



Qualitätsprüfung einer Batteriezelle. Der Ultraschall wird von einem Laser direkt in der Batterie erzeugt, durchdringt diese und wird vom Optischen Mikrofon detektiert. Anhand des akustischen Signals lässt sich erkennen, ob die Elektrolytflüssigkeit gleichmäßig verteilt ist.

Ultraschallprüfung – automatisierbar und fertigungstauglich

Ein Laser-akustisches Prüfverfahren spürt Risse, Löcher oder mangelhafte Verbindungen in Bauteilen auf. In automatisierten Produktionslinien der Automobil-, Flugzeug- und Halbleiterindustrie soll es helfen, höchste Qualitätsansprüche zu erfüllen.

Der Grundstein für die Ultraschallprüfung wurde bereits in den 1940er-Jahren gelegt, insbesondere durch deutsch-französische Kooperationen der Stahlindustrie im Saarland.

Seitdem hat sie sich zu einer variantenreichen Standardmethode für die zerstörungsfreie Inspektion von Bauteilen entwickelt. Alle Ultraschall-Prüfverfahren folgen dem gleichen Prinzip: Ein Ultraschallsignal wird in das Material gekoppelt und durchläuft dieses. Werden Veränderungen am Signal detektiert, weisen diese auf Defekte oder Unregelmäßigkeiten im betreffenden Bauteil hin.

Die gängigste Methode zur Ultraschallprüfung beruht auf dem piezoelektrischen Effekt. Hierbei wird eine elektrische Wechselspannung an ein piezoelektrisches Material gelegt und dieses somit in Schwingung versetzt, sodass es Ultraschall aussendet. Umgekehrt, zur Detektion des

27



Xarion-Management (von links): Dr. Balthasar Fischer (CEO), Martin Wallner (COO), Dr. Georg Zachhuber (CFO)

Prüfsignals, regt auftreffender Ultraschall das Piezomaterial zu Schwingungen an, was zu einer messbaren elektrischen Spannung führt.

Daraus ergibt sich jedoch ein fundamentales Problem: Jeder Schwinger hat eine bevorzugte Eigenfrequenz. Will man eine möglichst hohe Empfindlichkeit des Prüfsystems erzielen, muss der Wandler genau auf seiner Eigenfrequenz betrieben werden, jegliche andere Frequenzinformation geht verloren. Zudem muss für eine gute Signalübertragung der akustische Widerstand zwischen dem Piezoschwinger und dem Material angeglichen werden, was durch ein flüssiges Koppelmittel gelingt. Damit erhält man ein schmalbandiges Prüfsystem, das obendrein direkten Kontakt oder zumindest ein Kontaktmittel wie Wasser oder Gel benötigt. >>>

Das neuartige Optische Mikrofon von Xarion umgeht beide Probleme, da es keinen Schwinger benötigt. Vielmehr verändert der Schall die Wellenlänge eines Laserstrahls, der zwischen zwei kleinen Spiegeln oszilliert. Damit ändert sich auch die Helligkeit des ausgekoppelten Lichts, und dies wird ohne den Umweg einer mechanischen Schwingung gemessen. So erreicht das Optische Mikrofon ein detektierbares Frequenzintervall, das mindestens zwanzig Mal größer ist als das jedes konventionellen Ultraschallsensors. Außerdem ist Kontakt zum Prüfling nicht nötig – ein großer Vorteil für die Automatisierbarkeit. Insbesondere kann der berührungslose Prüfaufbau einfach auf einen Roboter montiert werden. Der kompakte glasfasergekoppelte Sensorkopf erreicht auch schwer zugängliche Stellen.

Prüftechnik für die Automatisierung

Fehler wie Mikrorisse, Luftpneinschlüsse oder fehlerhafte Verbindungen sind besonders kritisch in Komponenten für die Flug- oder Raumfahrtindustrie. Aber auch im Automobilssektor steigen die Anforderungen an die Sicherheit. Konventionelle Ultraschall-Prüfgeräte müssen von Hand bedient werden und können daher nicht mit dem Fortschritt der Automatisierung Schritt halten.

„Dass die Prüftechnik von Xarion vollkommen berührungsfrei arbeitet, ist ein großer Vorteil in der Automatisierung“, erklärt Xarion-Gründer Dr. Balthasar Fischer. „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.“

Solche Prüfköpfe stehen sowohl für die einseitige Erfassung als auch für Transmissionsmessungen zur Verfügung und lassen sich in eine Vielzahl automatisierter Prüfsysteme integrieren. In der Raum- und Luftfahrtindustrie konnte sich Xarion einen Namen mit der Prüfung von Ver-

bundwerkstoffstrukturen machen. In der Automobilindustrie wird die Technik zur automatisierten Prüfung von Schweißpunkten verwendet.

Anwendungen in der Batteriefertigung demonstriert

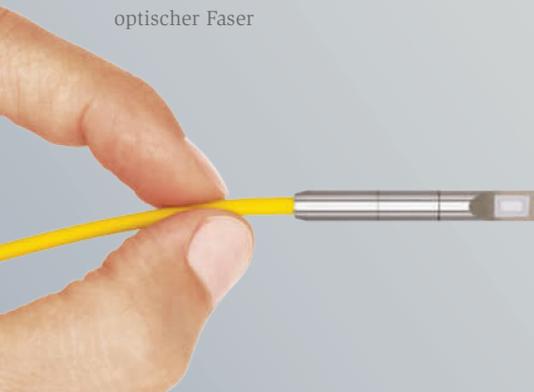
Mit dem Bedarf an Energiespeichern für die Elektromobilität nimmt die Zahl der Produktionsstätten für Batteriezellen und -module zu. Dies erfordert auch neue Verfahren entlang der gesamten Prozesskette von der Elektroden- über die Zellfertigung bis zum Verpacken mehrerer Zellen in die Batteriemodule.

„Wir beobachten ein sehr großes Interesse an unserer Prüftechnologie im Batteriesektor, da hier ständig neue technische Herausforderungen auftauchen“, berichtet Martin Wallner, Chief Operations Officer bei Xarion. Zu den Aufgabenstellungen gehöre es beispielsweise, die gleichmäßige Verteilung des Elektrolyten innerhalb einer prismatischen Batteriezelle zu messen oder die Qualität von lasergeschweißten Nähten am Rand der fertigen Batteriemodule zu prüfen. „Für unsere Ingenieure sind das dann spannende neue Aufgaben“, sagt Wallner, für den Kunden jedoch ergebe sich ein Entwicklungsvorsprung gegenüber der Konkurrenz.

Ein kürzlich realisiertes Prüfsystem erlaubt die automatisierte kontaktfreie Messung der Elektrolytverteilung in einer neu produzierten Batteriezelle. Das ist wichtig, da die Qualität und die Lebensdauer der fertigen Batterie entscheidend von der gleichmäßigen Benetzung der Elektroden und Separatoren mit Elektrolytflüssigkeit abhängen. Xarion arbeitet hierfür mit einem Laserstrahl, der eine Ultraschallwelle im Prüfling erzeugt, während das Optische Mikrofon auf der gegenüberliegenden Seite der Batterie detektiert,

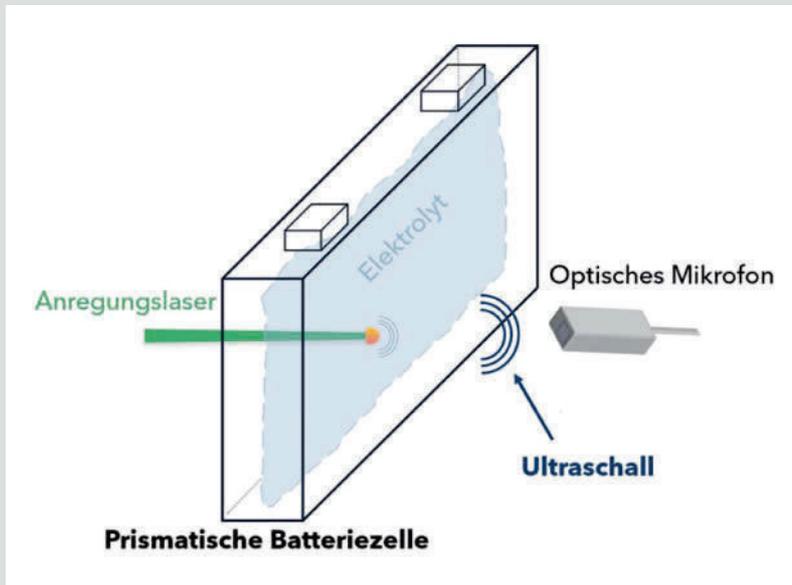
>>>

Sensorkopf des optischen Ultraschallmikrofons mit optischer Faser

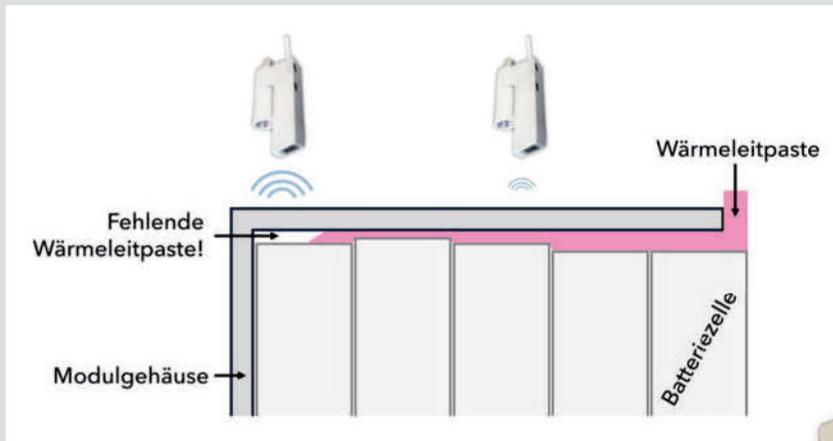


LABORPRÜFGERÄT FÜR VORENTWICKLUNG UND FORSCHUNG

Die Ultraschall-Prüftechnik von Xarion ist nicht nur im Batteriesektor relevant, sondern auch zur zerstörungsfreien Prüfung von Kohlefaser-verbundstoffen, Halbleiterkomponenten, und Schweißverbindungen. Dabei lassen sich Fehler entdecken, die von außen nicht erkannt werden können, wie Delaminationen, Löcher oder Risse. Neben kundenspezifischen stehen dafür auch standardisierte Prüfanlagen für den Einsatz in Forschungsabteilungen oder Prüflaboren zur Verfügung. Hier setzt Xarion auf ein modulares System von Positioniersystemen, die der Kunde auswählen kann, und kombiniert diese mit Anregungslasern, dem Optischen Mikrofon und Prüfköpfen, welche für Transmissions- oder einseitige Messungen optimiert sind.



Aufbau zur Qualitätsprüfung an einer Batteriezelle



Qualitätsprüfung von Autobatterien für die E-Mobility. Der Prüfkopf für die einseitige Ultraschallprüfung wird gleichmäßig über die Oberfläche bewegt, sendet Laserpulse aus und hört auf das akustische Ultraschall-echo. Bei Luft einschüssen hinter dem Deckblech aufgrund fehlender Wärmeleitpaste ist das Echo substantiell lauter; damit können solche Fehler entdeckt und in der Produktion behoben werden.

4.0 TO GO

Das laserbasierte Optische Mikrofon erlaubt die kontaktfreie Ultraschallprüfung mit einer besonders großen Frequenzbandbreite.

Da das laser-akustische Messverfahren berührungslos arbeitet, lässt sich die Prüfung leicht automatisieren. Dies ist vor allem bei einer Integration in die Linie von Vorteil.

Das Optische Mikrofon ist darüber hinaus zum Echtzeit-Monitoring von Fertigungsprozessen geeignet.



Der kompakte Prüfkopf für die berührungslose einseitige Ultraschallprüfung von Werkstücken und Schweißverbindungen vereint Anregungslaser und Optisches Mikrofon

wie gut der Schall von der Batterie geleitet wird. Trockene Bereiche der Batteriezelle reflektieren den Schall, während mit Elektrolytflüssigkeit benetzte Bereiche den Schall leiten. „Wir können hier vor allem auch die deutlich höhere Auflösung und Messgeschwindigkeit unserer Technologie, verglichen mit konventionellen Luftkopplern, ausspielen“, sagt Wallner. Das Überwachen des Trocknungsgrads von beschichteten Elektroden, das Verschweißen von geschichteten Elektroden miteinander, die Prüfung von Laserschweißnähten zwischen Zellen oder Modulen sowie der Kontakt von Wärmeleitpasten mit Gehäusen und Modulen gelingt ebenfalls mithilfe von Xarions Prüftechnologie.

Laserfertigungsprozesse überwachen

Ultraschall kann neben der zerstörungsfreien Materialprüfung auch zur Echtzeitüberwachung von Industrieprozessen eingesetzt werden. „Jeder, der schon mal in einer Produktionshalle war, weiß, wie

laut es dort sein kann. Weniger bekannt ist, dass der Schall, der durch die Fertigungsprozesse erzeugt wird, wertvolle Informationen darüber liefern kann, ob beispielsweise die gewünschte Festigkeit einer Ultraschallschweißverbindung erreicht wurde oder ein Laserstrukturierprozess abläuft, wie er soll“, meint Ryan Sommerhuber, Xarion-Spezialist für die Prozessüberwachung.

Um aus der komplexen Geräuschkulisse genau die wichtigen Informationen zu filtern, ist die große Frequenz-

bandbreite des Optischen Mikrofons entscheidend: „Der typische Maschinenlärm beschränkt sich in der Regel auf den hörbaren und niederen Ultraschall-Frequenzbereich“, führt Sommerhuber aus. Prozessgeräusche hingegen erzeugten deutlich höherfrequente akustische

Signale von mehreren Hundert Kilohertz. Das Optische Mikrophon kann Frequenzen von wenigen Hertz bis 2 MHz gleichzeitig erfassen und mithilfe von Datenverarbeitung Prozesssignale isoliert überwachen. „Während zum Beispiel ein Frequenzbereich Informationen zum Schweiß-Keyhole-Zustand liefert“, erklärt Sommerhuber, „dient ein anderer zur Detektion von Kaltrissen, welche durch Kombination mehrerer Sensoren sogar lokalisiert werden können.“ Die Prozessgeräusche unterschiedlicher Maschinen überlagerten sich dabei gegenseitig nicht: „Die für uns relevanten Prozesssignale mit Frequenzen mehrerer Hundert Kilohertz werden innerhalb einiger zehn Zentimeter von der Luft so stark gedämpft, dass unsere Prozessüberwachung gegenüber weiter entfernten Störquellen robust ist“, sagt Sommerhuber.

Fazit: Neue Möglichkeiten für industrielle Anwender

Breitbandig, berührungsfrei, kompakt: Die Kombination dieser Eigenschaften ist das Besondere am Optischen Mikrophon. In der zerstörungsfreien Prüfung von Kohlefaser-Verbundwerkstoffen, wie sie in der Luftfahrt eingesetzt werden, ist es bereits seit mehreren Jahren etabliert. 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 Fertigungstechniken wie dem Laser- oder Ultraschallschweißen. Herstellern von Batterien sowie Zulieferern verspricht die Technologie ebenfalls Lösungsansätze. ■

Das Leasys-Laborgerät stellt oft die Vorstufe zum Sprung in die vollautomatisierte Anlage für die Produktionslinie dar.

