

Bild 1: Der kompakte Sensorkopf des optischen Mikrofons in Verbindung mit optischer Faser

Optisches Mikrophon für die berührungslose Materialprüfung

Die Ultraschallprüfung von Materialien erfolgt üblicherweise über ein Koppelmedium in Kontakt mit dem Werkstück. Ein neuer laserbasierter Interferenzsensor misst Ultraschall kontaktlos direkt in der Luft. Das optische Mikrophon lässt sich sogar dort einsetzen, wo Kameras zur Qualitätskontrolle an ihre Grenzen stoßen.

Balthasar Fischer
Xarion Laser Acoustics

Um Verbundstoffe, Schweißnähte oder Klebeverbindungen auf Mängel hin zu testen, hat sich in Betrieben die zerstörungsfreie Prüfung mittels Ultraschall durchgesetzt. Doch da bereits ein Großteil des Schalls an der Grenzfläche zwischen Luft und Material reflektiert wird, muss ein Koppelmedium wie Wasser oder Gel aufgetragen und der Prüfkopf am Werkstück entlanggefahren werden. Dies bedingt einen umständlichen Aufbau und eine Erhöhung der Prüfdauer. Um die Qualitätssicherung durch ein berührungsloses Verfahren zu ermöglichen und gleichzeitig eine neue Möglichkeit zur Inline-Prozessüberwachung bereitzustellen, hat Xarion Laser Acoustics

ein neuartiges optisches Mikrophon entwickelt (**Bild 1**): Das laserbasierte Ultraschallmikrophon beruht auf dem Funktionsprinzip, dass Schallwellen die Wellenlänge des Lichtes beeinflussen. Diese Veränderung wird mit einem miniaturisierten Interferometer gemessen und in eine proportionale Ausgangsspannung gewandelt. Dieser Ultraschallmessvorgang lässt sich ohne Koppelmedium und berührungslos durchführen, was den Prüfaufwand deutlich reduziert und eine automatisierte Prüfung mithilfe von Robotik ermöglicht.

Im Falle von akustischer Überwachung setzte man bislang auf Kondensatormikrofone, die sich aber aufgrund ihrer Empfindlichkeit auf Hintergrundlärm nur bedingt für die Überwachung der Produktion und die Qualitätskontrolle

einsetzen lassen. Da in einer Fertigungshalle der Umgebungslärm oft sehr groß ist, kommt akustische Prozessüberwachung mit herkömmlichen Mikrofonen für die meisten Prozesse nicht infrage. Anders stellt sich die Situation beim optischen Mikrophon dar: Der messbare Frequenzbereich ist so groß, dass zwischen Hintergrundlärm (üblicherweise unter 100 kHz) und wertvoller Prozesssignatur (wesentliche Anteile auch über 100 kHz) (**Bild 2**) mithilfe eines einfachen Frequenzfilters unterschieden werden kann. Die Inline- und In-Prozess-Überwachung von Laserschweißen und -strukturieren, CNC-Fräsen, Füllstandsmessung, Leckagemessung und zahlreicher weiterer Prozesse wurde mit dem optischen Mikrophon bereits umgesetzt. Selbst Haarrisse im Material, die mit gewöhnlichen Kame-



Bild 3: Optisches Mikrofon montiert auf einem Roboterarm zur Qualitätssicherung in der Automobilindustrie

ras nur schwer erkennbar sind, können mit dem optischen Mikrofon entdeckt werden.

Akusto-optisches Messprinzip

Herkömmliche Ultraschallempfänger beruhen üblicherweise auf dem piezoelektrischen Prinzip, wobei die Ultraschallwelle das piezoelektrische Material in Schwingung versetzt. Damit der Schall möglichst verlustfrei in den Detektor ein-

koppeln kann, wird mit einem Koppelmittel die akustische Impedanz zwischen Prüfkörper und Detektor angeglichen. Dies verhindert, dass bereits an der Grenzfläche zwischen Luft und dem Piezoeempfänger ein Großteil des Ultraschalls reflektiert und verloren geht, und dadurch die zerstörungsfreie Prüfung erschwert wird. Das optische Mikrofon hingegen detektiert den Ultraschall direkt in der Luft; die Schallwelle wird nicht erst in einen Festkörper eingekoppelt und in

Folge dessen Schwingung detektiert. Vielmehr misst ein Laserstrahl berührungslos die Dichteveränderung der Luft, die durch die sich ausbreitende Ultraschallwelle entsteht. Damit entfallen eine Luft-zu-Festkörper-Grenzschicht und der damit einhergehende unerwünschte Verlust des Prüfsignals.

Das laserbasiertes Messverfahren erlaubt Materialprüfungen und Prozessüberwachungen in einem sehr breiten Frequenzbereich von rund 10 Hz bis ➤

Fazit

Ein laserbasiertes, optisches Mikrofon erlaubt kontaktfreie Ultraschallprüfung und industrielle Prozessüberwachung mit Ultraschall auf eine zuvor nicht mögliche Art. Die Vorteile sind die 20-fach höhere Detektionsbandbreite im Vergleich zu bisherigen Ultraschallmessungen sowie die koppelmittelfreie Ultraschallprüfung. Zu den Anwendern zählen automatisierte Fertigungsbetriebe, wie in der Automobil- und Flugzeugindustrie sowie metallverarbeitende Unternehmen, die das optische Mikrofon zur Werkstoff- und Werkzeugprüfung nutzen.

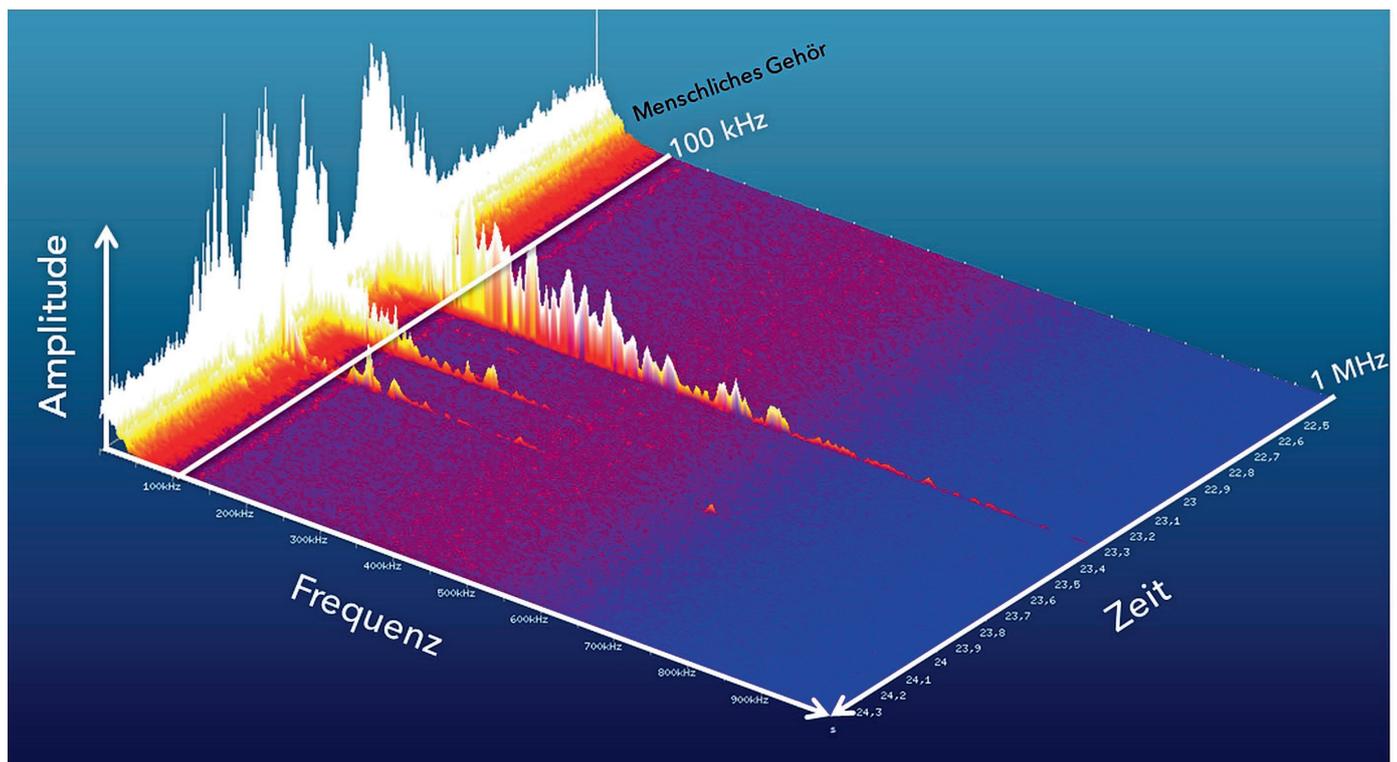


Bild 2: Schallmessung aufgenommen mit dem optischen Mikrofon; wertvolle Prozesssignale liegen in hohen Frequenzbereichen.

Bilder: Xarion Laser Acoustics

2 MHz in der Luft und übertrifft damit die Frequenzbreite herkömmlicher Sensoren um den Faktor 20. Das optische Mikrofon nutzt ein akusto-optisches Prinzip: Dabei wird zunächst ein Laserimpuls auf den Prüfling geschossen, um das Material in Schwingung zu versetzen. Das in Folge in Luft abgestrahlte Signal dieses Schallschock-Pulses wird daraufhin gemessen. Die Schallwellenschwingungen bewirken eine Änderung des Luftdrucks, was wiederum die Wellenlänge des Laserlichts im optischen Mikrofon beeinflusst. Die Schallwelle wird in ein sehr kompaktes, nur 2 mm langes Interferometer im Sensorkopf gesendet. Sie beeinflusst die Wellenlänge und ändert im Interferometer damit die Helligkeit des Laserstrahls, was dann gemessen wird. Eine bewegliche Membran oder ein sich verformbares piezoelektrisches Material ist somit überflüssig. Damit lassen sich störende Eigenschwingungen vermeiden, die das Messergebnis beeinflussen.

Prozessüberwachung unter engen Platzverhältnissen

Bei Fertigungsprozessen, in denen Laser eingesetzt werden, darunter Laserschweißen und -strukturieren sowie in der additiven Fertigung, können optische Systeme aufgrund der starken optischen Prozessemissionen an ihre Grenzen stoßen. Die Kamera kann vom Laser geblendet werden, oder Schmauch kann die Sichtverbindung einschränken. Außerdem kann keine Kamera eingesetzt werden, wenn der Fertigungsprozess auf Fehler überwacht werden soll, die unter der Oberfläche stattfinden. Beispiele hierfür sind Ris-

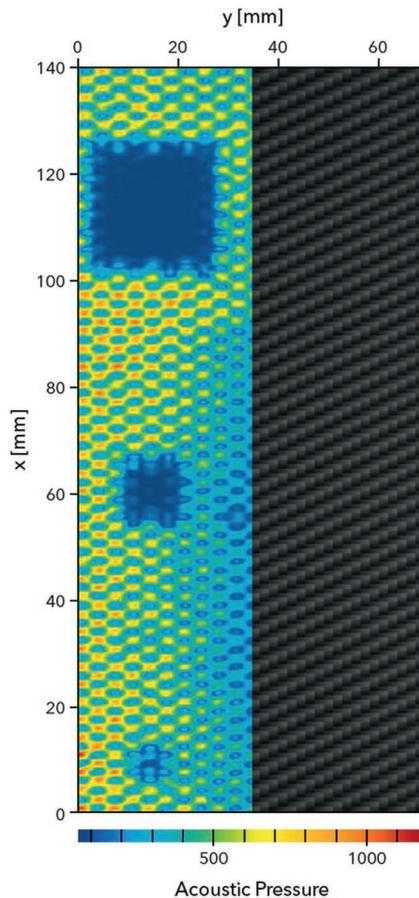


Bild 5: Ein Verbundwerkstoff wie er im Flugzeugbau verwendet wird (rechts), sowie das Ultraschallprüfbild, gescannt mit dem optischen Mikrofon (links). Fehler im Inneren des Materials werden sichtbar.

se oder Porenbildung oder eine sich ablösende Klebeschicht. Hier stellt die akustische Prozessüberwachung eine vielversprechende Alternative dar.

Das optische Mikrofon benötigt für die Messungen nur sehr wenig Platz: Der Sensorkopf misst 5 mm im Durchmesser. Dies ermöglicht es, dass sich das Gerät ohne großen zeitlichen Aufwand und umständliche Umbau- und Anpassungsmaßnahmen der Anlagen an Roboterarmen montieren (**Bild 3**) und in bereits bestehende Prüfprozesse integrieren lässt. Über ein Glasfaserkabel ist das optische Mikrofon an eine Kontrolleinheit angeschlossen; in dieser befinden sich der Laser, die Detektionseinheit und ein Vorverstärker (**Bild 4**). Die metallfreie Verkabelung ermöglicht auch Messungen in schwierigen Umgebungen wie etwa in der Nähe von elektromagnetischen Feldern und funktioniert auch über sehr große Distanzen ohne messbaren Signalverlust und Störungen durch Einstreuungen. So lassen sich automatisierte Fertigungsprozesse wie zum Beispiel das Laserschweißen auf eine korrekte Ausführung überprüfen. Neben der Überwachung von Fertigungsprozessen in der Automobilbranche kann das optische Mikrofon aber ebenso zur zerstörungsfreien, kontaktlosen Ultraschallmaterialprüfung von Punktschweißverbindungen, Verbundstoffen (**Bild 5**) oder Klebeverbindungen eingesetzt werden. Eine relevante Branchen ist zudem die Flugzeugindustrie, aber auch andere Bereiche der automatisierten Serienprüfung zur Qualitätssicherung. ■

Online-Service

Informationen zu optischen Mikrofonen von Xarion Laser Acoustics
www.photonik.de/33369



Bild 4: Das optische Mikrofon Eta250 Ultra. Ein Komplettsystem bestehend aus der Signalverarbeitungseinheit, Sensorkopf und optischer Faser.

Kontakt

Dr. Balthasar Fischer
 Geschäftsführer
 XARION Laser Acoustics GmbH
 Ghegastraße 3, 1030
 Wien
 Österreich
 Tel. 0043 1 9076076-0,
 Fax 0043 1 9076076-99
opticalmicrophones@xarion.com
www.xarion.com

