

INDUSTRIELÖSUNGEN

ZUSTANDSÜBERWACHUNG

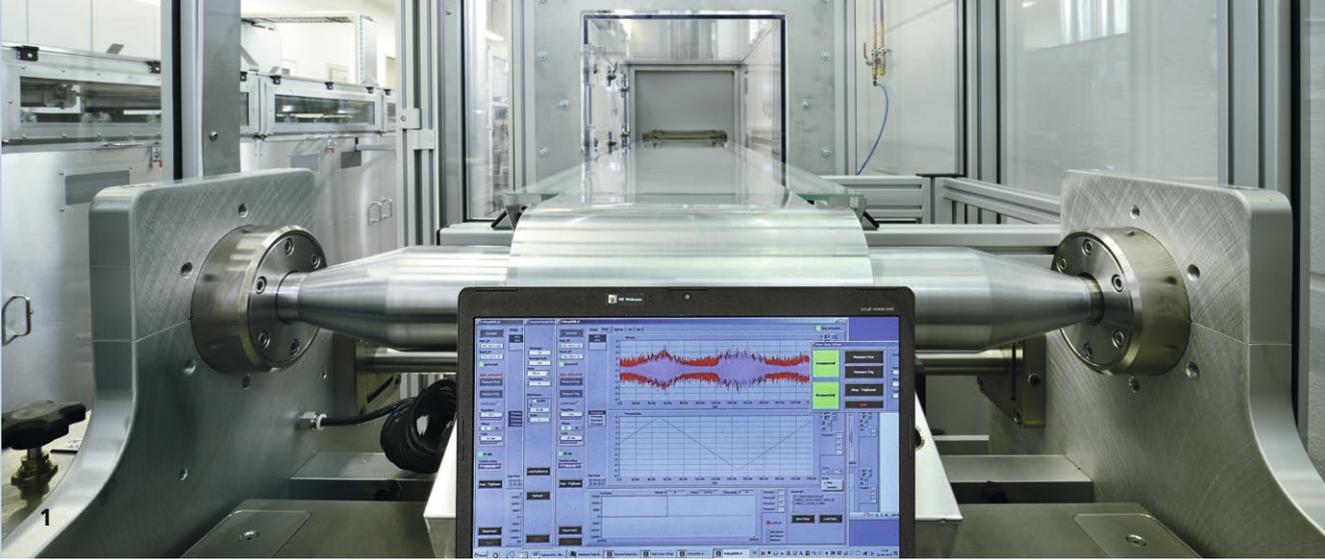
VON PROZESSEN, ANLAGEN UND KOMPONENTEN



1	Überblick
2	Technologie
4	Verarbeitende Industrie
8	Energiewirtschaft
12	Verkehrs- und Transportwesen
14	Bio- und Medizintechnik
16	Kooperationsmodelle
17	Technische Ausstattung

TITELBILD *Sichere Windkraftanlagen sind ein Pfeiler der Energiewende (Quelle: Pixabay/Oimheidi).*

1 *Zustandsüberwachung von Foliengießprozessen am Fraunhofer IKTS.*



ZUVERLÄSSIGKEIT STEIGERN, KOSTEN REDUZIEREN

Methoden und Messsysteme der Zustandsüberwachung (Condition Monitoring, CM) sichern die Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen. Insbesondere für Instandhaltungsstrategien (Maintenance, Repair and Overhaul, MRO) kann die regelmäßige Erfassung von Maschinenzuständen entscheidende Informationen liefern. Damit ist eine bessere Steuerung und Optimierung der Prozesse möglich.

Beim Structural Health Monitoring (SHM) werden hingegen statische Bauteile automatisiert überwacht. Die damit realisierte Erfassung und Bewertung von Schädigungsmechanismen sichert die Zuverlässigkeit und optimale Funktionsweise kritischer Komponenten.

Das Fraunhofer IKTS ist kompetenter Ansprechpartner wenn es um die Überwachung von Materialien, Bauteilen, Baugruppen, Maschinen, Anlagen sowie den damit verbundenen Fertigungsverfahren geht. Dies umfasst sowohl die Analyse und Bewertung als auch die Optimierung von Komponenten und Prozessen.

Dafür entwickelt das IKTS Sensoren (optisch, akustisch, elektromagnetisch), Systeme und Verfahren für die Zustandsüberwachung, die bei der Errichtung und Inbetriebnahme von Anlagen implementiert werden. Die Nachrüstung in bestehende Infrastrukturen ist ebenfalls möglich. Ausgelegt für harsche Einsatzbedingungen realisieren sie die zerstörungsfreie Defekterkennung, Echtzeitüberwachung und eine damit verbundene zustandsbasierte Wartung oder Anlagenoptimierung.

Die maßgeschneiderten Lösungen tragen zur Verbesserung der Anlagensicherheit unter Beachtung aller Normanforderungen bei und entstehen in enger Zusammen- und Entwicklungsarbeit mit Herstellern und Anwendern.





TECHNOLOGIE

Kein CM-System gleicht dem anderen: Ob korrektiv, informativ oder vorausschauend – erst eine angepasste Instandhaltungsstrategie führt zu längeren Lebenszeiten und damit zu Einsparpotenzialen. CM-Systeme des Fraunhofer IKTS fokussieren die Identifizierung, Erfassung und Bewertung entscheidender Parameter. Die intelligenten Systeme sagen auf Basis von Wahrscheinlichkeiten Schäden voraus und erhöhen so die Verfügbarkeit von Anlagen und Komponenten.

Messsysteme zur Zustandsüberwachung werden am Fraunhofer IKTS entsprechend ihrer Zielanwendung, d. h. Prozesse, Anlagen oder Komponenten, entwickelt, aufgebaut und integriert. Je nach Einsatzbedingungen und Kundenanforderungen wird das System lediglich temporär angebracht oder verbleibt dauerhaft an der zu überwachenden Struktur.

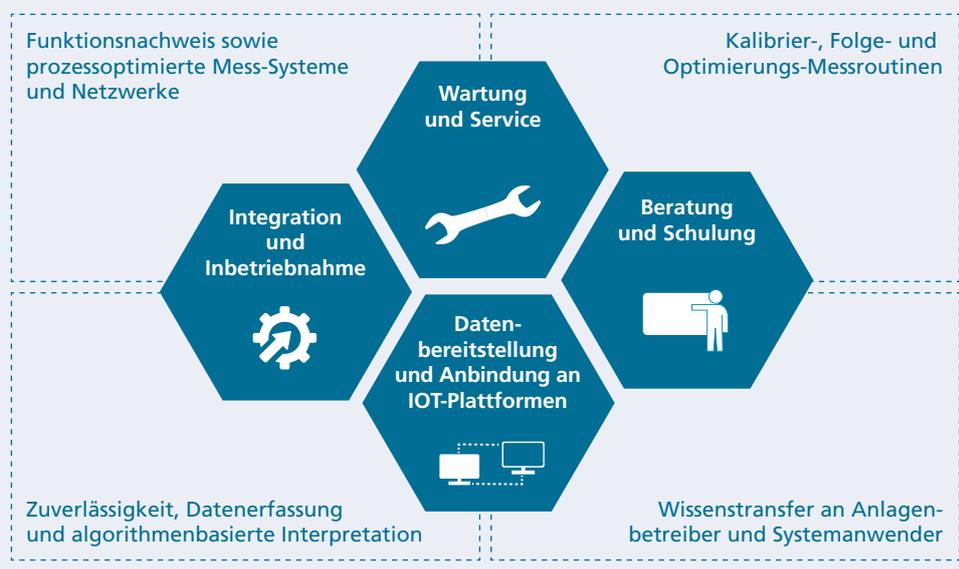
In Abhängigkeit von der Häufigkeit der Messintervalle und der benötigten Auflösung der Ergebnisse erfolgt die Festlegung zur permanenten Überwachung. Die Messergebnisse können anschließend über die Zeit verglichen werden.

Werden mehrere Sensoren zu Netzwerken zusammengeschlossen, ist neben der Überwachung ausgedehnter Strukturen auch die Korrelation mehrerer Messparameter möglich.

Um das Prüfobjekt und dessen Umgebung nur minimal zu beeinflussen, können die Zustandsüberwachungssysteme mit einer am IKTS entwickelten Funktechnologie sowie autarker Energieversorgung ausgerüstet werden.

Zustandsabhängige Prüfung hat eine verbesserte Planung des Ressourceneinsatzes und die bedarfsgerechte Gestaltung notwendiger MRO-Prozesse zum Ziel.

Zustandsüberwachung als ganzheitlicher Ansatz



1 Sensormanschette zur Überwachung von Schweißnähten oder Abrasion an Rohrleitungen.



Weg zum kundenspezifischen Zustandsüberwachungssystem

Simulation	Messprinzip	Sensorik	Elektronik	Datenverarbeitung	Energieversorgung	Integration	Akkreditierung
Modellierung der Schadenswechselwirkung	Ableitung schadensrelevanter Messgrößen	Auslegung Sensordesign, Zuverlässigkeit für Langzeitmessungen	Aufbau der Prüfelektronik	Kompensation von Umwelteinflüssen	Anforderungsgerechte Energieversorgung	Verschiedene Sensoranwendungen und Integration	Hauseigenes Akkreditiertes ZfP-Zentrum*
Wandleroptimierung und -auslegung	Theoretische Betrachtungen zu Schadenswechselwirkungen	Akustische, elektromagnetische, optische, Beschleunigungs-Sensoren	Berücksichtigung von Umgebungsbedingungen	Fehlerextraktion Applikationsspezifische Programmierung	Kabelgebunden/kabellos, optisch, batteriebetrieben	Einbettung in verschiedene Materialien (CFK, GFK) Ex-geschützte Sensorgehäuse	Prüfdienstleistungen, Konzeptionsstudien, Validierung von Prüfverfahren

Der Anspruch an ein innovatives Monitoringsystem geht daher über die traditionelle Umsetzung, d. h. die Integration einzelner Sensoren oder umfangreicher Sensornetzwerke mit fachgerechter Inbetriebnahme, hinaus.

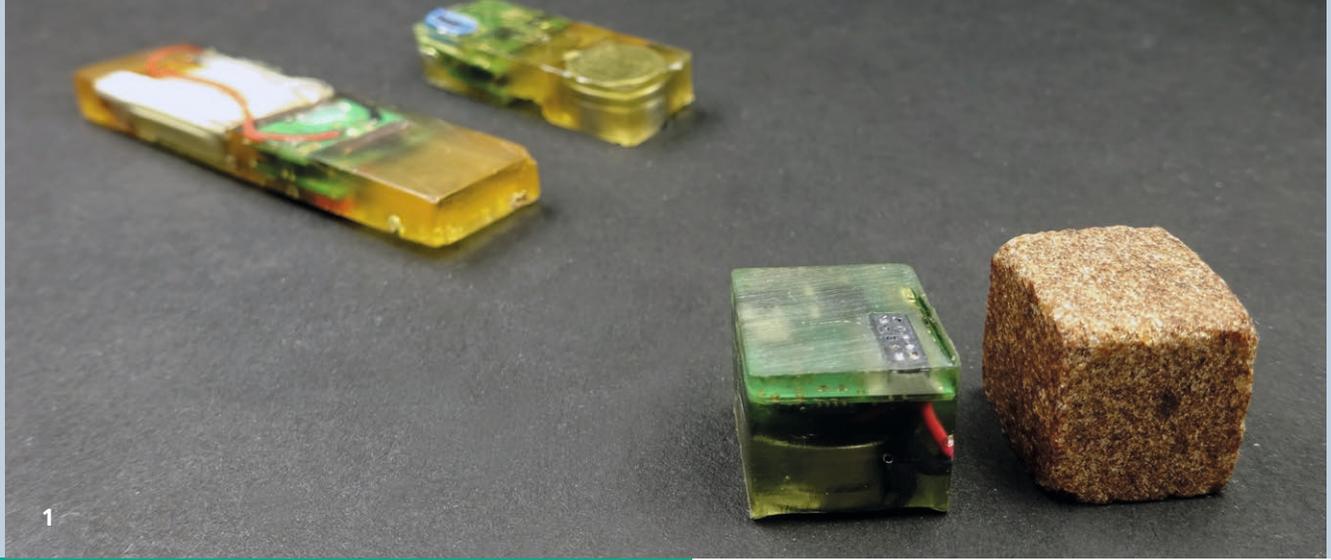
Das Fraunhofer IKTS lebt den Ansatz eines kompletten Zustandsüberwachungsmanagements: von der Konzeption bis zur finalen Integration. Durch die enge Verzahnung mit Partnern aus Industrie und Forschung können so, auf Basis universeller Schnittstellen und unter Berücksichtigung neuester Automatisierungs-Architekturen, Monitoringsysteme an verfügbare IoT-Plattformen angebunden werden. Hierzu gehört nicht nur die vertikale Integration der aufgenommenen Daten sondern auch die horizontale Bereitstellung für aufeinander folgende Prozesse.

Die Daten werden zu aussagekräftigen Informationen verdichtet und über sichere Netzwerke an Entscheidungspunkte weitergegeben. Die webbasierte Darstellung der Daten erfolgt dabei benutzerfreundlich auf mobilen Endgeräten.

Dieser ganzheitliche Ansatz wird durch kundenspezifische Beratungen und vielfältige Schulungsangebote für die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften ergänzt.



2 *Sicherheitsrelevante Industriebereiche erfordern spezielle CM-System-Konzepte.*



1

VERARBEITENDE INDUSTRIE

Fertigungsprozesse bilden den Schwerpunkt betrieblicher Leistungserstellung und entscheiden damit über den Wettbewerbsvorteil eines Unternehmens. Das Fraunhofer IKTS trägt mit seinem Prozessverständnis in vielen Branchen zur Gestaltung von effizienten und sicheren Fertigungsprozessen bei. Das Hauptaugenmerk liegt auf einer schnellen und berührungslosen Überwachung von Materialien, Komponenten und ganzen Anlagen mittels akustischer und optischer Prüfverfahren.

MINIATURSENSORIK FÜR VERPACKUNGSPROZESSE

Ad-hoc-Erhebungen von Daten im Verpackungsprozess ermöglichen im Notfall eine schnelle Instandsetzung sowie kurze Reaktionszeiten beim Beschaffen von Ersatzteilen. Dies steigert die Anlagenverfügbarkeit und ermöglicht darüber hinaus die Identifikation von Bereichen mit hoher Produktbelastung im laufenden Prozess.

Beanspruchungen lassen sich oft nicht an der Verpackungsmaschine, sondern nur am verpackten Produkt selbst bestimmen. Deshalb hat das Fraunhofer IKTS ein Miniatorsensorsystem entwickelt, das Informationen zur Prozessdiagnose und Fehleridentifikation in Echtzeit liefert und auswertet.

Die gekapselte Sensorik durchläuft in Form des jeweiligen Produkts, z. B. Schokoladenriegel oder Brühwürfel, den Verpackungsprozess. Dabei vermisst sie verschiedenste Parameter, wie Vibrationen, Temperatur oder Druck. Während des Verpackungsdurchlaufs ist so auch die Erfassung der Beschleunigungen in drei Achsen mit unterschiedlichen Abtast- und Drehraten möglich. Mit Hilfe des integrierten Datenspeichers werden zahlreiche Messreihen aufgezeichnet. Nach dem Durch-

laufen des Verpackungsprozesses wird das Sensorsystem mittels elektromagnetischer Ortung aussortiert.

Die Konfiguration des Sensoraufbaus erfolgt vor der Messung über eine PC-Schnittstelle. Die Messung selbst wird kontaktlos durch integrierte Hall-Sensoren über ein externes Magnetfeld gestartet. Ein aufladbarer Akku sichert den langen Einsatz des Sensormoduls. Auf Basis der entwickelten Systemplattform können individuelle Kundenwünsche, wie eine kabellose Datenkommunikation oder Ladetechnik, realisiert werden.

Leistungsangebot

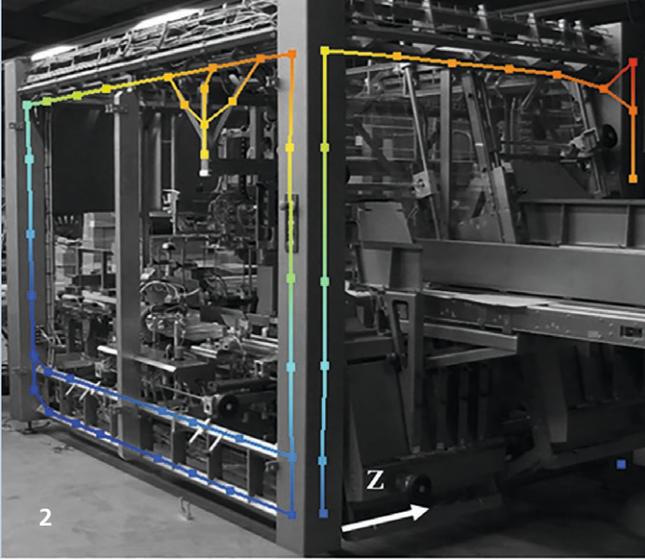
- Erfassung von Beschleunigungen in drei Achsen bis 2000 m/s² bei einer Abtastrate von bis zu 10 kHz
- Erfassung von Drehraten bis 4000°/s mit bis zu 1 kHz
- Modular gestaltetes Sensorsystem

PROZESS- UND ANLAGENOPTIMIERUNG

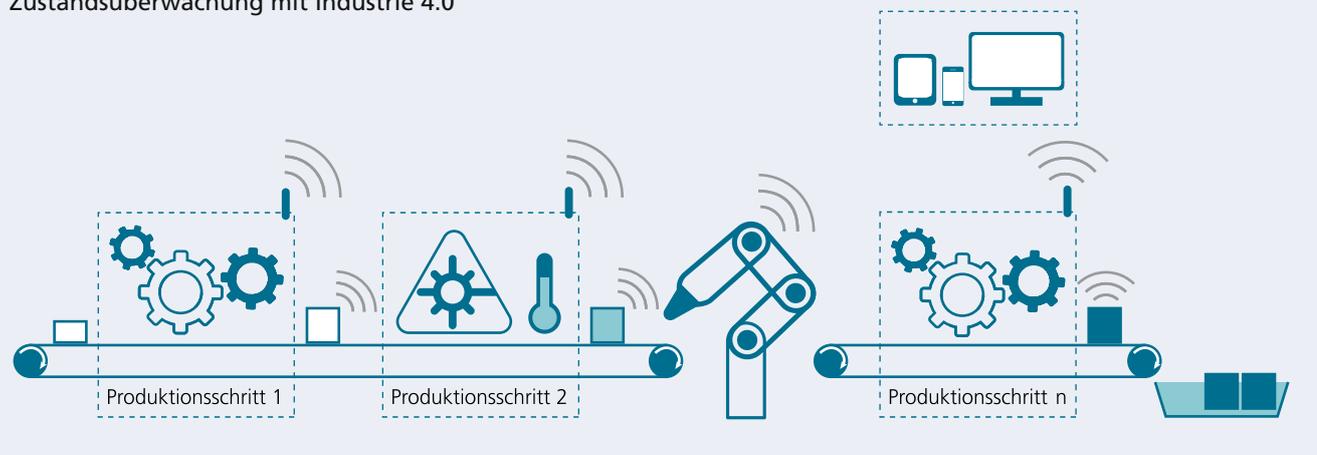
Eine permanente Überwachung von Anlagen ist eine Möglichkeit, die optimale Funktionsweise kritischer Komponenten sicherzustellen. Mit der 3D-Laservibrometrie lassen sich Schwingungen schnell berührungslos messen. In Kombination mit neuester Sensortechnik ergeben sich maßgeschneiderte Lösungen zur permanenten Zustandsdiagnose von Prozessen und Anlagen.

Das Erfassen und Analysieren von Schwingungen in drei Dimensionen ermöglicht dabei das detaillierte Erkennen von

1 *Miniaturisierte und integrierte Sensorik zur Überwachung von Verpackungsprozessen.*



Zustandsüberwachung mit Industrie 4.0



Störquellen. Auf dieser Grundlage können konstruktive Anpassungen der Anlagen und Maschinen mit dem Ziel der Schwingungsminderung erfolgen. Neben der Ermittlung von Betriebschwingungen und Eigenmoden werden auch dreidimensionale Dehnungen erfasst und visualisiert.

Leistungsangebot

- Prozess- und Anlagenoptimierung durch berührungslose 3D-Schwingungsanalyse
- Aufzeichnung der 3D-Wellenausbreitung zur Bestimmung der Abstrahlcharakteristik von Sensoren
- Modalanalyse und dreidimensionale Dehnungsmessungen
- Messdaten als Basis für FEM-Modellabgleich

MONITORING HYDRAULISCHER KOMPONENTEN

Das Fraunhofer IKTS bietet eine Monitoring-Strategie für verschleißgefährdete hydraulische Komponenten, wie Servoventile. Körperschallsensoren zeichnen an einem Ventil akustische Signale auf, die durch den Ölstrom in einem sehr breiten Fre-

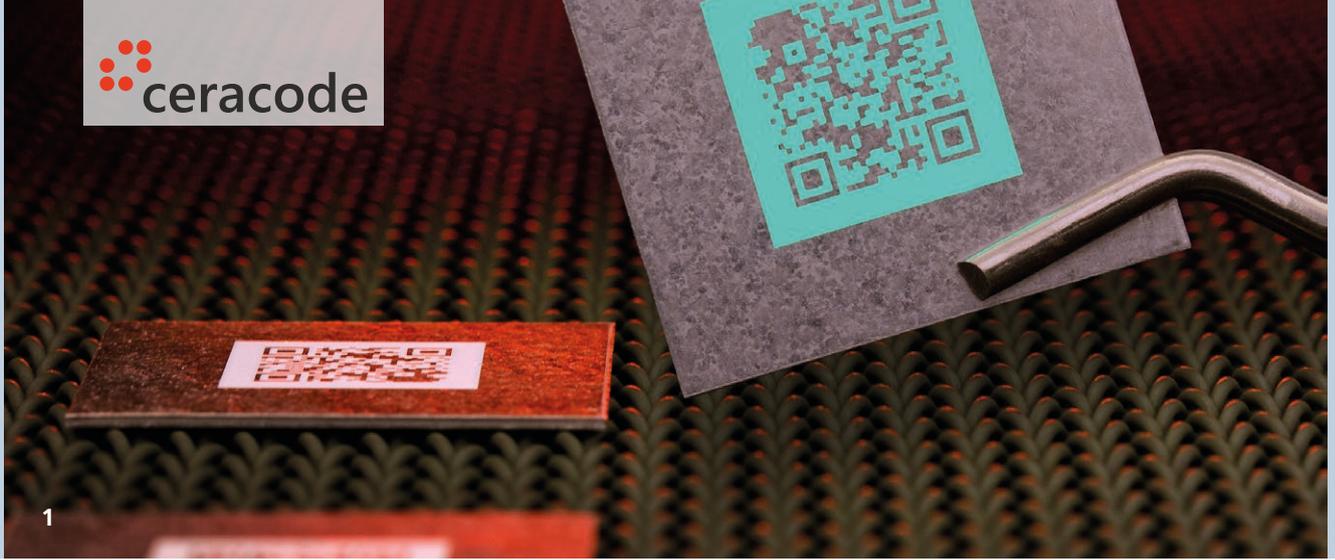
quenzspektrum von 10 bis 500 kHz erzeugt werden. Der hydraulische Prozess wird durch ein charakteristisches Muster beschrieben. Änderungen des Zustands der durchströmten Komponenten führen zu variierenden Signaleigenschaften. Aus den Hüllkurven der Zeitsignale sowie dem Amplitudenspektrum der Signale können Merkmale extrahiert werden, die frühzeitig Aufschluss über defekte Komponenten oder fehlerhafte Systemkonfigurationen geben. So lassen sich Aussagen zur Notwendigkeit von Instandhaltungsmaßnahmen treffen.

Leistungsangebot

- Sensoren und Systeme für das Verschleißmonitoring
- Angepasste Systeme für hydraulische Prüfstände
- Kundenspezifische Auftragsforschung

2 *Schwingungsanalyse an einer Verpackungsanlage (Quelle: J+P Maschinenbau).*

3 *Verschleißgefährdete Servoventile in hydraulischen Prüfständen.*



CERACODE®- BAUTEILKENNZEICHNUNG

Die individuelle Kennzeichnung von Bauteilen (direct part marking) spielt eine zentrale Rolle für die fortschreitende Digitalisierung in der Produktion. Sie ist Ausgangspunkt für die eindeutige maschinelle Identifikation aller Komponenten – vom Ausgangsmaterial bis zum Endprodukt. Dies ermöglicht eine weitere Optimierung der Fertigungsprozesse und deren Qualitätssicherung durch die vollständige digitale Erfassung und Vernetzung aller Produktionselemente.

Eine ungelöste Herausforderung in der Metallverarbeitung sind die harschen Produktionsbedingungen. Viele Bearbeitungsschritte von Halbzeugen und Produkten finden zwischen 700 und 1200 °C statt; Oberflächenbehandlungen (z. B. Härten, Nitrieren) und Reinigungsprozesse unterliegen häufig aggressiven chemischen Bedingungen. Dies führt bei gängigen Kennzeichnungsverfahren zur Zerstörung und damit zur Unlesbarkeit der Markierung. Eine durchgängige Erfassung der Bauteile ist damit nicht möglich.

Ceracode® bietet eine Komplettlösung zur Kennzeichnung und Identifizierung von Metallbauteilen in der Warmumformung. Grundlage ist ein Matrix-Code aus einer keramisch pigmentierten Tinte, die mit etablierten Druckverfahren aufge-

bracht wird. Der Code verbindet sich fest mit dem Bauteil, widersteht höchsten Temperaturen und ist unempfindlich gegenüber chemischen Einflüssen. Die Eigenschaften des Bauteils werden dabei nicht beeinflusst. Ein Modul aus Scanner und Beleuchtung sorgt für eine kontrastreiche Erfassung und Identifizierung der Codierung und übermittelt die Daten via industrieeüblichen Hard- und Softwareschnittstellen in die Informationssysteme der Kunden.

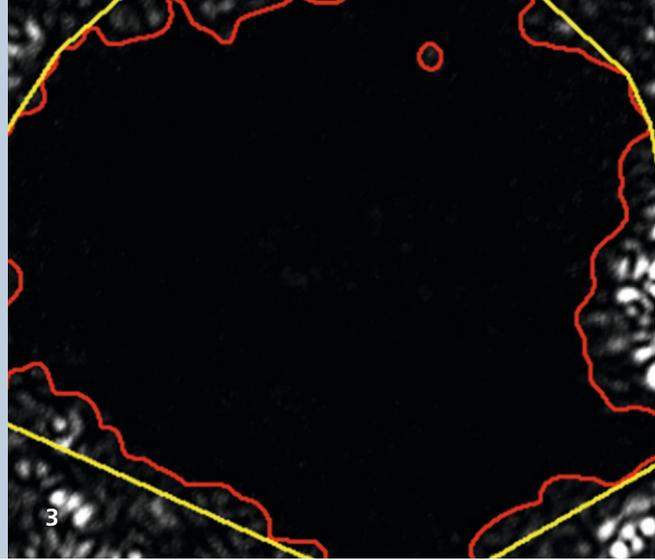
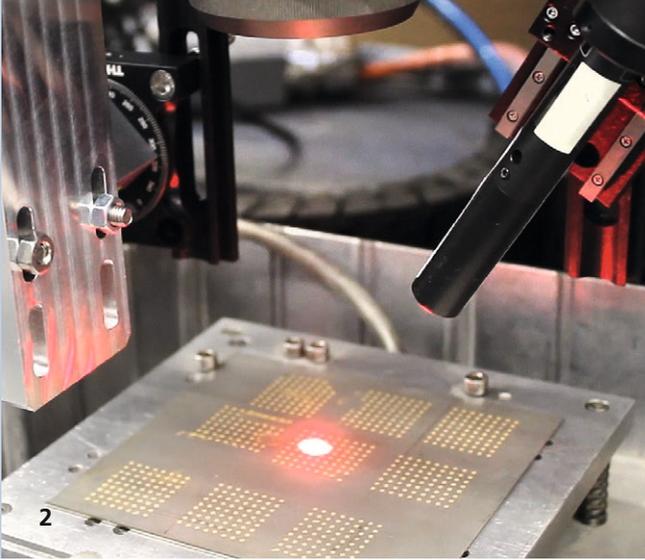
Die Ceracode®-Bauteilkennzeichnung ermöglicht so neue digitale Wertschöpfungs- und Geschäftsmodelle in Branchen und Fertigungsbereichen, in denen derzeit keine automatisierte Datenerfassung implementierbar ist.

Leistungsangebot

- Auswahl der Komponenten für die Bedruckung entsprechend der Prozessparameter
- Herstellung der Markierungstinte für optimale Haftung, schnelles Trocknen und maximalen Kontrast
- Planung einer Kennzeichnungs- und Erfassungslösung entsprechend des Umfangs der zu druckenden Information, Bauteilgröße und der notwendigen Auflösung
- Aufbau eines angepassten Systems für die Bedruckung, Anpassung des vollautomatischen Auslesesystems und Integration in eine bestehende Fertigungsstrecke mit Schnittstelle zur Prozesssteuerung



1 Kontrastreiche temperaturbeständige Kennzeichnung auf Metallbauteil.



ÜBERWACHUNG VON SCHWEISSPROZESSEN

In der Elektronik kommt das Mikro-Laserauftragsschweißen bei der Fertigung von elektrischen Goldkontakten (z. B. Schleif- und Steckkontakte) zum Einsatz. Durch Parallelisierung werden dutzende Kontakte pro Sekunde funktionalisiert. Das erfordert eine schnelle 100-Prozent-Kontrolle.

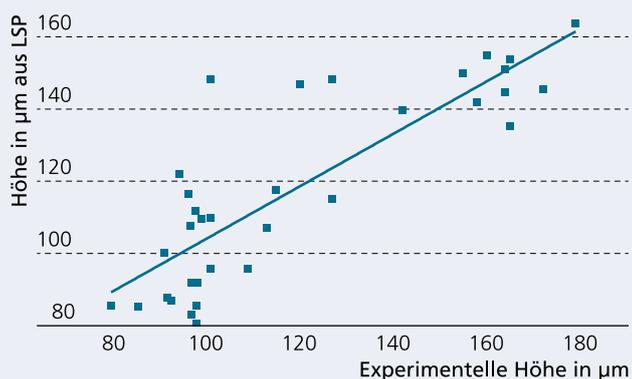
Das Fraunhofer IKTS bietet für diesen Schweißprozess eine einzigartige Mess- und Prüflösung. Bei der Inline-Überwachung mit der Laser-Speckle-Photometrie (LSP) können sowohl Werkstoffeigenschaften, Spannungen und Oberflächenfehler als auch geometrische Maße schnell, berührungslos und kostengünstig erfasst werden. Dabei werden die zeitlichen Veränderungen von optischen Speckle-Mustern (Interferenz-Mustern) ausgewertet, die sich bei der Beleuchtung des Prüfobjekts mit kohärentem Licht entwickeln. Das LSP-System bestimmt dabei den Edelmetallgehalt von bis zu 100 Kontakten pro Minute und kann parallel deren Geometrie erfassen. Damit misst die Laser-Speckle-Photometrie wesentlich schneller als andere Prüfverfahren.

Leistungsangebot

Das LSP-Verfahren ermöglicht bei Fertigungsprozessen mit hohen Stückzahlen die Fehlerdetektion für fast alle Materialklassen. Die Entwicklung kundenspezifischer LSP-basierter Komplettprüfsysteme für Laserauftragsschweißprozesse ergänzt das Fraunhofer IKTS mit LSP-Prüflösungen für weitere Einsatzgebiete:

- Prozessüberwachungen (z. B. Porosität/Defekte) bei additiven Fertigungsverfahren
- Monitoring biotechnologischer Prozesse
- Inline-Qualitätskontrollen in Fertigungsbereichen mit hohen Stückzahlen
- Spannungsmonitoring an Großkomponenten mit Ermüdungsbeanspruchung (Tragwerke, Brücken)
- Vor-Ort-Messservice

Kalibrierkurve der Höhe der Kontakte mittels Konfokalmikroskopie vs. Höhe mittels LSP



2 Automatisiertes Online-Prüfsystem auf Basis der Laser-Speckle-Photometrie (LSP).

3 Speckle-Muster eines Goldkontakts aus dem die Kontakthöhe bestimmt wird.



ENERGIEWIRTSCHAFT

Für großtechnische Anlagen, insbesondere im Energiesektor, sind Sicherheit und Zuverlässigkeit unabdingbar. Die Überwachung kritischer Komponenten, wie Rotorblätter oder Rohrleitungen, soll zum einen Ausfällen vorbeugen und zum anderen Wartungskosten senken. Das Fraunhofer IKTS bietet verschiedenste Systeme zur Zustandsüberwachung von Onshore- bis Offshore-Anlagen an. Zudem steht das IKTS als Dienstleister bei der Begleitung von Ermüdungstests sowie bei Instrumentierung, Betrieb und Auswertung von Messergebnissen zur Verfügung.

TANKÜBERWACHUNG

Für die Zustandsüberwachung von Tankanlagen in sicherheitsrelevanten Industriebereichen bietet das Fraunhofer IKTS mit CoMoDetect® eine Systemlösung, die die strukturelle Integrität anhand der Auswertung spezieller Ultraschallwellen bestimmt. Dabei wird sowohl die aktive Signaturanalyse als auch die passive Schallemissionsanalyse angewendet.

CoMoDetect® wurde für die permanente Überwachung schwer zugänglicher Behälter und anderer korrosionsanfälliger Komponenten im explosionsgeschützten Bereich entwickelt. Das System besteht aus einem Netzwerk von Sensoren (CoMoSens® Ex) und einem elektronischen Datenerfassungsgerät (CoMoBase® Ex). Der Abstand zwischen den Sensoren definiert den zu überwachenden Bereich. Für eine gute Fehlererkennung von Risstiefen beträgt die Ortsauflösung etwa ein Viertel der Wandstärke des Behälters. Um die Ortsauflösung von kritischen Bereichen zu erhöhen, können mehrere Sensoren zu Clustern zusammengeschaltet werden.



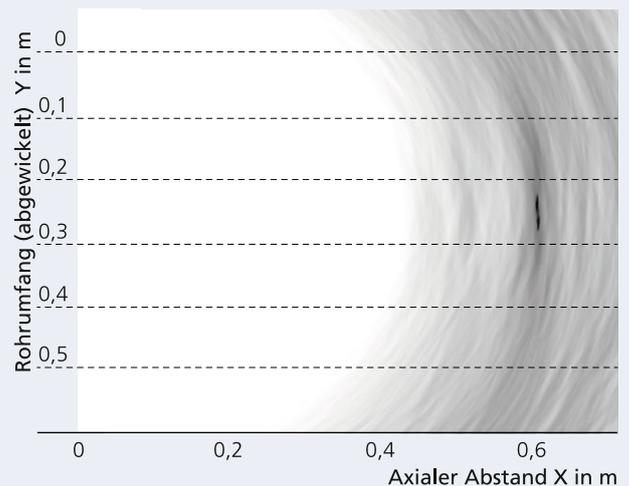
2

Die Installation der Sensoren ist schnell umsetzbar, da die Fixierung am Behälter durch etablierte Schweißverfahren erfolgt. So werden die Sensoren, die für verschiedene Temperaturbereiche zertifiziert sind, dauerhaft mit dem Behälter verbunden. Dies ermöglicht permanente Messungen. Das Überwachungssystem kann zudem jederzeit erweitert werden.

Leistungsangebot

- Behälterüberwachung in Industrieanlagen
- Rissdetektion und Korrosionsüberwachung an Chemieanlagen, Raffinerien etc.

Visualisierung der Schadenswechselwirkung an einer Rohrleitung (C-Bild).



1 Lagertanks in einem explosionsgeschützten Bereich.

2 CoMoSens® zur Schweißnahtüberwachung an einem Tank.



ÜBERWACHUNG VON ROHRLEITUNGEN

Korrosion, Ablagerungen, Biofilme, Fouling oder andere Fremdstoffe beeinträchtigen die Integrität von Rohrleitungen bis hin zu deren Zerstörung. Insbesondere bei sehr langen Rohrleitungsnetzwerken sind die Betreiber daher bestrebt, Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen so effizient wie möglich zu gestalten.

Das Fraunhofer IKTS bietet mit dem CoMoRanger® ein Überwachungssystem speziell für korrosionsanfällige Komponenten mit erschwerter Zugänglichkeit an. Es kommt vor allem dort zum Einsatz, wo konventionelle Prüfmolche an ihre Grenzen stoßen. Das System detektiert Fehlstellen und bestimmt kontinuierlich die Restwandstärke bei flächenhaft auftretender Korrosion an überirdisch, unterirdisch oder auch vertikal verlegten Rohrleitungen.

CoMoRanger® sendet dazu niederfrequente Ultraschallwellen, sogenannte geführte Wellen (guided waves), in die Bauteile, um diese auf ihren Zustand hin zu prüfen. Da sich geführte Ultraschallwellen in Rohrleitungen nahezu ungedämpft über weite Entfernungen ausbreiten, können weitläufige Strukturen von einem Standort aus untersucht werden. Damit reduziert sich der Prüfaufwand sowohl hinsichtlich der reinen Messzeit als auch der Anforderungen an die Zugänglichkeit des Bauteils.

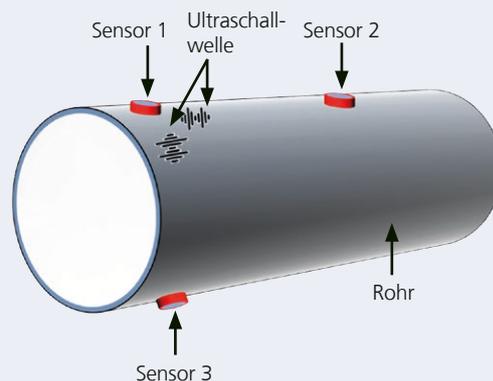
Das Überwachungssystem des Fraunhofer IKTS ist einfach zu installieren. Mittels Stahlband werden die Sensoren an das zu untersuchende Rohr angepresst und verbleiben so dauerhaft am Überwachungsobjekt.

CoMoRanger® reduziert den Aufwand für wiederkehrende Routineüberprüfungen und prädiktive Instandhaltungsmaßnahmen. Wird kein Defekt nachgewiesen, werden unnötige Erdausgrabungsarbeiten, Beschichtungsentfernungen oder Gerüstinstallationen vermieden. Das führt zur Senkung von Betriebskosten.

Leistungsangebot

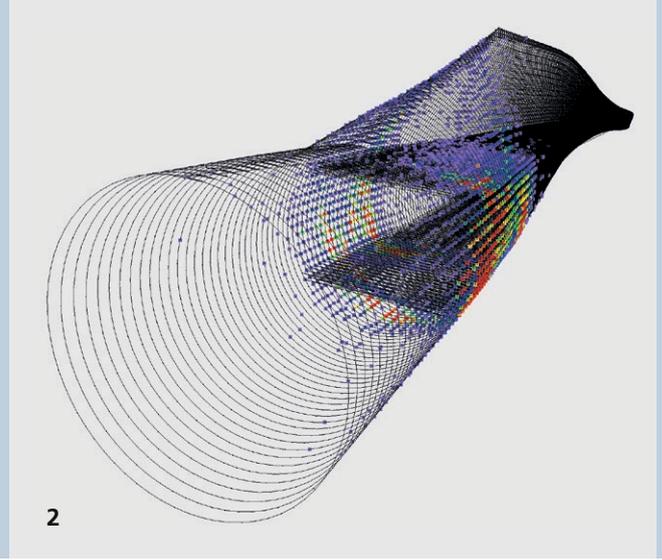
- CoMoRanger® (Sensorenanzahl nach Bedarf)
- Elektronisches Datenerfassungsgerät
- Bedarfsorientierte Systemauslegung (z. B. als autonomes Messsystem mit Flash-Speicher)

Das Prinzip der geführten Wellen an Rohrleitungen



3 *Sicherer Betrieb von Versorgungsleitungen.*

4 *Integritätsverlust von Rohrleitungen durch Korrosion an der Rohrinneinnenseite (Quelle: designbydx/shutterstock.com).*



ROTORBLATT- ÜBERWACHUNG

Windkraftanlagen zählen weltweit zu den wichtigsten Technologien für eine nachhaltige Energieversorgung und sind ein unverzichtbarer Bestandteil im Mix der erneuerbaren Energien. Zur Erreichung der Klimaziele bedarf es nicht nur einer Erhöhung der installierten Leistung, z. B. durch mehr Windparks, sondern vor allem einer effizienteren Betriebsweise. Dazu zählt ein störungsfreier Betrieb sowie sinkende Kosten für die Instandhaltung.

Beschädigungen am Rotorblatt, z. B. durch Blitzschlag, Vogelschlag oder aerodynamische Unwuchten verursachen enorme Kosten. Eine Vor-Ort-Reparatur ist dabei meist die ökonomischste Option, wenn bereits Informationen über Ort, Ausmaß und Art des Schadens vorliegen. Das Fraunhofer IKTS hat hierfür ein integrierbares System zur Überwachung von Rotorblättern an Windkraftanlagen entwickelt, das mit einer optischen Energie- und Datenübertragung realisiert wurde. Dies ist notwendig, da aus Blitzschutzgründen keine metallischen Leiter in das Rotorblatt eingebracht werden dürfen.

Das System nutzt zur Detektion von Schäden in der Rotorblattstruktur das passive Verfahren der Schallemissionsprüfung (Acoustic Emission Testing). Dabei werden spezielle Ultraschallwellen genutzt, die durch Belastungen in der Struktur entstehen. Diese werden von piezoelektrischen Sensoren detektiert. Dabei bilden die Häufung und die Verteilung der georteten Schallemissionsereignisse den aktuellen Schädigungsprozess ab.

Durch die Auswertung der Sensordaten werden Schäden genau lokalisiert. Damit wird der Reparatereinsatz vereinfacht oder es wird im besten Fall ein kompletter Wechsel des Rotorblatts vermieden.

Das Fraunhofer IKTS bietet damit ein Überwachungssystem, das die Einschätzung des Bauteilzustands bis zur nächsten Inspektion ermöglicht und die Planung von Serviceeinsätzen optimiert.

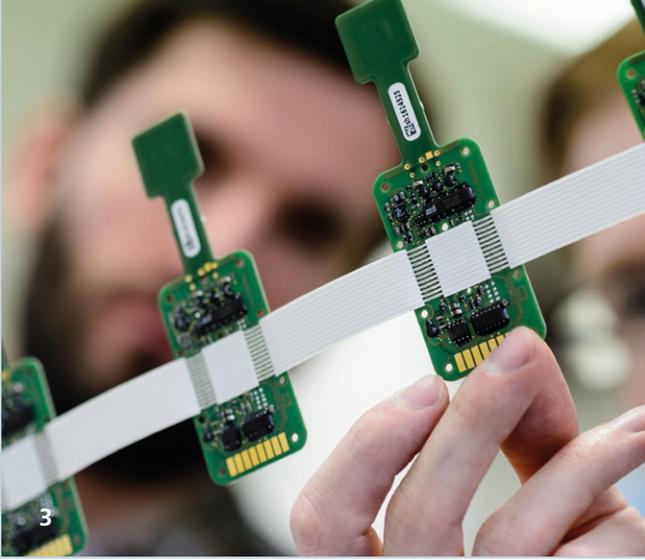
Die Verwendung des Systems kann, assekuranzabhängig, auch zu einer Minderung des Wertverfalls bestimmter Komponenten der Windkraftanlagen beitragen und damit den Werterhalt der Anlage sichern.

Leistungsangebot

- Während der Rotorblattentwicklung: Begleitung von statischen und dynamischen Tests mit modernster Messtechnik und anschließender Auswertung der Daten
- Während des Betriebs: Überwachung von bekannten und reparierten Schadstellen durch eine nachträgliche Installation des Systems

1 Rotorblätter einer Windkraftanlage.

2 Ortungsplot einer Schallemissionsanalyse eines Rotorblatts.



OFFSHORE-GRÜNDUNGS-STRUKTUREN

Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien nimmt auch die Anzahl von Offshore-Windkraftanlagen weltweit zu. Errichtet im Küstenvorfeld, weisen Offshoreshandorte in der Regel deutlich höhere Windgeschwindigkeiten auf als Standorte an Land. Dadurch können einerseits höhere Erträge erzielt werden, andererseits sind Offshore-Windparks weitaus größeren Belastungen ausgesetzt als Windparks an Land.

Aufgrund rauer Witterungsbedingungen sind Instandhaltungsarbeiten auf hoher See deutlich schwieriger. Das verursacht erheblich höhere Betriebs- und Wartungskosten.

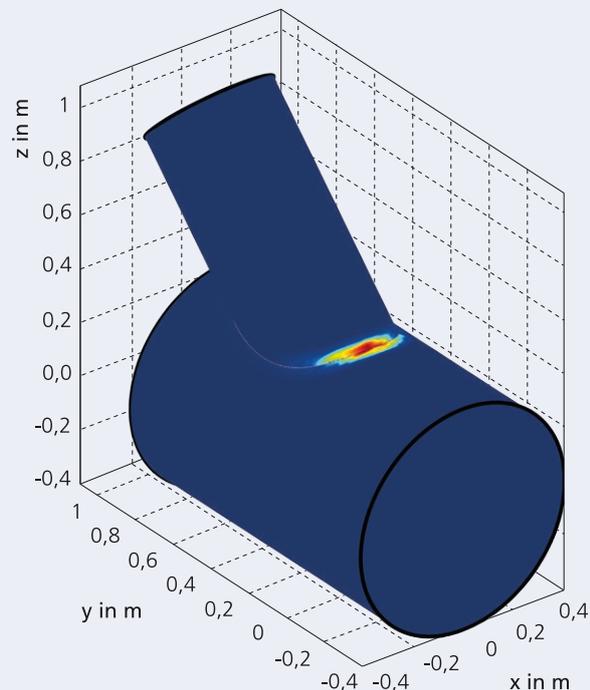
Die erschwerten Bedingungen auf hoher See lassen eine Detektion von Schäden mit konventionellen Prüftechniken nur begrenzt zu. Da enorme Kräfte, wie das Eigengewicht der Windkraftanlage, die Strömung des Wassers oder die Kraft der Wellen in Verbindung mit dynamischen Lasten während des Betriebs der Anlage auf die Gründungsstruktur wirken, können Schäden, wie Risse in Schweißnähten entstehen. Um diese zu detektieren, hat das Fraunhofer IKTS speziell für den Offshore-Bereich eine Sensormanschette entwickelt. Die Sensoren sind dabei ringförmig um die belasteten Stellen angeordnet und auf die spezifischen Anforderungen angepasst. So schützen verschiedene Barrierschichten Elektronik und Sensoren, indem sie ein Eindringen von Meerwasser dauerhaft verhindern.

Die Datenauswertung erfolgt bildgebend durch eine Fresnelvolumen-Migration. Zusätzlich werden Umweltdaten, wie Temperatur oder Luftfeuchte in die Bewertung einbezogen. Diese Korrektur ist notwendig, da auch externe Faktoren die Messsignale beeinflussen.

Leistungsangebot

- Überwachung von Offshore-Gründungsstrukturen, z. B. für Jacket- oder Tripod-Gründungen
- Rissdetektion an Schweißnähten im Offshore- oder Onshore-Bereich

Tomographie zur Defekterkennung in Schweißnähten an Gründungsstrukturen von Offshore-Windkraftanlagen.



3 Sensormodule mit eingebetteten Piezowandlern.

4 Sensormanschette an einer Gründungsstruktur im Offshore-Windpark Baltic 1.



VERKEHRS- UND TRANSPORTWESEN

Weltweit nimmt das Passagier- und Cargo-Aufkommen zu. Damit steigen auch die Anforderungen an wirtschaftliche Monitoringsysteme, die eine größtmögliche Sicherheit gewährleisten. Das Fraunhofer IKTS entwickelt solche Systeme und Dienstleistungen für die Zustandsüberwachung von Komponenten. Damit können Schädigungen oder Verschleißeffekte in Echtzeit erkannt, frühzeitig repariert und dadurch schwere Folgeschäden vermieden werden.

SCHIENENFAHRZEUGE UND GLEISE

Methoden und Messsysteme zur Zustandsüberwachung werden immer häufiger für Komponenten von Schienenfahrzeugen eingesetzt. Besonders im Güterverkehr sind Lösungen erforderlich, die sich durch Robustheit und autarke Betriebsweise auszeichnen. Das Fraunhofer IKTS liefert Systeme zur Überwachung von Rad und Radlagern, die blockierte Bremsen, defekte Federn sowie unzulässige Neigungen (z. B. durch Fehlbelastung) detektieren.

Für die Überwachung von ICE-Rädern bietet das Fraunhofer IKTS ein hohlwellenintegrierbares Messsystem an. Es arbeitet auf Basis von Hochfrequenz-Körperschallsignalen, die vom Rad-Schiene-Kontakt erzeugt werden und nutzt zudem Beschleunigungs- und Temperaturdaten. Durch eine Adaption der Signalverarbeitungsalgorithmen kann auch der Schienenweg überwacht werden. Die Sensorknoten bestehen aus Modulen für Sensorik sowie Signalverarbeitungs- und Funkprozessoren.

Leistungsangebot

- Hardware- und Signalverarbeitungssoftware für die Überwachung von Schienenfahrzeugkomponenten
- Anpassung der Messsysteme an die Anwendung
- Instrumentierung und Betreuung von Versuchsfahrten

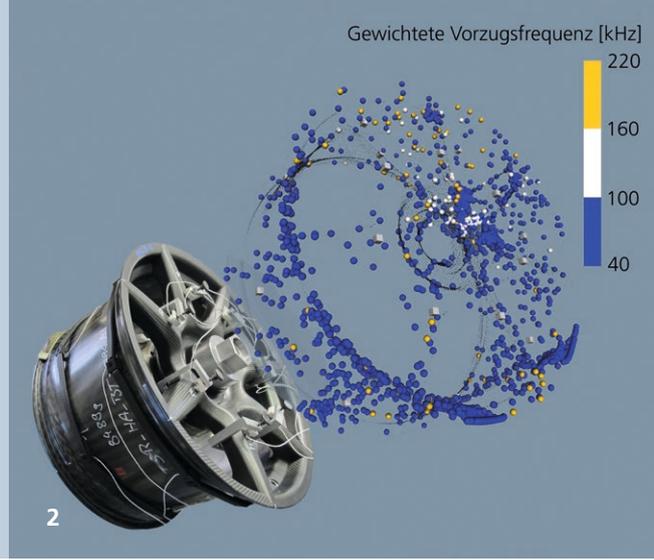
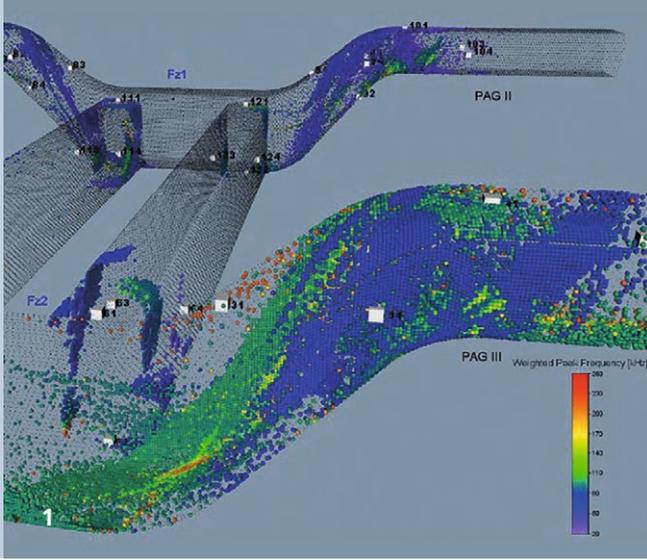
VERBUNDWERKSTOFFE IM FLUGZEUGBAU

Um den Kraftstoffbedarf von Passagierflugzeugen zu senken, setzen immer mehr OEMs auf Leichtbaumaterialien für ein geringeres Flugzeuggewicht. Die eingesetzten Kohlefaser-Verbundwerkstoffe (CFK) stellen dabei besondere Anforderungen an Verarbeitung, Qualitätskontrolle und Inspektion.

Das Fraunhofer IKTS bietet maßgeschneiderte Lösungen rund um die Systemintegration von Sensorik für die Zustandsüberwachung, die Begleitung von statischen und dynamischen Materialermüdungsversuchen, Simulationen zur Ausbreitung von elastomechanischen Wellen in verschiedenen Materialien, 3D-Laservibrometrie zur Visualisierung von Strukturschäden und statistische Analysen zur Fehlerdiagnose sowie umfangreiche Signalverarbeitungsmethoden.

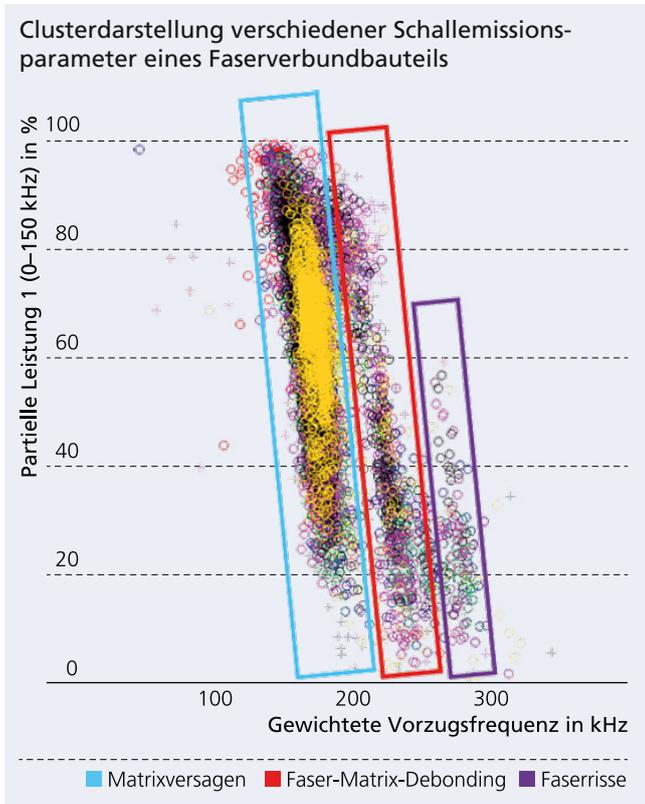
Leistungsangebot

- Entwicklung maßgeschneiderter SHM-Elektronik
- Auslegung von Sensorlayout, Elektronikkomponenten und Prüfkonzepten für akustische Methoden
- Entwicklung von Signalverarbeitungsalgorithmen für die Online-Diagnose
- Übernahme kompletter Messaufgaben für die entwicklungsbegleitende Bauteilprüfung



KOMPLEXE STRUKTUREN IM FAHRZEUGBAU

Mit der Schallemissionsanalyse können schnell und sicher Bereiche bestimmt werden, die infolge äußerer Belastung, z. B. durch Risswachstum, Schall emittieren. Die Position der Schädigung ergibt sich aus der Laufzeit der Signale von den einzelnen schallemitternden Quellen zu einer Vielzahl von Sensoren. Dies erlaubt im Nachhinein die weitergehende Untersuchung mit konventionellen ZfP-Verfahren bzw. bietet die Möglichkeit zur Versuchssteuerung.



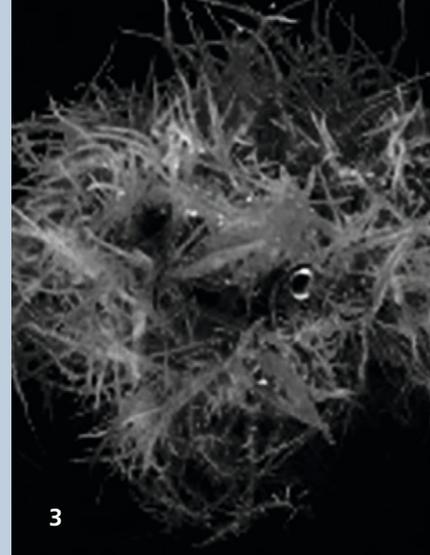
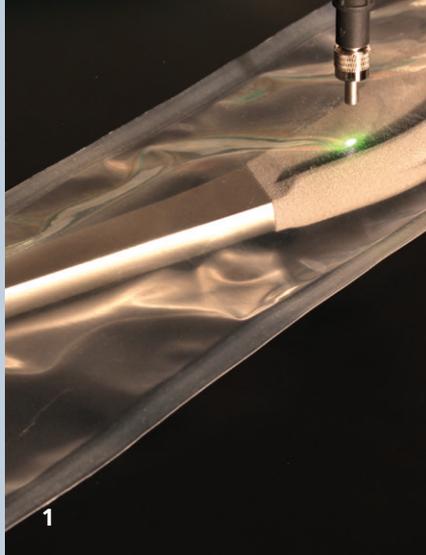
Speziell für den Leichtbau im Automobilbereich hat das IKTS ein Überwachungssystem entwickelt, das in komplexe Bauteile eingebettet wird. So wird der Faserverbundwerkstoff zuverlässiger überwacht als mit konventionellen Prüf- und Überwachungstechniken. Bereits während der Produktion erfolgt die strukturerhaltende Einbettung von Sensorik und Elektronik. Die oberflächennahe Integration gewährleistet eine optimale sensorische Ankopplung an das Prüfobjekt.

Leistungsangebot

- Integration von Zustandsüberwachungsmaßnahmen in bestehende Produktionslinien
- Messtechnische Begleitung von statischen und dynamischen Materialermüdungstests (von Couponproben bis Großstrukturen), z. B. Biegeumlaufprüfung (BUP)
- Simulationen zur Ausbreitung elastomechanischer Wellen
- 3D-Laservibrometrie zur Visualisierung von Strukturschäden
- Statistische Analysen zur Fehlerdiagnose
- Angepasste Elektronikentwicklung sowie strukturerhaltende und zuverlässige Einbettung von Sensoren
- Auslegung von Sensorlayout, Elektronikkomponenten und Prüfkonzepten
- Bereitstellung von Messequipment und Einrichtung vor Ort
- Unterstützung bei der Bewertung aufgenommener Messreihen

Schallemissionsanalyse während Belastungstests:

- 1 an einem Drehgestell für Schienenfahrzeuge.
- 2 an CFK-Rädern (Quelle: Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG).



BIO- UND MEDIZINTECHNIK

Der Nachweis der Reinheit von Produkten und Rohstoffen für die Medizin und Nahrungsmittelindustrie ist essenziell. Das Fraunhofer IKTS überführt und implementiert neueste akustische und optische Diagnoseverfahren für industrielle Anwendungen in Messsysteme für die Zustandsüberwachung in der Bio- und Medizintechnik. Das Hauptaugenmerk liegt in der Erhöhung von Qualitätsstandards, ohne dabei standardisierte Prozessabläufe zu beeinträchtigen.

STERILISATIONSNACHWEIS VON MEDIZINPRODUKTEN

Die Bestrahlung von Oberflächen mit Elektronen (E-Beam) ist eine erfolgreiche Methode zur Sterilisation empfindlicher Medizinprodukte aus thermolabilen Kunststoffen oder funktionalen biologischen Materialien.

Um die Sterilisation zu überwachen, bietet das Fraunhofer IKTS ein neuartiges optisches Kontrollsystem, das die indirekte Überprüfung der Elektronenstrahl-Sterilisation ermöglicht. Kernelement sind keramische Pigmente im Verpackungsmaterial, welche ihre optischen Eigenschaften unter E-Beam-Einwirkung ändern. Die Erfassung der eingebrachten Elektronendosis erfolgt durch das Auslesen der optischen Pigmenteigenschaften, entweder per Handscanner oder prozessintegriert. Im Gegensatz zu bisherigen Lösungen, z. B. Filmdosimetern, ist keine nachgelagerte Auswertung erforderlich. Die Überprüfung kann während des Sterilisationsvorgangs erfolgen. Somit ist eine Integration des Bestrahlungsnachweises in die E-Beam-Anlage möglich. Bei einer orts aufgelösten Kontrolle der Qualität des Bestrahlungsvorgangs ist darüber hinaus eine gezielte Nachsterilisation definierter Oberflächenbereiche umsetzbar.

Leistungsangebot

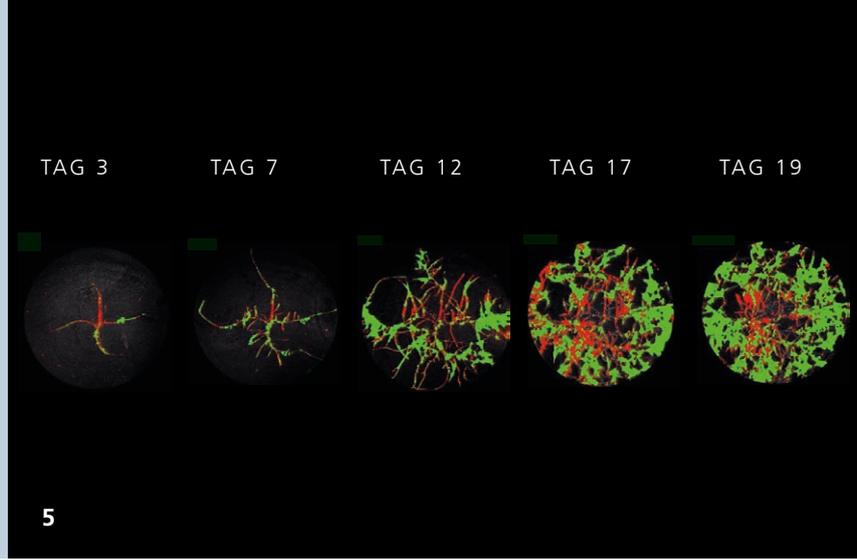
- Kundenindividuelle Mess- und Überwachungssysteme vom Handscanner bis zur Inlineprüfung
- Integration in bestehende Prozesslinien
- Machbarkeitsstudien und wissenschaftliche Beratungen

ÜBERWACHUNG VON GETREIDELAGERN

Schädlinge wie Getreideplattkäfer, Dörrobstmotte, Reismehlkäfer, Kornkäfer oder Getreidekapuziner stellen die Landwirtschaft bei der Lagerung von Getreidevorräten vor enorme Herausforderungen. Diese Schädlinge vernichten große Mengen an Lebensmittel- und Getreidevorräten. Daher ist es für landwirtschaftliche Betriebe sehr wichtig, das Vorkommen solcher Schädlinge nachzuweisen, um entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.

Das Fraunhofer IKTS bietet Überwachungslösungen für die Getreidelagerung und die dazugehörigen Transportsysteme. Dabei werden Biosignale wie Fress- und Krabbelgeräusche von Schädlingen detektiert und mittels Algorithmen klassifiziert. Die IKTS-Systeme basieren auf Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) und treffen Aussagen zum Umfang des Schädlingsbefalls, der Schädlingsart und dem Entwicklungsstadium der Schädlinge (z. B. Larve/Käfer).

- 1 *Optisches Verfahren zur Überwachung der Sterilisation eines Medizinprodukts.*
- 2 *KI-basierte Schädlingsdetektion in Getreidesilos.*
- 3 *Hairy Roots: Speckle-Bild mit fraktaler Dimension.*



Leistungsangebot

- Sensoren und Systeme zur Schädlingserkennung
- Angepasste Systeme zur Überwachung von Getreidelagern und Transportsystemen

MONITORING VON BIOMATERIALIEN

Zunehmende Rohstoffknappheit, die steigende Bevölkerungsdichte in Entwicklungs- und Schwellenländern und der demographische Wandel in den Industrienationen führen zu einer dramatischen Konkurrenz um landwirtschaftliche Anbauflächen. Vor diesem Hintergrund rückt die industrielle Produktion pflanzlicher Zell- und Gewebekulturen in Bioreaktoren in den Fokus von Forschung und Entwicklung. Aus diesen lassen sich Wirk- und Zusatzstoffe gewinnen, die in der pharmazeutischen, kosmetischen und nutraceuticalen Industrie eingesetzt werden. Für eine wirtschaftliche Führung biotechnologischer Prozesse bei der Kultivierung ist eine exakte Bestimmung der Biomassekonzentration und der Wachstumskinetik unabdingbar.

Hairy-Root-Kulturen von pflanzlichen Sekundärmetaboliten (pharmazeutisch- und ernährungsphysiologisch hochwirksame Substanzen) sind von enormer Bedeutung für die Enzymgewinnung. Da sie über eine inhomogene Verteilung der Wurzelsegmente verfügen, war eine exakte Bestimmung der Biomasse mit kommerziell verfügbaren Messmethoden bisher nicht möglich.

Das Fraunhofer IKTS bietet mit der Laser-Speckle-Photometrie (LSP) ein nichtinvasives Verfahren, das sowohl die Biomassekonzentration als auch verschiedene Morphologieparameter in heterogenen biotechnologischen Systemen bestimmen kann. Dabei wird die »Zerklüftung« der Biomasse bzw. der Hairy

Roots zu einem bestimmten Zeitpunkt identifiziert. Anhand des Speckle-Kontrasts wird dann die Wurzelaktivität bewertet. Die LSP des Fraunhofer IKTS ermöglicht so eine wirtschaftlichere Wirkstoffgewinnung.

Leistungsangebot

- Entwicklung kundenindividueller Biomonitoring-Systeme einschließlich Hard- und Software
- Systemintegration in bestehende Prozesslinien
- Machbarkeitsstudien und wissenschaftliche Beratungen
- Messdienstleistungen

4 Bild einer Hairy-Root-Kultur.

5 Detektion der Änderung des Speckle-Kontrasts über die Kultivierungszeit.



KOOPERATIONSMODELLE

Innovation und Entwicklung sind Bausteine für eine erfolgsversprechende Unternehmenszukunft. Um Wettbewerbsvorteile zu generieren, bietet Fraunhofer maßgeschneiderte Kooperationsmöglichkeiten für die bestmögliche Form der Zusammenarbeit für klein- und mittelständische Unternehmen. Damit können Entwicklungskompetenzen vom Kunden kurzfristig und bedarfsorientiert abgerufen und genutzt werden.

Einzelaufträge

Der klassische Fall einer Kooperation ist der Einzelauftrag. Das Unternehmen sieht einen Forschungs- oder Entwicklungsbedarf. Das Fraunhofer IKTS entwickelt entsprechend der Anforderungen des Unternehmens eine termin- und qualitätsgerechte Lösung.

Verbundprojekte

Manche Problemstellungen sind so komplex, dass mehrere Partner die Lösung entwickeln müssen. Dann steht das gesamte Umfeld der Fraunhofer-Institute zur Verfügung. Auch externe Partner können hinzugezogen werden.

Strategische Partnerschaften und Innovationscluster

Aus Vorlaufforschung, die zunächst unabhängig von Aufträgen erfolgt, ergeben sich häufig lang andauernde Partnerschaften mit Unternehmen auf regionaler und internationaler Ebene.

Ausgründungen

Fraunhofer-Mitarbeiter machen sich oft mit einer Neuentwicklung selbstständig, an der sich die Fraunhofer-Gesellschaft beteiligen kann. Im Einzelfall sind sogar strategische Beteiligungen und Joint Ventures möglich. Auch die Auftraggeber einer neuen Entwicklung können Teilhaber des Spin-off-Unternehmens werden.

Lizenzierungsmodelle

Lizenzen räumen Dritten ein Nutzungsrecht an gewerblichen Schutzrechten unter definierten Bedingungen ein. Damit können industrielle Kunden Fraunhofer-Innovationen in ihren Produkten und Leistungsangeboten nutzen.

Das Fraunhofer IKTS bietet flexible Lizenzmodelle an, die zum unternehmensweiten Einsatz, zur Optimierung des eigenen Angebots oder der Vermarktung an Drittkunden genutzt werden können. Bei der Gestaltung der Lizenzverträge spielen die Randbedingungen der Kommerzialisierung für das Unternehmen im jeweiligen Marktsegment und die Kooperation mit Fraunhofer IKTS eine Rolle. Ein solches Angebot wird deshalb immer individuell verhandelt.



TECHNISCHE AUSSTATTUNG

Multi Channel Acoustic Measurement System MAS

- Technologieplattform für dynamische Schallemissionsanalyse bei Ermüdungsversuchen an Prüfobjekten unterschiedlicher Werkstoffe (Faserverbundwerkstoffe, Metalle), Geometrien und Dimensionierungen
- Vier Kanäle pro Gerät (erweiterbar auf 64 Geräte in einem Netzwerk mit bis zu 256 Kanälen)
- Auflösung: 12 Bit
- Summenabtastrate: 12,5 MHz
- Standard-Frequenzbereich: 10 bis 500 kHz

Schallemissionsanalyse-System AMSY-6 und Software von Vallen Systeme GmbH

- Statische Schallemissionsanalyse bei Ermüdungsversuchen an Prüfobjekten unterschiedlicher Werkstoffe (Faserverbundwerkstoffe, Metalle), Geometrien und Dimensionierungen
- 19 Steckplätze mit bis zu 38 AE-Kanälen
- Transientenrekorder-Modul zur optionalen Aufzeichnung von Wellenformen
- Software zur Analyse von Schallemissionsparametern (AE-Daten) und bewährter Ortungsfunktionalitäten

Funkknotten

1

- Unterstützt »Schallemission« und »Acousto Ultrasonics« mit synchroner Triggerung
- Frequenzbereich: 868 MHz
- Auflösung: 16 Bit
- Abtastrate: 1 MS/s
- Zeit zur Synchronisation: 1 µs
- Integrierte Beschleunigungs- und Temperatursensoren

Polymeroptisches Schallemissionssystem

- Frequenzbereich: 10 bis 125 kHz
- Energieversorgung und Datentransfer von bis zu zwölf Sensorknoten auf polymeroptischer Basis
- Steuerbar über Fernwartung (W-LAN, UMTS), kein direkter Zugang für Datenempfang und Steuerung notwendig
- Software zur Lokalisierung, statistischen Bewertung und Visualisierung von Schallemission

Leica ScanStation C5

- Geometriescannen, bevorzugt große Strukturen, z. B. WKA
- Reichweite: bis 300 m
- Scan-Auflösung: bis zu 1 mm
- Scanrate: bis zu 25 000 Punkte/Sek.

3D-Laservibrometer von Polytec

- Prozess- und Anlagenoptimierung durch berührungslose 3D-Schwingungsanalyse
- 3D-Wellenausbreitung zur Bestimmung der Abstrahlcharakteristik von Sensoren
- 3D-Dehnungsmessungen
- Berührungsloses Messen von Strukturen
- Variabler Frequenzbereich: 0 Hz bis 1 MHz
- Modalanalyse

Automatisierter Ultraschall-Scanwagen

2

- Flächenhafter Scan großer Messbereiche (bis 1 m Spannweite)
- Adaption verschiedener Ultraschall-Prüfköpfe (Frequenzbereich bestimmt die Auflösung)
- Spritzwassergeschützt

KURZPORTRÄT DES FRAUNHOFER IKTS

Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS betreibt anwendungsorientierte Forschung für Hochleistungskeramik. Die drei Instituts-teile in Dresden und Hermsdorf (Thüringen) formen gemeinsam das größte Keramikforschungsinstitut Europas.

Als Forschungs- und Technologiedienstleister entwickelt das Fraunhofer IKTS moderne keramische Hochleistungswerkstoffe, industrierelevante Herstellungsverfahren sowie prototypische Bauteile und Systeme in vollständigen Fertigungs-linien bis in den Pilotmaßstab. Darüber hinaus umfasst das Forschungsportfolio die Kompetenzen Werkstoffdiagnose und -prüfung. Die Prüfverfahren aus den Bereichen Akustik, Elektromagnetik, Optik und Mikroskopie tragen maßgeblich zur Qualitätssicherung von Produkten und Anlagen bei.

Das Fraunhofer IKTS arbeitet in neun marktorientierten Geschäftsfeldern, um keramische Technologien und Komponenten sowie zerstörungsfreie Prüfverfahren für neue Branchen, Produktideen und Märkte jenseits der klassischen Einsatzgebiete zu demonstrieren und zu qualifizieren. Dazu gehören keramische Werkstoffe und Verfahren, Maschinenbau und Fahrzeugtechnik, Elektronik und Mikro-systeme, Energie, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Bio- und Medizintechnik, Zerstörungsfreie Prüfung und Überwachung, Wassertechnologie sowie die Material- und Prozessanalyse.



www.ikts.fraunhofer.de

KONTAKT

Industrielösungen
Zustandsüberwachung

Dr.-Ing. Lars Schubert
Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien
und Systeme IKTS

Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden
Telefon +49 351 88815-533
lars.schubert@
ikts.fraunhofer.de