

PRESSEMITTEILUNG

PRESSEMITTEILUNG

Nr. 05 | 2025

27. Mai 2025 || Seite 1 | 6

Hören, ob der Laser richtig arbeitet

Fraunhofer IWS entwickelt akustisches Monitoring für effiziente und robuste Qualitätskontrolle in der Laserbearbeitung

(Dresden, 27. Mai 2025) Schallemissionen verraten, ob ein Laserprozess stabil läuft oder aus dem Takt gerät. Das Fraunhofer IWS entwickelt akustische Überwachungslösungen, die Laserprozesse in Echtzeit bewerten. Ziel ist eine wirtschaftliche und robuste Prozesskontrolle, die Schallemissionen während der Bearbeitung systematisch analysieren kann, um Abweichungen sofort zu erkennen. Ein erstes marktreifes Monitoringmodul stellt das Dresdner Institut vom 24. bis 27. Juni auf der Laser World of Photonics 2025 in München vor. Parallel arbeiten Forschungsteams des Instituts daran, Ansätze für weitere Anwendungen wie etwa Laserschweißen und -schneiden zu entwickeln.

Die Qualitätskontrolle in der Lasermikrobearbeitung gestaltet sich häufig zeitintensiv, technisch aufwendig und nur verzögert. Typisch sind Strukturen mit Abmessungen im Mikro- und Submikrometermaßstab, die sich nur über aufwändige Mikroskopverfahren überwachen und bewerten lassen. Ein neues akustikbasiertes Monitoringmodul des Fraunhofer IWS bietet eine industriennahe Lösung: Es analysiert die entstehenden Schallemissionen während der Bearbeitung, bewertet die Qualität unmittelbar und visualisiert Auffälligkeiten, ohne dass das Werkstück die Maschine verlassen muss.

Akustik als Datenquelle: Echtzeitbewertung während des Prozesses

Das System nutzt robuste Halbleitermikrofone zur Erfassung der Schallemissionen, eine lokale Auswerteeinheit sowie ein neuronales Netz, das auf reale Qualitätsdaten trainiert wurde. Es zerlegt akustische Signale in Frequenzbereiche und berechnet daraus charakteristische Parameter wie Amplitude, Dauer oder Impulsform. Diese fließen in die KI-gestützte Bewertung ein, die den Prozesszustand zuverlässig klassifiziert – etwa als stabil, abweichend oder fehlerhaft. Die Rückmeldung erfolgt in Echtzeit und unabhängig von zusätzlicher Sensorik.

Ein herausragendes Merkmal ist die Anwendung zur Erstellung einer »akustischen Abbildung«. Dabei erzeugt das System ein zweidimensionales Bild der strukturierten Oberfläche, das auf der räumlichen Verteilung der Schallemissionen basiert. Das akustische Bild lässt sich mit klassischen Oberflächenaufnahmen vergleichen, allerdings ohne zusätzliche Messtechnik, rein aus Prozessdaten. Fehler wie Fremdkörper,

Diese Arbeit wurde teilweise durch das SYNTECS-Projekt im Rahmen der Fördervereinbarung 101091514 als Teil der Ausschreibung HORIZON-CL4-2022-TWIN-TRANSITION-01-02 und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept »Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit« (Förderkennzeichen 02P20A050 – 02P20A057) gefördert sowie vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Co-funded by
the European Union

Leiter Unternehmenskommunikation

Markus Forytta | Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS | Telefon +49 351 83391-3614 | Winterbergstraße 28 | 01277 Dresden | www.iws.fraunhofer.de | markus.forytta@iws.fraunhofer.de

Gruppenleiter Systemtechnik und Sensorik

Dipl.-Ing. Tobias Steege | Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS | Telefon +49 351 83391-3521 | Winterbergstraße 28 | 01277 Dresden | www.iws.fraunhofer.de | tobias.steege@iws.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND STRAHLTECHNIK IWS

Fehlausrichtung oder ungleichmäßige Ablation werden visuell sichtbar und lassen sich dokumentieren. »Wir wollten eine Lösung, die direkt an der Maschine Aussagen zur Prozessqualität liefern kann, ohne dass jemand die Probe entnimmt oder in ein separates Messlabor bringt«, sagt Tobias Steege, Gruppenleiter Systemtechnik und Sensorik am Fraunhofer IWS. »Unsere akustische Analyse ersetzt nicht die klassischer Mikroskop Messung einer Oberfläche, aber sie ermöglicht eine wirtschaftliche und robuste Prozesskontrolle für jedes einzelne Bauteil.

PRESEMITTEILUNG

Nr. 05 | 2025

27. Mai 2025 || Seite 2 | 6

Schlank integrierbar, wirtschaftlich betreibbar

Das Monitoringmodul ist als industrietaugliche Plug-and-Play-Lösung konzipiert. Es umfasst standardisierte Ethernet-basierte Schnittstellen (TCP/IP, REST), benötigt keine externe Cloud-Anbindung und lässt sich mit gängigen Maschinensteuerungen verknüpfen. Dank des modularen Aufbaus und der Verwendung von Halbleiterkomponenten lassen sich die Gesamtkosten gegenüber etablierten akustischen Überwachungssystemen stark reduzieren. Das ermöglicht eine präzise, inlinefähige und wirtschaftliche Prozesskontrolle auch für kleinere Serienproduktionen. »Das System ist so aufgebaut, dass es sofort einsatzfähig ist: ohne Spezialhardware oder externe Datenleitungen, einfach über Netzwerkanschluss an die bestehende Maschine«, ergänzt Steege. »Unsere Stärke liegt in der Verbindung aus prozessnaher Sensorik und intelligentem Softwaredesign, das sich am industriellen Alltag orientiert.«

Fundiert aus der Forschung, bereit für die Anwendung

Die Entwicklung des Moduls fußt auf Erkenntnissen aus mehreren öffentlich geförderten Projekten. Wissenschaftlich vorbereitet wurde sie unter anderem im EU-Projekt SYNTECS sowie im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Vorhaben MEDIUS, das sich mit lernfähigen, datenbasierten Methoden für die Laserprozessüberwachung befasst. Die industriennahe Umsetzung eines funktionsfähigen Demonstrators erfolgte innerhalb einer internen Förderung des Fraunhofer-Leistungszentrums Smart Production and Materials.

Das Fraunhofer IWS bietet Unternehmen die Möglichkeit und das System in Pilotprojekten zu testen, als OEM-Komponente in Maschinen zu integrieren. »Wir sehen großes Potenzial für eine akustikbasierte Prozessüberwachung in der Breite der Industrie, von hochpräzisen Strukturierungsprozessen bis zu robusten Schweißanwendungen«, betont Steege. »Das System ist nicht nur technisch ausgereift, sondern auch wirtschaftlich einsetzbar und bereit für den Transfer in die Fertigung.«

Perspektive: Monitoring auch für Schweißen und Schneiden

Parallel zu Anwendungen in der laserbasierten Oberflächenstrukturierung arbeitet ein weiteres Team am Fraunhofer IWS unter Leitung von Dr. Axel Jahn an der Übertragung des akustischen Analyseprinzips auf Makrobearbeitungsprozesse wie das Laserschweißen und Laserschneiden. Die entstehenden komplexen akustischen oder optischen Prozessemissionen dienen gezielt der Bewertung der Qualität von Schweißnähten oder Schnittkanten. Für die Überwachung der Laserprozesse über sensible Mikrofone und Hochgeschwindigkeitskameras müssen die gewonnenen Sensordaten zunächst von Störsignalen getrennt und anschließend mit charakteristischen Prozesszuständen und Qualitätsmerkmalen verknüpft werden. Zu diesem Zweck entwickelt das Fraunhofer IWS zusammen mit dem Fraunhofer Center Mid-Atlantic (CMA) in den USA eine spezielle Sensorplattform und die Algorithmen für die Datenauswertung.

Zum Einsatz kommen hochdynamische Mikrofone und optische Sensoren, die sich in industrielle Schweißzellen integrieren lassen. Algorithmen des maschinellen Lernens werten die Sensordaten aus, um typische Merkmalsmuster wie fehlerhafte Strahlpositionierung, Spritzerbildung oder Instabilitäten im Nahtverlauf zuverlässig zu erkennen. »Auch beim Schweißen und Schneiden entstehen akustische Signaturen, die Rückschlüsse auf Prozessqualität und Störungen zulassen«, erklärt Dr. Jahn. »Wir entwickeln Systeme, die diese Signale trotz starker Umgebungsgeräusche zuverlässig erfassen. In Zukunft wollen wir verstärkt Laserapplikationen mit sensorischer Prozessüberwachung in die industrielle Anwendung bringen.«

Langfristig setzt sich sein Team das Ziel ein modulares Framework aufzubauen, das für Strukturierung, Fügen und Schneiden auf vergleichbare Datenformate, Auswertungsmethoden und Anwendungslogik zurückgreifen kann. Das würde nicht nur die Technik vereinheitlichen, sondern auch die Skalierbarkeit und Integration in moderne Fertigungslinien erleichtern.

PRESEMITTEILUNG

Nr. 05 | 2025

27. Mai 2025 || Seite 3 | 6

Infobox

Welche Prozesse profitieren vom akustischen Monitoring?

Lasermikrobearbeitung:

Präzise Mikrostrukturierung von Oberflächen für funktionale Eigenschaften (z. B. Antireflex, Hydrophobie). Das Modul prüft die Strukturqualität direkt während der Bearbeitung.

Laserschweißen:

Akustische Überwachung der Nahtqualität. Defekte, Poren oder instabile Prozesse lassen sich anhand typischer Klangverläufe erkennen.

Laserschneiden:

Die Klangcharakteristik verrät, ob der Schnitt vollständig und sauber erfolgt ist. Auch verschmutzte Optiken oder fehlerhafte Parametereinstellungen werden akustisch sichtbar.

PRESEMITTEILUNG

Nr. 05 | 2025

27. Mai 2025 || Seite 4 | 6



PRESEMITTEILUNG

Nr. 05 | 2025

27. Mai 2025 || Seite 5 | 6

Das Fraunhofer IWS entwickelt akustische Überwachungslösungen, die Laserprozesse in Echtzeit bewerten, für eine wirtschaftliche und robuste Prozesskontrolle, die Abweichungen sofort erkennt.

© Fraunhofer IWS

Werkstoff und Laser mit System: Das **Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS** entwickelt komplexe Systemlösungen in der Laser- und Werkstofftechnik. Wir verstehen uns als Ideentreiber, die Lösungen mit Laseranwendungen, funktionalisierten Oberflächen sowie Werkstoff- und Prozessinnovationen entwickeln – von einfach integrierbaren Individuallösungen über kosteneffiziente Mittelstandslösungen bis hin zu industrietauglichen Komplettlösungen. Die Forschungsschwerpunkte liegen in den Branchen Luft- und Raumfahrt, Energie- und Umwelttechnik, Automobilindustrie, Medizintechnik, Maschinen- und Werkzeugbau, Elektrotechnik und Mikroelektronik sowie Photonik und Optik. In den fünf Zukunfts- und Innovationsfeldern Batterietechnik, Wasserstofftechnologie, Oberflächenfunktionalisierung, Photonische Produktionssysteme und Additive Fertigung schaffen wir bereits heute die Basis für die technologischen Antworten von morgen.



.....
PRESEMITTEILUNG

Nr. 05 | 2025

27. Mai 2025 || Seite 6 | 6
.....

Ein akustikbasiertes Monitoringmodul des Fraunhofer IWS analysiert die bei Laserprozessen entstehenden Schallemissionen, bewertet die Qualität in Echtzeit und visualisiert Auffälligkeiten, ohne dass das Werkstück die Maschine verlassen muss.

© Fraunhofer IWS