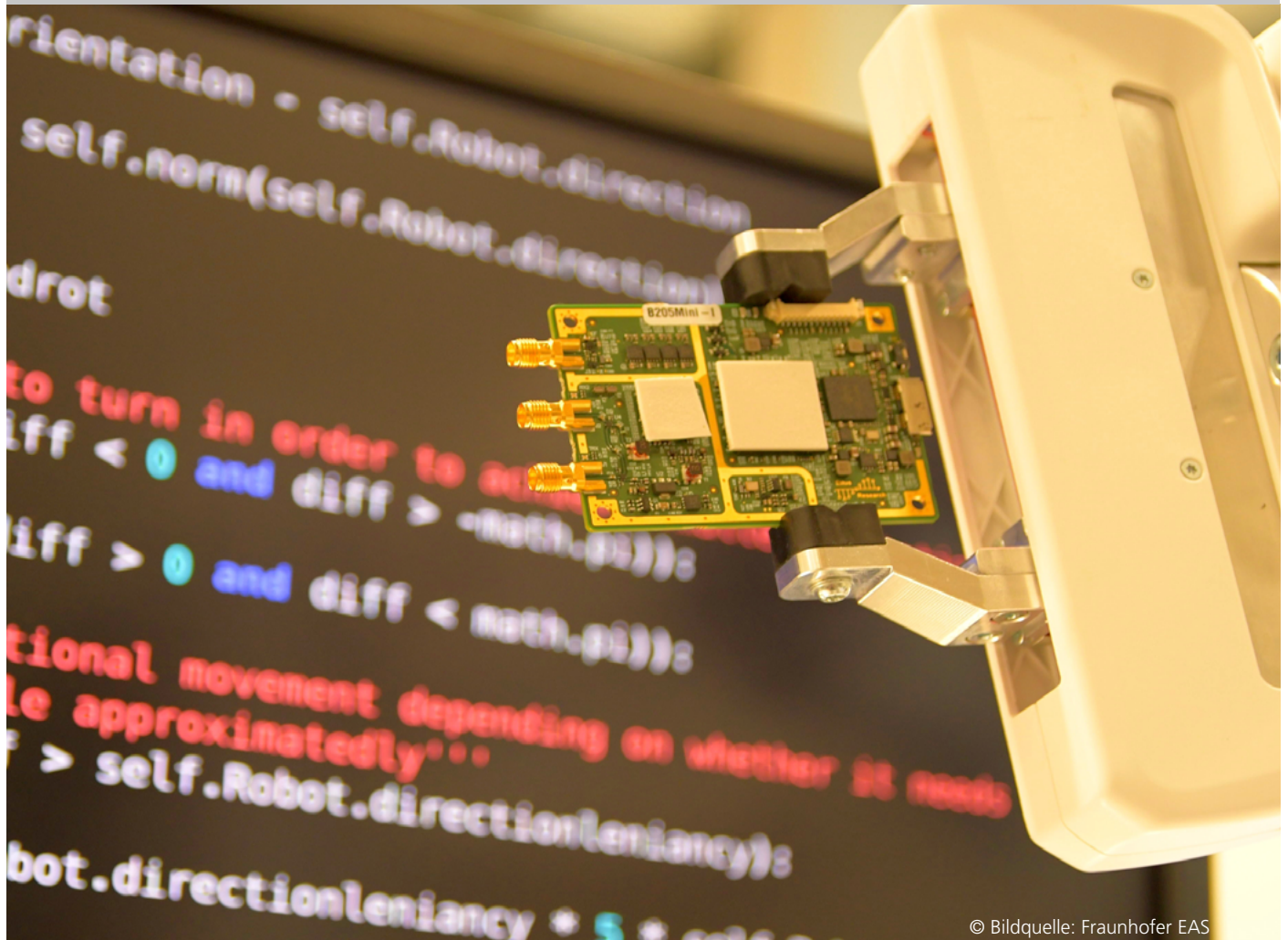


APRIL | 2022

Menschen | Projekte | Events



© Bildquelle: Fraunhofer EAS

HERAUSFORDERUNG - DIGITALE TRANSFORMATION

VORWORT

2 Dr.-Ing. Sven Herold

NEUES

3 Institutvorstellung Fraunhofer IDMT

MENSCHEN

5 Interview
Prof. Dr.-Ing. Joachim Bös

PROJEKTE

7 »KI-MUSIK4.0« liegt in der Luft...

9 AKoS - Akustische Kontrolle von
Schweißnähten bei sicherheitskritischen
Bauteilen in der Qualitätssicherung

11 Gradierte Bauteile -
lokal definierte Bauteileigenschaften
dank intelligenter Herstellungsprozesse

13 Gedruckte Ultraschallwandler für
Bildgebung und Messtechnik

14 Dünnschichtsensorik für die Über-
wachung der Temperierung im
Spritzguss

15 Schnelle Auslegung, Umsetzung
und Validierung aktiver Schall-
schutzmaßnahmen

16 KI Labor für Test und Prototyping
am Fraunhofer IIS-EAS

EVENTS

17 Hannover Messe 2022
GBA Workshop 2022

»Treffen Sie uns direkt vor Ort auf der Hannover Messe - Halle 5 Stand A06 - und skizzieren Sie gemeinsam mit uns zukunftsweisende Ideen und Lösungen.«



Liebe Leser,

in diesem Jahr sehen wir uns erneut mit unerwarteten Veränderungen und Randbedingungen konfrontiert. Neben der Corona Pandemie betrifft aktuell auch der russische Angriffskrieg auf die Ukraine unser Leben und Arbeiten in einer neuen Dimension. Plötzlich stehen gänzlich neue Anforderungen an Resilienz und Zuverlässigkeit komplexer technischer Systeme sowie deren effizienter Entwicklung in Verbindung mit Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und weiteren Zielen zur Klimaneutralität im Raum.

Hierzu können adaptronische Lösungen einen wichtigen Beitrag leisten, indem Strukturen smart und autonom auf veränderte Umgebungsbedingungen reagieren und so einen jederzeit optimierten Betrieb sicherstellen. Im vorliegenden Newsletter finden Sie einen Querschnitt ausgewählter Forschungsergebnisse und Aktivitäten der beteiligten Institute im Themenfeld adaptronischer Systeme. Dies sind neben effizienten Entwicklungs- und Validierungsmethoden für aktive Schallschutzmaßnahmen auch die akustische Qualitätssicherung von Schweißnähten bei sicherheitskritischen Bauteilen. Intelligente Sensoriken und Wandlerysteme überwachen Produktionsprozesse und optimieren Fertigungsverfahren in diversen Anwendungen. Verstärkt unterstützt wird zudem der Technologietransfer im Bereich der Künstlichen Intelligenz, gerade für kleine und mittlere Unternehmen, beispielsweise mit einem eigens hierfür installierten KI Labor für Tests und Prototyping.

Das Zusammenspiel von Digitalisierung, Künstlicher Intelligenz, Automatisierung und nachhaltigen Material- und Energiekonzepten spielt eine Schlüsselrolle in Bezug auf die Entwicklung von Lösungen für die globalen Herausforderungen des Klimawandels. Mit ihrem diesjährigen Motto „Let's create the industry of tomorrow“ sowie dem Leitthema „Digitalisierung & Nachhaltigkeit“ fokussiert die Hannover Messe ganz klar auf die klimaneutrale Zukunft. Auf diesem Weg kommt unserer Industrie und deren Transformation eine entscheidende Bedeutung zu.

Mit unserem Geschäftsbereich Adaptronik werden wir in diesem Jahr für Sie wieder vor Ort am Fraunhofer Gemeinschaftsstand vertreten sein. Besuchen Sie uns in Halle 5 Stand A06 und entwickeln Sie gemeinsam mit uns Ihre digitalisierte, klimaneutrale und nachhaltige Wertschöpfung und lassen Sie uns die Industrie von Morgen mit innovativen Ideen gestalten.

Viel Spaß beim Lesen

Geschäftsbereich Adaptronik

Dr.-Ing. Sven Herold

Sprecher des Geschäftsbereich Adaptronik

info@adaptronik.fraunhofer.de
www.adaptronik.fraunhofer.de

Gestatten: Wir sind die Neuen



© Bildquelle: Fraunhofer IDMT

Zentral auf dem belebten Campus der TU Ilmenau befindet sich der Hauptsitz des Fraunhofer IDMT.

Seit 1. Juli 2021 ist das Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT, das siebte Mitgliedsinstitut im Geschäftsbereich Adaptronik. Das Fraunhofer IDMT ergänzt nun mit seinem Know-how im Bereich der intelligenten Aktoransteuerung und der energieeffizienten, KI-basierten akustischen Sensorik und Signalverarbeitung das Leistungsportfolio des Geschäftsbereichs Adaptronik. Vor allem in den Bereichen smarte Produktion und Zustandsüberwachung in der Fertigung sowie intelligente Sensornetzwerke für eine sichere Mobilität sieht das Fraunhofer IDMT wichtige Anwendungsbereiche für seine eingebrachte Expertise.

Das Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT steht für international anerkannte und ausgezeichnete Forschung in den Bereichen Elektroakustik, Audiotechnik, intelligente Signalanalyse und maschinelle Lernverfahren sowie Hörforschung. Aktuell arbeiten 200 Mitarbeitende, Promovierende, Auszubildende und Studierende am Institut. Der Hauptsitz befindet sich seit der Gründung des Instituts im Jahr 2000 auf dem Campus der TU Ilmenau in Thüringen, der 2008 gegründete Institutsteil Hör-, Sprach- und Audiotechnologie HSA ist in Oldenburg beheimatet.

Leiter des Fraunhofer IDMT ist seit 2019 Prof. Dr.-Ing. Joachim Bös, M.S./SUNY. Prof. Bös hat zuvor am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF und an der TU Darmstadt zu den Themen Technische Akustik, Maschinenakustik, Körperschall sowie Bewertung und Beeinflussung von Geräuschenstehung geforscht. Am Hauptsitz in Ilmenau drehen sich viele der Forschungsaktivitäten um das Thema effiziente, KI-basierte Erkennungs- und Klassifizierungsverfahren für Audio- und Videodaten. Ein wichtiger Aspekt ist dabei immer die vertrauenswürdige und datenschutzkonforme Verarbeitung der Daten. Dazu entwickelt das Fraunhofer IDMT spezielle Verfahren, um aufgezeichnete Audiodaten, KI-Modelle, Annotationen und Metadaten selektiv zu verschlüsseln und so zu signieren, dass eine sichere Speicherung der Daten für verschiedene Anwendungsszenarien, unabhängig vom Übertragungsweg, gewährleistet werden kann. Die Verfahren zur Erkennung und Klassifizierung von industriellen Audiodaten kommen beispielsweise bei der berührungslosen und zerstörungsfreien Überwachung industrieller Fertigungsprozesse, wie dem Industrieschweißen, zum Einsatz. Mittels anwendungsspezifischer Sensorik und Algorithmen des maschinellen Lernens

können Prozessgeräusche im Fügevorgang per Luftschallanalyse überwacht werden. Fehler werden in Echtzeit detektiert und der Fertigungsprozess kann entsprechend gestoppt und angepasst werden. Dank der automatisierten Zustandsüberwachung können einerseits teurer Prüfschrott reduziert und andererseits Wartungszeiten von Anlagen optimiert werden.

Auch beim Verkehrsmonitoring kommen immer häufiger akustische Erkennungssysteme zum Einsatz. Dabei kommt es nicht nur auf eine zuverlässige Klassifizierung und datenschutzkonforme Verarbeitung an, sondern vor allem auf Alltags-tauglichkeit und Energieeffizienz. In einem aktuellen Forschungsprojekt konnte das Fraunhofer IDMT enorme Einsparungen an Speicherbedarf durch die Verschlan-kung der KI-Modelle (Größenreduktion um den Faktor 12) erzielen. Somit sind die Modelle insbesondere für den Einsatz auf energiesparenden oder energieautarken Sensorknoten geeignet. In Ilmenau arbeiten die Forschenden zudem seit mehr als 20 Jahren an maßgeschneiderten Lösungen für innovative Beschallungs- und Lautsprecher-systeme. Das unter dem Namen SpatialSound Wave bekannte 3D-Audiosystem wird international lizenziert und kommt im Live Event-



© Bildquelle: Fraunhofer IDMT

Der Hörgarten am Institutsteil Hör-, Sprach- und Audiotechnologie HSA in Oldenburg

und Entertainment-Sektor zum Einsatz. Mittlerweile wird die 3D-Audiotechnologie auch verstärkt im industriellen Bereich zur Auralisation virtueller Produkte (AUVIP) eingesetzt. Mit seiner langjährigen Erfahrung im Bereich der Lautsprecherentwicklung ist das Institut Experte für die Ansteuerung akustischer Aktoren. Gemeinsam mit mehreren Fraunhofer-Partnern forscht das Fraunhofer IDMT an neuen Lautsprecher-technologien auf Basis mikroelektromechanischer Systeme (MEMS). **Damit begegnet das Institut dem aktuellen Bedarf an energieeffizienten und miniaturisierten Lautsprechern.** Die intelligenten Ansteuerungsalgorithmen sorgen dabei für ein hervorragendes akustisches Verhalten und maximale Leistungsfähigkeit. Auch für eine aktive Schwingungsreduktion von Leichtbaumaterialien und zur Lärmbekämpfung im Tieftonbereich entwickelt das Institut Ansteuerungskonzepte für elektro-mechanische Aktoren.

Der Institutsteil Hör-, Sprach- und Audiotechnologie HSA unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Birger Kollmeier und Dr. Jens-E. Appell steht für marktnahe Forschung und Entwicklung mit den Schwerpunkten **Sprach- und Ereigniserkennung, Klangqualität und Sprachverständlichkeit sowie mobile Neurotechnologie und Systeme für eine vernetzte Gesundheitsversorgung.** Mit eigener Kompetenz in der Entwicklung von Hard- und Software-Systemen für Audiosystemtechnologie und Signalverbesserung setzen die über 100 Mitarbeitenden am Standort Oldenburg wissenschaftliche Erkenntnisse in kundengerechte, praxisnahe Lösungen um. Über wissenschaftliche Kooperationen ist der Institutsteil eng mit der Carl von Ossietzky Universität, der Jade Hochschule, der Hochschule Emden/Leer und weiteren Ein-

richtungen der Hörforschung verbunden. Das Fraunhofer IDMT ist zudem Partner im Exzellenzcluster »Hearing4all«.

Seit der Gründung des Institutsteils im Jahr 2008 ist es gelungen, die Ergebnisse der weltweit anerkannten Oldenburger Hörforschung in neue Branchen einzubringen. Verfahren des maschinellen Lernens wurden praktisch von Anfang an eingesetzt, um akustische Ereignisse zu erkennen oder Spracherkennung im Bereich der Mensch-Technik-Interaktion zu realisieren. Mit ihrem Lösungsportfolio unterstützen die Expertinnen und Experten die Fraunhofer-Forschung in strategisch zentralen Bereichen von gesamtgesellschaftlicher Relevanz – von der Industrie 4.0 über Telekommunikation und den Mobilitätssektor bis hin zum Gesundheitsbereich.

Mit der Implementierung von Lösungen aus KI und Audiotechnologie, zum Beispiel zur »Klick-Erkennung« für Steckverbindungen in der Fertigung, leisten die Entwickler und Entwicklerinnen wertvolle Beiträge im Kontext Adaptronik. Der im Jahr 2020 gegründete Industriearbeitskreis »Audiotechnologie für die intelligente Produktion« forciert die Zusammenarbeit mit Unternehmen und möchte ihnen einen Vorsprung im Markt ermöglichen. **In regelmäßigen Treffen diskutieren die Partner aus Industrie und Produktion Einsatzgebiete von Hör-, Sprach- und Audiotechnologie innerhalb konkreter Prozesse.** Dadurch ebnen sie den Weg für die Einführung neuartiger Lösungen, die bereits in gemeinsamen Projekten umgesetzt werden. Der in Kooperation mit der Hochschule Emden/Leer geführte Arbeitskreis ist offen für weitere Mitglieder.

Ein weiteres Beispiel im Kontext Adaptronik stellt das hörende Auto (»The Hearing Car«) dar, an dem die Forschenden seit einigen Jahren arbeiten. **Die Expertinnen und Experten haben die akustische Umfeld-erfassung als wichtigen Baustein für die Erweiterung von aktuell eingesetzten Assistenzsystemen in Fahrzeugen identifiziert, der insbesondere für das autonome Fahren unerlässlich sein wird.** Mit den »intelligenten Ohren« aus Oldenburg wird beispielsweise eine nasse Fahrbahn erkannt, wodurch eine automatische Anpassung von Fahrwerkskomponenten ermöglicht wird. Und die automatische Detektion des Martinshorns ermöglicht die Bildung einer Rettungsgasse – auch ohne das Zutun der Fahrenden.

Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT

Dr.-Ing. Sandra Brix

Ehrenbergstr. 31
98693 Ilmenau

(+49) 3677 476-380
sandra.brix@idmt.fraunhofer.de
www.idmt.fraunhofer.de

Institutsteil Hör-, Sprach- und Audiotechnologie HSA

Christoph Beckert

Marie-Curie-Straße 2
26129 Oldenburg, Deutschland

(+49) 441 2172-438
christoph.beckert@idmt.fraunhofer.de
www.idmt.fraunhofer.de/hsa

Interview mit Prof. Dr.-Ing. Joachim Bös, Leiter des Fraunhofer IDMT

Nach über einem Jahrzehnt an der Technischen Universität in Darmstadt hat Herr Prof. Dr.-Ing. Joachim Bös zum 01.10.2019 die Leitung des Fraunhofer-Instituts für Digitale Medientechnologie IDMT in Ilmenau übernommen.



© Bildquelle: Fraunhofer IDMT

Seit dem 01.10.2019 leiten Sie nun das Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT in Ilmenau. Welchen Herausforderungen stellen Sie sich hier?

Das Fraunhofer IDMT hat eine lange Tradition und ist sehr erfolgreich in den Bereichen 3D-Audio, Elektroakustik, Hörakustik, Audio-/Videoanalyse, Spracherkennung usw. aufgestellt, in vielen Fällen unter Einsatz von maschinellem Lernen und anderen KI-Ansätzen. Schon kurz vor meinem Eintritt in das Institut wurden auch Anwendungen aus dem Maschinen- und Anlagenbau und der Fertigungstechnik, insbesondere die akustische Anlagen-, Prozess- und Qualitätsüberwachung, adressiert. In diesen Branchen sind wir aber noch relativ unbekannt und müssen uns erst einen Namen machen. Da ich »gelernter Maschinenbauingenieur« bin, möchte ich das nach Kräften unterstützen und fördern. Bislang war der IDMT-Hauptsitz in Ilmenau noch erstaunlich wenig mit den anderen vier Fraunhofer-Einrichtungen* (siehe Vermerk S.6) vor Ort und in der Region sowie mit der TU Ilmenau und anderen Partnern vernetzt. Ein engmaschiges und gut funktionierendes regionales Inno-

vationsökosystem ist aber extrem wichtig für unser Institut, weshalb ich hier viel Kraft investiere. Der Institutsteil HSA in Oldenburg mit seinen engen Kontakten in die lokale und regionale Hochschul- und Forschungslandschaft ist da schon deutlich besser aufgestellt. Eine Herausforderung für alle Fraunhofer-Institute, aber vielleicht besonders für unser (noch) nicht so großes Fraunhofer IDMT, ist der sinnvolle Umgang mit ausgereiften, fertig entwickelten Technologien. Sie sind zwar auch am Markt sehr erfolgreich, aber in der Kette »Forschung – Entwicklung – Dienstleistung« schon sehr weit „hinten“ angekommen, haben also kaum noch FuE-Anteile, sondern fast nur noch Dienstleistungscharakter. Hier müssen wir kluge Exnovationsstrategien entwickeln, damit einerseits das Institut auch weiterhin wirtschaftlich von diesen Erfolgen profitieren kann, andererseits aber die Köpfe der Mitarbeitenden auch wieder frei werden, um mit kreativen Ideen die Technologien für morgen entwickeln zu können.

Welche Technologien, die in Ihrem Institut entwickelt werden, sind für die Adaptronik besonders spannend?

Unser Fraunhofer IDMT ist stark in den Bereichen Signalverarbeitung und -analyse sowie Ansteuerung von elektrischen/elektronischen Komponenten aufgestellt. Auch dabei werden zunehmend maschinelles Lernen und andere KI-Verfahren eingesetzt, zu denen wir viel Know-how und viel Erfahrung haben. In der Adaptronik spielen einerseits die Erfassung und Verarbeitung von Sensorsignalen und andererseits die Erzeugung von Signalen zur gezielten Ansteuerung von Aktorik eine große Rolle. Hier können wir wertvolle Beiträge leisten und die Aktivitäten des Geschäftsbereichs Adaptronik und seiner Mitgliedsinstitute tatkräftig unterstützen. Gerade die Methoden der KI und des maschinellen Lernens können sowohl in der Auslegung als auch für den Betrieb und die Ansteuerung adaptiver Systeme noch einmal ganz neue Impulse geben und bislang unerschlossene Anwendungsbereiche eröffnen – oder für bereits bekannte Anwendungen Effizienzsteigerungen und Energieeinsparungen bewirken.

Was waren bisher Ihre größten Erfolge?

Ich finde es schön, dass wir inzwischen mit den vier anderen Fraunhofer-Einrichtungen in Ilmenau und Umgebung*, mit vielen Fachgebieten der TU Ilmenau und mit anderen Forschungseinrichtungen in einem regelmäßigen und konstruktiven Dialog stehen. Ein sichtbarer Erfolg dieser Zusammenarbeit ist das im vergangenen Jahr neu gegründete Leistungszentrum »InSignA – Intelligente Signalanalyse- und Assistenzsysteme«, an dem sehr viele der genannten Partner beteiligt sind. Auch am gerade in Gründung befindlichen neuen Zentrum »I3TC – Ilmenau Interactive Immersive Technologies Center« und am zugehörigen fakultätsübergreifenden Institut »I4MT – Institute for Intelligent and Interactive Immersive Media and Technologies« der TU Ilmenau sind wir beteiligt.

Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft sind wir durch die zunehmend erfolgreichere Teilnahme an den internen Förderprogrammen und anderen Aktivitäten deutlich präsenter und sichtbarer als früher. Deshalb werden wir zunehmend als wertvolle Kooperationspartner gesehen, die mal ein Projekt initiieren und andere zur Mitwirkung einladen und mal von anderen zur Mitwirkung an deren Projektideen eingeladen werden – genau so soll es ja auch sein. Sehr erfreulich finde ich ebenso, dass wir im Außenraum zunehmend auch zu unseren neuen Forschungsthemen und -angeboten sichtbar werden und aktiv von Unternehmen darauf angesprochen werden, ob wir sie bei ihren Technologieentwicklungen unterstützen können. Sogar aus dem Ausland (u. a. USA, England, Australien) kamen bereits erste Anfragen.

Viel Freude bereitet mir ferner die gesteigerte Agilität, der frische Mut, mit dem die IDMT-Mitarbeitenden auf die Industrie zugehen, ganz früh den Kontakt suchen und die gewonnenen Informationen wieder in ihre weiteren Entwicklungen

einfließen lassen. Viele kostet es etwas Überwindung, eine Entwicklung nicht zunächst zu perfektionieren und erst dann auf potenzielle Kunden und Partner zuzugehen. Wir müssen uns noch mehr trauen, auch schon mit einer 60- oder 70% Lösung zu den Unternehmen zu gehen und von ihnen ein Feedback einzuholen, ob wir auf dem richtigen Weg sind. Die positiven und konstruktiven Rückmeldungen und Hinweise aus der Industrie sind extrem hilfreich und bestätigen, dass diese Vorgehensweise genau der richtige Ansatz ist und dass dieser Mut belohnt wird. Die oben genannten Erfolge erzeugen einen neuen Schwung am Fraunhofer IDMT in Ilmenau. Diesen neuen Elan benötigen wir für die gerade stattfindende Neuausrichtung und das »Re-Design« des IDMT-Hauptsitzes in Ilmenau. Das kostet natürlich viel Kraft. Die neue »Überschrift«, die wir uns im Frühjahr 2021 für die neue, künftige Ausrichtung des IDMT-Hauptsitzes gegeben haben, lautet »Signalanalyse und vertrauenswürdige KI mit Fokus auf Akustik und Audio«. Sie hat sich bislang bewährt und wird auch weiterhin unsere Orientierung sein.

Wenn Sie 20 Jahre in die Zukunft schauen könnten, welche Entwicklungen, die jetzt noch in den Kinderschuhen stecken, könnten ihrer Meinung nach dann Realität sein?

Hui, das ist nicht einfach. »Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen«, wird wohl gewitzelt – das trifft natürlich auch hier zu. Ich könnte mir vorstellen, dass die autonome Mobilität dann völlig selbstverständlich sein wird; dass wir, insbesondere in Ballungszentren, auch die Luft viel stärker als Verkehrsweg nutzen werden; dass die weitere Miniaturisierung der Elektronik eine noch viel stärkere Integration in technische Produkte, aber auch in den menschlichen Körper erlauben wird; oder dass auch Quantencomputer den Weg in den Alltag der Menschen gefunden haben und überall mobil verfügbar sein werden. Vor allem aber hoffe ich (und vertraue auch auf unsere Kreativität und Innovationskraft), dass die Menschheit dann Wege gefunden haben wird, mit den Ressourcen unserer Erde schonend und nachhaltig umzugehen und auch nachfolgenden Generationen einen bewohnbaren Planeten zu hinterlassen. Die allgemeine Nutzung der Wasserstofftechnologie oder auch die Kernfusion scheinen aus heutiger Sicht noch sehr weit weg, werden aber in 20 Jahren vielleicht selbstverständlich sein. Die Adaptronik kann zu all dem, insbesondere auch auf dem Weg dorthin, wertvolle Beiträge leisten.

**Prof. Dr.-Ing. Joachim Bös, M.S./SUNY
Institutsleiter**

Fraunhofer-Institut für Digitale
Medientechnologie IDMT

Ehrenbergstr. 31
98693 Ilmenau

Telefon: +49 3677 467-300
joachim.boes@idmt.fraunhofer.de

www.idmt.fraunhofer.de

*

- Institutteil für angewandte Systemtechnik AST des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
- Abteilung Elektronische Messtechnik und Signalverarbeitung EMS des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS
- Attract-Gruppe SigMaSense (Signalverarbeitung für die Materialdatengewinnung mit intelligenter Sensorik) des Fraunhofer-Instituts für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
- Batterie-Innovations- und Technologie-Center BITC in Arnstadt des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme IKTS.

»KI-MUSIK4.0« liegt in der Luft...



Click, aber richtig! Wenn die Steckverbindungen einrasten, wird ein »Klick« ausgelöst, den das Mikrofon bzw. der Sensor erkennt. Bleibt er aus oder klingt er abweichend, dann zeigt das akustische Monitoring System einen Fehler an, der zuverlässig dokumentiert wird.

Intelligente Technologien stellen in der Fertigung entscheidende Wettbewerbsvorteile dar. In Industrieanlagen sammelt und verarbeitet leistungsfähige Mikroelektronik in Kombination mit smarter Sensorik und eingebetteter Software wertvolle Prozessdaten. Das ermöglicht bereits jetzt eine umfassende Digitalisierung von Produktionsprozessen und Betriebsabläufen in der Industrie 4.0 und steigert so Effizienz und Qualität.

Das Projekt »Mikroelektronik-basierte universelle Sensor-Schnittstelle mit Künstlicher Intelligenz für Industrie 4.0«, kurz: »KI-MUSIK4.0«, ist der nächsten Generation intelligenter, zunehmend autonomer Produktionssysteme gewidmet. Das Team um Danilo Hollosi am Fraunhofer IDMT in Oldenburg kümmert sich in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF geförderten Vorhaben um die intelligente akustische Sensorik und trägt dazu bei, dass neueste mikroelektronische Systeme im Zusammenspiel mit Methoden der künstlichen Intelligenz für industrielle Anwendungen nutzbar werden.

Für die Überwachung industrieller Anlagen und Maschinen können neuartige akustische Sensorsysteme besonders viele Informationen über den Maschinenzustand liefern. In »KI-MUSIK4.0« werden Sensoren für die

Anwendung in verteilten Netzwerken entwickelt. Eine Besonderheit ist, dass jeder Sensor große Datenmengen mittels KI vorverarbeiten und bewerten kann. Somit sendet jede Sensoreinheit deutlich weniger und zuverlässigere Informationen an die Basisstation. Die Datenmengen reduzieren sich dadurch erheblich, die Kommunikation wird beschleunigt und der Nutzer oder die Nutzerin kann die Produktionsanlagen in Echtzeit überwachen.

Die prognostizierten Ergebnisse in realen Produktionsprozessen weisen auf ein großes wirtschaftliches Potenzial der mikroelektronischen Komponenten und Systeme hin. Insbesondere durch die Detektion von Druckluftleckagen werden hohe Einsparungen im Stromverbrauch erwartet. Die neuartigen Sensorkonzepte sind zuverlässiger, schneller und energiesparend. Unterschiedliche Industrie 4.0-Anwendungen profitieren davon – so z.B. auch der Bereich der prädiktiven Wartung von Produktionsanlagen und die Überwachung komplexer Produktionsprozesse.

Eigens entwickelte KI-basierte Algorithmen zur Audioanalyse ermitteln die Stör- und Zielgeräusche. Die Datenverarbeitung erfolgt direkt auf dem Sensor und beansprucht nicht viel Platz. Mikrofon, Audiosignalverarbeitung, Software und

Die Aufgabenbereiche des IDMT:

- Entwicklung von verteilten, intelligenten, akustischen, ein- und mehrkanaligen Sensorsystemen
- Erforschung von KI-Methoden im Bereich des maschinellen Lernens zur akustischen Fehler- und Zustandsüberwachung
- Erforschung und Weiterentwicklung von Signalvorverarbeitungsmethoden und -verfahren zur Erreichung folgender Ziele:
- Reduktion anwendungsspezifischer Störgrößen
- Steigerung der Robustheit von KI-Methoden
- Reduktion des Datenumfangs für die ressourceneffiziente Weiterverarbeitung und Modellierung sowie zur Optimierung der Leistungsfähigkeit
- Erforschung von Methoden zur digitalen und für KI-Ansätze zuträglichen Abbildung von Expertenwissen im Sinne eines Expert-in-the-Loop-Ansatz

Neue Sensorkonzepte für Echtzeitmonitoring & Steuerung



Akustik für industrielle Prozesse und Produkte: Die geplanten Forschungsarbeiten umfassen neben der Entwicklung neuartiger, energieeffizienter Sensorkonzepte auch Aspekte des maschinellen Lernens.

Batterie sind aktuell in einem Gehäuse untergebracht, das nicht größer ist als eine Streichholzschnitzschachtel – aber es geht auch noch kleiner. In drei Varianten liegt eine miniaturisierte Lösung vor und lässt sich problemlos in bestehende Anlagen integrieren. Auch die Möglichkeit, das intelligente Wartungssystem an Robotern zu befestigen oder es im Abstand von mehreren Metern zur Anlage und an strategisch sinnvollen Messpunkten anzubringen, ist gegeben. Darüber hinaus ist die Akustiklösung skalierbar – eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz im Industrieumfeld. »Im Prinzip spendieren wir Maschinen einen Hörsinn für die Qualitätssicherung. Sich abzeichnende Schäden werden früh- und rechtzeitig erkannt, ungeplante Stillstände lassen sich reduzieren, Shopfloor-Abläufe harmonisieren und die Effektivität der Gesamtanlage steigern«, resümiert Hollosi.

In der Linie braucht aber nicht nur der Roboter ein intelligentes Ohr; auch der Werker und die Werkerin profitieren z.B. von smarten Handschuhen, die zuhören. Ein Szenario aus der Praxis: das zuverlässige und automatisch dokumentierte Einrasten von Steckverbindungen in der Produktion. Die Fehlermeldung, etwa im PKW oder an der Waschmaschine, ist »vorprogrammiert«, wenn der Stecker ab Werk nicht richtig sitzt, also nicht mit dem typischen »Klick« der Rastnase die

Verbindung schließt. Oft sind hohe Kosten für die Logistik und aufwändige Nacharbeiten die Folge. Abhilfe schafft ein »Klick-Erkenner« in Form eines akustischen Sensor-Systems für das In-Line-Monitoring bei der Montage. Der Hauptanwendungsbereich dieser Lösung liegt aktuell in der Automobilproduktion.

Der Clou: Die Sensoren sind neben Körperschall auch sensitiv für Luftschall und erkennen Abweichungen am Geräusch. Wenn die Steckverbindungen einrasten, wird ein »Klick« ausgelöst, den das Mikrofon bzw. der Sensor erkennt. Bleibt er aus oder klingt er abweichend, zeigt das akustische Monitoring System einen Fehler an, der zuverlässig dokumentiert wird. Zugleich wird der Werker oder die Werkerin informiert. In der automatisierten Fertigung werden diese Metadaten zur Prozessdokumentation und Qualitätssicherung verwendet.

Die Besonderheit der Lösung: Das Wartungssystem kann zwischen unzähligen Arten von »Klicks« und mechanischen Stößen unterscheiden und darüber hinaus Störgeräusche in lauten Produktionsumgebungen ausblenden. »Klick« ist nicht gleich »Klick«, Stecker ist nicht gleich Stecker. Und eine Steckverbindung klingt anders als ein Lichtschalter, ein Tacker oder ein Kugelschreiber, etc.«, erläutert Hollosi.

FRAUNHOFER GBA WORKSHOP

22. September 2022

09:30 - 16:00 Uhr

Fraunhofer IDMT

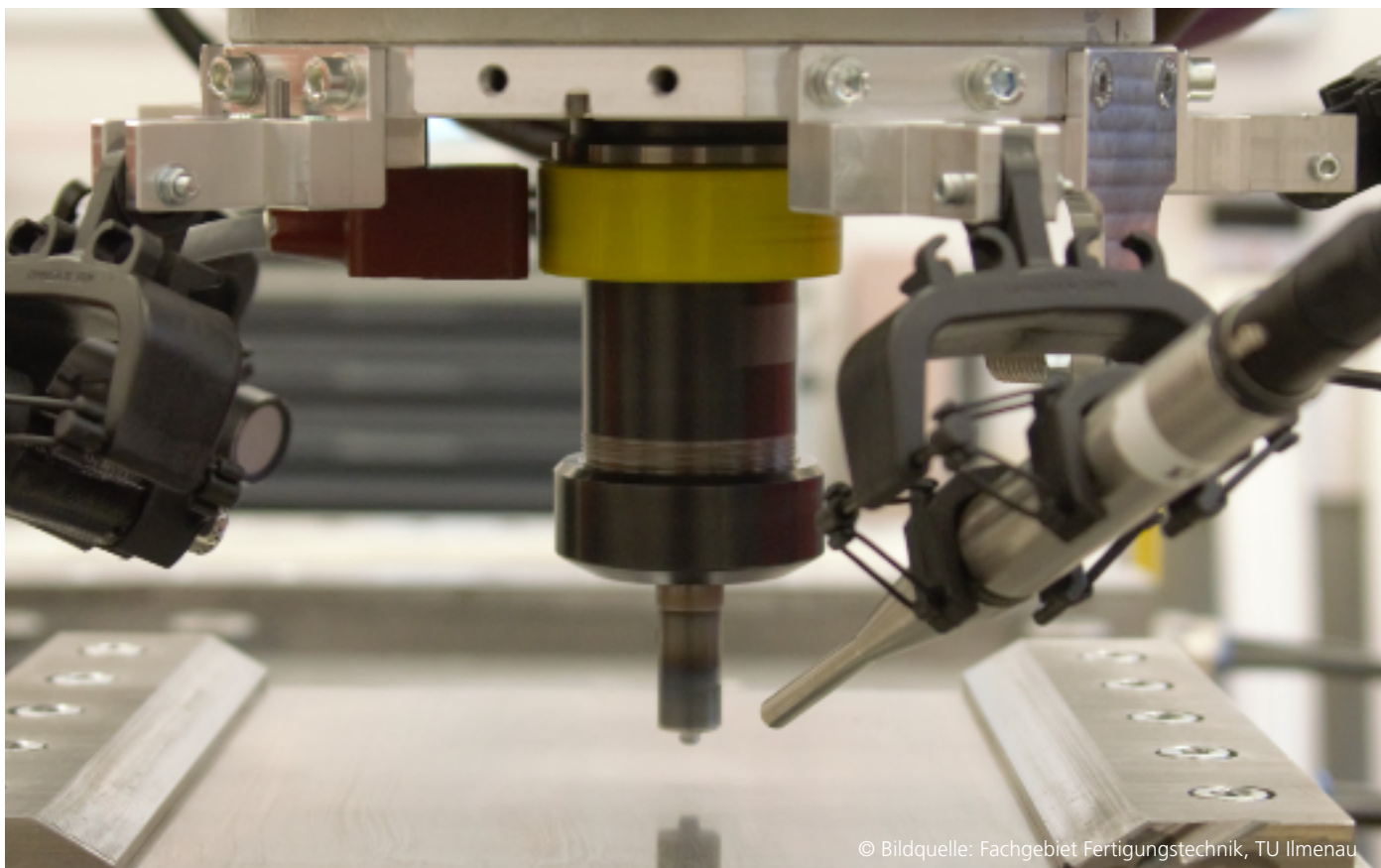
Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT Institutsteil Hör-, Sprach- und Audiotechnologie HSA

Christoph Beckert

Marie-Curie-Straße 2
26129 Oldenburg

(+49) 441 2172-438
Christoph.Beckert@idmt.fraunhofer.de
<https://www.idmt.fraunhofer.de/hsa>

AKoS – Akustische Kontrolle von Schweißnähten bei sicherheitskritischen Bauteilen im Rahmen der Qualitätssicherung



© Bildquelle: Fachgebiet Fertigungstechnik, TU Ilmenau

Mikrofonsetup beim FSW Schweißen (sE Electronics, Microtech Gefell, Earthworks, Sennheiser, v.l.n.r).

Das Fügen von metallischen Strukturen mittels Lichtbogen- oder Rührreißschweißen ist ein wichtiger Fertigungsschritt in der industriellen Produktion, wie z. B. im Maschinen-, Anlagen- oder Automobilbau, und auch im Bauwesen. Vor allem bei sicherheitskritischen Bauteilen spielt die Qualität von Schweißnähten eine zentrale Rolle. Um eine hohe Qualität des fertigen Bauteils zu gewährleisten, sind eine gezielte Überprüfung und Anpassung von ausgewählten Parametern während des Schweißprozesses sinnvoll.

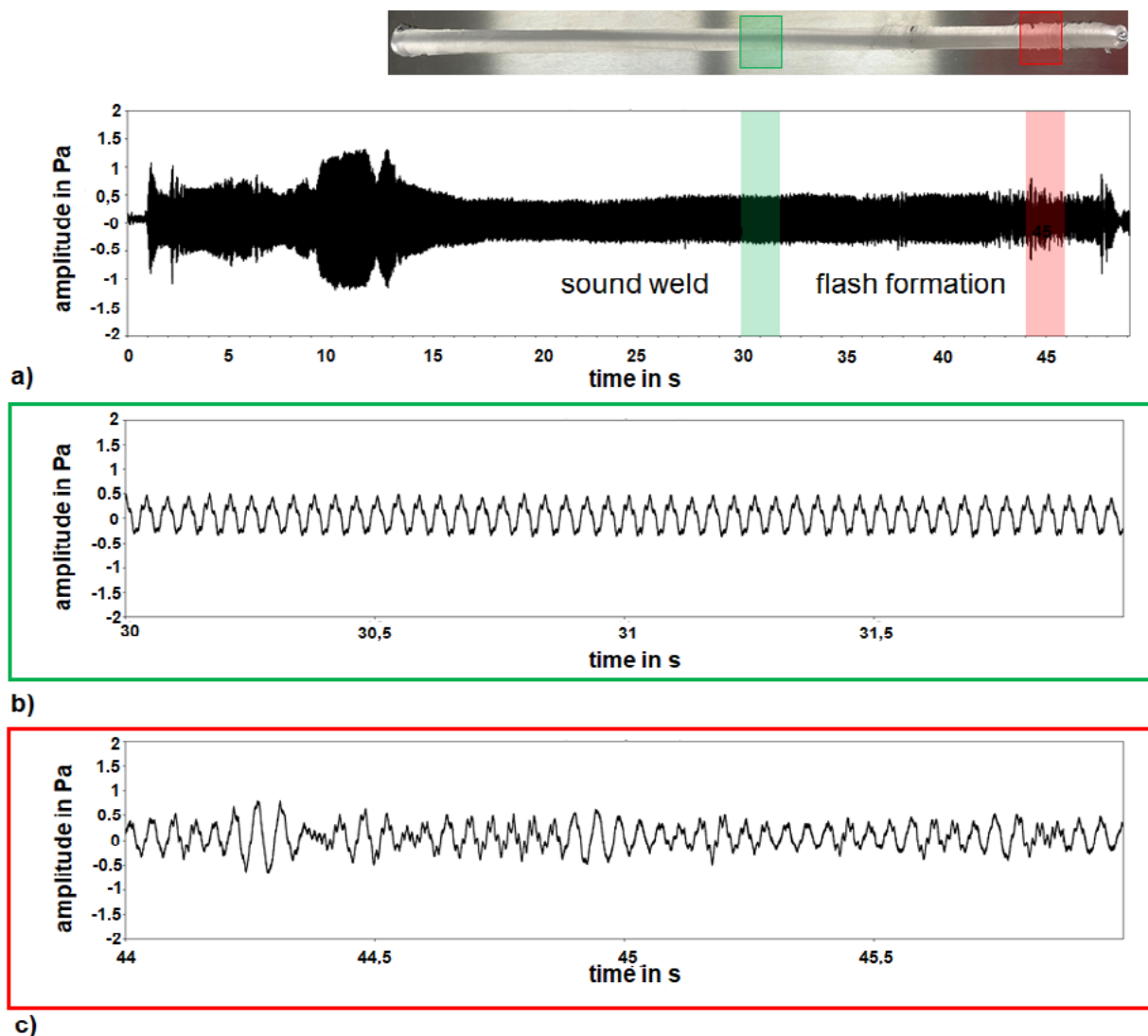
In dem vom BMBF geförderten Projekt AKoS arbeitet das Projektteam am Fraunhofer IDMT in Ilmenau in enger Kooperation mit Industrieunternehmen und Forschungspartnern daran, Fertigungsparameter beim Fügen metallischer Strukturen akustisch zu messen. Das Team um Projektleiterin Kati Breitbarth entwickelt auf Basis der Analyse von Schweißgeräuschen Verfahren zur in-situ-Schweißnahtkontrolle. Bisher wird die normgerechte Qualität von Schweißnähten meist erst nach dem Herstellungsprozess

mittels verschiedener Prüfmethode untersucht. Bestehende In-Line-Überwachungstools erfordern derzeit noch eine sehr aufwändige und spezifische Einrichtung und sind nur auf einzelne Fügeprozesse optimal ausgerichtet. Außerdem konzentrieren sich die Überwachungstools überwiegend auf die Detektion von Abweichungen, die außerhalb eines Toleranzbereiches liegen.

Algorithmen des maschinellen Lernens für akustische Prozessdaten nutzbar machen: Neben dem Fraunhofer IDMT arbeiten im Konsortium von AKoS Forschungspartner der TU Ilmenau (Fachgebiet Fertigungstechnik) und Wirtschaftsunternehmen der Bereiche Füge- sowie Sensor- und Messtechnik. Im Projekt wird daran gearbeitet, die bisherigen Erkenntnisse aus Studien und eigenen Vorarbeiten auf verschiedene industrielle Fügeprozesse zu übertragen. Zu den im Projekt betrachteten industriellen Fügeprozessen gehören das Rührreißschweißen (Friction Stir Welding SW) und Lichtbogenschweißverfahren wie das Wolfram-Inertgas-Schweißen oder das Metall-Schutzgasschweißen.

Im Vordergrund der gemeinsamen Forschungsarbeit steht die Entwicklung eines universell einsetzbaren adaptiven Lernalgorithmus, um Fügeprozesse mittels Künstlicher Intelligenz (KI) akustisch zu überwachen. Der Algorithmus soll sich dann durch die Anpassungsfähigkeit seiner Parameter auf möglichst viele Fügeprozesse übertragen lassen. Damit sollen Aussagen über ausgewählte, prozessunabhängige Unregelmäßigkeiten und Abweichungen von der Norm ermöglicht werden. Die Entwicklung des Algorithmus basiert dabei überwiegend auf akustischen Daten (Luftschallemissionen), es werden aber auch weitere Maschinenparameter, wie z. B. Spannung, Strom, Drahtvorschub, berücksichtigt.

Künstliche Intelligenz muss einfach anwendbar sein und robust funktionieren: Der Mehrwert des geplanten KI-basierten Algorithmus liegt darin, auch bei Unsicherheit bezüglich der Schweißnahtqualität von schnellen und verlässlichen KI-Entscheidungen hinsichtlich der Prozessstabilität zu profitieren. Dabei ist wichtig, dass



a) FSW-Schweißnaht und Zeitverlauf des Schalldrucks b) ohne Schweißnahtunregelmäßigkeiten und c) während der Gratbildung. (Bildquelle: Fachgebiet Fertigungstechnik, TU Ilmenau)

das Prüfverfahren auch von Nicht-KI-Expertinnen und -Experten in den Unternehmen angewendet werden kann und die Daten von den Anwendenden einfach interpretiert werden können.

Die Erhebung einer umfangreichen Datenbasis von Gut- und Fehlprozessen sowie die Beschreibung (Annotation) der Daten sind Grundvoraussetzungen für die erfolgreiche Entwicklung von KI-Algorithmen. Zudem müssen die zu entwickelnden Algorithmen zwei großen Herausforderungen gerecht werden. Einerseits müssen die Erkennungsalgorithmen zuverlässig zwischen relevanten Fertigungsgeräuschen und irrelevanten Prozessgeräuschen, wie Sprache oder anderen Maschinengeräuschen, unterscheiden können. Andererseits muss die Analyse und Auswertung der Fertigungsgeräusche In-Line und in Echtzeit robust funktionieren. Um diese zwei Herausforderungen zu meistern, werden unterschiedliche Verfahren des ma-

schinellen Lernens unter Berücksichtigung des Datenformats im Zeit- und Frequenzbereich erprobt und hinsichtlich ihrer Adaptierbarkeit für weitere Schweißprozesse untersucht.

Nachrüstbar und nachhaltig - Berührungslose und zerstörungsfreie Qualitätssicherung in der Fügechnik: Durch eine frühzeitige Erkennung von Unregelmäßigkeiten in den genannten Fügeprozessen können Prozessnebenzeiten, Produktionskosten und die Menge teuren Prüfschrotts deutlich gesenkt werden. Somit kann auch für den bisher wenig automatisiert überwachten Bereich der Fügechnik eine smarte Automation im Bereich der Echtzeit-Qualitätssicherung etabliert werden. Hinzu kommt perspektivisch, dass durch eine gezielte Anpassung der Prozessparameter die Qualität der Bauteile erhöht werden kann. Dies wiederum führt zu weniger Schäden beim Einbau oder laufenden Betrieb der gefertigten Bauteile. Das

beschriebene Verfahren ist insbesondere für Bereiche interessant, in denen es noch keine etablierten Methoden zum Structural Health Monitoring gibt. Die Marktchancen für eine KI-basierte akustische Qualitätsüberwachung sind hoch, da sowohl neue Schweißgeräte und Fügemaschinen als auch bereits in der Nutzung befindliche Geräte schnell und kostengünstig mit Luftschallsensoren nachgerüstet werden können.

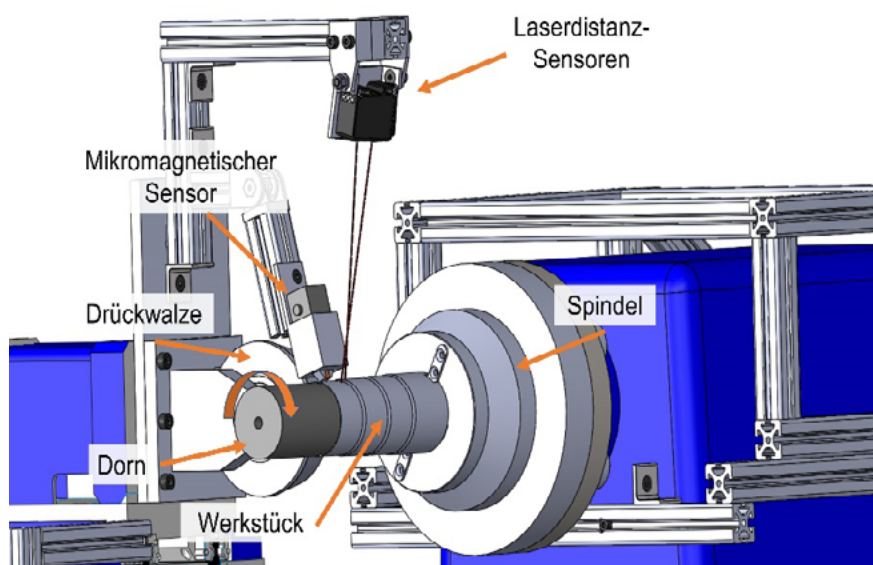
Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT

Kati Breitbarth

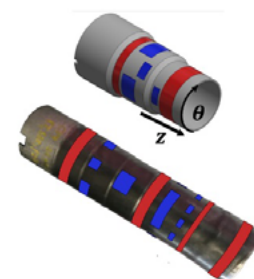
Ehrenbergstraße 31
98693 Ilmenau

(+49) 3677 467 361
kati.breitbarth@idmt.fraunhofer.de
www.idmt.fraunhofer.de

Gradierte Bauteile – lokal definierte Bauteileigenschaften dank intelligenter Herstellungsprozesse



a.) Drückwalzprozess mit intelligenter Eigenschaftssensorik.



Bereiche mit höherem Martensitgehalt:

- 1D: Axial gradierte Struktur (z-Richtung)
- 2D: Axial und angular gradierte Struktur (z- und θ -Richtung)

b.) Magnetische Barcodes.

Der globale Klimawandel, immer knapper werdende Ressourcen wie auch schärfere Emissionsrichtlinien erfordern in allen Industriebereichen einen ressourcenschonenden Umgang mit Werkstoffen und Energie. Hieraus leiten sich besonders für die Automobil- und Luftfahrtindustrie ständig neue Herausforderungen im Hinblick auf den Komfort, die Qualität, die Gefahr der Produktfälschung und die Exklusivität der Produkte ab. Der beobachtete Trend beispielsweise bei der Herstellung von Karosseriebauteilen geht zu immer komplexer gestalteten Leichtbauteilen, engen Toleranzgrenzen und zum Einsatz alternativer Werkstoffvarianten, wie höherfesten und beschichteten Blechwerkstoffen sowie hybriden Werkstoffverbundsystemen (CFK/GFK). Hierbei gilt, dass bedingt durch die zunehmende Globalisierung und steigende Qualitätsanforderungen die Automobilindustrie einem wachsenden Kosten- und Innovationsdruck ausgesetzt ist. Aus diesem Grund kommen für eine wirtschaftliche und flexible Fertigung in kleinen Losgrößen immer häufiger umformtechnische Fertigungsverfahren wie die klassischen Drückverfahren oder innovativen, inkrementellen Drückwalzverfahren zum Einsatz.

Beim inkrementellen Drückwalzen handelt es sich um ein Fertigungsverfahren zur Herstellung rotationssymmetrischer, nahtloser Bauteile.

Für die Fertigung eines drückgewalzten Bauteiles wird zunächst das blech- oder röhrenförmige Halbzeug auf einen Dorn aufgesetzt und in Rotation versetzt. Hierdurch kommt es zu einem lokalen Überwalzen des Werkstückes. Dabei führt die radiale und axiale Zustellung der Walze zu einer charakteristischen Reduktion der Bauteilwanddicke. Abhängig von der Walzenbewegung in axialer und radialer Richtung ist es möglich, unterschiedliche Bauteilkonturen ohne Werkzeugwechsel zu erzeugen (siehe Abbildung a).

Grundsätzlich ist der Fertigungsverfahren sehr flexibel für vielseitige Konturen bei kleinen bis mittleren Losgrößen einsetzbar. Aufgrund des fehlenden Materialabtrags zeichnet sich das Drückwalzverfahren gegenüber spanenden oder fügenden Fertigungsverfahren, wie z.B. dem Drehen, Fräsen oder Schweißen, durch eine höhere Ressourceneffizienz aus. Während der Umformung kommt es in der Regel zu einer Festigkeitssteigerung der Bauteile durch Kaltverfestigung. Außerdem finden Phasenumwandlungsprozesse statt, die insbesondere bei austenitischen Edelmetallen zur Martensitbildung führen.

Durch die Festigkeitssteigerung und Werkstoffeigenschaftsänderung ist es grundsätzlich möglich, Bauteile dünner zu dimensionieren und somit wichtiges, Material und Kosten einzusparen.

Es können Hochleistungsbauteile wie Zentrifugen, Strahltriebwerken für Flugzeuge, Hydraulikzylinder für Fahrzeuge oder Antriebswellen für Helikopter hergestellt werden. Mit der hohen Flexibilität geht allerdings auch eine hohe Prozesskomplexität mit einer Vielzahl von Prozessparametern und Störgrößen einher. Dies macht den klassischen Prozess aktuell wenig präzisionsfähig und reproduzierbar. Außerdem stellen die genannten Drückprozesse trotz der vielfältigen Möglichkeiten immer noch ein anfälliges Fertigungssystem dar, das nur bedingt eine reproduzierbare Kräfteinleitung, Umformänderung oder Maßhaltigkeit gewährleistet. Die Störeinflüsse des Systems/Maschine/Werkzeug, sind gekennzeichnet durch die kaum zu regelnde Walzkraft zwischen Blech/Rohr und Walze.

Diese Einflüsse führen zu unterschiedlichen Versagensfällen und Qualitätsmängeln am Werkstück. Basierend auf den aktuellen Prozesseinschränkungen während der Umformung von komplexen Bauteilen und der unpräzisen Steuerung von bestehenden Systemen lässt sich ein grundsätzlicher Bedarf nach flexiblen und intelligenten Umformverfahren ableiten.

30 MAI - 2 JUNI 2022

**FRAUNHOFER AUF DER
HANNOVER MESSE
HALLE 5 STAND A06**

<https://www.hannovermesse.de/aussteller/fraunhofer-gb-adaptronik/N1483049>

Fraunhofer

HANNOVER
MESSE

Um den resultierenden Bedarf bzw. die bestehenden Grenzen der klassischen Umformverfahren zu erweitern, wird derzeit im Rahmen des DFG-geförderten Schwerpunktprogramms SPP 2183 „Eigenschaftsgerichtete Umformverfahren“ intensiv an der Entwicklung von intelligenten, ressourceneffizienten Umformverfahren geforscht, bei denen über eine sogenannte Eigenschaftsregelung die Herstellung innovativer Bauteile mit integrierten Zusatzfunktionen erreicht wird. **Wie solche smarten Bauteile zukünftig automatisiert, ressourcenschonend und reproduzierbar hergestellt werden können, erforscht das Fraunhofer IEM** zusammen mit seinen Projektpartnern, der Universität Paderborn und der TU Dortmund, am Beispiel der Umformprozesse Drücken und Drückwalzen.

Hier wird das Einbringen eines unsichtbaren, magnetischen Barcodes an funktionstragenden Bauteiloberflächen direkt während der Fertigung untersucht. **Diese fälschungssichere Kennzeichnung von Bauteilen ermöglicht eine eindeutige Produktidentifizierung** und dient somit als Lösungsansatz gegen Produktpiraterie und Fälschung sicherheitsrelevanter Bauteile oder hilft bei der Bauteilzuordnung für die Produktkommissionierung – quasi wie eine einzigartige Seriennummer

(siehe Abbildung b.) auf der vorherigen Seite).

Im Rahmen des Projektes werden intelligente Prozessführungs- und Regelungsstrategien sowie Messsysteme entwickelt, welche sich insbesondere auf die Umformung des metastabilen austenitischen Edelstahls fokussieren. Diese ermöglichen direkt im Herstellungsprozess das Einstellen und Einregeln von Bauteileigenschaften auf Basis einer onlinebasierten Vermessung der Wanddicke und des Martensitgehalts. Im Fall des umgewandelten Martensits wird der Volumenanteil mittels eines mikromagnetischen Sensors detektiert. Hierfür wird am IEM ein sog. Softsensor entwickelt, welcher modellgestützt aus der Barkhausenrauschen die Messgröße des Martensitgehalts über eine Korrelation errechnet. Im Fall der Wanddicke werden mehrere Laserdistanzsensoren eingesetzt, die die Wanddicke vor der Umformung und in der Umformzone messen.

Die Nutzung der innovativen Messsysteme und Regelungsalgorithmik ermöglicht wiederum eine gezielte und geregelte Veränderung der Walzentrajektorie. Für den mechatronischen System- und Regelungsentwurf wird

ferner im Rahmen des Projektes ein signalflossorientiertes Simulationsmodell des Drückwalzprozesses und der Martensitbildung erstellt. Das Modell berücksichtigt die Ortsverteilung der Bauteileigenschaften über Eigenschaftsmatrizen und inkludiert die reale Umformeffekte bzw. die Martensitbildung über empirische Korrelationsmodelle, welche im Rahmen von umfangreichen Versuchsreihen gewonnen wurden. Für die Fertigung eigenschaftsgerichteter Bauteile wird die modellbasiert entworfene Mehrgrößenregelung in die Maschinensteuerung der realen Drückwalzanlage integriert, zur Ausregelung von Modellfehlern während der Umformung genutzt und somit unter Verwendung der applizierten Eigenschaftssensorik validiert.

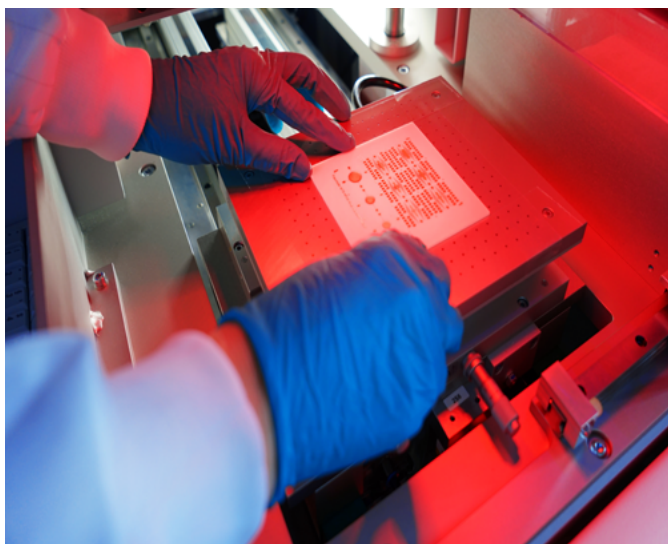
Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM

Dr.-Ing. Christian Henke

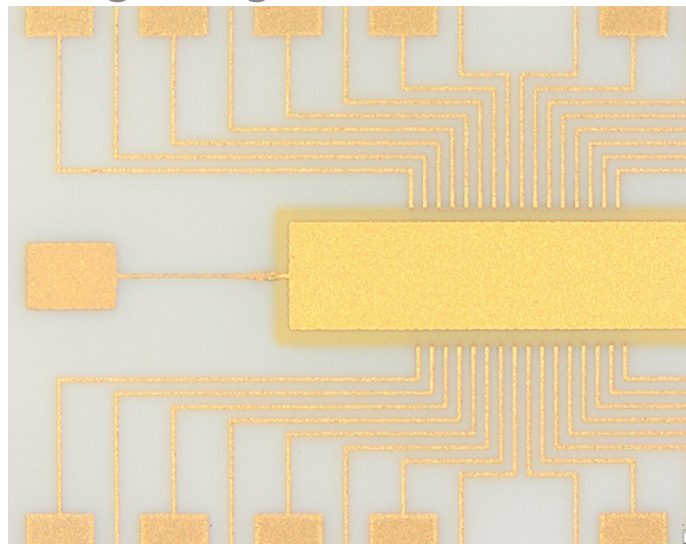
Zukunftsmeile 1
33102 Paderborn

(+49) 5251 5465 -126
christian.henke@iem.fraunhofer.de
www.iem.fraunhofer.de

Gedruckte Ultraschallwandler für Bildgebung und Messtechnik



Ausrichtung einer Probe im Siebdrucker.



Gedrucktes 10 MHz-Linear Array.

Ultraschallsysteme finden breiten Einsatz in der medizinischen Bildgebung, der zerstörungsfreien Prüfung und Messtechnik. Gegenwärtig ist die Entwicklung vor allem auf eine verbesserte Bildauflösung, die Miniaturisierung der Ultraschallwandler sowie auf elektronische Verdichtung fokussiert.

Für die Bildgebung hat sich die Phased-Array-Technik durchgesetzt, bei der die aktive piezoelektrische Fläche des Wandlers in eine Reihe (engl. array) von einzeln kontaktierten und damit aktivier- und auslesbaren Elementen unterteilt ist. Dies ermöglicht ein elektronisches Scannen, Schwenken und Fokussieren des Ultraschallstrahls ohne mechanische Bewegung des Wandlers. Herkömmliche Fertigungsverfahren für Phased-Array-Ultraschallprüfköpfe basieren auf Säge- und Assemblierungstechniken, die kompliziert und durch eine Vielzahl manueller Arbeitsgänge aufwendig sind. Darüber hinaus entstehen bei der Fertigung Kleb- und Lötkontakte, die die akustische Schallausbreitung stören können und die Zuverlässigkeit begrenzen.

Kostengünstige Fertigung in großer Stückzahl

Mit einem am Fraunhofer IKTS entwickelten Fertigungsansatz können Ultraschallwandler komplett über Druckverfahren hergestellt werden. Grundlage hierfür sind piezokeramische Dickschichten, die über Siebdruckverfahren auf planare und tubulare Substrate aufgebracht werden. Die Struktur der Ultraschallwandler wird dabei bereits durch das Druckbild festgelegt, also die Sieböffnungen, durch die die Paste während des Druckvorgangs gedrückt wird.

Eine mechanische Nacharbeitung ist nicht erforderlich. Der Siebdruck von Dickschichten ist ein hochentwickeltes industrielles Druckverfahren, das durch feine Strukturauflösung und hohe Reproduzierbarkeit gekennzeichnet ist. Aufgrund geringer Initialisierungs- und mittlerer Stückkosten lässt er sich in einem weiten Stückzahlbereich mit angepasstem Automatisierungsgrad effizient anwenden.

Entscheidend für die Anwendung siebgedruckter Dickschichten als Ultraschallwandler ist jedoch nicht nur die piezokeramische Schicht, sondern insgesamt der Aufbau aus Substratwerkstoff, Elektrodenstrukturen und akustischen Anpassschichten.

Hier ist es am Fraunhofer IKTS gelungen, poröse Substratwerkstoffe zu entwickeln, die direkt als Dämpfungskörper wirken. Der Druck von feinen Elektrodenlinien mit einer Breite von 70 μm und einem Mittenabstand (engl. pitch) von 120 μm erlaubt die Serienfertigung von Ultraschallwandlern für Anwendungsfrequenzen bis 10 MHz als Lineararrays und bis 40 MHz als Ringarrays in großer Stückzahl. Darüber hinaus ist es möglich, akustische Anpassschichten über Tampondruck aufzutragen, die einen verbesserten Schalleintrag in Wasser und biologisches Gewebe ermöglichen.

Die so gedruckten Ultraschallwandler sind frei von störenden Zwischenschichten und bieten den Vorteil einer Aufbau- und Verbindungstechnik, die relativ einfach auf das Substrat aufgedruckt bzw. als dreidimensionale Elektrodenstruktur in den Dämpfungskörper, z. B. keramische Mehrlagensubstrate, integriert werden kann. Dies

vermeidet voluminöse Löt- bzw. Bondpads, die das Schwingungsverhalten des Wandlers negativ beeinflussen. Die gedruckten Ultraschallwandler sind kompakt aufgebaut und entsprechen damit den Trends zur Miniaturisierung, Preisreduzierung und elektronischen Verdichtung. Das prädestiniert sie für den Einsatz in portablen und ultra-portablen Geräten für Laptop- oder Smartphone-basierte Anwendungen.

Kundenspezifische Lösungen werden angeboten

Die am Fraunhofer IKTS entwickelten piezokeramischen Werkstoffe und Technologien lassen sich auf unterschiedliche Substratmaterialien aufbringen, so auf keramischen und metallischen, und im Design an unterschiedliche Anforderungen, z.B. bezüglich der Ultraschallfrequenzen und Schallfeldgeometrien, anpassen. Dazu stehen am Fraunhofer IKTS nicht nur umfangreiche Kompetenzen in Werkstoffentwicklung und Technologieanpassung, sondern auch zur Wandlerauslegung, Schallfeldsimulation, akustischen Charakterisierung und Verfahrensvalidierung zur Verfügung.

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Dr. Holger Neubert

Winterbergstr. 28
01277 Dresden

(+49) 351 2553-7615
holger.neubert@ikts.fraunhofer.de
www.ikts.fraunhofer.de

Dünnschichtsensorik für die Überwachung der Temperierung im Spritzguss

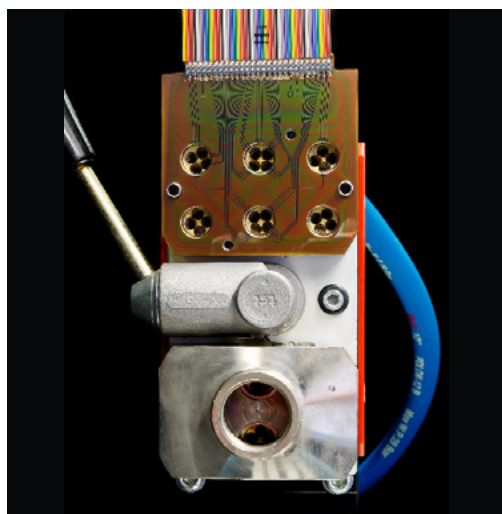


Abbildung 1. Multikupplung mit Sensoreinsatz

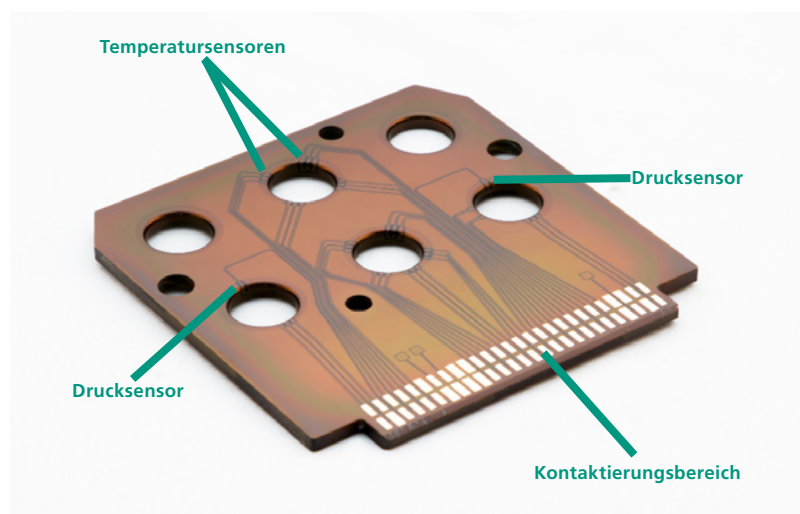


Abbildung 2. Metallischer Grundkörper beschichtet mit dem multisensorischen Schichtsystem zur Temperatur- und Druckmessung in flüssigen Medien.

Die ressourceneffiziente Fertigung von Kunststoffbauteilen im Spritzguss setzt eine exakte Temperierung und Durchflussregelung der Spritzgusswerkzeuge voraus. Um die Auslegung und Überwachung der Werkzeugtemperierung zu verbessern, müssen die realen Temperaturen, Drücke und Durchflüsse während des Spritzgussprozesses erfasst werden. Um diese zu ermitteln, wird am Fraunhofer IST ein Multikupplungseinsatz mit einem multisensorischen und medienbeständigen Dünnschichtsystem entwickelt, das in direktem Kontakt mit überströmendem Wasser die Größen Temperatur, Druck und Durchfluss messen soll.

Sensorischer Multikupplungseinsatz

Als Lösung wurde ein spezieller Sensoreinsatz zur Integration in eine 6-Kreis-Multikupplung konstruiert. Auf dieses wechselbare Modul wurde das multisensorische Schichtsystem haftfest bis in die Innenbereiche der Bohrung abgeschieden und Leiterbahnen über den Rundungsbereich hinweg strukturiert. Dieses am Fraunhofer IST entwickelte sensorische und medienbeständige Dünnschichtsystem basiert auf DLC-Schichten (diamantähnlicher Kohlenstoff, engl. diamond-like carbon), die mittels PECVD-Technologien (Plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung, engl. plasma-enhanced chemical vapour deposition) hergestellt werden. Durch die Integration chrombasierter Sensorstrukturen wird die orts aufgelöste Messung von Druck und Temperatur ermöglicht. Die Fer-

tigung dieser Sensorstrukturen erfolgt durch eine Kombination von Fotolithographie und nasschemischen Ätzverfahren. Das Ziel ist, den sensorischen Einsatz direkt in Kontakt mit überfließendem Wasser sowie verschiedenen industriellen Reinigungsmitteln und Korrosionsinhibitoren in den Heiz- und Kühlkreislauf der Temperier-technik zu integrieren. Daher muss sichergestellt werden, dass das sensorische Dünnschichtsystem belastbar und hochresistent gegenüber chemischen Angriffen, Wasser und Temperatur ist. Dazu wurde ein Testaufbau entwickelt, um die Eignung und das Verhalten der Sensorstrukturen sowie der schützenden Deckschicht in Dauertests zu untersuchen.

Ausblick

Die Ergebnisse des Projekts werden genutzt, um die grundlegend erarbeiteten Messprinzipien zur Durchflussmessung weiterzuentwickeln. Darüber hinaus wird die erarbeitete Lösung zur Temperatur- und Druckmessung in weiteren Testphasen bei Pilotkunden untersucht. Perspektivisch soll so ein Messsystem für die kombinierte Erfassung von Temperatur, Druck und Durchfluss entstehen.

Digitalisierung und Überwachung von Produktionsprozessen

Der erbrachte Nachweis der Beständigkeit des sensorischen Dünnschichtsystems eröffnet weitere Anwendungsfelder im Bereich der Realisierung hochbelastbarer Sensorik für tribologisch anspruchsvolle

Systeme. Außerdem konnten auf Basis der realisierten Temperaturmessung wichtige Erkenntnisse zu Messprinzipien für die Durchflussmessung in der Dünnschichttechnik erarbeitet werden, die zukünftig weiter untersucht werden sollen. Multisensorische Dünnschichtsysteme bieten zudem weitreichende Möglichkeiten im Bereich der in-situ Überwachung in cyberphysischen Produktionssystemen.

Das Projekt

Die beschriebenen Ergebnisse wurden innerhalb des ZIM-Kooperationsprojekts »Temperierkupplung mit integrierter vernetzter Sensortechnik« (TivSee) erzielt, an dem das Fraunhofer IST gemeinsam mit den Firmen Nonnenmann GmbH und eck*cellent IT GmbH arbeitet. Das Projekt wurde gefördert durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags sowie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).

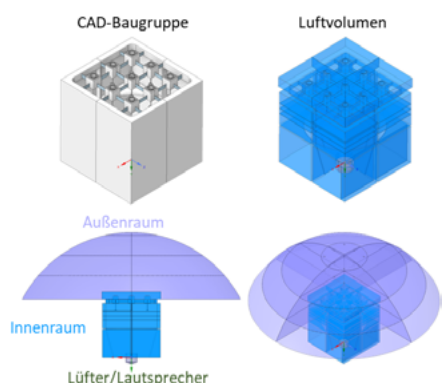
Fraunhofer-Institut für Schicht- & Oberflächentechnik IST

Anna Schott, M.Sc.

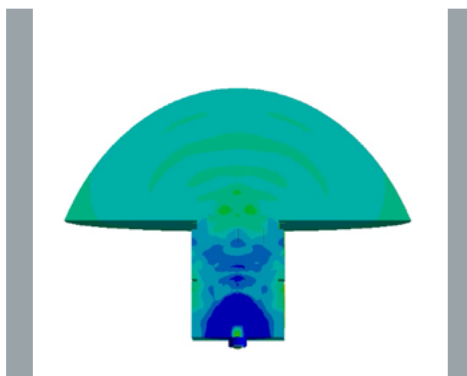
Bienroder Weg 54e
38108 Braunschweig

(+49) 351 2155-674
anna.schott@ist.fraunhofer.de
www.ist.fraunhofer.de

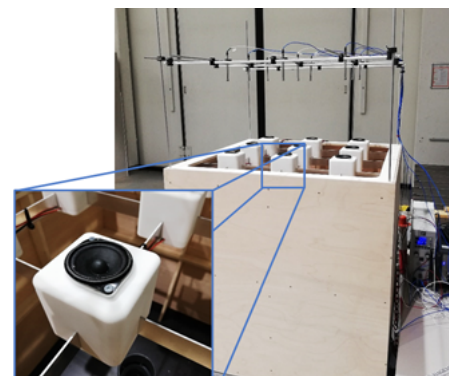
Schnelle Auslegung, Umsetzung und Validierung aktiver Schallschutzmaßnahmen



1.) Aufbau und numerische Simulationsmodelle des ANC-Demonstrators.



2.) Simulation der Schallausbreitung & Bestimmung der Abstrahlcharakteristik.



3.) ANC-Demonstrator.

In der jüngeren Vergangenheit und insbesondere aufgrund der weiter anhaltenden COVID-19-Pandemie haben mobile, antiviral wirkende Luftreinigungsgeräte erheblich an Bedeutung gewonnen. Moderne Wohn- und Geschäftshäuser, Schulen oder Kindergärten werden zunehmend mit kompakten Lüftungsanlagen ausgestattet. Diese Lüftungssysteme und mobilen Luftreinigungsgeräte können die Virenkonzentration in Räumen deutlich reduzieren, führen allerdings häufig zu erhöhten Lärmpegeln und folglich zu Kommunikations- oder Konzentrationschwierigkeiten. Eine maßgebliche Herausforderung stellt daher die Entwicklung, Umsetzung und Validierung von geeigneten Schallschutzmaßnahmen dar. Im Projekt »ReinluftAkustik« bilden vier Fraunhofer-Institute ein Cluster, um schnelle Unterstützung bei der akustischen Optimierung von kompakten Lüftungssystemen und Luftreinigungsgeräten anzubieten.

Akustik von Lüftungssystemen und Luftreinigungsgeräten

Trotz kleinem Bauraum müssen Luftreinigungsgeräte eine hohe Luftleistung erbringen und dürfen, um eine kontinuierliche Wirksamkeit zu gewährleisten, nicht ausgeschaltet werden. Der Drehklang des Ventilators stellt meist die Hauptquelle des emittierten Schalls dar. Durch die periodische Rotation der Ventilatorschaufeln entsteht dabei ein schmalbandiger, tonaler Geräuschcharakter. Die Ventilatoren erzeugen durch Anregung der Gehäusestruktur Körperschall, der als Luftschall abgestrahlt wird. Hinzu kommen breitbandige Strömungsgeräusche, die über die Ansaug- und Ausblasseöffnungen übertragen werden und sich mit den tonalen Anteilen überlagern. Letztlich ist der resultierende Schallpegel zudem von dem momentanen Betriebszustand des Luftreinigungssystems abhängig. Um einen breitbandigen Wirkfrequenzbereich abzudecken und eine autonome Anpassung auf veränderliche Betriebsbedingungen zu ermöglichen,

wurden aktive Schallschutzmaßnahmen (engl. Active Noise Control) untersucht, prototypisch umgesetzt und an einem Demonstrator validiert.

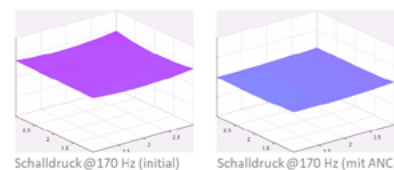
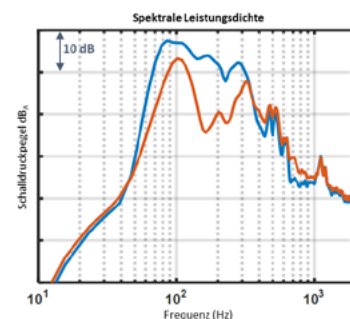
Modularer Baukasten für hochintegrierte Schallschutzlösungen

Um insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen den Zugang zu hochintegrierten und intelligenten Schallschutzlösungen zu ermöglichen, wurde am Fraunhofer LBF ein modularer Methoden-Baukasten für aktive Schallschutzmaßnahmen für Luftreinigungsgeräte entwickelt. Zunächst wurde ein simulationsgestützter Entwurf zur schnellen Konzeptentwicklung und -bewertung erarbeitet. Bestehende CAD-Baugruppen wurden vereinfacht und ein Modell des inneren Luftvolumens abgeleitet (Abb. 1). Die numerischen Untersuchungen wurden daraufhin nur am Luftvolumen durchgeführt, die Lautsprechermembranen als Anregungsflächen modelliert und die hemisphärische Abstrahlung berechnet (Abb. 2). Für exemplarische Anwendungsfälle wurden Anregungsdaten, Sensorik-, Aktorik- und Reglermodelle in einer Modellbibliothek zusammengestellt. Auf Basis der Berechnungsergebnisse und des zur Verfügung stehenden Bauraums wurden die Anordnung und Spezifikationen der Komponenten festgelegt und kostengünstige produktnahe Komponenten ausgewählt.

Active Noise Control – Das Konzept zur aktiven Schallreduktion

Ziel der Schallschutzmaßnahmen ist die Auslöschung der ungewollten Schallabstrahlung ins akustische Freifeld. Die störende und pegelbestimmende Schallabstrahlung liegt im untersuchten Anwendungsfall im Frequenzbereich zwischen 100 und 1000 Hz. Das umgesetzte Active Noise Control (ANC)-Konzept umfasst drei Ablaufschritte. Zunächst wird die primäre Schallanregung gemessen, anschließend der Gegenschall mit Hilfe eines adaptiven Reglers berechnet und abschlie-

send mittels eines Lautsprecher-Arrays eingeleitet. Die Validierung der Maßnahme wurde an einem Luftreinigungsdemonstrator durchgeführt. Dabei wurde ein variabler ANC-Demonstrator zum Testen unterschiedlicher Anwendungsfälle mit neun Lautsprechern und Schallanregung durch Lautsprecher oder Lüfter aufgebaut (Abb. 3). Die aufgeprägte Störung entspricht dem gemessenen Schalldruck eines Luftreinigers und es konnte eine breitbandige Reduktion zwischen 70 und 300 Hz nachgewiesen werden (Abb. 4).



4.) Experimentelle Validierung des Konzepts zur aktiven Schallreduktion.

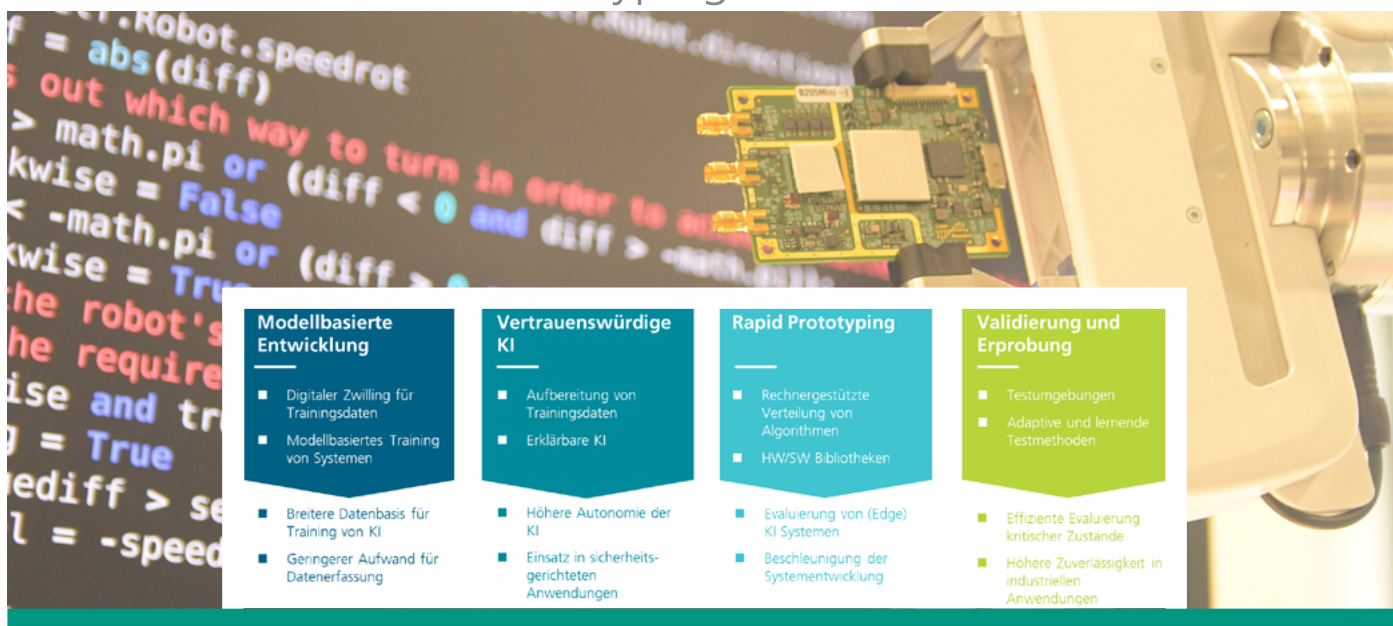
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Jonathan Millitzer, M.Sc.

Bartningstraße 47
64289 Darmstadt

(+49) 6151 705-8218
jonathan.millitzer@lbf.fraunhofer.de
www.lbf.fraunhofer.de

KI Labor für Test und Prototyping am Fraunhofer IIS-EAS



Modellbasierte Entwicklung

- Digitaler Zwilling für Trainingsdaten
- Modellbasiertes Training von Systemen
- Breitere Datenbasis für Training von KI
- Geringerer Aufwand für Datenerfassung

Vertrauenswürdige KI

- Aufbereitung von Trainingsdaten
- Erklärbare KI
- Höhere Autonomie der KI
- Einsatz in sicherheitsgerichteten Anwendungen

Rapid Prototyping

- Rechnergestützte Verteilung von Algorithmen
- HW/SW Bibliotheken
- Evaluierung von (Edge) KI Systemen
- Beschleunigung der Systementwicklung

Validierung und Erprobung

- Testumgebungen
- Adaptive und lernende Testmethoden
- Effiziente Evaluierung kritischer Zustände
- Höhere Zuverlässigkeit in industriellen Anwendungen

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz ist zentrales Element der Digitalisierung in Wirtschaft und Gesellschaft. Die Anwendungsgebiete von KI reichen von der industriellen Produktion bis zum Gesundheitsbereich, über autonome Mobilität bis zum persönlichen digitalen Assistenten. KI-Technologien entwickeln sich sehr dynamisch. Das daraus resultierende Wachstums- und Innovationspotenzial ist dabei enorm.

Neben Applikationen für Privatanutzer, die massiv durch internationale Konzerne wie Amazon, Google oder Baidu getrieben werden, existieren zahlreiche Nischen mit vielversprechenden wirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten. Im Bereich Fertigung und Logistik kann KI zur Ablaufplanung und -steuerung sowie zur Optimierung von Prozessen, z.B. zur Reduzierung von Wartezeiten, Ressourcen- und Energieverbrauch aber auch für die Realisierung von Sicherheitsfunktionen bei der Mensch-Maschine-Interaktion eingesetzt werden. Die vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) sagt voraus, wann Bauteile verschleßen und ermöglicht eine Wartung zum optimalen Zeitpunkt. Ebenso kann die Datenanalyse Anomalien erkennen und somit zur Entwicklung besserer Produkte und Lösungen beitragen.

Diesen Potenzialen gegenüber stehen aber auch eine Reihe von Herausforderungen für KI-Akteure, die es zu meistern gilt. So haben bereits viele Unternehmen die Potenziale Künstlicher Intelligenz erkannt und würden diese gern für sich nutzen. Der Kenntnisstand hinsichtlich konkreter Integrationsmöglichkeiten in die eigenen Prozesse oder Produkte, des wirtschaftlichen Nutzens und der Grenzen der Methoden ist jedoch sehr unterschiedlich.

Um diese Herausforderungen zu adressieren, hat das Fraunhofer IIS/EAS Ende 2021 begonnen, ein KI-Lab für Test und Prototyping zu installieren. Sein Ziel ist es, in den kommenden Jahren der zentrale Anlaufpunkt für Unternehmen bei der Entwicklung und der Anwendung von KI-Lösungen zu werden.

Dabei widmet sich das Lab zwei zentralen Ansätzen schwerpunktmäßig. Einerseits werden die Experten Formate entwickeln, mit denen schnell und bedarfsgerecht Methoden und Technologien in die Praxis überführt werden, um so speziell kleine und mittelständische Unternehmen zu befähigen, KI-Methoden für ihre Prozesse und Produkte nutzbringend einzusetzen. Andererseits sollen auch Technologien weiterentwickelt werden, die für einen erfolgreichen Einsatz von KI-Methoden benötigt werden. Dabei begleitet das Fraunhofer IIS/EAS mit seinen Partnern Firmen von der Idee bis zum Prototypen einer KI-Lösung.

Die Integration moderner Methoden der Künstlichen Intelligenz in sicherheitsrelevante industrielle Systeme oder Produktionsprozesse mit hohen Anforderungen an Qualität, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit stellt besondere Herausforderungen vom Entwurf bis zur Erprobung und Bewertung dar. Daher sind die frühzeitige modellbasierte Bewertung von Systemeigenschaften, die schnelle Implementierung als HW/SW-System sowie der Test unter realitätsnahen Bedingungen von größter Wichtigkeit. Entsprechend stellt sich das KI-Labor mit seinen Forschungsschwerpunkten auf (siehe Grafik). Im Designprozess von KI-Systemen sollen modellbasierte Methoden (Virtual Prototyping, Digitaler Zwilling), Hardware/Software-Co-Design, entwicklungsbegleitende Erprobung (Hardware/Software in the Loop) und

Systemtest enger vernetzt werden. Ebenso spielen neuartige Ansätze zu Datengewinnung, anwendungsspezifische Systemarchitekturen sowie Algorithmen für vertrauenswürdige KI eine wichtige Rolle. Der Transfer neuester Methoden der Künstlichen Intelligenz in Kombination mit einer leistungsfähigen Ausstattung des Labors sollen die Möglichkeit bieten, die Einstiegshürden bei der Nutzung von KI-Methoden für KMU zu senken und innovative Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette - von der Halbleiterindustrie hin zu branchenspezifischen Anwendungsfällen - zu initiieren.

Der Aufbau des KI-Labors für Test und Prototyping zielt also neben der fachlichen Weiterentwicklung am EAS auch auf die Vernetzung mit lokalen Akteuren aus Wissenschaft und Wirtschaft. Hierzu werden verschiedene Kooperationsformate entwickelt, die einen niederschweligen Einstieg in eine nachhaltige Verankerung von KI-Technologien und dauerhafte Entwicklungsnetzwerke bieten.

**Fraunhofer IIS
Institutsteil Entwicklung Adaptiver
Systeme EAS**

Dr. Dirk Mayer

Münchner Straße 16
01187 Dresden

(+49) 351 45691-0
dirk.mayer@eas.iis.fraunhofer.de
www.iis.fraunhofer.de



30 MAI - 2 JUNI 2022

**FRAUNHOFER AUF DER
HANNOVER MESSE
HALLE 5 STAND A06**

<https://www.hannovermesse.de/aussteller/fraunhofer-gb-adaptronik/N1483049>

 Fraunhofer

 HANNOVER
MESSE

**»Mit Smarten Systemen
flexibel in die Zukunft!«**

GESCHÄFTSBEREICH ADAPTRONIK WORKSHOP

<https://www.adaptronik.fraunhofer.de/de/veranstaltungen/events/smarten-systemen.html>



22. September 2022
09:30 - 16:00 Uhr
Fraunhofer IDMT
Ilmenau

 Fraunhofer

Das Leistungsspektrum des Geschäftsbereichs Adaptronik



Impressum

HERAUSGEBER:

Fraunhofer-Gesellschaft
Geschäftsbereich Adaptronik
Postfach 10 05 61
64205 Darmstadt
Tel.: +49 6151 - 705 236
Fax: +49 6151 - 705 214

info@adaptronik.fraunhofer.de
www.adaptronik.fraunhofer.de

SPRECHER:

Dr.-Ing. Sven Herold

GESCHÄFTSSTELLE:

Dr.-Ing. Christoph Tamm

REDAKTION, GRAFIK & DESIGN

B.A. Lena-Mareen Helmer
Elvis Loos

 **Fraunhofer**
Fraunhofer-Gesellschaft