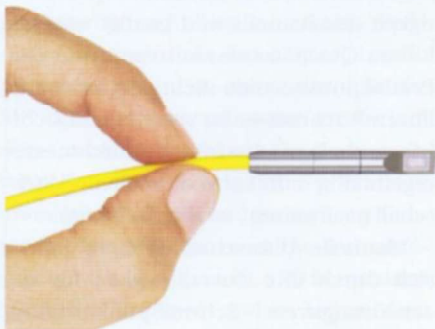


# Neues Verfahren zur berührungsfreien Ultraschallprüfung ohne Koppelmittel

Ultraschall hat sich als Methode für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung durchgesetzt. Die hier am weitesten verbreitete Prüfmethode verwendet Piezo-Wandler und basiert auf der einseitigen Impuls-Echo-Methodik. Diese berührenden Prüftechniken lassen sehr hohe Prüffrequenzen zu, sind aber in der Regel auf ein flüssiges Koppelmittel angewiesen, was den Prüfaufbau verkompliziert und den Zeitaufwand erhöht. Auch bei der Prüfung von Punktschweißverbindungen



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

im Karosseriebau sind Piezo-Wandler bisher oft das Mittel der Wahl. Eine Automatisierung mit dieser Methode ist allerdings schwierig.

In enger Kooperation mit der Porsche Leipzig GmbH hat die Firma Xarion Laser Acoustics aus Wien ein innovatives Prüfverfahren auf Basis des optischen Mikrofons entwickelt. Dieses ermöglicht eine berührungsfreie Ultraschallprüfung von Punktschweißverbindungen mittels Lasers. Das optische Mikrofon wurde dazu gemeinsam mit einem ultraschallerzeugenden Laser in einen kompakten Prüfkopf integriert.

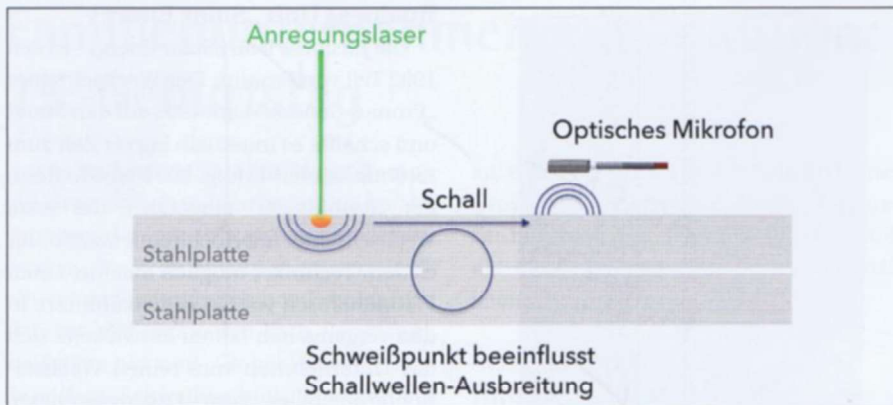
## Herkömmliche Ultraschallverfahren: Bewährt, aber umständlich

Das erste Patent für die Ultraschallprüfung wurde bereits im Jahr 1942 erteilt. Seitdem hat sich diese zu einem variantenreichen Standardverfahren der zerstörungsfreien Prüfung von Werkstoffen entwickelt. Alle Ultraschall-Prüfverfahren folgen dem gleichen Prinzip:

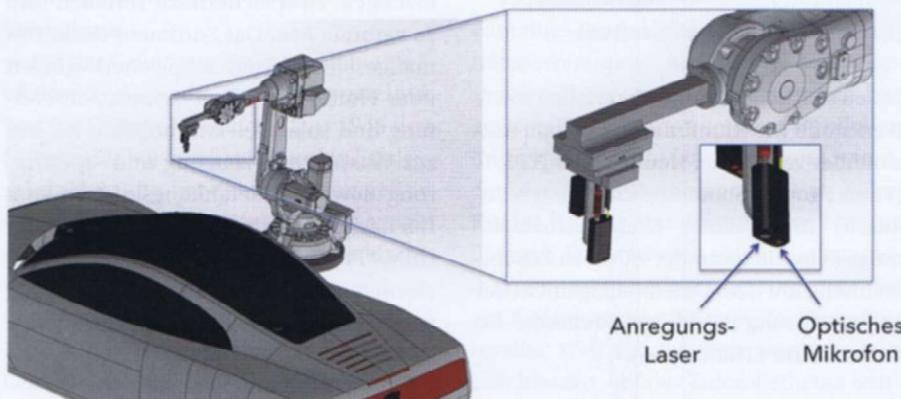
Ein Ultraschallsignal wird in das Bauteil eingekoppelt, durchläuft das Material und wird detektiert. Unregelmäßigkeiten und Defekte im Werkstoff verändern dabei das Ultraschallsignal und können so festgestellt werden.

Die gängigste Methode zur Ultraschallprüfung basiert auf dem piezoelektrischen Effekt. Hierbei wird eine elektrische Wechselspannung an ein piezoelektrisches Material angelegt, das dadurch in Schwingung versetzt wird und Ultraschall ausstrahlt. Umgekehrt wird zur Detektion des Prüfsignals das piezoelektrische Material durch reflektierten Ultraschall in Schwingung versetzt, was zu einer messbaren elektrischen Spannung führt.

Das physikalische Prinzip hinter den weit verbreiteten Piezo-Elementen ist das gleiche wie bei Kondensator-Mikrofonen für Musikaufnahmen: Schallwellen versetzen eine Membran oder piezoelektrisches Material in Schwingung, was in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Daraus ergibt sich ein Problem: Jeder Schwinger hat eine bevorzugte Eigenfrequenz. Will



Prinzip der einseitigen Ultraschallprüfung eines Schweißpunkts mit Laser-Anregung und dem optischen Mikroskop.



Integration von Anregungslaser und optischem Mikroskop in einem kompakten Prüfkopf zur Ultraschallmessung von Punktschweißverbindungen: Der Prüfkopf arbeitet berührungslos und ist über eine Faseroptik mit der Steuerelektronik verbunden, was die Prüf-Automatisierung mit einem Industrieroboter möglich macht.

man nun möglichst hohe Empfindlichkeit, muss der Wandler genau auf seiner Eigenfrequenz betrieben werden, jegliche andere Frequenzinformation geht verloren. Zudem ist der Impedanz-Unterschied zwischen dem Piezo-Schwinger und dem Material auszugleichen, was durch ein flüssiges Koppelmedium gelingt.

Dazu sagt Dr. Matthias Brauns, Applikationsingenieur bei Xarion: „Piezo-Elemente haben sich in der Ultraschallprüfung bewährt, aber das nötige Koppelmedium schränkt ihren Einsatzbereich ein. Wird die Prüfung zum Beispiel in einem Tauchbecken durchgeführt, ist dies insbesondere für Karosserien nicht praktikabel. Dann muss man auf sogenannte Squirter zurückgreifen, bei denen ein Wasserstrahl mit hohem Druck auf die zu prüfende Stelle des Bauteils geschossen wird, oder man muss ein Gel aufbringen. Das lässt sich schwer automatisieren oder durch Roboter ausführen. Auch für offenporige oder für Korrosion anfällige Materialien ist flüssiges Koppelmedium ein Problem.“

Das optische Mikroskop von Xarion beseitigt den Widerspruch zwischen breitbandig und koppelmittelfrei durch folgende Idee:

Es besitzt keinen Schwinger. In einem einzigartigen, rein optischen Verfahren verändert der Schall die Wellenlänge eines Laserstrahls, der zwischen zwei kleinen Spiegeln hin und her reflektiert wird. Damit ändert sich auch die Helligkeit des ausgekoppelten Lichts, was ohne den Umweg über eine mechanische Schwingung gemessen wird. So erreicht das optische Mikroskop eine Frequenzbandbreite, die mindestens zwanzig Mal größer ist als die jedes anderen Ultraschallsensors.



In den kompakten Prüfkopf für die berührungslose einseitige Prüfung von Punktschweißverbindungen werden der Anregungs-Laser und das optische Mikroskop integriert.

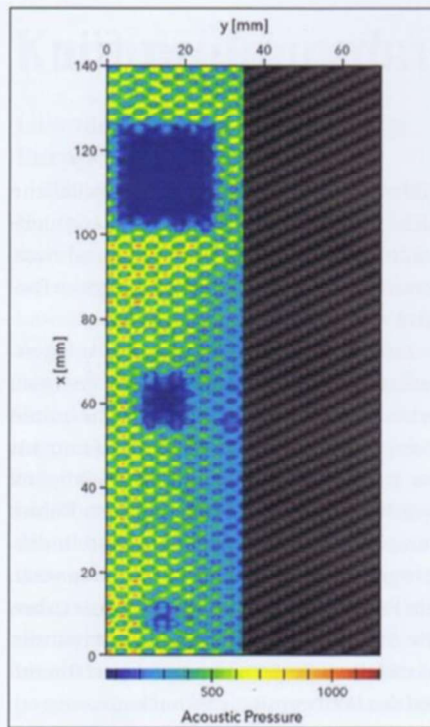
Mit diesem neuen Sensor lässt sich in Anwendungsbereichen vordringen, die bisher messtechnisch nicht umsetzbar waren. Insbesondere kann auf jegliches Koppelmedium verzichtet werden, und die berührungslose Prüftechnologie lässt sich auf einen Roboter montieren. Der glasfasergekoppelte Sensorkopf ist dabei nur wenige Millimeter groß und kommt damit auch an schwer zugängliche Stellen.

### Automatisierte zerstörungsfreie Prüfung von Schweißpunkten

Die Automobilherstellung ist bereits hochautomatisiert. Allerdings wird ein wichtiger Fertigungsschritt noch immer mit hohem personellen Aufwand geprüft: „Das Widerstandspunktschweißen ist das dominierende Fügeverfahren im Fahrzeugkarosseriebau. Um die Konformität in Bezug auf die Festigkeit des Gesamtfahrzeuges jederzeit zu gewährleisten, werden alle Fügeverbindungen stichprobenartig in jeder Schicht geprüft“, erläutert Nico Lehmann von der Porsche Leipzig GmbH. „Jede Karosserie hat 6.000 solcher Widerstandsschweißpunkte, deren Qualitätsprüfung bisher manuell durch einen qualifizierten Prüfwerker erfolgt. Das Einsparpotential und die Objektivität des Prüfergebnisses durch eine Automatisierung der zerstörungsfreien Prüfung ist hier wirklich enorm.“

Beim Widerstandspunktschweißen von Karosserieblechen werden die Fügepartner mit einer Zange an einem Punkt zusammengedrückt, während ein hoher elektrischer Strom durch die Elektroden der Schweißzange fließt. Resultierend aus der Widerstandserwärmung entsteht zwischen den Blechen eine punktförmige Schweißlinie, die beide Bleche stoffschlüssig miteinander verbindet. Der Durchmesser der Schweißlinie ist das entscheidende, innere Qualitätsmerkmal: „Bei einem zu kleinen Linsendurchmesser leidet die Gesamtfestigkeit des Bauteils und genügt unseren hohen Qualitätsanforderungen und den Produktionsnormen nicht. Der Schweißlinsendurchmesser ist visuell nicht sichtbar, weshalb wir den Mindestdurchmesser regelmäßig mit konventionellem Ultraschall nachweisen“, so Nico Lehmann.

Manuelle Ultraschallverfahren haben sich durch ihre Zuverlässigkeit für die zerstörungsfreie Schweißpunktprüfung bewährt. Hierbei wird ein Ultraschallsignal in das zu prüfende Bauteil eingekoppelt, das sich dann in diesem ausbreitet. Der



Ein Verbundwerkstoff, wie er im Flugzeugbau verwendet wird (rechts), sowie das Ultraschall-Prüfbild, gescannt mit dem optischen Mikrofon (links): Fehler im Inneren des Werkstoffs werden sichtbar.

Schweißpunkt beeinflusst die Schallausbreitung, sodass man durch das Abtasten des Schweißpunktes seinen Linsendurchmesser „hören“ kann. Auch hier werden Piezo-Elemente eingesetzt. Das Koppelmittel und die Empfindlichkeit gegen kleine Fehler in der Ausrichtung des Prüfkopfs verhinderten bisher ein Automatisieren der Ultraschallprüfung.

Xarion hat hier basierend auf dem optischen Mikrofon eine innovative Lösung für eine automatisierte Prüfung der Schweißpunkte entwickelt, die sich in einen Roboter integrieren lässt. Das optische Mikrofon wird dabei gemeinsam mit einem Anregungslaser in einen kompakten Prüfkopf integriert. Der Laser ist der ideale Partner für die Ultraschallanregung: Ein kurzer Laserpuls erzeugt eine breitbandige, geführte Ultraschallwelle direkt im Werkstoff. Nachdem diese durch den Schweißpunkt gewandert ist, „hört“ das optische Mikrofon berührungsfrei den an die Luft abgestrahlten Ultraschall. Ein Koppelmittel ist dabei überflüssig und der Prüfkopf muss nur auf etwa 5 mm genau ausgerichtet werden, was für moderne Industrieroboter kein Problem ist. Die kompakten Maße des Prüfkopfs stellen sicher, dass selbst schwer zugängliche Bereiche geprüft werden können. (Nach Pressemitl. Xarion; [www.xarion.com](http://www.xarion.com))