



Optischen Mikrofon

Mehr Durchsatz und weniger Fehler: Virtuose Violinistinnen benötigen nicht nur geschickte Finger und jahrelange Übung, sie benötigen auch ein präzises Gehör, um die Töne ihres Instruments laufend zu beurteilen. Erfahrene Handwerker bemerken sofort, wenn ihr Werkzeug abstumpft und etwas nicht mehr „stimmt“. Und wenn der Motor „stottert“, wissen die meisten Fahrer, dass sie der Werkstatt einen Besuch abstatten sollten. Dasselbe Prinzip erlaubt auch die Verbesserung und Überwachung von industriellen Prozessen, vorausgesetzt man findet die richtigen Sensoren. Xarions Optisches Mikrofon basiert auf einem völlig neuen Detektionsprinzip, welches das Zuhören im Ultraschall-Bereich erlaubt und damit Anwendungen in modernsten Fertigungsverfahren wie Laserschweißen, Ultraschallschweißen oder Additiver Fertigung ermöglicht.

19.09.2023 · [Xarion](#) · Teilen: [✉](#) [in](#) [f](#) [t](#) [p](#) · [Zur Merkliste](#) [🔔](#)

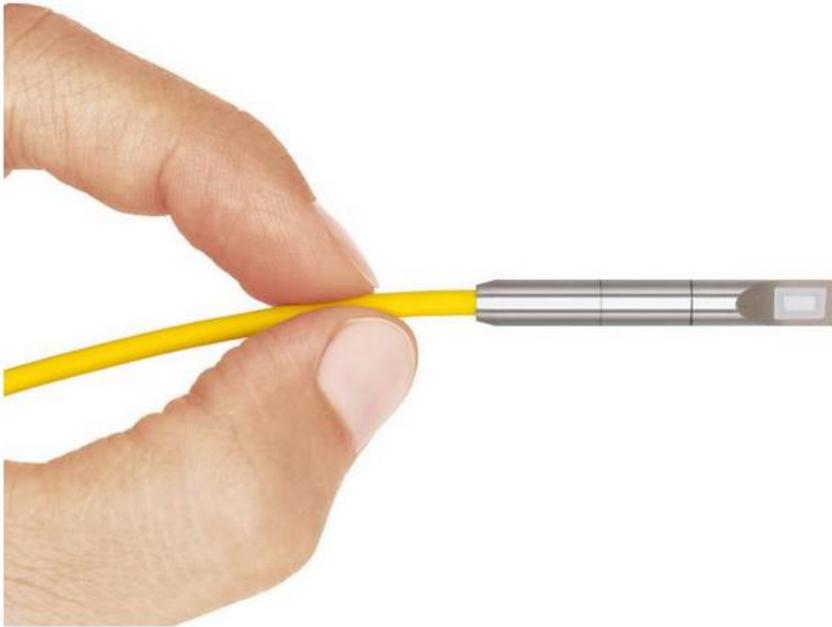


Abb. 1: Der kompakte Sensorkopf des Optischen Ultraschall-Mikrofons in Verbindung mit optischer Faser.
(Alle Bilder: Xarion Laser Acoustics GmbH)

Die moderne Industrie ist von steigenden Qualitätsansprüchen bei gleichzeitig hohem Zeit- und Kostendruck geprägt. Durch vollautomatisierte Produktionslinien werden Durchsatz und Qualität bei geringem Personaleinsatz ermöglicht, Abweichungen vom regulären Betrieb müssen nun jedoch ebenfalls automatisiert erkannt werden. Das Feld der Prozessüberwachung beschränkt sich traditionell auf die Erfassung von Werten wie Temperatur, Druck oder Position von Werkstücken und Maschinen. „Wir kennen die akustische Überwachung von Herstellungsprozessen wie Bohren, Drehen, Schweißen und Fügen schon seit mehreren Jahren“, erläutert DI Martin Fürst von der Xarion Laser Acoustics GmbH. „Diese Prozesse machen einen Haufen Lärm, aber es entstehen eben auch sehr charakteristische Geräusche bzw. Klangsignaturen, die man messen und mit Referenzen vergleichen kann. Das hilft dabei, Fehler früh zu erkennen und die Fertigungsprozesse zu verbessern.“

Konventionelle Schallmesssysteme verlassen sich auf Membran- oder Piezo-basierte Mikrofone und Detektoren. Diese Systeme können jedoch nur einen sehr begrenzten Frequenzbereich aufzeichnen, was ihre Anwendbarkeit stark einschränkt. Das Optische Mikrofon der Firma Xarion nutzt deshalb ein völlig neuartiges Funktionsprinzip: In einem einzigartigen, rein optischen Verfahren verändert der Schall die Wellenlänge eines Laserstrahls, der zwischen zwei kleinen Spiegeln hin und her reflektiert wird (Abb. 1). Damit ändert sich auch die Helligkeit des ausgekoppelten Lichtes, was ohne den Umweg über eine mechanische Schwingung gemessen wird. So erreicht das Optische Mikrofon ein detektierbares Frequenzintervall, das mindestens zwanzig Mal größer ist als das jedes anderen konventionellen Ultraschallsensors. Darüber hinaus ist der Sensorkopf des Optischen Mikrofons überaus kompakt und leicht, was die Installation in bestehende Anlagen erleichtert (Abb. 2).

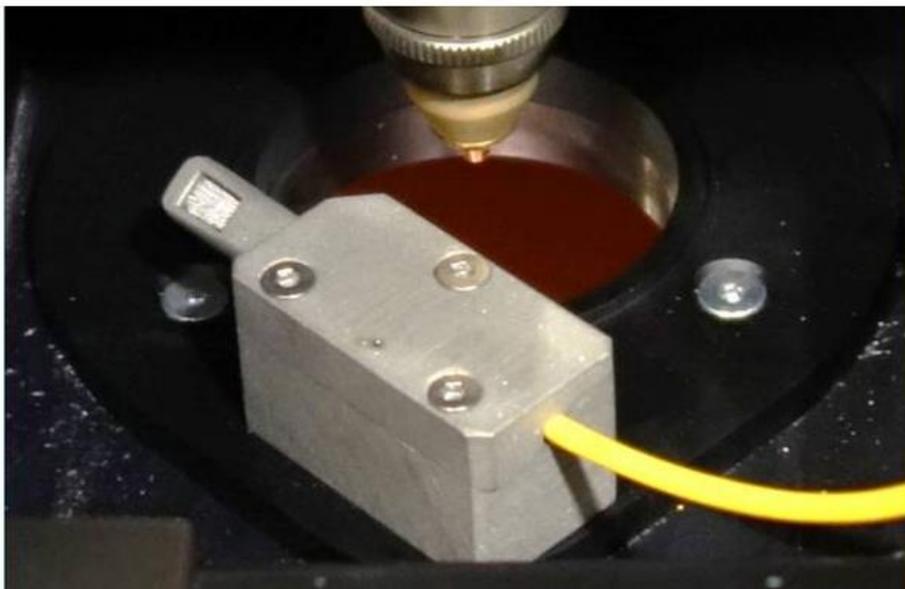


Abb. 2: Der fasergekoppelte Sensor lässt sich unkompliziert in bestehende Anlagen integrieren. Abgebildet ist die Integration samt Schutzhülle in eine Laser-Schneidanlage.

Das Optische Mikrofon im industriellen Einsatz

Wie sieht die Prozessüberwachung mittels Ultraschall-Mikrofon nun in der Praxis aus? „Der typische Maschinenlärm beschränkt sich in der Regel auf den hörbaren und niederen Ultraschall-Frequenzbereich“, erklärt DI (FH) Ryan Sommerhuber, Spezialist für die Prozessüberwachung bei Xarion. „Prozessgeräusche hingegen erzeugen akustische Signale im deutlich höherfrequenten Bereich mehrerer hundert Kilohertz. Das Optische Mikrofon kann einen Frequenzbereich von wenigen Hertz bis zu zwei Megahertz gleichzeitig erfassen und durch geschickte Datenverarbeitung Prozesssignale isoliert überwachen. Während zum Beispiel ein Frequenzbereich Informationen zum Schweiß-Keyhole-Zustand liefert, dient ein anderer zur Detektion von Kaltrissen, welche durch Kombination mehrerer Sensoren sogar lokalisiert werden können.“

Die Prozessgeräusche unterschiedlicher Maschinen überlagern sich dabei gegenseitig nicht: „Die für uns relevanten Prozesssignale mit Frequenzen mehrerer hundert Kilohertz werden innerhalb von zehn bis dreißig Zentimeter von der Luft so stark gedämpft, dass unsere Prozessüberwachung gegenüber weiter entfernten Störquellen robust ist“, so Sommerhuber. Die konkrete Umsetzung einer solchen Prozessüberwachung besteht stets aus drei wesentlichen Komponenten (Abb. 3). Zunächst wird selbstverständlich das Optische Mikrofon benötigt, sowie eine geeignete Datenerfassung. Die finale Zutat besteht dann in der Datenauswertung und Aufbereitung, hier konnten die Xarion-Experten sowohl mit deterministischen Algorithmen als auch mit KI-basierten Verfahren Erfolge erzielen und Lösungen bereitstellen. Je nach Anwendung und Kundenanforderung kann Xarion entweder auf erprobte Produkte zurückgreifen oder maßgeschneiderte Systeme von Grund auf entwickeln.



Abb. 3: Die Xarion-Lösungen zur Prozessüberwachung können in eine Vielzahl von Produktionsanlagen integriert werden. Kernstück ist hierbei stets das Optische Mikrofon, ergänzt um kundenspezifische Datenanalyse und Software für die Darstellung der Ergebnisse.

Laserschweißen und UKP-Laserprozesse: Ideale Verfahren für Prozessüberwachung

Das Laserschweißen ist ein vielseitiges Verfahren, das sich insbesondere aufgrund seiner Präzision, Geschwindigkeit und Kosteneffizienz durchsetzt. Ein Laser wird dabei auf das Werkstück fokussiert und das hochintensive Licht schmilzt das zu verbindende Material auf. Während des Laserschweißens von Metallblechen können jedoch sogenannte „Keyhole“-Instabilitäten zu Defekten wie Poren oder mangelhafter Verbindung führen.

Die bemerkenswert hohe Zeitauflösung des Optischen Mikrofons ermöglicht die Erkennung dieser „Keyhole“-Instabilitäten im laufenden Prozess. Dazu wird das Mikrophon in der Nähe (10-30 cm) des bearbeiteten Materials platziert werden und anschließend die akustischen Signaturen des Schweißprozesses aufgenommen. In der Frequenzanalyse (Abb. 4) können diese Mikroereignisse schließlich in Echtzeit erkannt werden und damit die Qualität der Produktion gesteigert werden. Auch gepulste Laserprozesse, wie das Laser-Bohren und das Laser-Strukturieren, eignen sich hervorragend für eine automatisierte Überwachung mit Hilfe des Optischen Mikrofons.

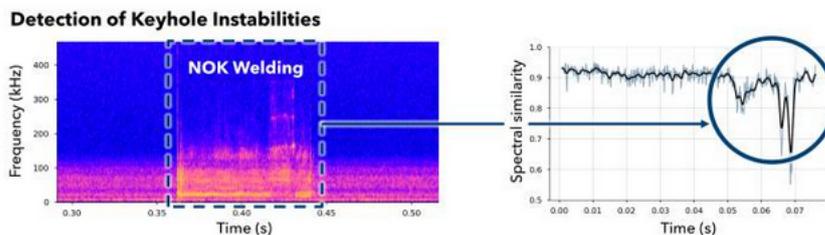


Abb. 4: Das Prinzip hinter der Detektion von Keyhole-Instabilitäten: Die Akustik-Daten, welche vom Optischen Mikrophon geliefert werden, werden in Echtzeit einer Frequenzanalyse unterzogen und mit bekannten Referenzmessungen verglichen. Abweichungen können damit innerhalb kürzester Zeit erkannt werden und Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Vielseitige Anwendungen in der Additiven Fertigung

Unter Additiver Fertigung versteht man eine ganze Gruppe von Fertigungsverfahren, in denen Material Schicht für Schicht aufgetragen wird, um ein Bauteil in beinahe beliebiger Form zu erzeugen. Die Vorteile liegen in der Möglichkeit, höchst individuelle Bauteile zu erzeugen, was beispielsweise in der Luft- und Raumfahrt völlig neue Wege eröffnet.

Ein Beispiel für einen höchst innovativen Prozess ist das Laser-Metal-Deposition (LMD)-Verfahren, mit dem Bauteile nicht nur hergestellt, sondern auch beschichtet oder repariert werden können. Ein Problem stellen jedoch mögliche Risse in den hergestellten Teilen dar. Dr. Jan Berger, Applikationsingenieur bei Xarion kann hierzu berichten: „Solche Risse gefährden die mechanische Stabilität der Endkomponenten natürlich dramatisch. Das Optische Mikrofon ermöglicht uns glücklicherweise die präzise Erfassung der akustischen Emissionen, die während des Prozesses auftreten. Dadurch können wir Risse in Echtzeit erkennen und beschädigte Bauteile aussondern, ohne weitere Zeit und Material an ihre Fertigstellung zu verschwenden.“ Durch die Verwendung von mehreren Mikrofonen und eines Trilaterationsalgorithmus können die Risse sogar lokalisiert werden, was Kunden dabei unterstützt, Maßnahmen zur Verbesserung des Prozesses zu definieren und umzusetzen und damit zuverlässige Komponenten herzustellen.

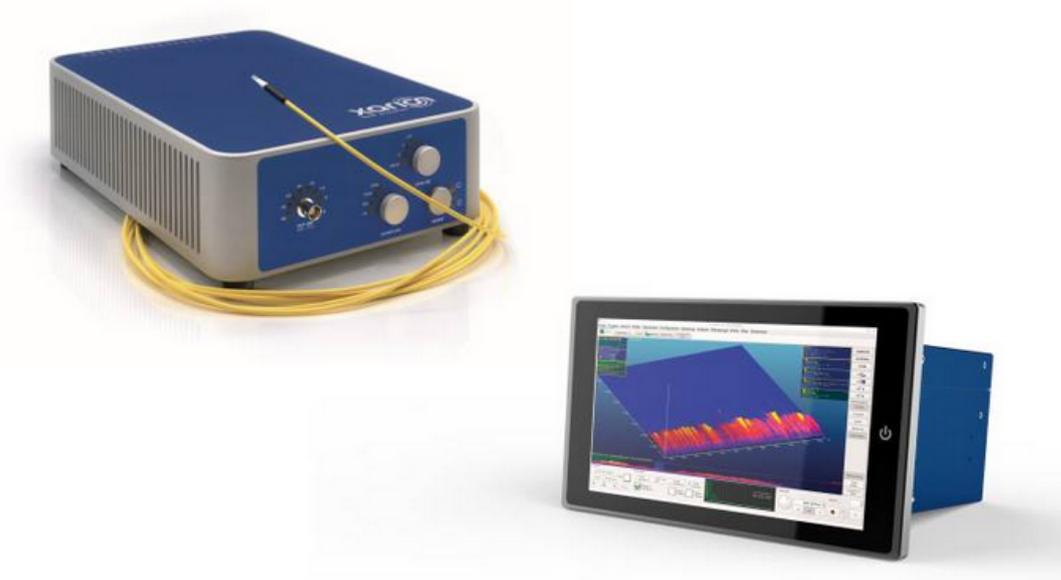


Abb. 5: Das Process Monitoring Bundle von Xarion stellt den idealen Einstieg in die Welt der Prozessüberwachung mittels Optischem Mikrofon dar. Das Set besteht neben dem Optischen Mikrofon aus einer Datenerfassungseinheit sowie einem Industrie-PC mit Auswerte- und Analysesoftware. Das System ist durch verschiedene Hard- und Software-Schnittstellen auch für automatisierte Anwendungen geeignet.

Das Schweizer Taschenmesser der akustischen Prozessüberwachung

Wie lässt sich herausfinden, ob Ihre Produktion von Prozessüberwachung profitieren könnte? Besonders einfach gelingt der Einstieg in die Welt der akustischen Prozessüberwachung mit Xarions „Process Monitoring Bundle“: Das Set beinhaltet ein Optisches Mikroskop und eine darauf abgestimmte, flexible Datenerfassungseinheit mit integriertem Industrie-PC und Auswertungssoftware (Abb. 5). Der Kunde erhält damit ein flexibles, vielseitiges und einfach zu bedienendes Messsystem, mit dem akustische Signaturen von verschiedensten Prozessen aufgezeichnet und analysiert werden können. Selbstverständlich stehen Xarions Applikationsingenieure auch für Schulungen oder Messtage zur Verfügung, um Kunden bei der Erkennung und Nutzung von Optimierungspotenzialen zu unterstützen. Da das Bundle auch über verschiedene Hard- und Softwareschnittstellen verfügt, lassen sich damit bereits automatisierte Prozessüberwachungen realisieren und testen.



Abb. 6: Der kompakte Prüfkopf für die berührungslose einseitige Ultraschall-Prüfung von Werkstücken und Schweißverbindungen. In ihm werden Anregungslaser und Optisches Mikroskop vereint. Kein Gel oder Wasser ist nötig.

Zerstörungsfreie Materialprüfung mit Ultraschall ohne Gel, Wasser oder Kontakt

Während Prozessüberwachung dabei hilft, Fehler frühzeitig zu erkennen und Stillstände zu vermeiden, sind viele Industrien dennoch auch auf eine Prüfung des fertigen Werkstücks angewiesen. Besonders kritisch sind hier Komponenten für die Flug- oder Raumfahrtindustrie, aber auch im Automobilsektor steigen die Anforderungen an die Sicherheit kontinuierlich. Ein etabliertes Verfahren ist der technische Ultraschall, mit dem Ingenieure „unter die Haut“ von Bauteilen sehen können, um Risse und Fehler zu finden. Der Anwender erhält also tatsächlich ein Bild vom Inneren des Werkstücks. Und auch hier eröffnet das Optische Mikrofon völlig neue Ansätze: „Für die zerstörungsfreie Materialprüfung verwenden wir zusätzlich zum Optischen Mikrofon, das als Detektor dient, einen Anregungslaser“, erklärt Dr. Balthasar Fischer, Gründer von Xarion. „Sowohl der Anregungslaser als auch das Optische Mikrofon sind fasergekoppelt, wodurch der Großteil der eigentlichen Technik separat vom Prüfkopf gehalten werden kann. Der Prüfkopf hat dadurch nur noch die Größe einer Streichholzschachtel. Und weil unsere Messtechnologie außerdem vollkommen kontaktfrei funktioniert, ist sie somit perfekt für die Anwendung am Industrieroboter geeignet. Der Prüfenieur kann sich dann darauf konzentrieren, das fertige Prüfbild zu bewerten.“

Solche Prüfköpfe stehen sowohl für die einseitige Messung (Abb. 6) als auch für Transmissionsmessungen zur Verfügung und lassen sich in eine Vielzahl von automatisierten Prüfsystemen integrieren. In der Raum- und Luftfahrtindustrie konnte sich Xarion einen Namen mit der Prüfung von Verbundwerkstoff-Strukturen machen. In der Automobilindustrie wird die Technik zur automatisierten Prüfung von Schweißpunkten verwendet und stößt hier buchstäblich auf großes Echo.

Das Optische Mikrofon: Völlig neue Möglichkeiten für industrielle Anwender

Breitbandig, berührungsfrei, kompakt: Die Kombination dieser Eigenschaften macht das Optische Mikrofon weltweit einzigartig in der Ultraschall-Messtechnik. In der zerstörungsfreien Prüfung von Kohlefaser-Verbundwerkstoffen überzeugt das Optische Mikrofon bereits seit mehreren Jahren. Die automatisierte Prüfung von Schweißpunkten mittels Xarion-Technologie wird von namhaften Automobilherstellern genutzt. In der Prozessüberwachung wiederum bietet die breitbandige Messung von Luftultraschall neue Einblicke in die Prozessqualität von innovativen Fertigungstechniken wie dem Laserschweißen oder Ultraschallschweißen. Die Technologie von Xarion bietet einzigartige neue Lösungsansätze, wobei die Experten von Xarion Laser Acoustics bereits auf Erfahrungen aus verschiedensten Industriezweigen zurückgreifen können.

Xarion stellt seine Palette an Prüftechnologien und Prozessüberwachungs-Lösungen unter anderem auf der diesjährigen Motek-Messe in Stuttgart von 10. bis 13. Oktober in Halle 5, Stand 5118-10 vor. Die Applikationsingenieure Dr. Jan Berger und Dipl.-Ing. Martin Fürst stehen dort für Erstgespräche und konkrete Anfragen zur Verfügung.