der Prozessdatensteuerung und Verwaltung zu entwerfen. Wie Komponenten eines Baukastensystems stellen einzelne Prüfsysteme ihre Daten gezielt in einer Prüflinie einem überwachenden und steuernden Leitsystem zur Verfügung, dem »ZfP-Network«. Die Vielfältigkeit unseres Angebots ermöglicht die Präsenz im gesamten Qualitätsprozess, von der Werkstoff-Charakterisierung bis hin zur Prüfung von fertigen technischen Komponenten.

Zukunftsfelder

Ein weiterer Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkt der Kernkompetenz wird ab 2006 das Testen von Softwaresystemen im Umfeld von ZfP-Lösungen sein. Softwaresysteme werden zunehmend größer und komplexer. Die meisten großen Systeme werden sogar weltweit entwickelt, in verschiedenen Zeitzonen, unter völlig unterschiedlichen Voraussetzungen. Hierfür wurden und werden immer effizientere Projektmanagementprozesse und -strategien entwickelt. Jedoch ist die Absicherung der Funktionalität und der Qualität auch heute noch ein Problem.

Softwaretests sind Entwicklertätigkeiten, die oft nur ungern ausgeführt werden. Dies liegt zum großen Teil daran, dass die Planung und Entwicklung guter Tests Zeit verschlingt, die in den meisten Projekten fehlt oder nur knapp bemessen ist. Daher kommt allzu leicht das Gefühl auf, dass diese Zeit für die Entwicklung der eigentlichen Software besser genutzt werden könnte und führt zu der Konsequenz, dass Tests nur reine funktionale Dinge abdecken und unkoordiniert durchgeführt werden. Da der Test gemeinhin auch noch recht spät im Entwicklungszyklus stattfindet, entsteht ein hoher Aufwand, um gefundene Fehler zu analysieren und zu korrigieren. Diese Kosten können auch mittels Testautomatisierung kaum gesenkt werden.

Das Softwarezentrum des Fraunhofer IZFP will sich diesen Fragen in Zukunft stellen. In Zusammenarbeit mit externen Gruppen und den anderen Kernkompetenzen wird das Softwarezentrum an der Definition und Einführung von abgesicherten Testmethoden und -verfahren für technische Softwaresysteme und im Besonderen solchen Systemen, die als Prüfmittel eingesetzt werden, mitwirken.

Ziel ist es, Standards bei Strategien, Methoden und Qualifizierung beim Test von Softwaresystemen auf dem Prüfmittelsektor zu definieren und zu implementieren und diese als Dienstleistung dem Kunden anzubieten.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Ralf Schallert
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-37 03
ralf.schallert@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Ralf Moryson
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 38
ralf.moryson@izfp.fraunhofer.de

Datenexport- und Verwaltungssystem der Gerätelinien zur Randhärtetiefebestimmung

Ausgangssituation

Die Härte eines Materials lässt Rückschlüsse auf spätere Gebrauchseigenschaften zu. Ein Beispiel ist das Verschleißverhalten. Harte Brillengläser verkratzen weniger, harte Zahnräder nutzen langsamer ab. Bei der Auswahl von Werkzeugschneiden wie Fräskopf oder Drehmeißel ist die Härte von besonderer Bedeutung, denn harte Schneiden bleiben länger scharf. Das Fraunhofer IZFP bietet mit zerstörungsfrei arbeitenden Prüfsystemen für die Bewertung von Randhärtertiefen einfach zu bedienende Werkzeuge an. Das Softwarepaket PINTRht wurde hierzu ganz unter dem Aspekt des Life-Cycle-Managements entwickelt und bietet viele Tools zur Parametrierung des Prüfablaufes und zur Bewertung der Prüfergebnisse an.

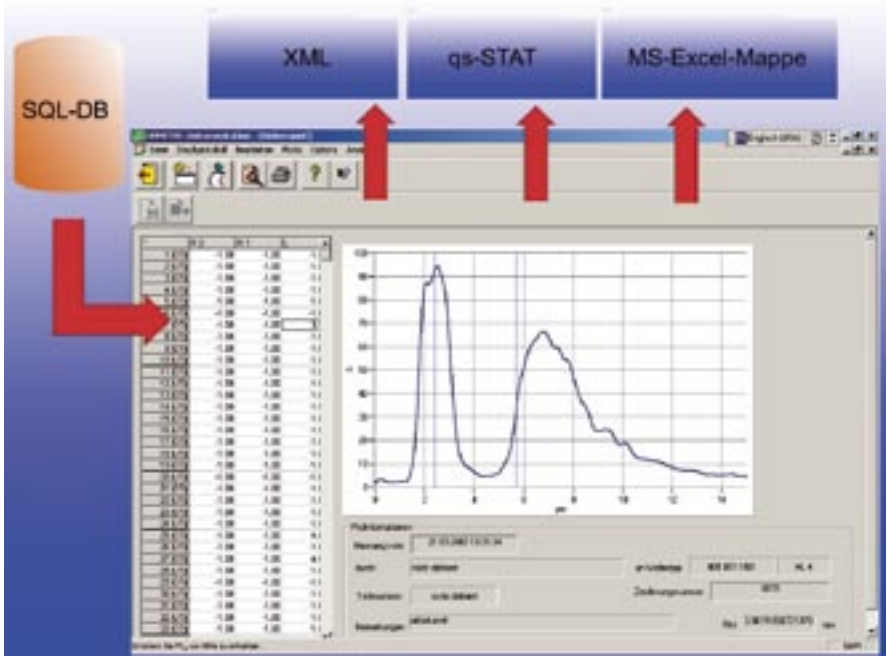


Abb. 1: Bildschirmdarstellung PINT-Export

Aufgabe

Ein besonderes Augenmerk unserer Kunden liegt auf den Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Hier spielt die Gewichtung der Prüfergebnisse im QM-Prozess und der Produktion sowie deren Weiterverarbeitung eine große Rolle.

Ergebnis

Das Produktpaket für die Rht-Geräteserie verfügt daher über zusätzliche und neue Funktionalitäten im Bereich:

- Daten-Export in MS-Excel u. a.
- Offline-Betrachtung der Prüfergebnisse und Auswertung
- Erzeugung kundenspezifischer Formulare und Ausdrucke
- Standardisierte Langzeitdatenhaltung auf Basis einer SQL-Datenbank

Externe Partnerschaften

Arxes Information Design Berlin,
LUCID Software Ltd.,
Q NET Quality Network, Inc.,
Innotest AG,
Deutsch-Französisches Hochschulinstitut für Technik und Wirtschaft (DFHI / ISFATES),
Universität des Saarlandes,
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes HTW,
NDT System & Services AG

Stichworte

Rht,
Prüfsoftware,
Software-Entwicklung,
Testmanagement

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Ralf Schallert
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-37 03
ralf.schallert@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Ralf Moryson
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 38
ralf.moryson@izfp.fraunhofer.de

Auftraggeber

BMW,
Daimler Chrysler,
Audi

Demonstrationssystem EMUS-Wanddicken-Prüfung

Ausgangssituation

Materialkorrosion birgt ein Gefahrenpotenzial für jeden Betreiber von Überland- und Offshore-Pipelines. Zu diesem Zweck werden seit Jahren vom Fraunhofer IZFP in Zusammenarbeit mit namhaften Firmen Komponenten für autark operierende, mobile Ultraschall-Wanddicken- und Riss-Prüfsysteme entwickelt. Diese Ultraschallsysteme benötigen allerdings in der Regel ein Koppelmittel aus Wasser oder Öl zur Übertragung der Ultraschallsignale in das Material. Für Betreiber von Gaspipelines ist eine Prüfung mit einem solchen System mit beträchtlichen Nachteilen verbunden. Daher besteht seit langem der Wunsch nach einem Verfahren, welches ohne ein flüssiges Koppelmittel auskommt. Ein Lösungsansatz beinhaltet die elektromagnetische Angeregung von Ultraschall – die EMUS-Technik.

Aufgabe

Für ein Prototypsystem eines 16-kanaligen Wanddicken-Prüfsystems für Gas-Pipelines sollte unter einer Windowsumgebung ein Softwarepaket zur Validierung der Gebrauchstauglichkeit der EMUS-Technik für diese Prüfaufgaben erstellt werden.

Ergebnis

Die Prototyphardware besteht aus zwei EMUS-Frontend-Modulen, die mittels Ethernet mit einem Windows-PC verbunden und durch die Bediensoftware gesteuert werden. Die Applikation enthält die folgenden Dialoge zur Generierung und Bearbeitung von Prüfprojekten:

- Durchführung der Prüfplanung
- Parametrierung des Prüfsystems
- Durchführung der Prüfung (Aufnahme und Abspeicherung der Messdaten)
- Darstellung der aufgezeichneten Messdaten.

Zu einem Prüfauftrag gehören Daten zur Beschreibung des Auftrages, der Systemhardware und der Prozessabwicklung:

- Auftragsdaten (Auftraggeber, Werkstoff, Schallgeschwindigkeit, Sollwandstärke)
- Sensordaten (Prüfkopfnummer, Typ, Einschallwinkel, Frequenz)
- Beschreibung der Anordnung der beteiligten Sensoren (Anstellwinkel, Positionen in Prüf- und Umfangsrichtung in Bezug auf den Nullpunkt des Sensorträgers)
- Zuordnung der Sensoren zu den einzelnen Prüfkanälen
- Prüfparameter für die EMUS-Prüfkanäle (Taktkennung, Sender- und Empfängernummer, Ultraschallarbeitsfrequenz, Burstlänge, Sendeleistung, Triggerquelle)
- Taktschema (Triggerreihenfolge für alle Prüfkanäle)
- Parametrierdaten für das Koordinateninterface

Zur Parametrierung des Prüfsystems werden die während der Prüfplanung erstellten Prüfparameter in Datenpakete konvertiert und an die Module des Prüfsystems mittels TCP/IP übertragen.

Die Überprüfung der Parametrierung erfolgt im Kalibrierbetrieb; durch eine spezielle Parametrierung des Koordinateninterfaces wird eine Messung mit interner Triggerung durchgeführt. Die dabei anfallenden Messdaten werden als A-Scans auf dem Bedienbildschirm zur Überprüfung der Parametereinstellung dargestellt. In dieser Betriebsart kann die Darstellung kanalweise umgeschaltet werden.

Zur Durchführung einer Prüfung werden die EMUS- Module und das Koordinateninterface durch entsprechende Kommandosequenzen vorbereitet. Die Messung wird durch die Triggersignale des Koordinateninterfaces gestartet und beendet. Die dabei anfallenden Koordinaten- und Messdaten werden sortiert im CPS-N Datenformat und in Datenfiles zur späteren Auswertung abgelegt. Die aufgezeichneten Messdaten können als A-Bilder und in Übersichts- und gezoomten B-Bildern dargestellt werden.

Auftraggeber

Fraunhofer-Gesellschaft

Stichworte

Softwarezentrum,
EMUS,
Wanddicken,
Demonstrationszentrum

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Ralf Schallert
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-37 03
ralf.schallert@izfp.fraunhofer.de

Dipl.-Inf. Fred Höh
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 79
fred.hoeh@izfp.fraunhofer.de

Klassifikationsverfahren zum Structural Health Monitoring

Ausgangssituation

Die Zustandsüberwachung oder »Structural Health Monitoring« (SHM) arbeitet mit fest in einem zu überwachenden Konstruktionselement verankerten Sensoren, die den Zustand des Elements permanent oder zyklisch überwachen. Im Vordergrund stehen dabei die Struktursicherheit und die Gewährleistung der Betriebsfestigkeit. Grenzwerte müssen ermittelt und bewertet werden. Der Einsatz des SHM nimmt in den unterschiedlichsten Fachgebieten stetig zu.

Ein typisches Beispiel hierfür ist die Zustandsüberwachung von Konstruktionselementen in Flugzeugen. In den nachfolgend skizzierten Untersuchungen wird dieses genauer dargestellt. Die Integrität von Flugzeug-Rumpfschalen muss zunächst in Belastungstests am Boden und später permanent während des Fluges überwacht werden.

Aufgabe

Erste Voruntersuchungen zur Überwachung von Flugzeugteilen wurden an einer Aluminiumplatte durchgeführt. Aluminium wurde deshalb für die Einstiegsuntersuchungen gewählt, weil es ein typischer Flugzeugwerkstoff ist und gute, reproduzierbare akustische Eigenschaften (isotrop und homogen) aufweist.

Das Einbringen eines Risses hat Auswirkungen auf die Wellenausbreitung bezüglich Laufzeit und Amplitude. Ziel der Untersuchungen war es, eine Zustandsüberwachung durchzuführen, bei der der aktuelle Zustand der Platte (mit Riss) eindeutig vom Normalzustand (ohne Riss) unterschieden werden kann.

Ergebnis

Für das Experiment wurde ein modular aufgebautes akustisches Mehrkanalsystem aus 4 Modulen mit jeweils zwei genutzten Kanälen eingesetzt. Die Signale wurden mit einer Abtastfrequenz von 6,25 MHz aufgenommen und mit einem PC weiter verarbeitet.

Acht Sensoren wurden kreisförmig auf der Aluminiumplatte angebracht. Nacheinander sendete jeweils ein Sensor ein Anregungssignal in Form eines Ricker-Wavelets im Ultraschallbereich. Die anderen 7 nahmen die Impulsantwort auf. Pro Messstrecke wurden 2 000 Zeitsignale aufgenommen und abgespeichert. Jedes Messsignal ist eine Folge von akustischen Ereignissen. Jedes Ereignis wird durch einen spektralen Merkmalvektor beschrieben. Für die Auswertung wurden aus den Zeitsignalen mittels Kurzzeit-FFT Spektrogramme erzeugt. Mittels PCA (Hauptkomponentenanalyse) wurde der Merkmalraum verkleinert. Es folgte eine Modellierung der akustischen Ereignisse (durch Statistiken über Merkmalvektoren) und deren zeitlicher Abfolge (durch Graphen). Es wurden individuelle Einklassenmodelle (Gut-Modelle) in Form von stochastischen Markov-Graphen (SMG) für jede Messstrecke trainiert.

Ausgehend vom Mittelpunkt des Kreises, der durch die Sensoranordnung gegeben ist, wurde ein 1 cm langer Riss eingebracht. Dieser Riss wurde in Schritten von 1 cm bis zu einer Gesamtlänge von 37 cm verlängert. In jedem neuen Zustand (um 1 cm erweiterte Risslänge) wurde eine neue Messreihe (200 Zeitsignale pro Messstrecke) aufgenommen. Die 200-fache Wiederholung der Messung für die gleiche Messstrecke wurde durchgeführt, um Messungenauigkeiten zu minimieren und dadurch ein optimales Ergebnis zu erzielen. Aus den erhaltenen 200 akustischen Bewertungen (Log-Likelihood) wurde ein Mittelwert gebildet. Danach wurden die gemittelten Log-Likelihoods pro Messstrecke nochmals zusammengefasst, um einen Wert pro Zustand zu erhalten.

Die Log-Likelihood dient als Maß für die Ähnlichkeit von Gutmodell und aktueller Messreihe und damit dazu, die Unterschiede zwischen den Zuständen zu charakterisieren.

Es konnte ein deutlicher Sprung vom Anfangszustand (ohne Riss) zum ersten Zustand (Riss 1 cm) sowie ein tendenzieller Anstieg der Log-Likelihood beobachtet werden. Dieser Anstieg verdeutlicht, dass mit jeder Rissvergrößerung die Ähnlichkeit mit dem Gutmodell abnimmt.

Auftraggeber

DFG

Projektpartner

TU Dresden
Institut für Akustik und Sprachkommunikation

Prof. Dr. Rüdiger Hoffmann,
Dr. Matthias Wolff,
Dipl.-Ing. Matthias Eichner

Stichworte

SHM,
Software-Entwicklung,
Luft- und Raumfahrt,
Klassifikation

Ansprechpartner

Dipl.-Inf. Constanze Tschöpe
Telefon: +49 (0) 3 51/2 64 82-22
constanze.tschoepe@
izfp-d.fraunhofer.de

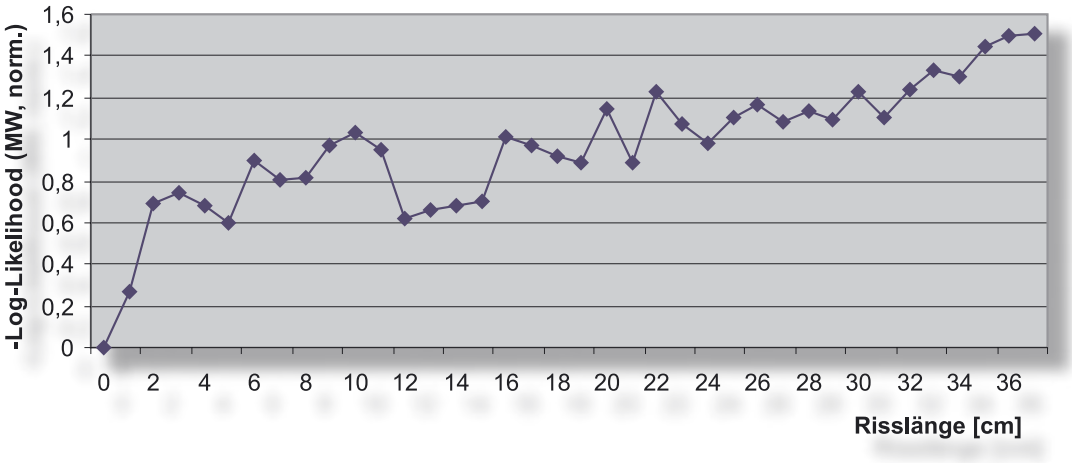


Abb. 1: Darstellung der Log-Likelihood

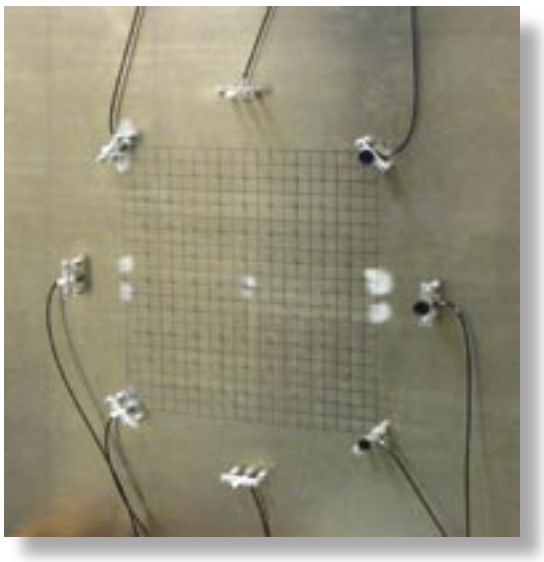
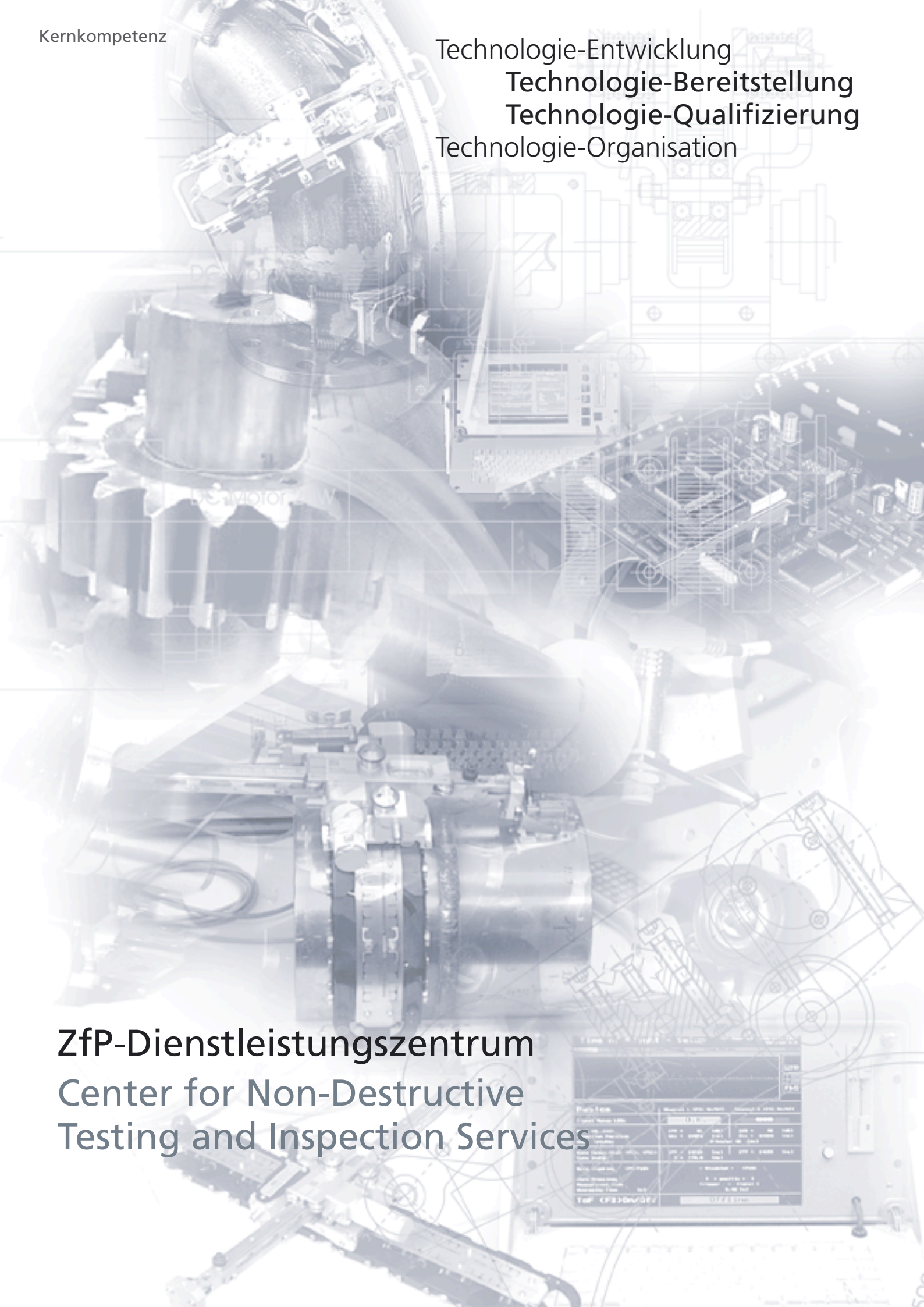


Abb. 2: Aluminiumplatte mit 8 kreisförmig angebrachten Sensoren im Anfangszustand (ohne Riss)

Kernkompetenz

Technologie-Entwicklung
Technologie-Bereitstellung
Technologie-Qualifizierung
Technologie-Organisation



ZfP-Dienstleistungszentrum

Center for Non-Destructive Testing and Inspection Services

Profil

Das Fraunhofer IZFP stellt an seinem nach DIN EN ISO / IEC 17025:2000 akkreditierten Dienstleistungszentrum innovative, automatisierte Prüfsysteme aller am Institut entwickelten Verfahrensvarianten zur Verfügung (Ultraschall, Wirbelstrom, Elektromagnetik, Thermographie, NMR-Aufsatztechnik etc.). Mit dem nach EN 473 zertifizierten Prüfpersonal (Ingenieure, Techniker) führen wir Auftrags- und Sonderprüfungen für die Kunden aus allen Geschäftsfeldbereichen (vor allem der produzierenden und weiterverarbeitenden Industrie) zu den Themen zerstörungsfreie Fehlerprüfung und Werkstoffcharakterisierung insbesondere an Bauteilkomponenten und an allen Arten von Fügeverbindungen durch. Die Prüfaufträge können am Fraunhofer IZFP oder mobil beim Kunden vor Ort geleistet werden.

Das Prüfdienstleistungsspektrum erstreckt sich für Komponenten und Anlagen auf alle Werkstoffklassen, z. B. Stähle, NE-Metalle, Polymere und Faserverbundkunststoffe.

Vor allem in der letztgenannten Gruppe ist seit geraumer Zeit ein wachsender Bedarf besonders in der Automobil- und Zulieferindustrie zu verzeichnen.

Dabei wird die »klassische« Fehlerprüfung zur Erkennung von Ungänzen, Rissen, Poren, Lunkern, Ausscheidungen und Verunreinigungen ebenso angefragt wie die inzwischen als Prüfdienstleistung etablierten Bereiche der zerstörungsfreien Werkstoffcharakterisierung, also Härte, Härtetiefe, Textur- und Gefügecharakterisierung, häufig in Kombination mit der zerstörungsfreien Eigenspannungsbestimmung.
Da sie die Hauptschwachpunkte eines Bauteils darstellen, wird in vielen Fällen die Prüfung von Werkstoffverbindungen (Fügeverbindungen) gefordert; so bei Schweißverbindungen, Lötverbindungen, Nietverbindungen und in letzter Zeit vermehrt Klebverbindungen und Hybridfügeverbindungen.

Häufig entstehen aus ersten Machbarkeitsuntersuchungen im Rahmen von Industrieprojekten maßgeschneiderte Gerätekonzepte, die den industriellen Anwendern in Form von Prototypen-Prüfsystemen zur Verfügung gestellt und ggf. durch Service- und Industriepartner (in Lizenz) am Markt angeboten werden.

Diese für den Kundenbedarf maßgeschneiderten Prüfverfahren werden am Dienstleistungszentrum für den industriellen Einsatz validiert; bei Bedarf wird ein Prüfmittelfähigkeitsnachweis durchgeführt.

Neben der Unterstützung des Kunden durch unser fachkundiges Personal bietet das Dienstleistungszentrum zudem den Interessenten die Möglichkeit, durch Miet- oder Leasingverträge unsere Prüfsysteme temporär im Unternehmen zu nutzen.

Die Qualifizierung des Prüfpersonals erfolgt im Wesentlichen auf zwei Arten. Zum einen können Kunden gemeinsam mit den Applikationsingenieuren des Fraunhofer IZFP an der Bearbeitung ihrer Prüfanfragen mitwirken und in der Zusammenarbeit Erfahrung mit den IZFP-Prüfsystemen sammeln (und so auch geschult werden). Zum anderen werden anwendungsspezifische, mehrtägige Benutzerschulungen angeboten, die auch die Grundlagen auf Stufe-1- und Stufe-2-Niveau für die konkrete Prüfaufgabe vermitteln, falls beim Kunden kein ZfP-Fachpersonal vorhanden ist.

Daneben bieten wir den Kunden Beratungsdienstleistungen an, z. B. im Rahmen von Ersatzbeschaffungen für die bei den Kunden genutzten Prüfsysteme. Speziell die KMU fordern zudem häufig Informationen zu Forschungs- und Entwicklungspartnerschaften sowie Hilfestellungen bei der Kofinanzierung durch Förderprogramme. Ein ergänzendes Angebot des DLZ besteht darin, die mit dem Prüfproblem verknüpfte ganzheitliche Betrachtung der Aufgabenstellung des Kunden zu analysieren und durch Einbeziehung weiterer Partner (FhG oder Industrie im Unterauftrag) eine Lösung aus einer Hand anzubieten (ergänzende Fragestellungen zur Werkstoffentwicklung, -simulation, Fügetechnik, Automatisierungstechnik, Schadensanalytik).

Der Kunde profitiert von einer umfassenden und vor allem interdisziplinären Methoden-, Werkstoff- und Fertigungs-Kompetenz der Ingenieure und Wissenschaftler am DLZ (Schweißfachingenieure, Klebfachingenieure, Maschinenbau-Ingenieure, Werkstoff-Ingenieure).

ZfP-Dienstleistungszentrum

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR

DAP-PL-3482.99

Ansprechpartner

Dr. Bernd Valeske
Leiter ZfP-Dienstleistungszentrum
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 89
bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de

Aktive thermische Prüftechnik mit induktiver Anregung als zukunftsweisende ZfP-Methode für die quantitative Oberflächenrissprüfung in der Serienfertigung

Ausgangssituation

Stahlbauteile für die Automobilindustrie unterliegen hohen Qualitätsanforderungen, da sie oftmals als sicherheitsrelevante Komponenten verwendet werden, die z. B. hohen dynamischen Wechselbelastungen im Betrieb ausgesetzt sind. Um die Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, müssen die hohen Qualitätsstandards erfüllt werden.
So muss u. a. die Rissfreiheit jedes einzelnen Bauteils mit geeigneten zerstörungsfreien Prüftechniken nachgewiesen werden.

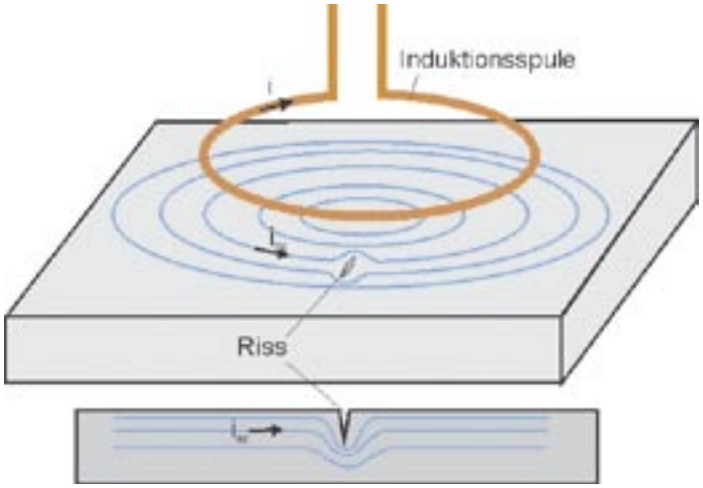


Abb. 1: Prinzipskizze zur induktiv angeregten Thermographie

Aufgabe

Da Bauteile für die Automobilindustrie naturgemäß in sehr hohen Stückzahlen gefertigt werden, kommen für eine zerstörungsfreie Prüfung von Fahrzeugkomponenten im Rahmen der industriellen Qualitätssicherung nur Verfahren in Frage, die neben einer objektiven und zuverlässigen Prüfung auch eine hohe Prüfgeschwindigkeit erlauben. Herkömmliche Prüftechniken zur Oberflächenrissprüfung ermöglichen zwar hohe Prüfgeschwindigkeiten, sie sind jedoch oftmals relativ personalintensiv und zeigen nicht immer die gewünschte Zuverlässigkeit beim Risnachweis unter den gegebenen Herstellungsbedingungen. Daher ist man in der Automobilzulieferindustrie verstärkt bemüht, alternative Prüftechniken zu erproben, die das Potenzial haben, die betreffenden Bauteile mit hoher Prüfgeschwindigkeit und Zuverlässigkeit zu charakterisieren. Grundlegende Untersuchungen zeigten, dass eine thermische Prüftechnik mit induktiver Anregung grundsätzlich geeignet ist, diese Anforderungen zu erfüllen. Darüber hinaus arbeitet diese Prüftechnik vollständig berührungslos, ist gut automatisierbar und ermöglicht auch eine quantitative Charakterisierung von Oberflächenrissen, z. B. im Hinblick auf die Risstiefe.

Ergebnis

Bei der induktiv angeregten Thermographie wird das zu untersuchende Bauteil induktiv mit einem elektromagnetischen Wechselfeld beaufschlagt. Die sich dabei ausbildenden Wirbelstromfelder werden von Rissen in ihrer Ausbreitung gestört, was in deren Umgebung zu einer veränderten Wirbelstromdichte führt (Abb. 1).

Dadurch bilden sich, infolge von Wirbelstromverlusten, charakteristische Temperaturfelder in der Nachbarschaft der Risse aus. Mittels einer berührungslosen Infrarotmesstechnik können diese charakteristischen Temperaturfelder als Rissanzeigen erkannt und mit einer speziellen Software orts- und zeitaufgelöst ausgewertet werden.

In Abb. 2a, 2b ist ein mit dieser Prüftechnik erzieltes Untersuchungsergebnis an einem zylindrischen Stahlbauteil dargestellt. Das Thermographiebild in Abb. 2a gibt farbcodiert die Temperaturverteilung auf der Oberfläche eines Ausschnitts der Mantelfläche kurz nach der induktiven Anregung wieder. Zwei Risse, die in Umfangsrichtung verlaufen, sind anhand der vertikal orientierten, linienförmigen Temperaturerhöhungen (hellblaue bis rote Farbtöne) gut zu erkennen. Auch anhand von Abb. 2b, in der der Temperaturverlauf senkrecht zu den Rissen dargestellt ist, können diese aufgrund der deutlichen Temperaturkontraste (Temperatursignale) gut detektiert werden.
Ein weiteres Untersuchungsergebnis an einem Schmiedeteil mit einem schräg zur Oberfläche einlaufenden Riss (Schalung) ist in Abb. 3a, 3b gezeigt. Auch diese Fehlstelle kann anhand des von ihr hervorgerufenen charakteristischen

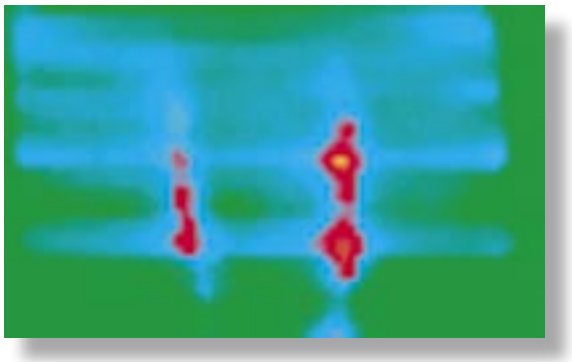


Abb. 2a: Zylindrisches Stahlbauteil (Ausschnitt): zwei Risse in Umfangsrichtung verlaufend

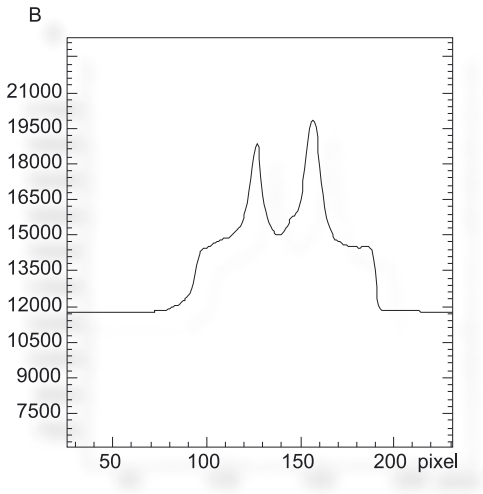


Abb. 2b: Temperaturverlauf (in Grauwerten codiert)

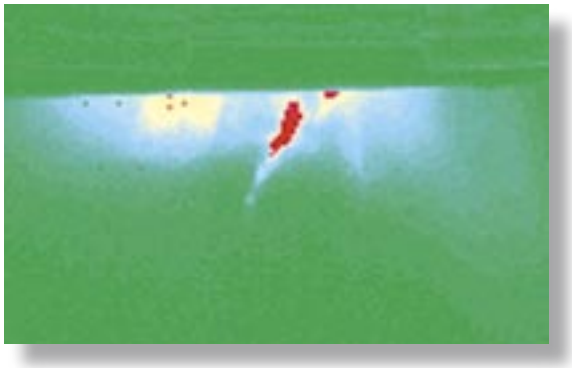


Abb. 3a: Schräg einlaufender Riss (Schalung) in einem Schmiedeteil (Risstiefe: ca. 0,2 mm: aus metallographischer Untersuchung)

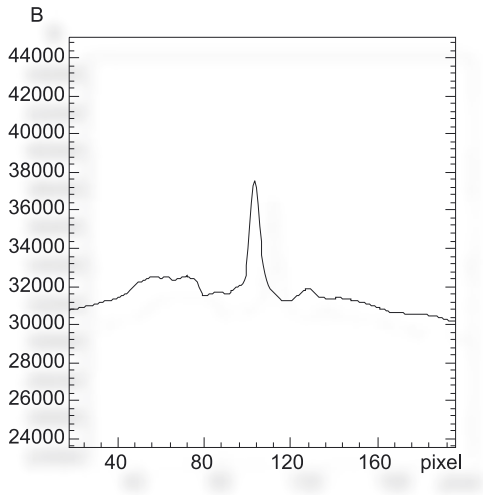


Abb. 3b: Temperaturverlauf (in Grauwerten codiert)

Temperaturfeldes (Temperatursignals) mit gutem Signal-Rausch Abstand erkannt werden. Metallographische Untersuchungen an dem Bauteil haben ergeben, dass der schräg einlaufende Riss eine Tiefe (senkrecht zur Oberfläche gemessen) von ca. 0,2 mm aufwies.

Auftraggeber

Automobilzulieferindustrie

Stichworte

Thermographie,
Oberflächenrissprüfung,
Serienfertigung,
Induktive Anregung

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Günter Walle
Prüfverantwortlicher Thermographie
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 58
guenter.walle@izfp.fraunhofer.de

Dr. Bernd Valeske
Leiter ZfP-Dienstleistungszentrum
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 89
bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de

Mechanisierte Wanddickenmessung mit automatisierter statistischer Ergebnisbewertung Prüfdienstleistungen im Rahmen der Reaktorsicherheit

Ausgangssituation

Die Integrität von druckführenden Rohrleitungen ist ein wesentlicher Bestandteil der Anlagensicherheit und der Anlagenverfügbarkeit bei der Energieerzeugung. Deshalb werden an allen Rohrleitungen zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen durchgeführt. Die Gefährdung für Kondensatleitungen besteht hauptsächlich durch Korrosion bzw. Erosion an der Rohrinnenwand. Dieses Schadensbild ist durch die zerstörungsfreie Bestimmung der Wanddicke (bzw. Restwanddicke) nachzuweisen. Dies geschieht nach dem derzeitigen Stand durch eine Ultraschallhandprüfung wobei größere Flächen in einem Raster von ca. 5 x 5 cm. geprüft werden. Hierzu wird das Raster auf die Rohr aufgezeichnet, oder es werden vorgefertigte Rastermatten montiert.

Abb. 1: Manipulator im Prüfeinsatz an einem Rohr, Nennweite 700 mm

Aufgabe

Die oben beschriebene Vorgehensweise ist aufwändig, mit subjektiven Fehlern behaftet und nicht immer reproduzierbar. Die Aufgabe bestand darin, das Prüfsystem und die Software CPS für die automatisierte Wanddickenmessung zu ertüchtigen und im Rahmen der Revision 2005 erste Messungen im Kernkraftwerk Brokdorf durchzuführen.

Ergebnis

Die Prüfmechanik war an die Prüfgeometrie anzupassen. Hierzu wurden die vorhandenen Fahrschienen und der Ausleger an die Rohrabmessungen angepasst. Die Nennweiten der Rohre betrugen 500 bzw. 700 mm. In der nachstehenden Abbildung ist das Manipulatorsystem im Prüfeinsatz an einer Rohrleitung der Nennweite 700 mm dargestellt. Umfangreicher waren die durchzuführenden Softwarearbeiten, da eine statistische Bewertung der Ergebnisse benötigt wird. Die Berechnung der Wanddicke erfolgt automatisch durch Auswertung der Laufzeiten der Rückwandechosignale. Für die statistische Auswertung wurde ein Exportmodul programmiert, das alle berechneten Wanddicken als Excel-Tabelle ausgibt. Ein in VBA (Visiual Basic for Applications) erstelltes Makro automatisiert die einzelnen Ausgaben innerhalb von Excel und erstellt automatisch den Ergebnisbericht. Die Wanddicken von nicht relevanten Prüfbereichen wie (z. B. Schweißnähte) werden ausgeblendet und somit in der Statistik nicht berücksichtigt.

Auftraggeber

E.ON Kernkraft GmbH

Stichworte

Automatisierte Ultraschallprüfung,
Wanddickenmessung,
Innovative Prüfdienstleistungen

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Reinhard Weiß
Projektleiter
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 82
reinhard.weiss@izfp.fraunhofer.de

Dr. Bernd Valeske
Leiter ZfP-Dienstleistungszentrum
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 89
bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de

Beratungsdienstleistung für TACIS-Projekte mit der Ukraine

Ausgangssituation

1991 wurde von der damaligen EG das TACIS-Projekt gestartet. TACIS (Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States) unterstützt die 12 osteuropäischen Staten Armenien, Aserbaidschan, Weißrussland, Kasachstan, Georgien, Kirgisien, Moldawien, Russland, Tadschikistan, Ukraine und Usbekistan durch eine Zuschussfinanzierung unter anderem für die nukleare Sicherheit. Von 1991 bis 2003 wurden dafür ca. 5 Milliarden € bereitgestellt. Die TACIS- Projekte gliedern sich in einen Software- (Beratungs-) und einen Hardware- (Geräteausrüstungs-) Teil.

Im März 2005 wurde das Fraunhofer IZFP von einem TACIS- Team (Lahmeyer International / RWE Power RE GmbH als Unterauftragnehmer der E.ON Kernkraft GmbH) bezüglich einer Beratung im Bereich ZfP an kerntechnischen Komponenten angesprochen und zur Angebotsabgabe aufgefordert, wobei die Kompetenz der Experten durch ein umfangreiches Curriculum Vitae nachgewiesen und von der EU genehmigt werden musste.

Aufgabe

Die Aufgabe bestand in der Beratung der Qualitätsstelle des Kernkraftwerkes Zaporozhye / Ukraine (6 Blöcke mit je 1 000 MW Druckwasserreaktor) in Bezug auf die zerstörende Prüfung von Primärkreiskomponenten (Rohr-Rohr-Schweißverbindungen aus austenitischen- und Mischschweißnähten).

Die Wanddicken liegen im Bereich von 35 - 40 mm bei ca. 400 mm Durchmesser. Die Primärkreisrohren mit austenitischen- und Mischschweißnähten wurden mit Hilfe von Isotopen bereits geprüft. Die ferritischen Schweißnähte werden manuell mit Ultraschall geprüft, wobei neben russischen Geräten auch Geräte und Prüfköpfe der Firma GE (Krautkrämer Köln) eingesetzt werden. Erste Versuche mit halbmechanischen Rohrscannern für die Wanddickenmessung werden gerade durchgeführt.

Ziel ist eine zuverlässige teilautomatisierte Prüfung zu erarbeiten, die Teil des Umweltprogrammes werden soll.

Ergebnis

Am 4. und 5. April 2005 fand die erste Beratung im Fraunhofer IZFP mit Vertretern des TACIS-Teams, Vertretern des KKWs Zaporozhye und drei IZFP-Experten statt.

Vorgestellt wurde vom IZFP die deutsche Vorgehensweise an Hand der KTA-Regeln und die spezifischen Probleme und ihre Lösung für austenitische und Mischschweißnähte.

Im zweiten Schritt wurde im November 2005, ausgehend von einer Spezifikation des KKWs Zaporozhye, ein Angebot erstellt über:

- eine Studie zur teilmechanisierten Ultraschallprüfung von austenitischen und Mischschweißnähten
- eine komplette Ultraschall- Prüfeinrichtung (Manipulator, Prüfköpfe, Auswertesoftware) für die Prüfung von austenitischen und Mischschweißnähten

Bei einer zweiten Beratung vor Ort im KKW Zaporozhye wurden Details der Finanzierung geklärt.

Auftraggeber

E.ON Kernkraft GmbH

Stichworte

Ultraschallprüfung,
Schweißnähte,
Wanddickenmessung,
Innovative Prüfdienstleistungen

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Friedhelm Walte
Projektleiter
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 30
friedhelm.walte@izfp.fraunhofer.de

Dr. Bernd Valeske
Leiter ZfP-Dienstleistungszentrum
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 89
bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de

Entwicklungszentrum Röntgentechnik
Development Center X-Ray Technology

Auftrag

Das Fraunhofer-Entwicklungszentrum für Röntgentechnik (EZRT) arbeitet seit acht Jahren als gemeinsame Abteilung der beiden Fraunhofer-Institute IZFP, Saarbrücken und IIS, Erlangen. Mittlerweile forschen und entwickeln in den Abteilungen in Fürth und Saarbrücken 33 Mitarbeiter auf dem Gebiet der industriellen Röntgentechnik.

Das Fraunhofer EZRT arbeitete zunächst an drei Standorten: in Saarbrücken, Erlangen und Fürth. Später kam der Standort Dresden hinzu.

Die Röntgenwissenschaftler des Institutsteils Dresden des Fraunhofer IZFP werden zukünftig unter der kooperativen Leitung der beiden Einrichtungen in der gemeinsamen Abteilung EZRT zusammenarbeiten. Damit können die bereits bestehenden Kompetenzen Röntgenbildverarbeitung, Computertomographie, Röntgensystementwicklung und -sensorik um die Fachgebiete »Diffraktometrie« und »direkt konvertierende Röntgensensoren« erweitert und abgerundet werden.

Am Standort Dresden des Fraunhofer EZRTist geplant, in enger Zusammenarbeit mit Sensorspezialisten neue, höchstauflösende Halbleiter-Röntgendetektoren zu entwickeln.

An den beiden Institutsstandorten Saarbrücken (IZFP) und Fürth (IIS) werden im Wesentlichen Forschungsarbeiten durchgeführt. Mit dem Dienstleistungszentrum des Fraunhofer IZFP Saarbrücken und dem Röntgenkompetenzzentrum in Fürth wurden regionale Kompetenzzentren realisiert. Diese beiden Zentren bieten die industriell umgesetzten Entwicklungsergebnisse des Fraunhofer EZRT zusammen mit Industriepartnern sowohl zur Demonstration aber auch zur schnellen Nutzung für Service und Applikationen an. Mit dieser Vorgehensweise wird die Röntgentechnik auch für klein- und mittelständische Unternehmen attraktiv gemacht. Firmen, die über die Technik nicht verfügen, können schnell und flexibel auf die unterschiedlichsten und neusten Röntgenmethoden für die Untersuchung ihrer eigenen Produkte zugreifen und sich so auch umfangreich und gezielt über den aktuellen Stand der Technik informieren.

Eine Reihe neuer Anwendungen für die Röntgentechnik (z. B. Volumen-Computertomographie in der Paläontologie und Archäologie) konnten auf diese Weise bereits erschlossen werden.

Ansprechpartner

IIS Erlangen
Dr. Randolf Hanke
Telefon: +49 (0) 9 11/9 70 37-11
hanke@iis.fraunhofer.de

Fraunhofer IZFP
Dr. Michael Maisl
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 25
michael.maisl@izfp.fraunhofer.de

Weiterentwicklung der Visualisierungs-Software »VolumePlayerPlus«

Ausgangssituation

Die 3-D-Computertomographie liefert bis zu 3 GByte große dreidimensionale Datensätze, die zur Beurteilung visualisiert werden müssen. Hierzu ist es erforderlich, Schnittbilder in beliebigen Ebenen und 3-D-Ansichten zur Darstellung von Details aus den vorhandenen Daten zu erzeugen.

Im Rahmen der Dienstleistung forderten Kunden die Möglichkeit der Darstellung und Auswertung von Volumendatensätzen im eigenen Haus. Daneben bestand der Bedarf zur automatischen Detektion von Lunkern und der Darstellung detektierter Fehler im Volumen. In die vorhandene Software konnte die automatische 3-D-Bildverarbeitung nicht mehr implementiert werden. Daher war die Visualisierungs-Software neu zu konzipieren.

Aufgabe

Schnelle Visualisierung von bis zu 3 GByte großen Volumendatensätzen der 3-D-CT

Visualisierung von Details in orthogonalen Ebenen

Modularer Aufbau, um auch nachträglich weitere Funktionsmodule zu integrieren

3-D-Visualisierung unter Ausnutzung moderner Grafikkarten

Integration der automatisierten 3-D-Bildverarbeitung

Visualisierung der Ergebnisse der Bildverarbeitung

Ergebnis

Folgende Funktionen sind in der Software implementiert:

Merkmale der Basisversion:

- Schichtweise Visualisierung von Bild- und Volumendaten
- Manuelle Bildanalyse mittels Histogramm, lokaler Statistik, Grauwertprofil, Lookup-Tabelle, Vermessungstool
- Generierung von Volumendaten als Bildsequenz
- Verknüpfung von Ansichten
- Verarbeitung von 8-Bit, 16-Bit und Fließkommawerten

Merkmale des Moduls Lunkeranalyse:

- Automatische Detektion von Lufteinschlüssen, Lunkern und Porositäten
- Ausgabe eines Prüfprotokolls im ASCII-Format

Merkmale des Moduls 2-D-Bildverarbeitung:

- Rauschunterdrückung
- Strukturanhebung
- Kanten- und Strukturextraktion
- Logische Bildkombinationen
- Morphologische Operatoren
- Schwellwertbinarisierung

Merkmale des Moduls 3-D-Visualisierung:

- Echtzeitmanipulation des dargestellten Volumens (schnelles Drehen und Zoom)
- Verschiedene 3-D-Darstellungsmodi (u.a. flexible Transparenzeinstellung)
- Overlaymöglichkeit
- 3-D-Ansicht mit Rot-Grün-Brille

Merkmale des Moduls STL:

- Generierung von STL-Daten aus Voxeldaten
- Reduktion von Dreiecken in den generierten STL-Daten

Auftraggeber

Fraunhofer EZRT-intern

Stichworte

3-D-CT,
Visualisierung,
Software,
Lunkeranalyse

Ansprechpartner

Fraunhofer IZFP, Saarbrücken
Dr. Michael Maisl
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 25
michael.maisl@izfp.fraunhofer.de

Fraunhofer IIS, Erlangen
Dipl.-Ing. Steven Öckl
Telefon: +49 (0) 9 11/58 06 1-75 44
okl@iis.fraunhofer.de

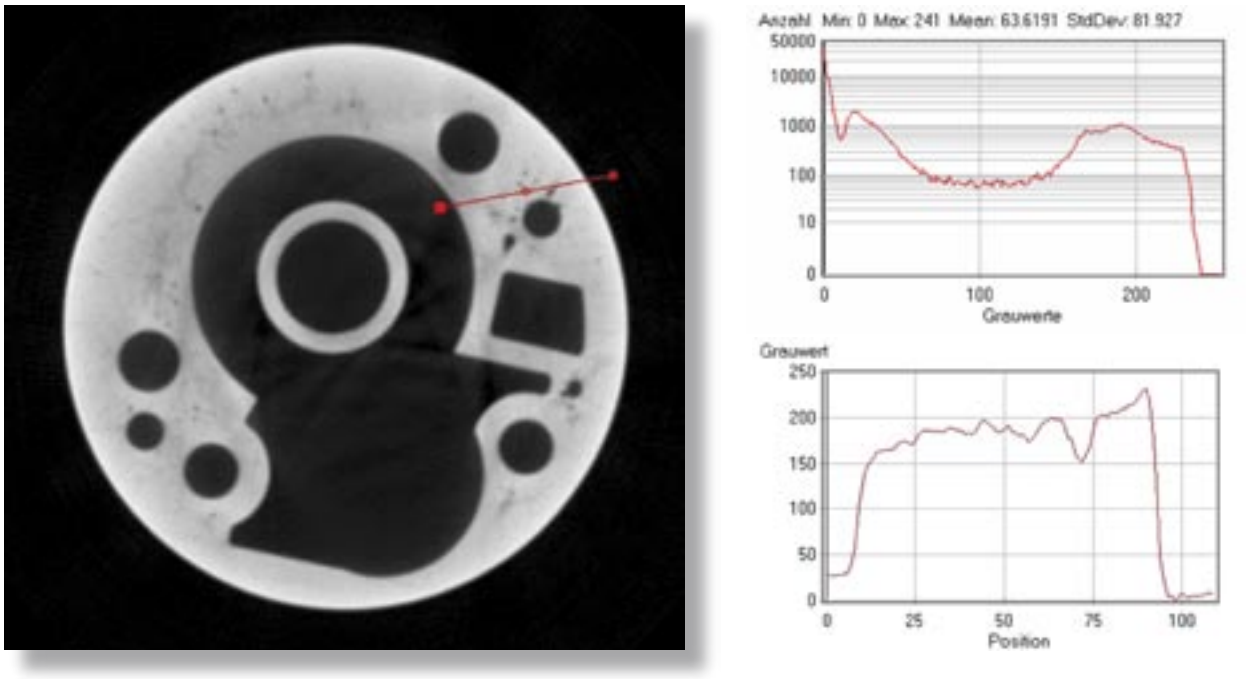


Abb. 1: Schicht eines Gussteils mit Linienmarkierung. Rechts oben: Histogramm der Schicht in logarithmischer Darstellung. Rechts unten: Zur Linienmarkierung zugehöriges Grauwertprofil

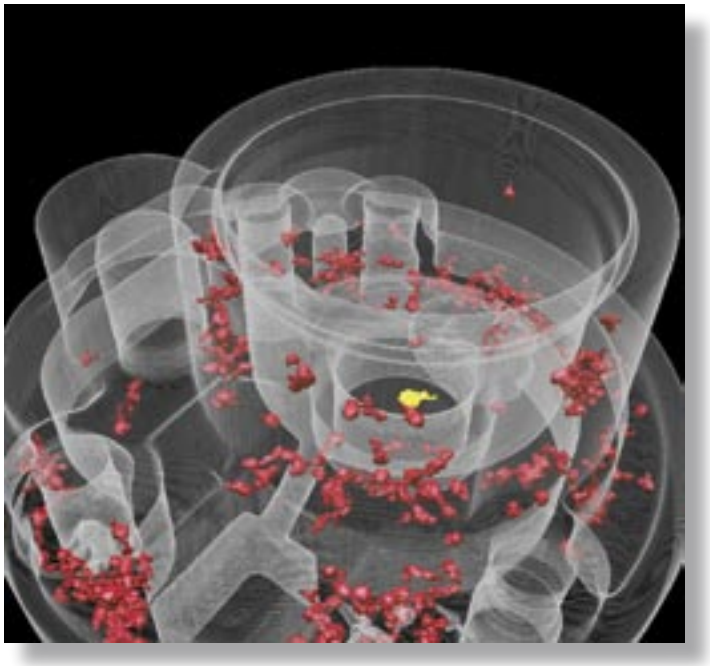
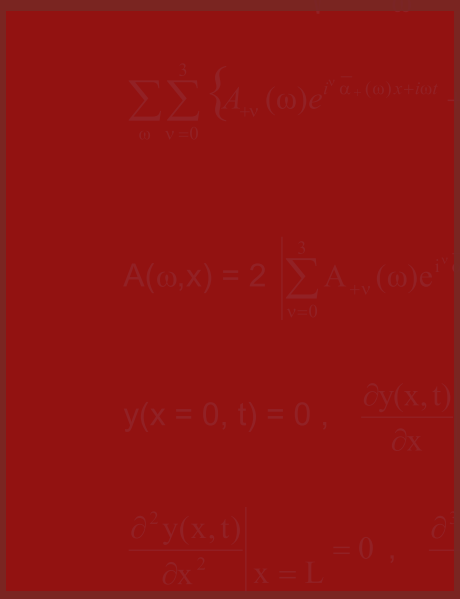


Abb. 2: Visualisierung von zwei- und dreidimensionalen Grauwertbilddaten mit Lunkeranalyse

Grundlagen der ZfP
Basic Research



Auftrag

Die Entwicklung zerstörungsfreier Prüfverfahren für industrielle Anwendungen erfordert ein detailliertes Verständnis der physikalischen Effekte und werkstoffwissenschaftlichen Zusammenhänge, die den Verfahren zur Prüfung und Charakterisierung von Werkstoffen und Komponenten zugrunde liegen. Anwendungsorientierte Grundlagenforschung ist daher eine unverzichtbare Notwendigkeit, um mit der werkstoffwissenschaftlichen Entwicklung Schritt zu halten und für die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) nutzbare physikalische Effekte zu erforschen, auf ihrer Basis neue Techniken zu entwickeln und in Form von kommerziell verwertbaren Systemen zur Anwendungsreife zu bringen.

Die zerstörungsfreien Prüfverfahren nutzen unter anderem Ultraschall, Wirbelstrom, Magnetismus, Radiographie, Thermographie und Optik.

Eine hohe räumliche Auflösung gewinnt mit immer kleiner werdenden Bauteilen aus der Mikrosystemtechnik, Medizintechnik und Elektromechanik sowie mit dem Einsatz neuer Werkstoffe mit charakteristischen Strukturparametern im Mikro- und Nanometerbereich (z. B. grenzflächenbestimmte oder nanokristalline Materialien) zunehmend an Bedeutung. Eine Steigerung der Ortsauflösung kann durch Entwicklung und Anwendung mikroskopischer Verfahren erreicht werden. Die Rastersondenmikroskopie ermöglicht sogar, Probenoberflächen oder oberflächennahe Bereiche mit einer Ortsauflösung abzubilden, die nicht mehr durch die Wellenlänge der abbildenden Strahlung begrenzt ist.

Zur Entwicklung der physikalischen Grundlagen für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung und -charakterisierung tragen Diplom- und Doktorarbeiten, die auf den Gebieten der Angewandten Physik, Werkstoffwissenschaften, Elektrotechnik, Elektronik, Mechatronik und Informatik angefertigt werden, in erheblichem Umfang bei, insbesondere dann, wenn neue Arbeitsgebiete erschlossen werden sollen. Der Enge Kontakt mit den Hochschulen des Saarlandes und die Beteiligung an der Lehre in Form von Vorlesungen und Praktika, die den Studenten die Aufgabenstellungen der ZfP nahe bringen und das Interesse daran wecken, sorgen für ausreichenden studentischen Nachwuchs.

Im Rahmen von öffentlich geförderten Projekten sowie in Forschungsaufträgen und Studien für die Industrie werden zurzeit folgende Themenschwerpunkte bearbeitet:

- Akustische Methoden
- Ultraschallstreuungsverfahren
- Nichtlineare Ultraschallspektroskopie und verwandte Methoden
- Akustische Mikroskopie (Scanning Acoustic Microscopy, SAM)
- Laserultraschallverfahren
- Modellierung der elastischen Wellenausbreitung
- Ultraschallkraftmikroskopie
- Akustische Kraftmikroskopie (Atomic Force Acoustic Microscopy, AFAM)
- Ultraschall-Piezo-Mode
- Ultraschallreibungsmikroskopie
- Thermische Methoden
- Thermographie
- Rekonstruktionsalgorithmen zur Ermittlung von Geometriedaten (Restwandstärken)

Ansprechpartner

Prof. Dr. Walter Arnold
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 44
walter.arnold@izfp.fraunhofer.de

Nichtlineare Kontaktresonanzspektroskopie mit dem Ultraschall-Kraftmikroskop

Ausgangssituation

In der Ultraschall-Kraftmikroskopie werden Ultraschallfelder mit der Sensorspitze einer Kraftmikroskop-blattfeder detektiert und zur Abbildung elastischer Materialeigenschaften von Probenoberflächen genutzt /1, 2/. Die Schallwellen werden von den zwischen Spitze und Probe wirkenden Kräften übertragen, sodass umgekehrt ihre Bestimmung aus gemessenen Blattfederschwingungen möglich ist. Verschiedene physikalische Kräfte mit unterschiedlichen Abstandsabhängigkeiten tragen zur Kraftkurve bei. Daher ist sie eine nichtlineare Funktion des Abstandes.

Kraftmikroskop-Blattfedern sind kleine Balken. Sie können Biege- und Torsionsschwingungen ausführen und besitzen durch Geometrie und Material festgelegte Resonanzfrequenzen /2/, die bei handelsüblichen Sensoren im Ultraschall-Frequenzbereich liegen. Ist die Sensorspitze der Blattfeder in Kontakt mit einer Probe, modifizieren die Wechselwirkungskräfte zwischen Spitze und Probe die Randbedingungen der schwingenden Blattfeder und damit auch die Resonanzfrequenzen und die Dämpfung. Am Fraunhofer IZFP werden Ultraschall-Biegeschwingungen /1, 2/ und Torsionsschwingungen /3, 4/ des Federbalkens zur Abbildung von Probenoberflächeneigenschaften genutzt. Schallwandler unter der Probe emittieren longitudinale oder transversale Ultraschallwellen in die Probe und erzeugen so Vertikal- oder Lateralschwingungen der Probenoberfläche. Diese werden dann über den Kontakt der Spitze mit der Probe auf die Blattfeder übertragen. Abhängig von der Orientierung des Federbalkens und der Richtung der Oberflächenauslenkung werden Biege- oder Torsionsmoden im Balken angeregt. Der Kontakt zwischen Sensorspitze und Probe bewirkt, dass

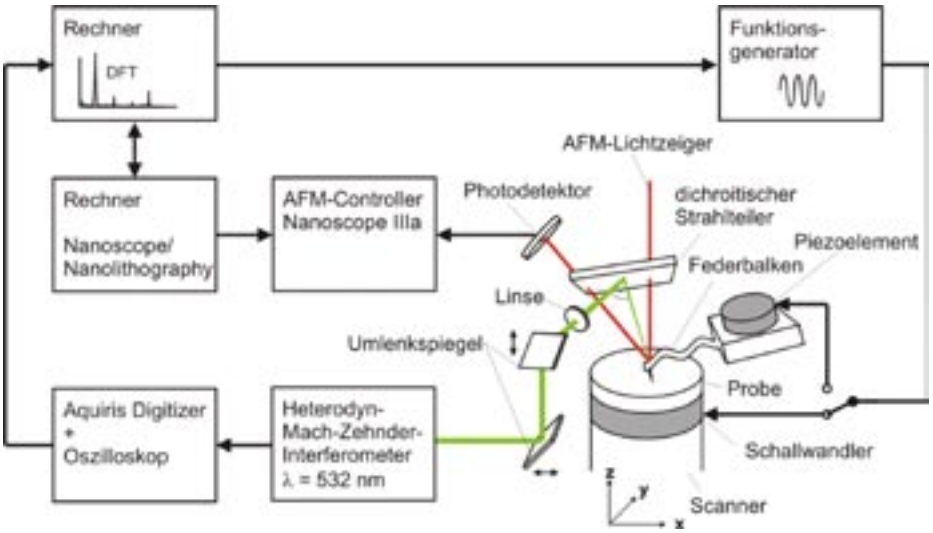


Abb. 1: Schematischer Versuchsaufbau zur Messung der nichtlinearen Schwingungsspektren von Kraftmikroskop-Blattfedern bei Probenkontakt. Für die Messungen wurde ein kommerziell erhältliches Rasterkraftmikroskop mit einem am Fraunhofer IZFP entwickelten Prototypen eines Heterodyn-Mach-Zehnder-Interferometers kombiniert.

z. B. Amplitude, Phase oder Resonanzfrequenz der Blattfederschwingungen Informationen über lokale mechanische Eigenschaften der Probenoberfläche enthalten und als akustische Abbildungsparameter genutzt werden können.

In dem am IZFP entwickelten Verfahren »Kontaktresonanzspektroskopie« /1, 2/ werden mit linearer Näherung der Kraftkurve um einen Arbeitspunkt Blattfederbiegeschwingungen quantitativ ausgewertet und eine elastische Konstante der Probenoberfläche bestimmt. Diese Näherung ist für kleine Schwingungsamplituden von Probenoberfläche und Blattfeder und hohe statische Auflagekräfte gültig. In der linearen Kontaktresonanzspektroskopie wird zunächst die Kontaktsteifigkeit zwischen Sensorspitze und Probe gemessen. Aus dieser kann dann mit Hilfe der Hertz'schen Kontakttheorie der lokale Indentationsmodul der Probenoberfläche berechnet werden, wenn die Geometrie und die Materialeigenschaften der Sensorspitze bekannt sind.

Aufgabe

Ziel des DFG-Vorhabens war die Erweiterung des Verfahrens, sodass auch aus nichtlinearer Kraftübertragung resultierende Blattfederschwingungen quantitativ ausgewertet werden können. Der Messaufbau wurde mit einem kommerziellen Kraftmikroskop realisiert und mit Steuer-, Mess- und Auswerteprogrammen versehen. Die Kombination des Kraftmikroskops mit einem Heterodyn-Interferometer ermöglichte erstmals, die Schwingungsmoden einer Blattfeder im Kontakt mit einer Probe abzubilden. Abb. 1 zeigt die Prinzipskizze des experimentellen Aufbaus /5/. Abb. 2 stellt ein mit diesem Aufbau erzieltes Messergebnis dar, nämlich Amplitude (links) und Phase (rechts) der verschiedenen Frequenzanteile einer Federbalken-Schwingung bei Kontakt mit einer Keramikprobe. Die Amplituden und Phasen in Abhängigkeit des Ortes wurden aus den Punkt für Punkt aufgezeichneten Schwingungsspektren des Balkens ermittelt. Als Anregungs-

frequenz wurde die zweite Kontaktresonanz f = 175 kHz gewählt, deren Schwingungsamplitude und -phase ganz oben gezeigt ist. Nachfolgend sind die durch die Nichtlinearität der Kontaktkraft erzeugten höheren Harmonischen, beginnend bei der ersten bis ganz unten zur fünften, dargestellt. Der abgerasterte Bereich ist in µm angegeben, die Schwingungsamplitude in nm und die Phase in rad. Die Schrittweite betrug 5 µm.

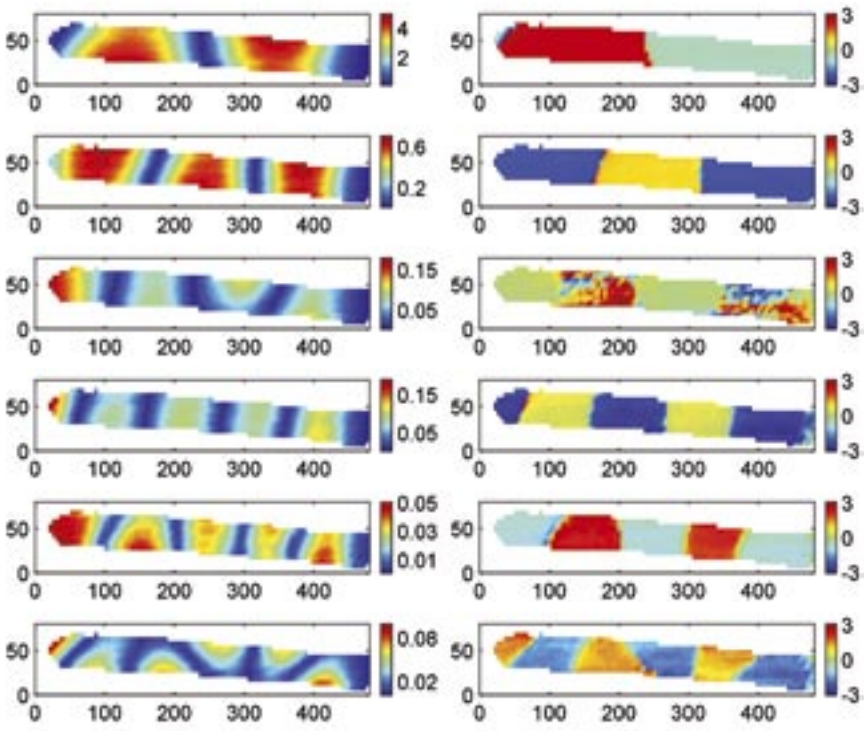


Abb. 2: Amplitude (links) und Phase (rechts) eines Federbalkens in Kontakt mit einer Keramikprobe. Der Federbalken war aus einkristallinem Silizium, Abmessungen 2,2 × 49 × 451 µm (Dicke × Breite × Länge). Amplituden und Phasen in Abhängigkeit des Ortes wurden aus den Punkt für Punkt aufgezeichneten Schwingungsspektren ermittelt. Als Anregungsfrequenz wurde die zweite Kontaktresonanz f = 175 kHz gewählt, deren Schwingungsamplitude und -phase ganz oben gezeigt ist. Nachfolgend sind die höheren Harmonischen, beginnend bei der ersten bis ganz unten zur fünften, dargestellt. Der abgerasterte Bereich ist in µm angegeben, die Schwingungsamplitude in nm und die Phase in rad. Die Schrittweite betrug 5 µm.

Zur Rekonstruktion der Wechselwirkungskräfte zwischen Sensorspitze und Probe aus den gemessenen Spektren der im Probenkontakt schwingenden Blattfeder wird ein am Fraunhofer IZFP vorgeschlagenes Verfahren der nichtlinearen Kontaktresonanzspektroskopie /6/ genutzt. Ausgangspunkt der Theorie ist die Differentialgleichung der Biegeschwingungen eines rechteckigen AFM-Federbalkens konstanten Querschnitts. Die Übertragung von Ultraschallschwingungen einer Probe über die Kraftwechselwirkung mit der Sensorspitze auf den Federbalken wird für jede Frequenz getrennt betrachtet. Die resultierenden frequenzabhängigen Übertragungsfunktionen, die die Schwingungseigenschaften des Balkens widerspiegeln, überlagern sich linear mit der jeweiligen Anregungsamplitude gewichtet zu dem Schwingungssignal der Blattfeder. Diese Auswertung entspricht einer Entfaltung des Zeitsignals des Federbalkens, sodass seine Schwingungseigenschaften, die in der Übertragungsfunktion enthalten sind, und die Ultraschallanregung in der Probe von den Ultraschall übertragenden Kräften zwischen Sensorspitze und Probe getrennt werden können. Das Verfahren erfordert keine a priori Annahmen über die Form oder die funktionale Beschreibung der Kraftkurve.

Der experimentelle Aufbau (Abb. 1) erlaubt, zusätzlich jeweils die die Blattfeder zur Schwingung anregende Probenoberflächenschwingung zu messen. Dadurch kann die Wechselwirkungskraft, die man zunächst in Abhängigkeit vom Anregungssignal als Zeitsignal erhält, in eine Funktion des Abstands zwischen Sensorspitze und Probe umgerechnet werden. Abb. 3 zeigt die aus Schwingungen des Federbalkens an unterschiedlichen Arbeitspunkten des Kraftmikroskops (0,1 V, 0,5 V, 1 V und 1,5 V) rekonstruierten Kraft-Hystereseschleifen für jeweils vier verschiedene Amplituden der anregenden Wechselspannung. Die Kräfte sind als Funktion des dynamischen Anteils des Abstandes zwischen Sensorspitze und Probe ohne den mittleren (quasi-statischen) Abstand aufgetragen. Die Änderung des quasi-statischen Anteils durch die Beschallung ist messtechnisch nicht zugänglich, weil das Kraftmikroskop während der Messung die mittlere Auslenkung des Federbalkens automatisch nachregelt. Abb. 4a zeigt ein Beispiel einer aus den Extrempunkten der in Abb. 3 gezeigten Hystereseschleifen, bei denen die Relativgeschwindigkeit zwischen Sensorspitze und Probenoberfläche gleich Null wird, rekonstruierten »quasi-statischen« Kraftkurve. Nimmt man an, dass in dem erfassten Bereich im Kontakt der Anstieg der Kräfte näherungsweise linear mit dem Eindringen der Spitze in die Probe erfolgt, kann der Abstand zwischen Sensorspitze und Probenoberfläche bzgl. seines quasi-statischen Anteils korrigiert werden, und man erhält die in Abb. 4b gezeigte Kraftkurve.

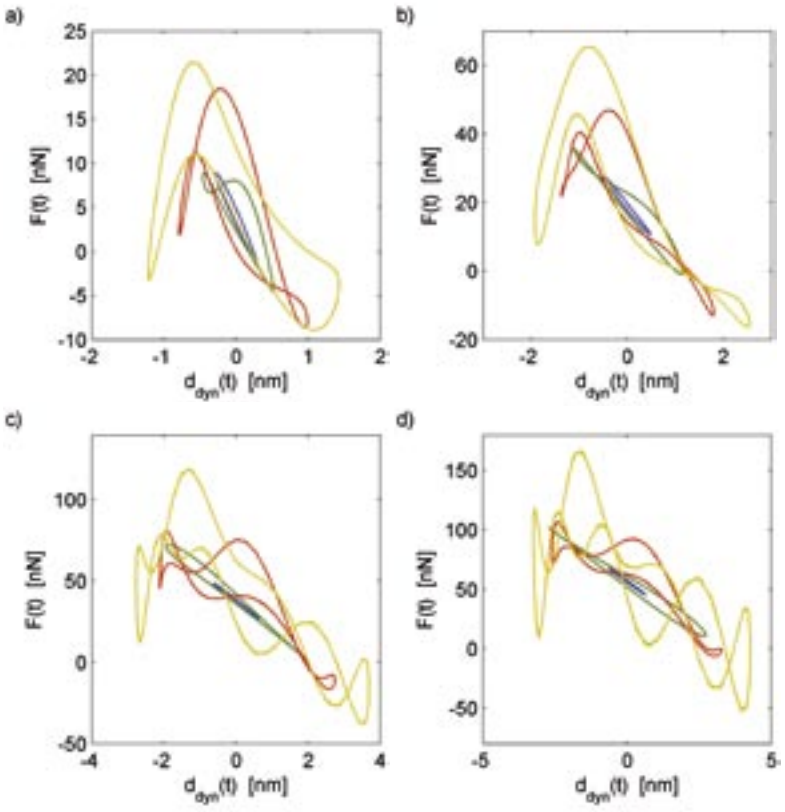


Abb. 3: Rekonstruierte Kraft-Hystereseschleifen für die folgenden Beispiele: Schwingungen des Federbalkens bei unterschiedlichen Arbeitspunkten des AFM (a) 0,1 V, b) 0,5 V c) 1 V, d) 1,5 V)) jeweils bei vier verschiedenen Amplituden der Wechselspannungsanregung (0,5 Vpp (blau), 2 Vpp (grün), 5 Vpp (rot), 10 Vpp (gelb)). dyn(t) ist der dynamische Anteil des Abstandes zwischen Sensorspitze und Probe ohne den mittleren (quasi-statischen) Abstand.

Ergebnis

In dem Vorhaben gelang es erstmals, das Schwingungsverhalten einer Kraftmikroskop-Blattfeder im Kontakt mit einer Probe aufzuzeichnen. Zusätzlich konnte die die Blattfeder zur Schwingung anregende Probenoberflächenschwingung gemessen werden. Dadurch war es möglich, mit Hilfe der zuvor bestimmten frequenzabhängigen Übertragungsfunktionen, die durch die Blattfedereigenschaften bestimmt sind, die zwischen einer Probenoberfläche und der Sensorspitze eines Kraftmikroskop-Federbalkens wirkenden Kräfte zu rekonstruieren. Geeignete physikalische Kraftmodelle können dann zusätzlich zum Indentationsmodel die Bestimmung weiterer lokaler Eigenschaften der Probenoberfläche ermöglichen.

/1/ U.Rabe and W.Arnold, Appl. Phys. Lett. 64, 1493-1495 (1994).
/2/ U. Rabe, K. Janser, and W. Arnold, Rev. Sci. Instrum. 67, 3281-3293 (1996).
/3/ V. Scherer, „Ultraschall-Kraftmikroskopie mit Lateraler Anregung," Dissertation, Naturwiss. Technische Fakultät III, Universität des Saarlandes, 2002.
/4/ M. Reinstädtler, „Elastische und tribologische Oberflächencharakterisierung auf der Nanoskala mittels Torsions- und Lateralmoden von Sensorbalken der Rasterkraftmikroskopie", Dissertation, Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, 2005 und IZFP-Bericht 050112-TW.
/5/ S. Hirsekorn, D. Rupp, U. Rabe, W. Arnold, „Quantitative Auswertung nichtlinearer Ultraschall-Kontaktresonanzspektren zur Bestimmung der Kraftkurve zwischen der Sensorspitze einer schwingenden Kraftmikroskop-Blattfeder und einer Probe", IZFP-Bericht 060204-TW, 2006.
/6/ S. Hirsekorn, „A Spectral Analysis Technique to Evaluate the Interaction Forces in Dynamic Atomic Force Microscopy", unveröffentlicht (2002).

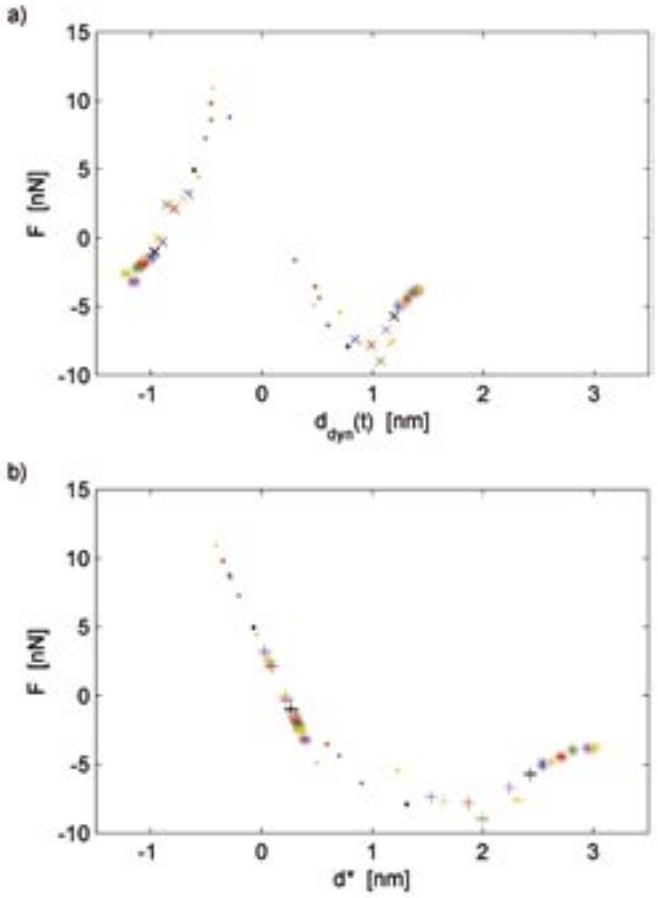


Abb. 4: In a) sind die aus den Kraft-Hystereseschleifen des Balkens bestimmten Extrempunkte (Relativgeschwindigkeit zwischen Sensorspitze und Probenoberfläche gleich Null) bei einem Arbeitspunkt von 0,1 V aufgetragen, b) stellt die aus diesen Punkten bestimmte Kraftkurve F(d*) dar, d* ist der näherungsweise mit dem quasi-statischen Anteil korrigierte Abstand zwischen Sensorspitze und Probe.

Auftraggeber

DFG

Stichworte

Adhäsion,
Hysterese,
Kontaktkräfte, Kontaktresonanz,
Kraftmikroskopie,
Spektroskopie,
Ultraschall

Ansprechpartner

Dr. Sigrun Hirsekorn
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 36
sigrun.hirsekorn@izfp.fraunhofer.de

Mitarbeit in Fachausschüssen und Gremien, Herausgeber von Fachzeitschriften

Die Mitarbeiter des Instituts sind in zahlreichen nationalen und internationalen Fachausschüssen und Fachgremien tätig. Insbesondere seien die nachfolgenden genannt:

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Werkstoffausschuss des Vereins der Deutschen Eisenhüttenleute, Unterausschuss für zfP und Messtechnik, Gast

Fördergemeinschaft Dünne Schichten e. V., Mitglied

AMA Fachverband für Sensorik e. V., Wissenschaftsrat

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult. Michael Kröning

Beirat der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP)

Mitglied der International Working Group (IWG) for Transitional Initiatives, Como, Italien

Eurasische Gumilyov Nationaluniversität (ENU), Verantwortlicher Berater für den Aufbau des Promotionsstudienganges Physik

Indian Society for Non Destructive Testing (ISNT), Ehrenmitglied

Indian National Academy of Engineering (INAE), Ehrenmitglied

FhG Representative Office, Moskau, Vorsitzender des Beirats

Labor für Optische Diagnose LOD, Minsk, Mitglied im wiss. Beirat

Dr. Gerd Dobmann

International Institute of Welding, Commission V »NDT and Quality Assurance« und Subcommission VE, Chairman und Deutscher Delegierter

Fachausschuss für zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), stv. Obmann

Fachausschuss für Ultraschallprüfung (DGZfP) , stv. Obmann

Unterausschuss Bewehrungsnachweis im Fachausschuss für zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen der DGZfP, Obmann

Arbeitskreis Saarbrücken der DGZfP, Obmann

Arbeitsgruppe Q3 Qualitätssicherung von Schweißarbeiten, Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V., DVS

Unterausschuss für zerstörungsfreie Prüfung und Messtechnik VDEh

Indian Society for Non Destructive Testing (ISNT), Ehrenmitglied

Fachzeitschrift »NDT International«, Mitherausgeber

Dipl.-Ing. Siegfried Kraus

Arbeitskreis Wirtschaft AKW, Vorsitzender

Dr. Udo Netzelmann

Fachausschuss Thermographie der DGZfP

Fachausschuss Materialcharakterisierung der DGZfP

Fachausschuss 10 »Mikroverbindungstechnik« DVS

Dr. Iris Altpeter

Fachausschuss Materialcharakterisierung der DGZfP

Fachausschuss Mikrosystemtechnik, Deutscher Verband für Materialprüfung DVM, Arbeitsgruppe Zerstörungsfreie Prüfung

Dr. Eckhardt Schneider

Fachausschuss Texturen, Deutsche Gesellschaft für Materialkunde, DGM

Fachausschuss 13 Eigenspannungen, Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung

AK 33 Experimentelle Verfahren zur Bestimmung von Eigenspannungen der VDI/VDE-GMA Gesellschaft Experimentelle Strukturanalyse (GESA); Leiter des Arbeitskreises

DGZfP Arbeitskreis Saarbrücken, stv. Obmann des AK

DGZFP Arbeitskreis Luftfahrt, stv. Leiter

Prof. Dr. Walter Arnold

Auswahlausschuss Alexander von Humboldt-Stiftung, Bonn

Wissenschaftlicher Beirat des Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Mexiko

Indian Society for Non Destructive Testing (ISNT), Ehrenmitglied

Wissenschaftlicher Beirat des Laboratoire Ondes et Acoustique, Universität Paris VII

Institute of Physics, London, Fellow

Fachausschuss 8 »Klebtechnik« des DVS

BMBF-Kompetenzzentrum Nanoanalytik

Fachzeitschrift »Non-Destructive Evaluation«, Mitherausgeber

Fachzeitschrift »Research in Nondestructive Evalution«, Mitherausgeber

Fachzeitschrift »Inverse Problems«, Mitherausgeber

Wissenschaftlicher Beirat, Laboratoire de Mécanique Physique, Université Bourdeaux 1

Mitglied des Steering Committee Ecole Européen de Genié des Matériaux, Barcelona, Nancy, Lulea, Saarbrücken

Dr. Michael Maisl

Arbeitsgruppe Bildverarbeitung und Unterausschuss CT im Ausschuss für Durchstrahlungsprüfung mit Strahlenschutz der DGZfP

Dipl.-Ing. Bernd Rockstroh

Deutscher Lenkungsausschuss ENIQ (European Network for Inspection Qualification)

Fachausschuss Zerstörungsfreie Prüfung im Eisenbahnwesen der DGZfP

Dipl.-Ing. André Yashan
Dipl.-Ing. Friedhelm Walte

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Materialprüfung (NMP)
Arbeitsausschuss NMP 824 »Elektrische und magnetische Prüfverfahren«

Dr. Gerd Dobmann
Prof. Dr. Walter Arnold
Dr. Eckhardt Schneider
Prof. Dr. Jürgen Schreiber

Fachausschüsse Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS

Dr. Sigrun Hirsekorn

Fachverband Akustik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Vorsitzende

World Congress on Ultrasonics WCU, Mitglied des Steering Committee

DAGA, als Vertretung der DPG Mitglied des Beirats

Fachzeitschrift »Ultrasonics«, Mitherausgeberin

Dr. Bernd Valeske

Fraunhofer-Strategiekreis Fügetechnik
Fachausschuss 8 »Klebtechnik« des DVS

Fachausschuss 11 »Kunststoff-Fügen« des DVS

Dipl.-Ing. Steffen Bessert

Fachausschuss »Zerstörungsfreie Prüfung im Eisenbahnwesen« der DGZfP

Dr. Bernd Wolter

Arbeitskreise »Fertigungstechnik« und »Werkstoffe« der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (FVA)

DVS-Forschungsvereinigung
Fachausschusses 6 – Strahlverfahren

Martin Stenger M.A.

Fachausschuss Wissensmanagement
Arbeitskreis Wirtschaft e. V.

Dipl.-Ing. Karina Eichhorn

Arbeitsgruppe QM und QS des VDI

Arbeitsgruppe Werkstofftechnik des VDI

Prof. Dr. Norbert Meyendorf

Öffentlichkeitsarbeit des Materialforschungsverbundes Dresden e. V.

Innovationszentrum Bahntechnik Europa e. V.

American Society for Nondestructive Testing

Fachausschüsse Zustandsüberwachung, Matererialcharakterisierung und ZfP in der Luftfahrt der DGZfP

Materials Research Society

Silicon Saxony e. V.

SPIE

EUCEMAN

Prof. Dr. Jürgen Schreiber

Vorstandsrat der deutschen physikalischen Gesellschaft

Kompetenzzentrum Nanotechnologie Dresden

Fachausschuss 2 »Spritz-Schichten« des DVS

AWT (AG Wärmebehandlung und Werkstofftechnik), AK Eigenspannungen, AK Nichteisenmetalle

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V.
EFDS, Sächs. Arbeitskreis Halbleiter und Halbleitertools EFDS
Materials Research Society

AK Öffentlichkeitsarbeit des Materialforschungsverbundes Dresden e. V.

Dr. Dieter Hentschel

Innovationszentrum Bahntechnik Europa e. V.

Fachausschüsse Zustandsüberwachung, ZfP in der Luftfahrt der DGZfP

Bernd Frankenstein

Arbeitsgemeinschaft Match-X im VDMA

VDE AK Mess- und Automatisierungstechnik

Sächsischer Arbeitskreis Elektronik-Technologie (VDE/VDI)

Fachausschuss Zustandsüberwachung der DGZfP

Dr. Beatrice Bendjus

AK Wärmebehandlung und Werkstofftechnik Chemnitz/Freiberg

Arbeitskreis BioAVT

Dr. Bernd Köhler

Arbeitskreis Erstellung Impakt-Echo-Merkblatt der DGZfP

Fachausschuss Ultraschall und Unterausschuss Theoretische Modelle für die Praxis der US-Prüfung der DGZfP

Dr. Horst Kühnicke

DGZfP-Firmenvertretung

Hochschullehrerausschuss der DGZfP

Fachausschuss Schallemissionsprüfung der DGZfP

Klaus-Jochen Fröhlich

Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e. V., UA 4.1 Holztrocknung

Dr. Uwe Fiedler

AK Öffentlichkeitsarbeit des Materialforschungsverbundes Dresden e. V.

Dr. Axel Berthold

Arbeitskreis FuE des Silicon Saxony e. V.

AMA Fachverband für Sensorik e. V., Wissenschaftsrat

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Henning Heuer

Arbeitskreise FuE und Europäisches Testhaus des Silicon Saxony e. V.

Dr. Peter Blüthgen

Fachverband Elektronikdesign e. V. (FED)

Dr. Frank Schubert

Fachausschuss Ultraschall der DGZfP

Schülerpraktika

Das Fraunhofer IZFP fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs durch regelmäßig stattfindende Schülerpraktika für die Klassenstufen 9-10 an den weiterführenden Schulen im Saarland. Außerdem bietet das Fraunhofer IZFP Möglichkeiten im Rahmen des Programmes »Oberstufen-Schüler forschen«. Gymnasiasten mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Leistungskursen können am Institut eine besondere Lernleistung erbringen, die als abgestufte Abiturnote in die Bewertung der allgemeinen Hochschulreife einfließt.

Ansprechpartner zu den Schülerpraktika:
Dr.-Ing. Bernd Valeske / Jürgen Maurer
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 11
bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de

Lehrveranstaltungen und Kurse

Lehre

Die Beteiligung an der Lehre und der wissenschaftlichen Ausbildung im Fachbereich Werkstoffwissenschaften der Universität des Saarlandes und der »École Européenne d'Ingénieurs en Génie des Matériaux« (EEIGM), Nancy ist ein wesentlicher Bestandteil der wissenschaftlichen Aufgabenstellung und des Institutskonzeptes.

Vorlesungen

Prof. Dr. Walter Arnold
Grundlagen und Anwendung der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und Qualitätssicherung, Teil I
Sommersemester 2005

Grundlagen und Anwendung der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und Qualitätssicherung, Teil II
Wintersemester 2005/06

Röntgen-Prüfverfahren
Sommersemester 2005

Dr. Sigrun Hirsekorn
Akustische Abbildungsverfahren
Sommersemester 2005

Dr. Ute Rabe
Methodik II
Wintersemester 2005/06

Prof. Dr. Norbert Meyendorf
Materials Engineering Graduate Programme, University of Dayton / Ohio, Department of Materials Engineering:
Non-destructive Evaluation
Sommersemester 2005

Welding and Joining Technologies
Sommersemester 2005

Seminare

Prof. Dr. Walter Arnold
Dr. e. h. Gerd Dobmann
Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Michael Kröning
Physikalische Probleme der zerstörungsfreien Prüfverfahren
Sommersemester 2005
Wintersemester 2005/06

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Michael Kröning
Anleitung zur selbständigen wissenschaftlichen Tätigkeit für Diplomanden - und Doktoranden
Wintersemester 2005/06

Praktika

Priv.-Doz. Dr. Martin Spies
Zerstörungsfreie Prüfverfahren Teil I und Teil II
Sommersemester 2005
Wintersemester 2005/06

Fortgeschrittenen Praktikum Metalle
Sommersemester 2005

ZfP und Qualitätssicherung für Angehörige des Graduiertenkollegs
Wintersemester 2005/06

Weiteres 2005

Dipl.-Ing. (FH) C. Weingard
»Praktikum Elektrotechnik«, Fachhochschule HTW

Dipl.-Ing. (FH) R. Moryson
»Software Engineering«, Fachhochschule HTW

Dipl.-Ing. R. Brinette
»Qualitätsmanagement«, Berufsakademie ASW

Dr.-Ing. B. Valeske
»Werkstoffkunde«, Berufsakademie ASW

Dipl.-Ing. F. Walte / J. Maurer
»Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung«, Berufsakademie ASW

Personalzertifizierung für innovative Prüftechniken am Fraunhofer IZFP

Beitrag des IZFP

Am Fraunhofer IZFP werden innovative Prüfsysteme für die industrielle Qualitätssicherung entwickelt. Die neuartigen, modernen Prüfverfahren werden von dem nach DIN EN ISO / IEC 17025 akkreditierten Prüflabor validiert und auf Wunsch für die speziellen Aufgabenstellungen des Kunden maßgeschneidert.

Auftragsprüfungen können mit diesen neuesten zerstörungsfreien Prüftechniken am Dienstleistungszentrum des Fraunhofer IZFP oder vor Ort durchgeführt werden. Daneben kann das Prüfpersonal des Kunden selbstständig den Umgang mit diesen innovativen Verfahren erlernen und im eigenen Unternehmen nutzen.

Um das Personal im Umgang mit den neuen Prüftechniken auszubilden und auch zu qualifizieren, hat das Institut gemeinsam mit VECTOR und SECTOR Cert ein Programm zur Personalzertifizierung aufgelegt, in dem entsprechend EN 473 einwöchige Kurse angeboten und mit Zertifikat bescheinigt werden. Auf ähnliche Art wirken die Prüfingenieure und Wissenschaftler des Instituts seit Jahren auch in der Personalqualifizierung bei der DGZfP mit.

SECTOR Cert bietet zu seinen UT2-Kursen Ergänzungskurse, in denen neue Techniken der Ultraschallprüfung gelehrt und mit einer Personalzertifizierung abgeschlossen werden. Als Personalzertifizierer und ZfP-Schule ist Sector Cert darauf angewiesen, dass technische Neuerungen von außen an sie herangetragen werden. Gerade deshalb ist die Verbindung mit dem Fraunhofer-Institut besonders wertvoll und willkommen. In dem Kurs werden auch Anwender und Gerätehersteller einbezogen, sodass sowohl Neutralität in der Darstellung der Sachverhalte als als auch ein guter Überblick über die Techniken gewährleistet ist. Der Kurs schließt mit einer Qualifizierungsprüfung ab, die mit einem Zertifikat entsprechend EN 473 belegt werden kann.

Gruppenstrahler-Technik

Ultraschall-Spezialkurs Gruppenstrahlertechnik

Zielgruppe / Voraussetzung:
Prüfer mit UT2-Qualifikation (EN 473) und entsprechender Berufserfahrung

Kurzbeschreibung:
Der Kurs vermittelt die Grundlagen der Gruppenstrahlertechnik, die zunehmend Anwendung bei Ultraschallprüfungen findet, z. B. im Bereich der wiederkehrenden Prüfung von Industrieanlagen und Komponenten der Verkehrstechnik sowie bei der Fertigungsprüfung, überwiegend von Metallerzeugnissen.

Gruppenstrahlerprüfköpfe lassen sich ohne aufwändige Prüfmechanik sehr einfach auf unterschiedlichste Prüfsituationen anpassen. Die Einschallwinkel und der Fokusbereich eines Prüfkopfes sind elektronisch steuerbar (d. h. variabel einstellbar). Anstelle vieler, unterschiedlicher Einzelprüfköpfe kann mit der Gruppenstrahlerprüfung dieselbe oder eine erhöhte Messinformation in nur einem Scan aufgezeichnet werden. Mehrere Einschallwinkel können in einem einzigen Prüfvorgang simultan erfasst werden. Im Ergebnis erhält der Anwender schärfere Prüfaussagen bei kürzeren Prüfzeiten. Spezielle softwaregestützte Analysetechniken erlauben eine bildgebende Ergebnisdarstellung (2-dimensional, z. T. quasi-3-D). Die Gruppenstrahler-Technik ist sowohl für die Handprüfung als auch für die automatisierte Prüfung geeignet und erschließt dort neue Prüflösungen, wo die konventionelle Ultraschalltechnik an ihre Grenzen stößt.

Programm:
1. Wiederholung der Grundlagen der Ultraschallprüfung (Stufe 2 Niveau)
2. Prinzip der Gruppenstrahlertechnik
3. Prüfkopfbauformen und Schallfelder
4. Ultraschallgerätetechnik
5. Grundlagen der mechanisierten Ultraschallprüfung
6. Möglichkeiten der Bauteilabtastung; Darstellung von Messdaten
7. Anwendungen der Gruppenstrahlertechnik
8. Praktische Übungen

EMUS

Koppelmittelfreie Prüfung mit elektromagnetisch angeregtem Ultraschall

Zielgruppe / Voraussetzungen:
Prüfer mit UT2-Qualifikation (EN 473) und entsprechender Berufserfahrung

Kurzbeschreibung:
Der Kurs vermittelt die physikalisch-technischen Grundlagen zu elektromagnetischen Ultraschall-Wandlern (EMUS), die für die Senkrecht- und Schräg-Einschallung von polarisierten Wellen (SH, SV) und zur Erzeugung von geführten Wellen oder Oberflächenwellen genutzt werden. Es werden Anwendungen für die unterschiedlichsten Prüfaufgaben, wie die Laufflächenprüfung von Eisenbahnrädern, die Prüfung von Laserschweißnähten an Tailored Blanks (Automobil-Karosserieblechen), die Korrosionsprüfung an Laternenmasten und die Prüfung von Rohren und Rohrsegmenten praktisch demonstriert. Besonderes Potenzial bietet die EMUS-Technik auch bei der Prüfung von austenitischen oder Mischschweißnähten. Die verschiedenen Anregungsprinzipien und Wandlertypen für ferromagnetische und nichtferromagnetische Werkstoffe und deren tech-

SECTOR Cert Gesellschaft für Zertifizierung mbH

VECTOR Technische Unternehmensberatung GmbH

VATh

nische Realisierung werden behandelt. Auf die resultierenden Schallfelder und Richtcharakteristiken von Winkelprüfköpfen wird eingegangen.

Programm:
1. Wiederholung der Grundlagen der Ultraschallprüfung (Stufe-2-Niveau)
2. EMUS – Anregungsprinzipien
3. Wandlertypen
4. Technische Realisierung
5. Einschallwinkel
6. Richtcharakteristiken
7. Technische Daten
8. Prüfelektronik
9. US-Wellenarten, insbesondere geführte Wellen
10. EMUS-Anwendungen / Beispiele
11. Praktische Übungen

Aktive Thermographie

Infrarotthermographie Stufe 2

Zielgruppe / Voraussetzungen:
Thermographie Stufe 1 oder Dipl.-Ing. mit einschlägiger Berufserfahrung.
Der Kurs wird gemeinsam mit dem Verband für angewandte Thermographie (VATh) und Partnern durchgeführt.

Kurzbeschreibung:
Aktive Thermographieverfahren haben sich in den letzten Jahren in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung etabliert. Durch die Kombination modernster Gerätetechnik mit intelligenten Anregungsmethoden und schnellen Auswertealgorithmen erschließt sich eine Vielzahl von neuen Applikationen. Bewährt hat sich die aktive Thermographie bei der Charakterisierung von Faserverbundkunststoffen, bei Strukturen des Leichtbaus und deren Fügeverbindungen. Neue Anwendungsgebiete ergeben sich für die (automatisierte) Oberflächenrissprüfung von Metallen und Keramiken. Zudem ermöglicht die pulsartige oder modulierte Wärmeeinbringung die dreidimensionale Erfassung verborgener Strukturen und Defekte (Wärmeflussverfahren). Der praxisorientierte und herstellerunabhängige Kurs vermittelt die Grundlagen der aktiven Thermographie und demonstriert wichtige Applikationen zur Prüfung von Komponenten des Automobilbaus und der Luftfahrt sowie zur automatisierten Prüfung im industriellen Herstellungs- und Fertigungsprozess.

Programm:
1. Grundbegriffe: Wärme, Temperatur
2. Grundlagen der Strahlungsphysik
3. Wärmetransportmechanismen
4. Instationäre Wärmeleitung
5. Abgrenzung zu den passiven thermischen Messverfahren
6. Gerätetechnik in der aktiven Thermografie: IR-Kameras, Anregungsquellen, Software
7. Anregungssignalformen und Auswertestrategien in der aktiven Thermografie
8. Qualitative Bewertung der Untersuchungsergebnisse
9. Anwendungsmöglichkeiten im industriellen Umfeld
10. Übungen
11. Dokumentation, Normen und Regelwerke

Stichworte

Personalqualifizierung,
Phased Array Technik,
EMUS,
Aktive Thermographie

Anmeldeunterlagen

www.izfp.fraunhofer.de/qualifizierung

Ansprechpartner

Dr. Bernd Valeske
Leiter ZfP-Dienstleistungszentrum
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-39 89
bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de

Deutscher Akkreditierungs Rat DAR
DAP-PL-3482.99

Lehrgangsleiter

Phased Array Technik
Dipl.-Phys. Wolfgang Kappes
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 60
wolfgang.kappes@izfp.fraunhofer.de

EMUS
Dr. Gerhard Hübschen
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 23
gerhard.huebschen@izfp.fraunhofer.de

Aktive Thermographie
Dipl.-Phys. Günter Walle
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-38 58
guenter.walle@izfp.fraunhofer

Konferenz- und Messebeteiligungen

Konferenzbeteiligungen 2005

a - aktive Teilnahme
p - passive Teilnahme

EFDS-Workshop Messtechnik für die Qualitätssicherung in der Dünnschichtindustrie mit Industrieausstellung, Dresden	2a	26.-27.01. 2005
Rad – Schiene 2005 – 7. Internationale Schienenfahrzeugtagung, Dresden	a	23.-25.02.2005
embeddedworld 2005 Exhibition & Conference, Nürnberg	3p	24.02.2005
69. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft DPG, Berlin	p	04.-09.03.2005
SPIE Conference Smart Structures/NDE for Health Monitoring and Diagnostics, San Diego, USA	4a	06.-10.03.2005
WTIA Intern. Pipeline Integrity Conference, Wollongong, Australien	a	07.-09.03.2005
8. Kolloquium »Werkstoff- und Bauteilprüfung« in der Schweißtechnik, Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH	a	16. 03.2005
35. IR-Kolloquium im Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF, Freiburg	a	12.-13.04.2005
SPIE Defense & Security Symposium, Orlando, USA	p	28.03.-01.04.2005
DGZfP-Jahrestagung 2005 – Zerstörungsfreie Materialprüfung, Rostock	7a 2p	02.-04.05.2005
Adaptronic Congress, Göttingen	a	31.05.-01.06.2005
6. Wörlitzer Workshop Funktionelle Schichten »Dünne und ultradünne Schichten mit Barrierefunktion«	a	03.06.2005
International Conference on Steels and Tracks SCT 2005, Wiesbaden	a	06.-07.06.2005
Seminar mit Praktikum – Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion, Braunschweig	2a	09.-10.06.2005
2nd Saar-Lor-Lux Forum of Nanotechnology, New Materials and Coatings, Metz	a	09.-10.06.2005
4. Symposium »Motor- und Aggregateakustik«, Magdeburg	a	15.-16.06.2005
3. Symposium »Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen« an der Technischen Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen Dresden	a	23.06.2005
58th Annual Assembly and International Conference of the International Institute of Welding, Prag	p	10.-15.07.2005
12th International congress on Sound and Vibration, ICSV 12, Lissabon	a	11.-14.07.2005
QNDE 32nd Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Brunswick, USA	a	31.07.-05.08.2005
Vth International Workshop Advances in Signal processing for Non Destructive Evaluation of Materials, Québec, CANADA	a	02.-04.08.2005
Seeing at the Nanoscale III, Santa Barbara, USA	p	13.-16.08.2005
The 2005 Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, July 31-August 5 at Bowdoin College, Brunswick, Maine (USA)	a	31.08.2005
EUROMAT 2005, Prag	a	05.-08.09.2005
Sommerschule Bischkek, Kirgisien	a	22.08.-01.09.2005
SAMCO Summer Academy 2005, 5.-9. September, Zell am See, Österreich	a	05.-09.09.2005
17th Russian-International Scientific-Technological Conference, Ekaterinburg, Russia	2a	05.-11.09.2005
International Conference WELDS 2005 Design, Testing, Assessment and Safety of High Temp. Welded Structures, Geesthacht bei Hamburg	a	08.-09.09.2005
GDCh-Jahrestagung 2005, Düsseldorf	a	11.-14.09.2005
Große Schweißtechnische Tagung 2005, Essen	a	12.-14.09.2005
16. Intern. Fachmesse Schweissen & Schneiden 2005, Essen	4a 1p	12.-17.09.2005
Innovationsforum d. Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Essen	2a 1p	12.-14.09.2005
2. QTI – Quality Testing International 2005, Essen	p	12.-17.09.2005
DGZfP Querschnittseminar des FA Ultraschall »Schweißnahtprüfung im Licht neuer Anforderungen«, Essen	1a 1p	14.09.2005
2005 IEEE International Ultrasonics Symposium, Rotterdam	a	18.-21.09.2005
BASTA! 2005 - Konferenz für NET, Visual Studio & more, Mainz	p	19.-22.09.2005

GESA Symposium, Saarbrücken	2a	21.-22.09.2005
Thermografie-Kolloquium 2005, Stuttgart	p	22.09.2005
5. Dresdner Fachtagung Transrapid, Dresden	a	29.09.2005
1. Dresdner Airportseminar - Zustandsüberwachung - Stand der Herausforderungen, Dresden	1a 1p	29.09.2005
IAEA Consultants Meeting on »EVALUATION OF NEW SOFTWARE FOR RADIOTRACER AND SEALEDSOURCE TECHNOLOGY«, Prag	a	03.-06.10.2005
3rd Workshop »NDT in Progress« International Meeting of NDT Experts, Prag	2a	10.-12.10.2005
Arbeitstagung der Fraunhofer-Bibliotheken, Lübeck	a	10.-13.10.2005
31. MPA-Seminar in Verbindung m. d. Fachtagung ‚Werkstoff- & Bauteilverhalten in der Energie- & Anlagentechnik', Stuttgart	p	13.-14.10.2005
Corende Argentinische ZfP-Konferenz, Buenos Aires, Argentinien	a	02.-04.11.2005
Kolloquium »Abfall & Altlasten aktuell« an der Technischen Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten, Dresden	p	03.11.2005
DFG Prozessskalierung 2005, 2. Kolloquium Prozessskalierung, Bremen	p	09.-10.11.2005
Stahl 2005 Werte im Wandel, Düsseldorf	p	10.-11.11.2005
5. Dresdner Materialforschungstag, Werkstoffprüfung - Technologien für die industrielle Qualitätssicherung	3a	11.11.2005
VDI Wissensforum Koordinatenmesstechnik 2005, Braunschweig	p	15.-16.11.2005
Einsteins Kolleginnen - Physikerinnen gestern & heute, München	p	17.11.2005
3. Workshop »Neue Technologien - Ausblick in eine wehrtechnische Zukunft«, Bonn	a	17.11.2005
23. Vortrags- und Diskussionstagung Werkstoffprüfung 2005, Berlin	2a	01.-02.12.2005
Seminar mit Praktikum – Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion, Erlangen	2a	01.-02.12.2005
National Seminar on NDT, Kalkutta, Indien	a	02.-04.12.2005
7. Dresdner Sensorsymposium	3p	21.-14.12.2005

Messebeteiligungen 2005

Begleitende Industrieausstellung EFDS-Workshop, Dresden	26. - 27.01.2005
Begleitende Ausstellung 10th SPIE Annual Int. Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics, San Diego, USA	06. - 11.03.2005
Aerospace Testing Europe, Hamburg	05. - 07.04.2005
Hannovermesse 2005, Hannover	11. - 15.04.2005
CONTROL 2005, Sinsheim	26. - 29.04.2005
Sensor Nürnberg, Nürnberg	10. - 12.05.2005
Tag der Wirtschaft 2005, Saarbrücken	11.05.2005
Begleitende Ausstellung Adaptronic Congress, Göttingen	31.05. - 01.06.2005
URAL-NDT 2005, Ekatarienburg, Russland	04. - 09.09.2005
Quality Testing International 2005, Essen	12. - 17.09.2005
Industriefachmesse, Dresden	09. - 11.11.2005
Begleitende Industrieausstellung EFDS-Workshop, Dresden	26. - 27.11.2005
Begleitende Ausstellung 7. Dresdner Sensorsymposium	12. - 14.12.2005

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Technisch-wissenschaftliche Berichte 2005

V. Schmitz, W. Müller, K.-J. Langenberg, A. Shlivinski, R. Marklein, U. Mletzko
Ultraschallanalyseprüfung im Bereich von Mischschweißnähten und Plattierungen bei komplexen Bauteilgeometrien und spezieller Berücksichtigung der Anisotropien
Bericht Nr. 050201-TW

R. Haffner
Optimierte Anwendung von Ultraschallprüfköpfen
Bericht Nr. 050103-TW (Studienarbeit)

M. Abuhamad
Gussgefüge- und Gussgradienten-Charakterisierung mittels thermischer Prüftechniken
Bericht Nr. 050105-TW (Studienarbeit)

I. Altpeter, M. Kopp, J. Yun, C. Schäffner
Optimierung der Tiefzieheignung von Blechen mittels ZfP
Bericht Nr. 050106-TW

C. Sklarczyk
Entwicklung von Methoden und Verfahren für die bildgebende Erfassung und rechnergestützte Auswertung biologischer Gefahrstoffe
Teilprojekt des IZFP: Optische Bildaufnahmevorrichtung, Teilprojekt der TEG: Automatische Probennahmeeinheit
Bericht Nr. 050107-TW

A. Caron, U. Rabe, W. Arnold
Bestimmung von elastischen Eigenschaften von nanokristallinen Materialien
Bericht Nr. 050110-TW

M. Reinstädtler
Elastische und tribologische Oberflächencharakterisierung auf der Nanoskala mittels Torsions- und Lateralmoden von Sensorbalken der Rasterkraftmikroskopie
Bericht Nr. 050112-TW (Dissertation)

A. Bub
Untersuchung und Optimierung bildgebender digitaler Röntgendetektoren
Bericht Nr. 050114-TW (Dissertation)

A. Marko
Anwendungsmöglichkeiten der 1H-Kernresonanz-Methode zur hydrologischen Charakterisierung poröser Gesteine
Bericht Nr. 050115-TW (Dissertation)

M. Kopycinska-Müller
On the Elastic Properties of Nanocrystalline Materials and the Determination of Elastic Properties on a Nanoscale using the Atomic Force Acoustic Microscopy Technique
Bericht Nr. 050116-TW (Dissertation)

C. Sklarczyk, R. Pinchuk, V. Karpenko
Online Prüfsystem zur Charakterisierung von Kunststoffbeschichtungen auf Stahlrohren
Bericht Nr. 050117-TW

I. Altpeter, G. Dobmann, K. Szielasko
Optimierung multifunktionaler Materialien für GMI-Sensoren und Anwendung in der Magnetfeld- und Dehnungsmessung (OMAGIA)
Bericht Nr. 050119-TW

C. Didion
Simulations- und Experimentaluntersuchungen zum Steuern und Fokussieren eines zweidimensionalen Array-Prüfkopfes zum Einsatz in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung mit Ultraschall
Bericht Nr. 050120-TW (Diplomarbeit)

G. Berniga
Influence of the Discontinuities of the Ultrasonic Reflected Signal Obtained in Laser Welds of Tailored Blanks by Couplant Free Ultrasonic Inspection
Bericht Nr. 050121-TW (Diplomarbeit)

M. Pirlog, I. Altpeter, G. Dobmann
Experimentelle Ermittlung von Kohärenz-Eigenspannungen in FeCu-Modell-Legierungen
Bericht Nr. 050124-TW

M. Oliveras
Entwicklung eines schnellen Rekonstruktionsverfahrens für vollständige Datensätze bei der 3D Röntgen Computertomografie
Bericht Nr. 040133-TW (Diplomarbeit)

C. Sklarczyk
Entwicklung einer Mikrosystem-Plattform zur industriellen Qualitätssicherung auf der Basis von Galliumarsenid-Sensoren
Teilprojekt des IZFP-Saarbrücken:
Entwicklung eines Mikrosystems zur Materialcharakterisierung und Fehlerdetektion auf der Basis eines abstandskorrigierten Mikrowellensensors (AKOMIS)
Bericht Nr. 050128-TW

D. Rupp
Experimente zur praktischen Umsetzung eines Verfahrens zur Messung der Kontakt- und Adhäsionskräfte zwischen der Sensorspitze einer Kraftmikroskop-Blattfeder und einer Probe
Bericht Nr. 050130-TW (Studienarbeit)

M. Pirlog
Mikromagnetischer Nachweis der Werkstoffalterung in Folge von kohärenten Cu-Ausscheidungen
Bericht Nr. 050131-TW (Dissertation)

F. Baratin
Motion Counter and Trigger Modul
Bericht Nr.050133-TW (Diplomarbeit)

U. Maisl, I. Altpeter
Entwicklungswerkzeuge zum ökologischen und ökonomischen Gestalten von Gussteilen
Bericht Nr. 050134-TW

A. Bulavinov
Der getaktete Gruppenstrahler
Bericht Nr. 050135-TW (Dissertation)

W. Krause, U. Netzelmann, O. Hesebeck, O. Borth, P. Kölzer
Integration tragender thermoplastischer Faserverbund-Bauteile in angrenzende Strukturkomponenten – WISA InFaSt
Bericht Nr. 050136-TW

U. Netzelmann, J. Schreiber, H. Grüger, H.-P. Hohe, C. Bombach
Schaffung eines Netzwerks zur Fertigung von Array-Sensoren für die zerstörungsfreie Prüfung auf Basis mikrosystemtechnischer Lösungen – erste Phase
Bericht Nr. 050137-TW

A. Kloster, K. Szielasko, I. Altpeter
Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Fehlerprüfung mittels elektromagnetischer Prüfverfahren
Bericht Nr. 050139-TW

R. Wahl
Anwendung eines kommerziellen Finite-Elemente-Programmes zu Erzeugung und Ausbreitung von Ultraschallwellen
Bericht Nr. 050141-TW (Studienarbeit)

U. Rabe
Ultraschall-Kraftmikroskopie-Verfahren zur Untersuchung von Oberflächeneigenschaften auf nm-Skala
Bericht Nr. 050145-TW

R. Haffner
Charakterisierung geklebter Bauteile durch nichtlineare Ultraschallübertragung
Bericht Nr. 050146-TW (Diplomarbeit)

C. Conrad
Variantenkonstruktion von Ultraschallvorlaufkörpern
Bericht Nr. 050147-TW (Studienarbeit)

R. Marmillod
Etude de la Transmission Ultrasonore au Travers des Zones de Contact dans le Procédé de Contrôle en Ligne du Soudage par Point
Bericht Nr. 050148-TW (Studienarbeit)

F. Reppert
Charakterisierung von Ermüdungsschädigungen in Stahlproben mittels Ultraschallverfahren
Bericht Nr. 050149-TW (Studienarbeit)

K. Bernland
Microstructure Characterization and Modifying of Materials by Focused Ion Beam Techniques, Praktikumsarbeit
Bericht Nr. D050101-TW

A. Berthold
Entwicklung polykristalliner Halbleiter-Flächendetektoren (POLY-PIX), BMBF-Zwischenbericht
Bericht Nr. D050103-E

A. Berthold, L. Haupt
Entwicklung der Aufbau und Verbindungstechnik für GaAs-Hybrid-Pixelsensoren, SAB-Jahresbericht
Bericht Nr. D050105-E

L. Haupt, M. Herms
Surface Processing of Radiation Resistant Semiconductor Detector Arrays, DAAD-Abschlussbericht
Bericht Nr. D050106-TW

L. Haupt, M. Herms
Development of Directly Converting X-ray Detector, DAAD-Abschlussbericht
Bericht Nr. D050107-TW

K.-J. Fröhlich, M. Stephan
Verfahrens- und Modulentwicklung zur Akustischen Signaturanalyse mit der Applikation an Schaltkontakten, BMBF-Zwischenbericht
Bericht Nr. D050109-E

D. Hentschel
Monitoring - System für Flugzeugstrukturen auf der Basis akustischer Signaturen (AHUMS-AS), SAB-Zwischenbericht
Bericht Nr. D050110-E

A. Berthold
Entwicklung polykristalliner Halbleiter-Flächendetektoren (POLY-PIX), BMBF-Abschlussbericht
Bericht Nr. D050212-E

B. Bendjus
CASMEDUM - Teilprojekt Materialcharakterisierung und Weiterentwicklung der Prüfmethoden, BMBF, 1. Zwischenbericht
Bericht Nr. D050113-TW

J. Schreiber
Bewertung der Ermüdung und Restlebensdauer an Hand der fraktalen Dimension von Verformungsstrukturen, BMWA-GRS
Bericht Nr. D050115-TW

J. Schreiber
IOMM: Innovative Optisch-Mikromechanische Messtechnik, BMBF-Zwischenbericht
Bericht Nr. D050117-TW

D. Hentschel
Monitoring - System für Flugzeugstrukturen auf der Basis akustischer Signaturen (AHUMS-AS), SAB-Abschlussbericht
Bericht Nr. D050219-E

B. Bendjus
CASMEDUM - Teilprojekt Materialcharakterisierung und Weiterentwicklung der Prüfmethoden, BMBF, 2. Zwischenbericht
Bericht Nr. D050223-TW

A. Berthold, L. Haupt
Entwicklung der Aufbau- und Verbindungstechnik für GaAs-Hybrid-Pixelsensoren, SAB-Jahresb.
Bericht Nr. D050105-E

Veröffentlichungen 2005

05001

B. Rockstroh, W. Kappes, F. Walte, S. Bessert, M. Kröning, J. Montnacher,J. Goetz, T. Bartsch, S. Schuhmacher, U. Börner, W. Herrmann, H.-J. Schatto
Neue Prüfsysteme für die Eisenbahnradprüfung und Radsatzwellenprüfung
in: 7. Internationale Schienenfahrzeugtagung »Rad Schiene 2005«, Eurailpress, Hamburg, 2005, S. 9-12

05002

G. Dobmann, O. A. Barbian
State-of-the-Art In-Line Pipe Inspection
in: WTIA International Pipeline Integrity Conference, Wollongong, 2005, Vortrag 8

05003

S. P. Sagar, N. Parida, S. Das, G. Dobmann, D.K. Bhattacharya
Magnetic Barkhausen Emission to Evaluate Fatigue Damage in a Low Carbon Structural Steel
in: International Journal of Fatigue, Vol. 27, 2005, S.317–322

05004

S. Lugin, U. Netzelmann
An Effective Compression Algorithm for Pulsed Thermography Data
in: NDT & E International, Vol. 38, No. 6, 2005, S. 485-490

05005

M. Reinstädtler, U. Rabe, A. Goldade, B. Bhushan, W. Arnold
Investigating Ultra-Thin Lubricant Layers using Resonant Friction Force Microscopy
in: Tribology International, Vol. 38, Issues 6-7, June-July 2005, Tribology of Information Storage Devices, TISD 2003, ed. by J.L. Sullivan, S. 533-541

05006

B. Behrens, J. Yun, C. Schäffner, C. Sunderkötter, M. Kröning, I. Altpeter, M. Kopp
Influences on the Part Quality in Conventional Deep Drawing Processes
in: Steel – Future for the Automotive Industry, Düsseldorf, Verlag Stahleisen, 2005, S. 144-151

05007

U. Netzelmann, M. Abuhamad, G. Walle
Thermographic Observation of Heat Transport in Solid Foams
in: Journal de Physique IV, Vol. 125, 2005, S. 511-513

05008

W. Karpen, M. Jöchen, U. Netzelmann
Numerical Filters as a Tool for Defect Characterization in Pulsed Thermography
in: Journal de Physique IV, Vol. 125, 2005, S. 531-533

05009

I. Altpeter, G. Dobmann, R. Kern, E. Schneider, B. Wolter, M. Spies
Industrial Integration of Residual Stress Measuring NDT-Systems Based on Ultrasonics and Micromagnetics
in: Review of Progress in QNDE, ed. by D.O. Thompson and D.E. Chimenti, Vol. 24B, 2005, S. 1387-1393

05010

M. Spies
Prediction of Ultrasonic Flaw Signals and Model-to-Experiment Comparison
in: Review of Progress in QNDE, ed. by D.O. Thompson and D.E. Chimenti, Vol. 24B, 2005, S. 1851-1858

05011
C. Sklarczyk, M. Knoblauch-Xander
Radar Sensor for Monitoring the Injection Moulding Processes
in: Advanced Sensor Technologies for Nondestructive Evaluation and Structural Health Monitoring, SPIE Proceedings, Vol. 5770, 2005, S. 24-31

05012
C. Sklarczyk, U. Netzelmann, P. Kreier, W. Gebhardt
Nondestructive and Contactless Determination of Layer and Coating Thickness
in: Nondestructive Evaluation and Health Monitoring of Aerospace Materials, Composites, and Civil Infrastructure IV, Proceedings of the SPIE, Vol. 5767, 2005, S. 381-391

05013
M. Kröning, I. Besse, T. Baumbach, A. Berthold, R.G. Melkadze, T.M. Lezhneva, L.B. Khvedelidze, G.D. Kalandadze
Materials Investigation of Gallium Arsenide for Direct Converting Energy Sensitive X-Ray Detectors
in: Advanced Sensor Technologies for Nondestructive Evaluation and Structural Health Monitoring, SPIE Proceedings, Vol. 5770, 2005, S. 97-104

05014
M. Kröning, A. Berthold, N. Meyendorf
Sensor Modules for Structural Health Monitoring and Reliability of Components
in: Advanced Sensor Technologies for Nondestructive Evaluation and Structural Health Monitoring, SPIE Proceedings, Vol. 5770, 2005, S. 149-151

05015
H.-J. Salzburger
Trockene Ultraschallprüfung lasergeschweißter Stumpfschweißnähte mittels geführter SH-Wellen am Beispiel der Tailored Blanks
in: Schweißnahtprüfung im Licht neuer Anforderungen, DGZFP-Berichtsband 97-CD, Berlin, 2005, Vortrag 8

05016
B. Rockstroh, W. Kappes, F. Walte, W. Herrmann, H.-J. Schatto, B. Gohlke, C. Gerken, W. Hansen
Optimierte Prüfsysteme für Eisenbahnräder und Radsätze
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, V13

05017
B. Wolter, R. Kern, E. Schneider, O.-W. Bucholtz, U. Hofmann, P. Meilland
Zerstörungsfreie Bestimmung von Qualitätsmerkmalen bei der Grobblechfertigung
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, V41

05018
E. Schneider, H.-R. Herzer, K.-H. Braunbach
Ultraschall-System zur on-line Bestimmung der Schraubenvorspannkraft und zur Schraubersteuerung
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, V45

05019
K. J. Langenberg, A. Shlivinski, R. Marklein, V. Schmitz, W. Müller, U. Mletzko
Fehlerabbildung in Mischschweißnähten mit einem angepassten SAFT-Algorithmus
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, V48

05020
F. Längler, E. Schneider
Kontinuumsmechanische Erweiterung der Ultraschallspannungsanalyse zur Beschreibung des Spannungszustandes im gesamten Bauteil
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, V49

05021
B. Köhler, M. Spies, V. Schmitz, W. Müller, K.J. Langenberg, A. Zimmer
Ultraschallprüfung dickwandiger austenitischer Schweißnähte: Modellierung der Prüfsituation und experimentelle Ergebnisse
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, V50

05022
S. Gondrom, M. Maisl
Untersuchungen zu aktiven thermographischen Prüfmethoden zur Absicherung von Hochleistungsfertigungsverfahren – Ergebnisse eines BMBF-Projekts
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, V57

05023
T. Jentsch, V. Melov
Radiotracertechnik – eine Möglichkeit zur probenahmefreien Prozessanalyse
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, P34

05024
C. Sklarczyk, A. Surkov, M. Knoblauch-Xander
Überwachung des Spritzgießens mit einem Radarsensor
in: ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, DGZfP-Berichtsband 94-CD, Berlin, 2005, P43

05025
G. Walle
Aktive Thermische Prüftechniken zur Charakterisierung von Keramikbauteilen
in: GESA-Symposium 2005 »Strukturanalyse«, VDI-Berichte 1899, Düsseldorf, 2005, S. 29-38

05026
G. Dobmann
Zerstörungsfreie Prüfung – Ein Beitrag zur Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Produkte
in: GESA-Symposium 2005 »Strukturanalyse«, VDI-Berichte 1899, Düsseldorf, 2005, S. 101-115

05027
M. Pirlog, K. Szielasko, I. Altpeter, G. Dobmann, M. Kröning
Micro-Magnetic Evaluation of Residual Stresses of the 2nd and 3rd Order
in: GESA-Symposium 2005 »Strukturanalyse«, VDI-Berichte 1899, Düsseldorf, 2005, S. 355-366

05028
F. Längler, E. Schneider
Kontinuumsmechanische Erweiterung der Ultraschallspannungsanalyse zur Beschreibung des Spannungszustandes im gesamten Bauteil
in: GESA-Symposium 2005 »Strukturanalyse«, VDI-Berichte 1899, Düsseldorf, 2005, S. 367-380

05029
C. Sklarczyk
Detektion von Eigenspannungen an keramischen Werkstoffen mittels Mikrowellen
in: GESA-Symposium 2005 »Strukturanalyse«, VDI-Berichte 1899, Düsseldorf, 2005, S. 381-390

05030
H.-J. Salzburger
Prozessintegrierte trockene Ultraschallprüfung der Laserschweißnähte von Tailored Blanks
in: Schweißen und Schneiden 2005, DVS-Bericht 237, Düsseldorf, 2005, S. 265-269

05031
E. Schneider
Eigenspannungsbestimmung mit dem Ultraschallverfahren
in: Eigenspannungen und Verzug beim Schweißen, DVS Seminar, Düsseldorf, 2005, Teil 2.2

05032
B. Rockstroh, W. Kappes, F. Walte, G. Dobmann, M. Kröning, F. Kretzschmar
Einsatz Zerstörungsfreier Prüfverfahren und Prüftechniken (ZfP) zur Überwachung von Fahrzeug- und Fahrwegkomponenten der Magnetschnellbahn Transrapid
in: 5. Dresdner Fachtagung Transrapid, Hrsg. R. Schach, TU Dresden, 2005, S. 419-420

05033
G. Dobmann
Recent Development of NDT-Systems - Applications to On-Line Process Control, to Railway Safety and In-Line Pipeline Inspection
in: CORENDE 2005 Congreso Regional de Ensayos No Destructivos y Estructurales, Buenos Aires : Centro Atomico Constitutyentes, 2005, S. 13-33

05034
M. Kröning
Werkstoffprüfung mit neuen Sensoren
in: Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung, DVM-Bericht 641, Hrsg. W. Grellmann, Berlin, S. 107-116

05035
B. Wolter, G. Dobmann, R. Kern
Kontinuierliche Inline-Prüfung von Qualitätsmerkmalen in Feinblech
in: Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung, DVM-Bericht 641, Hrsg. W. Grellmann, Berlin, S.137-146

05036
D. Cioclov, G. Dobmann, M. Kröning
Ein Beitrag der quantitativen ZfP mit Ultraschall im Zusammenhang mit probabilistischer Bruchmechanik zur Lebensdauerbewertung von Komponenten
in: Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung, DVM-Bericht 641, Hrsg. W. Grellmann, Berlin, S. 147-156

05037
N. Meyendorf, J. Schreiber, I. Altpeter
Barkhausen in Dresden – Vor einem großen Jubiläum – Neue Anwendungen seiner Entdeckung
in: Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung, DVM-Bericht 641, Hrsg. W. Grellmann, Berlin, S. 167-174

05038
G. Dobmann
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung - ein Überblick
in: Seminar »Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion«, Erlangen, 2005, Vortrag 2

05039
U. Netzelmann
Moderne Thermographie-Verfahren – Impuls- und Lock-In-Thermographie
in: Seminar »Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion«, Erlangen, 2005, Vortrag 4

05040
U. Netzelmann
Algorithmik zur Auswertung von Thermographie-Bildern bei der Lock-In und der Impulsthermographie
in: Seminar »Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion«, Erlangen, 2005, Vortrag 6

05041
S. Hirsekorn, R. Haffner, W. Gebhardt, W. Arnold
Measurement and Evaluation of Nonlinear Ultrasonic Transmission on Adhesive Bonds
in: 3rd Workshop »NDT in Progress«, ed. by P. Mazal, Prag, 2005, S. 111-119

05042
P. P. Delsanto, S. Hirsekorn, F. Pastrone
The Universality of Nonclassical Nonlinearity and Applications to NDE
in: 3rd Workshop »NDT in Progress«, ed. by P. Mazal, Prag, 2005, S. 318

05043
M. Spies
Semianalytical Modeling Applied to Optimize the Performance of Ultrasonic Inspections
in: 3rd Workshop »NDT in Progress«, ed. by P. Mazal, Prag, 2005, S. 329

05044
S. Hirsekorn, A. Koka, S. Kurzenhäuser, W. Arnold
Calibration and Evaluation of Nonlinear Ultrasonic Transmission Measurements on Thin Bonded Interfaces
in: Adhesion - Current Research and Applications, Hrsg. W. Possart, Weinheim, Wiley VCH, 2005, S. 403-419

05045
U. Netzelmann, J. Baumann
Bauteile thermographisch prüfen – Berührungsfrei, großflächig und schnell
in: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, Vol. 50, Nr.9, 2005 S. 52-58

05046
N. Meyendorf
Röntgenographische Spannungsanalyse von Schichten
in: Messtechnik für die Qualitätssicherung in der Dünnschichtindustrie, Tagungsband Workshop und Industrieausstellung, Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten (EFDS), Dresden, 26./27.1.2005

05047
J. Schreiber
Röntgenographische Spannungsanalyse von Schichten
in: Messtechnik für die Qualitätssicherung in der Dünnschichtindustrie, Tagungsband Workshop und Industrieausstellung, Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten (EFDS), Dresden, 26./27.1.2005

05048
Yu. V. Taran, M. R. Daymond, D. Eifler, T. Nebel, J. Schreiber
Investigation of Mechanical Features of Low Cycle Fatigue Specimens of Austenitic Steel AISI type 321 Under Applied Load by Neutron Diffraction Stress Analysis
in: Materials Science and Technology, V. 21, No. 1, 2005, S. 35-45

05049
U. Dehne, B. Frankenstein
Innovation in der dritten Dimension
in: D&V Das Medienkonzept für Elektronik-Entwicklung, publish-industry Verlag GmbH, München, September 2005, S. 10-12

05050
B. Frankenstein, K.-J. Fröhlich, D. Hentschel, G. Reppe
Microsystem for Signal Processing Applications
in: Advanced Sensor Technologies for Nondestructive Evaluation and Structural Health Monitoring, SPIE Proceedings, Vol. 5770, 2005, S. 152-159

05051
B. Köhler, F. Schubert, G. Hentges, N. Meyendorf
Application of Photo and Particle Acoustic Methods
in: Testing, Reliability, and Application of Micro- and Nanomaterial Systems, SPIE Proceedings, Vol. 5776, 2005, S. 70-77

05052
F. Schubert, B. Köhler, P. Zinin
Numerical Time-Domain Simulation of Wave Propagation and Scattering in Acoustic Microscopy for Subsurface Defect Characterization
in: Testing, Reliability, and Application of Micro- and Nanomaterial Systems, SPIE Proceedings, Vol. 5776, 2005, S. 116-117

05053
C. Tschöpe, D. Hirschfeld, R. Hoffmann, D. Hentschel, B. Frankenstein
Klassifikation technischer Signale für die Geräuschdiagnose von Maschinen und Bauteilen
in: Haus der Technik e.V.: Motor- und Aggregate-Akustik II, hrsg. H. Tschöke u. a.; Renningen: expert verlag, 2005, S. 1-15

05054
B. Köhler, J. Schreiber, B. Bendjus, M. Herms, V.G. Melov, P. Krüger, N. Meyendorf
Non-Destructive Evaluation Techniques for Electronics, Micromachined Structures, and Assemblies
in: PLUS - Produktion von Leiterplatten und Systemen, VTE aus Forschung und Technologie, H. 7, 2005

05055
J. Škriniarová, A. Perd´ochova, M. Hrúzik, M. Veselý, B. Bendjus, L. Haupt, I. Besse, M. Herms
Utilization of Wet Chemical Etching for Revealing Defects of GaAs Detectors
in: Vacuum 80, 2005, S. 218-222

05056
U. Gustke, R. Bärsch, B. Bendjus, G. Lotze
Möglichkeiten der Optimierung an Stromabnehmerkontakten der Bahn
in: VDE-Fachbericht 61, Kontaktverhalten und Schalten, hrsg. T. J. Schöpf, 2005, S. 111-121

05057
L. Schubert
Testumgebung zum Selbsttest von (HF-) Schaltungen
in: Berichte und Informationen 2/2005, HTW Dresden, S. 42-47

05058
A. Perd´ochova, V. G. Melov, I. Besse, F. Dubecký, V. Necas, L. Haupt
Active Area of GaAs Pad Detector Tested by X-Ray Beam
in: 11th International Workshop APCOM 2005 (Applied Physics of Condensed Matter), Mala Lucivna, Slovakia: University of Zilina, 2005, S. 161-164

05059
H. Kühnicke, E. Schulze
Hochauflösende zerstörungsfreie Erkundung von Gesteinsnahbereichen und Betonrohren mittels Akustischer Emission und Ultraschall
in: 5. Kolloquium Schallemission Berlin, DGZfP-Berichtsband 99-CD, 2005, S. 66-73

05060
F. Schubert, C. Grosse, M. Krüger, B. Frankenstein, D. Hentschel, F. Uddin
Von MEMS und Motes – Ein Blick in die (mögliche) Zukunft des Bauwerk-Monitorings mit Hilfe intelligenter Sensornetzwerke
in: 3. Symposium »Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen« Institut für Massivbau, TU Dresden, 23.6.2005, S. 197-212

05061
F. Schubert, B. Frankenstein, D. Hentschel
Guided Waves for Structural Health Monitoring – Theory, System Development, and Applications
in: SAMCO Summer Academy, CD-ROM, September 5-9, Zell am See, Austria, 2005

05062
F. Schubert
Acoustic Emission Tomography – A New Imaging Technique for Structural Health Monitoring
in: 3rd Workshop »NDT in Progress«, ed. by P. Mazal, Prag, 2005, S. 243-256

05063
F. Schubert, B. Köhler, P. Zinin
Time-resolved Acoustic Microscopy Simulations for Micro NDE Applications
in: 3rd Workshop »NDT in Progress«, ed. by P. Mazal, Prag, 2005, S. 257-270

05064
B. Frankenstein, D. Hentschel, F. Schubert, E. Pridöhl
Hollow Shaft Integrated Monitoring System for Railroad Wheels
in: Advanced Sensor Technologies for Nondestructive Evaluation and Structural Health Monitoring, SPIE Proceedings, Vol. 5770, 2005, S. 46-55

05065
S. Hirsekorn, S. Kurzenhäuser, A. Koka, W. Arnold
Nonlinear Ultrasonic Transmission Measurements and Destructive Tensile Tests on Thin Adhesive Bonds
in: 12th International Congress on Sound and Vibration, ICSV12, Lissabon, paper 777

05066
A. Koka, S. Kurzenhäuser, S. Hirsekorn, R. Hunke, M. Schlimmer, W. Arnold, J. Häberle
Detection of Defects in Adhesive Bonds under Static and Dynamic Loading Using Ultrasonic Testing Methods
in: 12th International Congress on Sound and Vibration, ICSV12, Lissabon, paper 881

05067
A. Velichko, I. Altpeter, U. Maisl, G. Walle, U. Netzelmann, H. Junk, R. Heinemann, F. Mücklich
Physikalische Eigenschaften des Gusseisens mit unterschiedlichen Graphitmorphologien
in: Praktische Metallographie, Sonderband, Vol. 37, 2005, S. 189-194

05068
V. A. Gorshkov, M. Kröning, Y. V. Anosov, O. Dorjgochoo
X-Ray Scattering Tomography
in: Nondestructive Testing And Evaluation, Vol. 20, Nr. 3, 2005, S. 147-157

05069
K. Eichhorn
Fraunhofer IZFP - Partner für Industrie und Forschungseinrichtungen in der Ukraine
in: Journal of NDT, Ukraine, No 2. 2005, S. 31

05070
K. Eichhorn
Moderne Lösungen für Metallerzeugungs- und Metallbearbeitungsindustrie
in: Journal of NDT, Ukraine, No 3. 2005, S.3-6

05071
G. Dobmann
FuE-Potenziale aus dem Portfolio der Zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zur Sicherheitsforschung
in: 3. Workshop Neue Technologien – Ausblick in eine wehrtechnische Zukunft« BMVg, Bonn, 17.11.2005

05072
S. P. Sagar, B. R. Kumar, G. Dobmann, D. K. Bhattacharya
Magnetic Charakterization of Cold Rolled an Aged AISI 304 Stainless Steel
in: NDT&E International, Vol. 38, 2005, S. 674-681

05073
W. Arnold, A. Caron, S. Hirsekorn, M. Kopycinska-Müller, U. Rabe, M. Reinstädtler
Atomic Force Microscopy at Ultrasonic Frequencies
in: Fracture Mechanics of Ceramics, ed. by R. C. Bradt et al., Springer, Berlin, 2005, S. 1-11

Vorträge 2005

G. Dobmann
Advanced NDT Materials Characterization, Residual Stress Determination and Applications in Civil Engineering - An Interdisciplinary Approach
Fortbildungsseminar der ARGE QS 3, TÜV Österreich, 24.-25.01.2005

G. Dobmann
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung – ein Überblick zu Neuerungen
Röntgen – Ultraschall – Wirbelstrom - Thermographie
Fortbildungsseminar der ARGE QS 3, TÜV Österreich, 24.-25.01.2005

N. Meyendorf
High Resolution Acoustical Methods: Micro- and Nano-Materials Applications
Messtechnik für die Qualitätssicherung in der Dünnschichtindustrie, EFDS-Workshop mit Industrieausstellung, Dresden, 26.-27.01.2005

J. Schreiber
Röntgenographische Spannungsanalyse von Schichten
Messtechnik für die Qualitätssicherung in der Dünnschichtindustrie, EFDS-Workshop mit Industrieausstellung, Dresden, 26.-27.01.2005

M. Kröning
Russland - eine Chance oder ein Wagnis?
FOKUS Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Saarbrücken, 27.01.2005

G. Dobmann
Zerstörungsfreie Prüfung – ein Beitrag zur Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Produkte
Gesamthochschule Kassel, Feier zur Ehrenpromotion, Kassel, 28.01.2005

W. Arnold, A. Koka, S. Hirsekorn, M. Schlimmer, R. Hunke
US-Detektion von Klebverbindungen und deren Auswirkungen auf die Beanspruchbarkeit der Verbindung bei statischer und schwingender Beanspruchung
5. Kolloquium in der Klebetechnik, DVS, Düsseldorf, 15.16.02.2005

R. Marmillod
Ultraschallverfahren zur prozessintegrierten Bewertung von Widerstandsschweißverbindungen
Seminar »Physikalische Probleme der zerstörungsfreien Prüfverfahren», Saarbrücken, 21.02.2005

R. Haffner
Inverse Anregung von piezoelektrischen Prüfköpfen
Seminar »Physikalische Probleme der zerstörungsfreien Prüfverfahren», Saarbrücken, 21.02.2005

E. Schneider, M. Disqué
Zerstörungsfreie On- und Offlinemessung der Bodendicke im Clinchpunkt
2. Kongress »Join-Tec« - Fügen mit minimaler Grundwerkstoffbeeinflussung, Halle, 22.-23.02.2005

T. Jentsch
Radiotracermesstechnik zur Optimierung der Müllverbrennung
20. Seminar Aktivierungsanalyse des Arbeitskreises »Radioanalytik und Analytik mit Hochleistungsstrahlenquellen (ARH)« der GDCh München, 23.- 25.02.2005

B. Rockstroh, W. Kappes, F. Walte, S. Bessert, M. Kröning, J. Montnacher, J. Goetz, T. Bartsch, S. Schuhmacher, U. Börner, W. Herrmann, H.-J. Schatto
Neue Prüfsysteme für die Eisenbahnradprüfung und Radsatzwellenprüfung
7. Internationale Schienenfahrzeugtagung »Rad Schiene 2005«,Dresden, 23.-25.02.2005

U. Netzelmann, M. Abuhamad, G. Walle
Ultraschallinduzierte Thermographie: Einsatzmöglichkeiten, Zerstörungsfreiheit
Aktive Thermographie: Fortschritte und neue Möglichkeiten, Fraunhofer IZFP, Saarbrücken, 01.03.2005

W. Arnold
Moderne zerstörungsfreie Ultraschallprüfverfahren von Komponenten und Werkstoffen
69. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), Berlin, 04.-09.03.2005

C. Sklarczyk, M. Knoblauch
Barkhausen Noise and Eddy Current Microscopy Radar Sensor for Monitoring the Injection Moulding Processes
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics. San Diego, 06.-10.03.2005

C. Sklarczyk, U. Netzelmann, W. Gebhardt
Nondestructive and Contactless Determination of Layer and Coating Thickness
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics. San Diego, 06.-10.03.2005

M. Stephan, K.-J. Fröhlich, B. Frankenstein
Statistical Signal Parameters of Acoustic Emission for Process Monitoring
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics. San Diego, 06.-10.03.2005

M. Herms, G. Irmer, P. Verma, G. Goerigk
Nondestructive Characterization of Nanoparticles in Solid States by Raman Spectroscopy and Small Angle X-Ray Scattering
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics, San Diego, 06.-10.03.2005

B. Köhler, F. Schubert, A. Peiffer, G. Hentges, N. Meyendorf
Application of Photo and Particle Acoustic Methods
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring, San Diego, 06.-10.03.2005

F. Schubert, B. Köhler, P. Zinin
Numerical Time-Domain Simulation of Wave Propagation and Scattering in Acoustic Microscopy for Subsurface Defect Characterization
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics, San Diego, 06.-10.03.2005

B. Frankenstein, D. Hentschel, E. Pridöhl, F. Schubert
Hollow Shaft Integrated Health Monitoring System for Railroad Wheels
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics, San Diego, 06.-10.03.2005

M. Kröning, I. Besse, T. Baumbach, A. Berthold, R. G. Melkadze, T.M. Lezhneva, L. V. Khvedelidzev, G. D. Kalandadzes
Materials Investigations of Gallium Arsenide for Direct Converting Energy Sensitive X-Ray Detectors
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics, San Diego, 06.-10. 03.2005

M. Kröning, A. Berthold, N. Meyendorf
Sensor Modules for Structural Health Monitoring and Reliability of Components
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics, San Diego, 06.-10.03.2005

B. Frankenstein, K.-J. Fröhlich, D. Hentschel, G. Reppe
Microsystem for Signal Processing Applications
10th SPIE Annual International Symposium on Nondestructive Evaluation for Health Monitoring and Diagnostics, San Diego, 06.-10.03.2005

G. Dobmann, O. A. Barbian
State-of-the-Art In-Line Pipe Inspection
WTIA International Pipeline Integrity Conference, Wollongong, 07.-09.03.2005

M. Kröning
ZfP an bahntechnischen Komponenten – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen
Siemens TS MT QM Schweißtechnische Schulung, Erlangen, 16.03.2005

N. Meyendorf, J. Hoffmann, L. Shen, H. Rösner
Trends in der ZfP mit thermischen Inspektionsmethoden
8. Kolloquium »Werkstoff- und Bauteilprüfung«; in der Schweißtechnik, Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH, 16.03.2005

M. Kröning
Fraunhofer in Russland – Erwartungen, Chancen und Risiken
Fraunhofer-Institutsleiter-Treffen 2005, Freising, 16.-18.03.2005

U. Netzelmann, G. Walle, S. Lugin
Zerstörungsfreie Prüfmethode zur Detektion von Faserorientierungen in LFT-Bauteilen und Applikationsfehlern beim Kleben
Workshop »Simulation und Fügetechnik für langfaserverstärkte Thermoplaste«, Fraunhofer ICT, Pfinztal, 17.03.2005

H. Kühnicke, E. Schulze
Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswerte-Instrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar – Sonarverfahren
3. Fachgespräch Geophysik und Barrieresysteme, Leipzig, 17.03.2005

H. Kühnicke, E. Schulze
Entwicklung eines Messsystems zur hochauflösenden zerstörungsfreien Erkundung von Gesteinsbereichen mittels Sonar
3. Fachgespräch Geophysik und Barrieresysteme, Leipzig, 17.03.2005

W. Arnold
Elastic and Tribological Characterization of Surfaces on the Nanoscale using Torsional and Lateral Modes of AFM Cantilevers
Veeco/DI, Santa Barbara, CA, 17.03.2005

W. Arnold
Modern Ultrasonic Techniques in Non-Destructive Testing
Department of Applied Physics, CICESE, Ensenada, Mexiko, 18.03.2005

W. Arnold, M. Kopycinska-Müller, M. Prasad, U. Rabe
Elastic Properties of Clay Minerals Determined by Atomic Force Acoustic Microscopy Technique
28th Acoustical Imaging Symposium, San Diego, CA, 20.-23.03.2005

W. Arnold, A. Caron, U. Rabe, J. Rödel
Near-Field Acoustical Imaging using Lateral Bending Modes of Atomic Force Microscope Cantilevers – Applications to Fracture Mechanics of NC-Zirconia
28th Acoustical Imaging Symposium, San Diego, CA, 20.-23.03.2005

L. Haupt, B. Köhler, N. Meyendorf
Anwendung der Ultraschallangeregten Thermographie zum Nachweis von Impaktschäden an CFK Material
35. IR-Kolloquium in Freiburg, 12.-13.04.2005

M. Kröning
Impressions from Past and Ongoing Co-Operation – Overview and Chances
Chances for Co-operation with Russia, St. Augustin, 18.-19.04.2005

K. Eichhorn
Das Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren – Ein Partner für internationale FuE und Industrie
Internationale Konferenz »ZfP für die Industrie«, Kiew, 18.-22.04.2005

B. Rockstroh, W. Kappes, F. Walte, W. Herrmann, H.-J. Schatto, B. Gohlke, C. Gerken, W. Hansen
Optimierte Prüfsysteme für Eisenbahnräder und Radsätze
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

B. Wolter, R. Kern, E. Schneider, O.-W. Bucholtz, U. Hofmann, P. Meilland
Zerstörungsfreie Bestimmung von Qualitätsmerkmalen bei der Grobblechfertigung
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

E. Schneider, H.-R. Herzer, K.-H. Braunbach
Ultraschall-System zur on-line Bestimmung der Schraubenvorspannkraft und zur Schraubersteuerung
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

K. J. Langenberg, A. Shlivinski, R. Marklein, V. Schmitz, W. Müller, U. Mletzko
Fehlerabbildung in Mischschweißnähten mit einem angepassten SAFT-Algorithmus
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

F. Längler, E. Schneider
Kontinuumsmechanische Erweiterung der Ultraschallspannungsanalyse zur Beschreibung des Spannungszustandes im gesamten Bauteil
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

B. Köhler, M. Spies, V. Schmitz, W. Müller, K. J. Langenberg, A. Zimmer
Ultraschallprüfung dickwandiger austenitischer Schweißnähte: Modellierung der Prüfsituation und experimentelle Ergebnisse
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

J. Baumann, U. Netzelmann, V. Carl, R. Bilgram, T. Hierl, H. R. Schubach, G. Zenzinger
Untersuchungen zu aktiven thermographischen Prüfmethoden zur Absicherung von Hochleistungsfertigungsverfahren – Ergebnisse eines BMBF-Projekts
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

T. Jentsch, V. Melov
Radiotracertechnik – eine Möglichkeit zur probenahmefreien Prozessanalyse
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

C. Sklarczyk, A. Surkov
Überwachung des Spritzgießens mit einem Radarsensor
DGZfP-Jahrestagung 2005, Rostock, 02.-04.05.2005

H. Heuer, C. Wenzel, J. W. Bartha
Barriere- und Schutzschichten auf TaSi Basis für Anwendungen in der Mikroelektronik, Sensor und Solartechnik
6. Wörlitzer Workshop Funktionelle Schichten »Dünne und ultradünne Schichten mit Barrierefunktion«, Wörlitz, 03.06. 2005

D. Henn
Support for Applied Research: Modification of Institute Profiles
Russian Ministry of Education and Research, Moscow, 03.06.2005

I. Altpeter, B. Behrens, J. Yun, C. Schäffner, C. Sunderkötter, M. Kröning, M. Kopp
Influences on the Part Quality in Conventional Deep Drawing Processes
International Conference on Steels and Tracks SCT 2005, VDEh, Wiesbaden, 06.06.-08.06.2005

W. Arnold, U. Rabe
Non-Destructive Testing of Components and Materials in Particular High-Resolution Methods
3rd International EEIGM/AMASE Workshop, Saarbrücken, 09.06.2005

W. Arnold
Research in the Fraunhofer Society and Collaboration with French Institutes
2nd International Saar-Lor-Lux Forum, Metz, 09.06.2005

G. Dobmann
Überblick über Zerstörungsfreie Prüfverfahren
Wärmefluss-Thermographie-Seminar, Braunschweig, 09.-10.06.2005

U. Netzelmann
Impuls- und Lock-In-Thermographie
Wärmefluss-Thermographie-Seminar, Braunschweig, 09.-10.06.2005

U. Netzelmann
Algorithmik zur Auswertung von Thermographie-Bildern bei der aktiven und der Impulsthermographie
Wärmefluss-Thermographie-Seminar, Braunschweig, 09.-10.06.2005

C. Tschöpe, D. Hirschfeld, R. Hoffmann, D. Hentschel, B. Frankenstein
Klassifikation technischer Signale für die Geräuschdiagnose von Maschinen und Bauteilen
4. Symposium »Motor- und Aggregateakustik«, Magdeburg, 15.-16.06.2005

F. Schubert, C. Grosse, M. Krüger, B. Frankenstein, D. Hentschel, F. Uddin
Von MEMS und MOTES - Ein Blick in die (mögliche) Zukunft des Bauwerk-Monitorings mit Hilfe Intelligenter Sensornetzwerke
3. Symposium »Experimentelle Untersuchungen von Baukonstruktionen« an der Technischen Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Dresden, 23.06.2005

K. J. Langenberg, A. S. Surkov, C. Sklarczyk, M. Knoblauch-Xander
Monitoring Gas-Assisted Injection Moulding with Electromagnetic Waves
2005 IEEE AP-S International Symposium and USNC/URSI National Radio Science Meeting, Washington, 03.-08.07.2005

M. Kröning
Concept for Intelligent Ultrasonic Pig for Gas Piplines
Staatlich-technische Baumann Universität, Moscow, 04.07.2005

I. Altpeter, B. A. Behrens, M. Kopp, J. W. Yun, C. Sunderkötter
Part Quality in Conventional Deep Drawing Processes
4th German – Japanese Seminar »Materials, Processes and Components, Universität Karlsruhe, 07.-08.07.2005

W. Arnold, A. Koka, S. Kurzenhäuser, S. Hirsekorn, R. Hunke, J. Häberle, M. Schlimmer
Detection of Defects in Adhesive Bonds under Static and Dynamic Loading Using Ultrasonic Testing Methods
12th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 12, Lissabon, 11.-14.07.2005

S. Hirsekorn, S. Kurzenhäuser, A. Koka, W. Arnold
Nonlinear Ultrasonic Transmission Measurements and Destructive Tensile Tests on Thin Adhesive Bonds
12th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 12, Lissabon, 11.-14.07.2005

U. Netzelmann
Experimental Determination of Structural Dimensions and Properties from the Nano to the Macro Regime
Internal Length and Optimisation on Microstructure, ENSAM, Metz, 15.07.2005

K. Eichhorn
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren – Ein Partner für die ukrainische Industrie
IHK der Ukraine, Kiew, 19.07.2005

M. Spies
Modeling the Beam Fields of Circular and Rectangular, Flat and Focused Transducers Using the Gaussian Beam Superposition Technique
32nd Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Brunswick, USA, 31.07.-05.08.2005

M. Spies, J. Bamberg
Optimization of Mirrors for the Ultrasonic Inspection of Complex-Shaped Components Using Standard Transducers
32nd Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Brunswick, USA, 31.07.-05.08.2005

M. Spies, C. Didion, W. Gebhardt, R. Licht, H. Rieder, B. Santraine
Three-Dimensional Steering and Focusing Using an Ultrasonic 2D-Array – Simulation and Experiment
32nd Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Brunswick, USA, 31.07.-05.08.2005

B. Köhler, M. Spies, V. Schmitz, W. Müller, K.J. Langenberg, A. Zimmer
Ultrasonic Testing of Austenitic Welds: Modeling and Experimental Results
32nd Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Brunswick, USA, 31.07.-05.08.2005

S. Lugin, U. Netzelmann
A New Compression Algorithm for Thermographic Image Sequences
5th International Workshop » Advances in Signal Processing for Nondestructive Evaluation of Materials, Quebec, Canada, 02.-04.08.2005

M. Kröning
Die Zukunft der Angewandten Forschung und Entwicklung - Die Strategieplanung des Fraunhofer Institutes für Zerstörungsfreie Prüfverfahren
Issyk-Kuler Tynystanov-Staatsuniversität, Sommerschule, Karakol, Kirgisien, 22.-28.08.2005

M. Kröning
Sampling Phased Array
Issyk-Kuler Tynystanov-Staatsuniversität, Sommerschule, Karakol, Kirgisien, 22.-28.08.2005

F. Schubert, B. Frankenstein, D. Hentschel
Guided Waves for Structural Health Monitoring – Theory, System Development, and Applications
SAMCO Summer Academy Zell am See, Austria, 05.-09.09.2005

A. Caron, M. Kopychinska-Müller, U. Rabe, K. Reinstädtler, D. C. Hurly, W. Arnold
Determination of Elastic Properties of Nanocrystalline Materials Using Atomic Force Acoustic Microscopy
Euromat 2005, Prag, 05.-08.09.2005

K. Szielasko, G. Dobmann, I. Altpeter
Non-Destructive Characterization of Thermal Ageing of the Cu-rich WB 36 Steel 15 NiCuMoNb5 (1.6368)
International Conference WELDS 2005, Geesthacht, 08.-09.09.2005

M. Kröning, N. Aleshin, Y. Smorodinskij
NDT Innovations and Markets
Non-Destructive Testing and Diagnostics, XVII Russian Scientific-Technical Conference, Ekaterinburg, 05.-11.09.2005

A. Bulavinov, L. v. Bernus, D. Joneit, M. Kröning, K. M. Reddy
Sampling Phased Array: New Methods of Ultrasonic Signal Processing and Image Reconstruction in Nondestructive Ultrasonic Testing
Non-Destructive Testing and Diagnostics, XVII Russian Scientific-Technical Conference, Ekaterinburg, 05.-11.09.2005

G. Dobmann, I. Altpeter, M. Kopp
Non-Destructive Materials Characterization of Irradiated Nuclear Pressure Vessel Steel Samples by Use of Micro-Magnetic Techniques and in Terms of Mechanical Properties
Non-Destructive Testing and Diagnostics, XVII Russian Scientific-Technical Conference, Ekaterinburg, 05.-11.09.2005

T. Jentsch, J. Hofmann, G. Bach
Prozessanalyse mit Radiotracern: Probenahmefreie Ermittlung von Transportrichtung und -geschwindigkeit bei der elektrochemischen Bodensanierung
GDCh-Jahrestagung 2005, Düsseldorf, 11.-14. 09.2005

H.-J. Salzburger
Prozessintegrierte trockene Ultraschallprüfung der Laserschweißnähte von Tailored Blanks
Schweißen und Schneiden 2005, Große Schweißtechnische Tagung, Essen, 12.-14.09.2005

E. Schneider, M. Disqué
Zerstörungsfreie On- und Off-Line Bestimmung der Bodendicke von Clinchpunkten
16. Weltmesse Schweißen und Schneiden 2005, Innovationsforum, Essen, 12.-17.09.2005

H.-J. Salzburger
Prozessintegrierte trockene Ultraschallprüfung der Laserschweißnähte von Tailroed Blanks
16. Weltmesse Schweißen und Schneiden 2005, Innovationsforum, Essen, 12.-17.09.2005

M. Kröning
Fraunhofer IZFP - Partner für Industrie und Wissenschaft in der Ukraine
IHK der Ukraine, Kiew, Ukraine, 13.09.2005

H.-J. Salzburger
Trockene Ultraschallprüfung lasergeschweißter Stumpfschweißnähte mittels geführter SH-Wellen am Beispiel der Tailored Blanks
Querschnittseminar DGZfP-Fachausschuss Ultraschall »Schweißnahtprüfung im Licht neuer Anforderungen«, Essen, 14.09.2005

M. Kröning
Die Zukunft angewandter Forschung – Die Rolle der strategischen Planung im IZFP
Staatliche Technische Universität Cherkassy, 15.-16.09.2005

U. Rabe
Surface Characterization Using Ultrasonic Vibration Modes of Atomic Force Microscope Cantilevers
2005 IEEE International Ultrasonics Symposium, Rotterdam, 18.-21.09.2005

B. Wolter
Zerstörungsfreie Verfahren zur Bestimmung mechanisch-technologischer Eigenschaften in Stahl
Sitzung des VDEh Werkstoffausschusse, UA ZfP und Messtechnik bei Corus (British Steel), Ljmuiden, 21.-22.09.2005

G. Dobmann
ZfP – Ein Beitrag zur Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Produkte
GESA-Symposium, Saarbrücken, 21.-22.09.2005

G. Walle
Aktive thermische Prüftechniken zur Charakterisierung von Keramikbauteilen
GESA-Symposium, Saarbrücken, 21.-22.09.2005

F. Knapp
NMR in Aufsatztechnik - Ein zerstörungsfreies Verfahren zur Feuchtemessung
GESA-Symposium, Saarbrücken, 21.-22.09.2005

M. Pirlog, K. Szielasko, I. Altpeter, G. Dobmann, M. Kröning
Micro-Magnetic Evaluation of Residual Stresses of the Second and Third Order
GESA-Symposium, Saarbrücken, 21.-22.09.2005

F. Längler, E. Schneider
Kontinuumsmechanische Erweiterung der Ultraschallspannungsanalyse zur Beschreibung des Spannungszustandes in gesamten Bauteil
GESA-Symposium, Saarbrücken, 21.-22.09.2005

C. Sklarczyk
Detektion von Eigenspannungen an keramischen Werkstoffen mittels Mikrowellen
GESA-Symposium, Saarbrücken, 21.-22.09.2005

T. Jentsch
Untersuchung von Schüttguttransportprozessen mit Hilfe der Radiotracertechnik
10. Fachtagung Schüttgutfördertechnik 2005, Magdeburg, 28.-29.09.2005

B. Frankenstein
Netzwerkknoten für die Zustandsüberwachung
1. Dresdner Airportseminar, Zustandsüberwachung: Stand und Herausforderungen, Dresden, 29.09.2005

B. Rockstroh, W. Kappes, F. Walte, G. Dobmann, F. Kretzschmar, M. Kröning
Einsatz zerstörungsfreier Prüfverfahren und Prüftechniken (ZfP) zur Überwachung von Fahrzeug- und Fahrwegkomponenten der Magnetschnellbahn Transrapid
5. Dresdner Fachtagung Transrapid, Dresden, 29.09.2005

T. Jentsch
Options of the German RTD Evaluation Software DATA WIZZ
IAEA Consultants Meeting on »Evaluation of New Software for Radiotracer and Sealed Source Technology«, Prague, Czech Republic, 03.-06.10.2005

S. Hirsekorn, R. Haffner, W. Gebhardt, W. Arnold
Measurement and Evaluation of Nonlinear Ultrasonic Transmission on Adhesive Bonds
3rd Workshop »NDT in Progress«, International Meeting of NDT Experts, Prag, 10.-12.10.2005

S. Hirsekorn, M. Spies
Semianalytical Modeling Applied to Optimize the Performance of Ultrasonic Inspections
3rd Workshop »NDT in Progress«, International Meeting of NDT Experts, Prag, 10.-12.10.2005

F. Schubert, B. Köhler, P.V. Zinin
Time-resolved Acoustic Microscopy Simulations for Micro NDE Applications
3rd Workshop »NDT in Progress«, International Meeting of NDT Experts, Prag, 10.-12.10.2005

F. Schubert
Acoustic Emission Tomography – A New Imaging Technique for Structural Health Monitoring
3rd Workshop »NDT in Progress«, International Meeting of NDT Experts, Prag, 10.-12.10.2005

B. Köhler
Study of Elastic Wave Propagation for NDT and Health Monitoring Applications
3rd Workshop »NDT in Progress«, International Meeting of NDT Experts, Prag, 10.-12.10.2005

P. P. Delsanto, S. Hirsekorn, F. Pastrone
The Universality of Nonclassical Nonlinearity and Applications to NDE
3rd Workshop »NDT in Progress«, International Meeting of NDT Experts, Prag, 10.-12.10.2005

M. Kröning
Lecture »Nondestructive Testing«
Part I - Goals, Tasks and Organisation
Part II - Methods and Technologies
Part III - Systems, Engineering and Case Studies
Part IV - PhD-Thesis Case Studies
Academic Council of the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kasachstan, 10.-14.10.2005

U. Netzelmann
Voruntersuchung der Eignung thermographischer und kombinierter Methoden zur Detektierung von Fehlern an Massivumform-Teilen, Ergebnisse und Planung weiterer Arbeiten
Mitgliederversammlung der German Cold Forging Group, Hagen, 11.10.2005

E. Schneider
Eigenspannungsbestimmung mit dem Ultraschallverfahren
DVS Seminar Eigenspannungen und Verzug beim Schweißen, TU Braunschweig, 13.10.2005

W. Arnold
Non-Destructive Testing: Fundamentals and Industrial Applications
Workshop der Alexander von Humboldt-Stiftung, Buenos Aires, Argentinien, 14.10.2005

W. Arnold
Non-Destructive Testing: Fundamentals and Industrial Applications
IFES and SGS, Nuequen, Argentinien, 18.10.2005

M. Kröning, A. Kushnarev, Y. Smorondinskij
Erfahrungen mit gemeinsamer Forschung und Entwicklung in industrieller Partnerschaft
Eröffnung des Information Office Moskau, 31.10.2005

G. Dobmann
Recent Development of NDT-Systems - Applications to On-Line Process Control, to Railway Safety and In-Line Pipeline Inspection
CORENDE 2005 Congreso Regional de Ensayos No Destructivos y Estructurales, Ciodad de Neuquén, Argentina, 02.-04.11.2005

T. Jentsch
Potentiale der Radiotracertechnik bei der Lösung von Fragestellungen der Abfallwirtschaft und Altlastensanierung
12. Kolloquium »Abfall & Altlasten aktuell« an der Technischen Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten, Dresden, 03.11.2005

H. Bentaher, G. Kantchev, A. Maalej, W. Arnold
Optimisation Energétique du Travail du Sol par Charruses Polysocs
1st International Congress on Efficiency and Environmental Impact of Agricultural Mechanization, Hammamet, Tunesien, 09.-11.11.2005

B. Bendjus, B. Köhler
Materialeigenschaften und Materialdefekte: Prüfung mit Mikrometer- und Nanometerauflösung
5. Dresdner Materialforschungstag, Werkstoffprüfung - Technologien für die industrielle Qualitätssicherung, 11.11.2005

D. Hentschel
Langzeit-Zustandsüberwachung von Leichtbauwerkstoffen mittels Structural Health Monitoring
5. Dresdner Materialforschungstag, Werkstoffprüfung - Technologien für die industrielle Qualitätssicherung, 11.11.2005

N. Meyendorf
Auf den Spuren von Barkhausen - Prozessüberwachung mit mikromagnetischen Verfahren
5. Dresdner Materialforschungstag, Werkstoffprüfung - Technologien für die industrielle Qualitätssicherung, 11.11.2005

G. Dobmann
FuE-Potenziale aus dem Portfolio der Zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zur Sicherheitsforschung
3. Workshop »Neue Technologien – Ausblick in eine wehrtechnische Zukunft«
Bonn, 17.11.2005

H. Kühnicke, E. Schulze
Hochauflösende zerstörungsfreie Erkundung von Gesteinsnahbereichen und Betonrohren mittels Akustischer Emission und Ultraschall
15. Kolloquium Schallemission Berlin, 17.-18.11.2005

B. Valeske
Zerstörungsfreie Prüftechnik von Klebungen
VDI-Seminar »Kleben - Innovative Verbindungstechnik für die Industrie«, Bremen, 22./23.11.2005

G. Dobmann
Internationale Entwicklungen in der zerstörungsfreien Rissprüfung
HITRANS Netzwerk-Meeting »Rissprüfung, Leoben, 24.11.2005

M. Kröning
Werkstoffprüfung mit neuen Sensoren
DVM-Tagung »Herausforderungen neuer Werk stoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung«, Berlin, 01.-02.12.2005

B. Wolter, G. Dobmann, R. Kern
Kontinuierliche Inline-Prüfung von Qualitätsmerkmalen in Feinblech
DVM-Tagung »Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung«, Berlin, 01.-02.12.2005

D. Cioclov, G. Dobmann, M. Kröning
Ein Beitrag der quantitativen ZfP mit Ultraschall im Zusammenhang mit probabilistischer Bruchmechanik zur Lebensdauerbewertung von Komponenten
DVM-Tagung »Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung«, Berlin, 01.-02.12.2005

N. Meyendorf. J. Schreiber, I. Altpeter
Barkhausen in Dresden – Vor einem großen Jubiläum – Neue Anwendungen seiner Entdeckung
DVM-Tagung »Herausforderungen neuer Werkstoffe an die Forschung und Werkstoffprüfung«, Berlin, 01.-02.12.2005

G. Dobmann
Überblick über Zerstörungsfreie Prüfverfahren
Seminar »Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion«, Erlangen, 01.-02.12.2005

U. Netzelmann
Moderne Thermographie-Verfahren – Impuls- und Lock-In-Thermographie
Seminar »Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion«, Erlangen, 01.-02.12.2005

U. Netzelmann
Algorithmik zur Auswertung von Thermographie-Bildern bei der Lock-In und der Impulsthermographie
Seminar »Wärmefluss-Thermographie als zerstörungsfreies Prüfverfahren für die Qualitätssicherung in der Produktion«, Erlangen, 01.-02.12.2005

M. Kröning
Material Inspection with New Sensors,
Indien Society for Nondestructive Testing, Kolkata, 02.-04.12.2005

W. Arnold
Moderne Ultraschallverfahren der zerstörungsfreien Prüftechnik
1. Physikalisches Institut, Universität Göttingen, 03.12.2005

Dissertationen / Habilitationen

A. Bub
Untersuchung und Optimierung bildgebender digitaler Röntgendetektoren, Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III der Universität des Saarlandes, 2005

A. Bulavinov
Der getaktete Gruppenstrahler, Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III der Universität des Saarlandes, 2005

A. Marko
Anwendungsmöglichkeiten der 1H-Kernresonanz-Methode zur hydrogeologischen Charakterisierung poröser Gesteine, Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III der Universität des Saarlandes, 2005

A. Koka
Zerstörungsfreie Prüfung mit Ultraschall und zerstörende Prüfung von Klebungen, Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III der Universität des Saarlandes, 2005

M. Reinstädtler
Elastische und tribologische Oberflächencharakterisierung auf der Nanoskala mittels Torsions- und Lateralmoden von Sensorbalken der Rasterkraftmikroskopie, Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III der Universität des Saarlandes, 2005

M. Pirlog
Mikromagnetischer Nachweis der Werkstoffaltrung infolge von kohärenten Kupferausscheidungen, Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III der Universität des Saarlandes, 2005

M. Kopycinska-Müller
On the elastic properties of nanocrystalline materials and the determination of elastic properties on a nanoscale using the atomic force acoustic microscopy technique, Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III der Universität des Saarlandes, 2005

Studien- und Diplomarbeiten

C. Conrad
Variantenkonstruktion von Ultraschallvorlaufkörpern, Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Studienarbeit

D. Rupp
Experimente zur praktischen Umsetzung eines Verfahrens zur Messung der Kontakt- und Adhäsionskräfte zwischen der Sensorspitze einer Kraftmikroskopie-Blattfeder und einer Probe, Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Studienarbeit

F. Reppert
Charakterisierung von Ermüdungsschädigung in Stahlproben mittels Ultraschallverfahren, Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Diplomarbeit

M. Küttner
Aufbau eines automatisierten Meßplatzes zur Charakterisierung von III/V-Halbleitern für Röntgendetektoren, Hochschule für Technik und Wirtschaft Mittweida (FH), 2005
Diplomarbeit

M. Abuhamad
Gussgefüge- und Gussgradientencharakterisierung mittels thermographischer Prüftechniken Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Studienarbeit

R. Wahl
Wellenausbreitung in komplexen Medien Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Diplomarbeit

R. Marmillod
Étude de la transmission ultrasonore au travers des zones de contact dans le procédé de contrôle en ligne du soudage par point, EEIGM, Nancy und Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Studienarbeit

R. Haffner
Optimierte Anregung von Ultraschallprüfköpfen Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Studienarbeit

B. Hörenz
DSP-Programmierung für akustische Messtechnik, FB Elektrotechnik der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), 2005
Diplomarbeit

C. Didion
Simulations- und Experimentaluntersuchungen zum Steuern und Fokussieren eines zweidimensionalen Array-Prüfkopfes zum Einsatz in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung mit Ultraschall Hochschule für Technik und Wirtschaft, Saarbrücken, 2005
Diplomarbeit

G. Berniga
Influence of the discontinuities on the ultrasonic reflected signal obtained in laser welds of tailored blanks by couplant free ultrasonic inspection Universitdad Nacional de Comahue, Neuquén, Argentinien, 2005
Diplomarbeit

D. Voigt
Ethernet-Synchronisation des verteilten Schallemissionssystems AE.engine, FB Informatik der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), 2005
Diplomarbeit

K. Bernland
Microstructure Characterization and Modifying of Materials by Focused Ion Beam Techniques EEIGM, Nancy, 2005
Studienarbeit

R. Haffner
Charakterisierung geklebter Bauteile durch nichtlineare Ultraschallübertragung,
Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Diplomarbeit

S. Hauptmann
Konzeption und Untersuchungen an einem mechatronischen Ultraschallprüfkopf, FB Elektrotechnik der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), 2005
Diplomarbeit

S. Kurzenhäuser
Prüfung der Haftfestigkeit von gefügten Aluminiumplatten mittels nichtlinearem Ultraschall und Vergleich mit zerstörender Prüfung im Zugversuch, Universität des Saarlandes, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III, Fachbereich Werkstoffwissenschaften, 2005
Studienarbeit

U. Chikalova
Kenngrößen zur Charakterisierung von Ermüdungsschädigung – Poisson-Zahl und Barkhausen-Rauschen, Institut für Werkstoffwissenschaften der TU Dresden, 2005
Diplomarbeit

Angemeldete Patente

B. Wolter, R. Kern, H. Kopp
Schleifwerkzeug mit integrierten mikromagnetischen Sensoren
Europa

G. Walle, et al.
Verfahren und Vorrichtung zum Nachweis von Fehlern in Eisenbahnschienen
Europa

J. Nichiforenco, M. Kröning, A. Boulavinov
Vorrichtung zur Materialprüfung und/oder Dikkenmessung an einem wenigstens elektrisch leitende und ferromagnetische Materialanteile aufweisenden Prüfobjekt
Weltweit

W. Arnold, K. Reinstädtler, U. Rabe
Vorrichtung zur Schwingungsanregung eines einseitig in einem Rasterkraftmikroskop befestigten Federbalkens
Deutschland

H. J. Salzburger, F. Niese
Verfahren zur Bestimmung des Flüssigkeitsstandes einer flüssigen Phase über eine Ultraschall-Laufzeitmessung
Deutschland

M. Kröning, A. Boulavinov, K. Reddy, L. von Bernus
Verfahren zur zerstörungsfreien Untersuchung eines Prüfkörpers mittels Ultraschall
Deutschland

K. Szielasko
Vorrichtung und Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Bauteilen
Deutschland

M. Kröning, A. Bulavinov, et al.
Verfahren und Vorrichtung zur bildgebenden Ultraschallprüfung an einem dreidimensionalen Werkstück »TOMO-SAFT«
Deutschland

B. Köhler, A. Myagotin et al.
Verfahren zur zerstörungsfreien Fehlerdiagnose an Verbundbauteilen mit einem Kern aus einem Metallschaum
Weltweit

D. Hentschel, C. Tschöpe, et al.
Vorrichtung und Verfahren zur Beurteilung einer Güteklasse eines zu prüfenden Objekts
Weltweit

H. Kühnicke
Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Bauteilen mittels Ultraschallwellen
Europa, USA

D. Hentschel
Sensoranordnung und Verfahren zur Detektion des Einflusses von auf Konstruktionselementen wirkenden statischen und dynamischen Belastungen
Weltweit

M. Kröning, D. Hentschel, A. Bulavinov, et al.
Getakteter Ultraschall-Gruppenstrahler (Sampling Utrasonic Phased Array)
Weltweit

B. Köhler, L. Haupt, Lothar
Vorrichtung und Verfahren für die zerstörungsfreie thermographische Prüfung von Werkstücken
Deutschland

Erteilte Patente 2005

E. Waschkies
Verfahren zur Bewertung von Schweißverbindungen
Japan

F. Häußler et.al
Verfahren zur zerstörungsfreien Beurteilung der Duktilitätsreserve von Aluminiumlegierungen
Deutschland

W. Gebhardt, R. Licht
Vorrichtung zur Einkoppelung von Ultraschallwellen in ein Medium
Europa mit Schweiz, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, USA

G. Hübschen
Elektromagnetischer Ultraschallwandler
Europa mit Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Schweden

R. Weiss, B. Rockstroh, J. Nichiforenco, A. Bulavinov et.al
Vorrichtung und Verfahren zum Auffinden von Fehlstellen, insbesondere in Form von Materialrissen, in einem rotationssymmetrischen Prüfling aus einem zumindestens metallische Materialanteile aufweisenden Werkstoff
Deutschland

M. Reinstädtler, V. Scherer, W. Arnold
Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen Anregung von Torsionsschwingungen in einem einseitig eingespannten Federbalken eines Rasterkraftmikroskopes
Deutschland

R. Becker, M. Disqué, A. Yashan
Verfahren zur quantitativen Längenbestimmung eines Weichzonenbereiches eines teilgehärteten Werkstückes
Deutschland

E. Pridöhl, B. Frankenstein
Einrichtung und Verfahren zur Überwachung einer rotierenden Welle und/oder daran angebrachter Elemente
Deutschland

B. Köhler, T. Baumbach, A. Myagotin
Verfahren zur zerstörungsfreien Fehlerdiagnose an Verbundbauteilen mit einem Kern aus einem Metall- oder Kermikschaum
Deutschland

Postadresse

Fraunhofer-Institut
für Zerstörungsfreie Prüfverfahren
Universität, Gebäude 37
66123 Saarbrücken
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-0
Telefax: +49 (0) 6 81/93 02-59 01
E-Mail: info@izfp.fraunhofer.de
Internet: www.izfp.fraunhofer.de

Anfahrt

Auto:

Aus Richtung Mannheim, Kaiserslautern; Autobahn A 6 bis Ausfahrt
St. Ingbert-West, dem Hinweisschild »Universität« folgen bis Ausfahrt Dudweiler / Scheidt, in Richtung Scheidt nach etwa 800 m an der nächsten Abzweigung rechts; ab hier ist das Fraunhofer IZFP ausgeschildert; es liegt nach 300 m auf der rechten Seite.

Aus Richtung Koblenz, Trier
Autobahn A1 / A8 bis Autobahndreieck Friedrichsthal, dort auf die A623 bis Ausfahrt Sulzbach und dem Hinweisschild »Flughafen« folgen bis zum Hinweisschild »Dudweiler/Universität«, in dieser Richtung bis Ausfahrt Dudweiler/Scheidt, in Richtung Scheidt nach etwa 800 m an der nächsten Abzweigung rechts; ab hier ist das Fraunhofer IZFP ausgeschildert; es liegt nach 300 m auf der rechten Seite.

Bahn:

ICE-, IC- und EC-Züge aus Richtung Mannheim und Schnell- bzw. Eilzüge aus Richtung Koblenz nach Saarbrücken Hauptbahnhof. Von dort mit dem Taxi zum Institut ca. 20 Minuten oder mit der Saar-Bahn bis Haltestelle Johanneskirche, umsteigen in Buslinie 11 oder 19 bis zur Haltestelle Universität/Mensa oder Campus, von dort 3 Minuten zu Fuß.

Flugzeug:

Ab Flughafen Saarbrücken-Ensheim nur mit dem Taxi,
Fahrzeit ca. 20 Minuten

Anfahrt

Auto:

Autobahn A4 bis Abfahrt Dresden-Nord, stadteinwärts fahren und nach ca. 1,5 km bei BP-Tankstelle links abbiegen; über Stauffenbergallee und Waldschlößchenallee bis in die Bautzner Straße; links in die Bautzner Landstraße und etwa 3,5 km weiter bis Ortsteil Weißer Hirsch; dort ca. 300 m nach Fußgängerampel rechts in die Steglichstraße bergab bis ins Tal; rechts in die Grundstraße, dann links in die Ulrichstraße; der Hauptstraße bergaufwärts folgen, die Sackgasse umfahren, man kommt auf die Krügerstraße; dort links abbiegen; das Gebäude befindet sich auf der rechten Seite nach der Kurve.

Bahn:

Vom Bahnhof Neustadt:

1. Mit der Linie 6 Richtung »Niedersedlitz« bis zur Haltestelle Schillerplatz fahren,
2. von dort den Bus Linie 61, Richtung »Bühlau«, bis Haltestelle Tännichtstraße nehmen,
3. in den Bus Linie 84, Richtung »Rochwitz« umsteigen und Fahrt bis Haltestelle Amselsteg.

Das Institut befindet sich schräg gegenüber auf der anderen Straßenseite.

Da die Linie 84 sehr unregelmäßig fährt, empfehlen wir Ihnen, das letzte Stück zu Fuß (15-20 min) zurückzulegen.

Vom Hauptbahnhof:

1. Mit der Straßenbahn Linie 12, Richtung »Striesen«, bis Haltestelle Pohlandplatz fahren (auch andere Linien möglich),
2. dort in die Buslinie 61 Richtung »Bühlau« umsteigen,
3. ab der Haltestelle Tännichtstraße folgen Sie bitte der Beschreibung »Vom Bahnhof Neustadt«.

Flugzeug:

Flughafen Dresden-Klotzsche, mit dem Zubringerbus bis Haltestelle Albertplatz, dann umsteigen in die Straßenbahn Linie 11 Richtung »Bühlau«, weiter: siehe »Vom Bahnhof Neustadt«; mit dem Taxi Fahrzeit ca. 25 Minuten.

Postadresse

Fraunhofer-Institut
für Zerstörungsfreie Prüfverfahren
Außenstelle Dresden
Krügerstraße 22
1326 Dresden
Telefon +49 (0) 3 51/2 64 82-0
Telefax: +49 (0) 3 51/2 64 82-18
E-Mail: info@izfp-d.fraunhofer.de
Internet: www.izfp-d.fraunhofer.de

Anfrageformular

Fraunhofer IZFP
Universität, Gebäude 37
66123 Saarbrücken
Fax: +49 (0) 6 81/93 02-59 35
E-Mail: info@izfp.fraunhofer.de

Wenn Sie eine spezielle Prüfaufgabe haben, können Sie sich jederzeit an uns wenden. Angaben zu den folgenden Punkten ermöglichen uns die schnellere Kontaktaufnahme mit Ihnen:

Prüfobjekt

Material:
- ❑ Stahl
- ❑ Gusseisen
- ❑ Buntmetall
- ❑ Polymere
- ❑ Keramik
- ❑ Verbundwerkstoff
- ❑ Werkstoffverbund
- ❑ Baumaterial (Holz, Glas, Beton, etc.)
- ❑ Halbleiter

Abmessungen: .....

Gewicht: .....

Prüfaufgabe

- ❑ Korrosionsprüfung
- ❑ Rissprüfung
- ❑ Fehlerprüfung
- ❑ Oberflächenprüfung
- ❑ Volumenprüfung
- ❑ Werkstoffcharakterisierung
- ❑ Gefügecharakterisierung
- ❑ Spannungsmessung
- ❑ Sonstige:

Art der gewünschten Lösung:
- ❑ Machbarkeitsstudie
- ❑ Prototypentwicklung
- ❑ Dienstleistung
- ❑ Prüfgerät

Prüfung nach: DIN.....

Fehlergröße / vermutete Fehlerlage / zu prüfendes Materialvolumen:

.....

.....

.....

Kurzbeschreibung der Prüfaufgabe:

.....

.....

.....

Kann ein Koppelmittel (z.B. Wasser) eingesetzt werden?
❑ ja ❑ nein

Kompaktes Bauteil oder beschichtetes Bauteil?
Falls ja, Dicke der Schicht?

.....

Prozessintegrierte Prüfung:
❑ ja ❑ nein

falls ja, Prüfgeschwindigkeit:

.....

Akzeptable Zeit je Einzelprüfung

ca.: .....

Automatisierung erwünscht
❑ ja ❑ nein

Ihre Vorstellungen, welche Prüfmethode Ihrem Problem adäquat ist:
- ❑ Röntgen
- ❑ Thermographie
- ❑ Ultraschall
- ❑ magnetische Prüfung
- ❑ Wirbelstrom
- ❑ Mikrowellen
- ❑ andere.....
- ❑ weiß nicht

Welche Darstellung des Prüfergebnisses erscheint Ihnen adäquat?
- ❑ i.O. / n.i.O.
- ❑ numerischer Wert (z. B. Härte)
- ❑ eindimensionaler Verlauf
- ❑ 2-D-Darstellung
- ❑ 3-D-Visualisierung
- ❑ mit Dokumentation der Einzelprüfung

Ihre Branche:
- ❑ Automobil
- ❑ Bahn / Schiene
- ❑ Elektrotechnik / Elektronik
- ❑ Großanlagen
- ❑ Luft- und Raumfahrt
- ❑ Metallerzeugung und -verarbeitung
- ❑ Pipeline und Kanalsysteme
- ❑ Metalle
- ❑ Keramik
- ❑ Kunststoffe / Holz
- ❑ Lebensmittel
- ❑ andere.....

Absender

Name, Vorname

Firma

Position

Abteilung

Straße

PLZ, Ort

Telefon

Telefax

Datum, Unterschrift

Impressum

Herausgeber

Fraunhofer-Institut
für Zerstörungsfreie Prüfverfahren

Universität, Gebäude 37
66123 Saarbrücken
Telefon: +49 (0) 6 81/93 02-0
Telefax: +49 (0) 6 81/93 02-59 01
E-Mail: info@izfp.fraunhofer.de
Internet: www.izfp.fraunhofer.de

Institutsleitung
Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. mult. Michael Kröning

Stellvertretung
Dipl.-Ing. Siegfried Kraus
Dr. rer. nat. Dr. e. h. Gerd Dobmann
Prof. Dr. habil. Norbert Meyendorf

Druck

MDV
Merziger Druckerei und Verlag GmbH
& Co. KG
Gewerbegebiet Siebend
66663 Merzig / Saar

Abdruck und Vervielfältigung jeder Art nur mit Genehmigung des Herausgebers.

© Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken 2006

Konzeption, Koordination, Redaktion, Satz und Layout

Martin Stenger M.A.

Bildredaktion und Graphiken

Martin Stenger M.A.
Roger Pfau

izfp0706.1.1de