ÖGS
Österreichische Gesellschaft für Schweißtechnik

Laser-Ultraschall als zerstörungsfreie Prüfung für Wire-based Additive Manufacturing Bauteile

■ [1] N. Huber, B. Reitinger, K. Meirer, E. Scherleitner, Linz

WAM

Wire-based Additive Manufacturing (WAM) hat sich in den letzten Jahren als eine vielversprechende Technik in der additiven Fertigung etabliert. Während viele andere additive Verfahren auf Pulver basieren, aus dem Schicht für Schicht ein Bauteil zusammengesetzt wird, nutzen drahtbasierte generative Fertigungsprozesse einen Laser, Elektronenstrahl oder Lichtbogen, um einen drahtförmigen Zusatzwerkstoff abzuschmelzen und daraus das Bauteil aufzubauen. Bei WAM liegt die Abschmelzleistung bei Stahlwerkstoffen bei bis zu 9,5 Kilogramm pro Stunde . Mehrdrahtlösungen könnten das in Zukunft noch weiter steigern. Große, komplexe Bauteile können so mit geringem Materialverlust in kurzer Zeit wirtschaftlich gefertigt werden. Im Vergleich zum Herausfräsen eines Werkstückes aus einem massiven Block sind Bearbeitungszeit, Werkzeugverschleiß und Materialverlust deutlich geringer. WAM findet in verschiedenen Industriezweigen Anwendung, insbesondere in der Luft- und Raumfahrt, der Schifffahrt und der Energietechnik, wo große und komplexe Metallbauteile benötigt werden. Generell ermöglicht die Technologie die Herstellung von Prototypen, Einzelstücken und Kleinserien sowie die Reparatur und Modifikation bestehender Bauteile.

Mit diesem Verfahren kann eine breite Palette von Metallen verarbeitet werden, darunter Stahl, Titan und Aluminium, was vielfältige Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. WAM setzt lediglich ein geeignetes Schweißsystem voraus. Teure Spezialanlagen sind selten nötig - ein weiterer Vorteil für den Anwender. Darüber hinaus sind für das Verfahren zahlreiche bereits zertifizierte Drähte verfügbar. Bei pulverbasierten Verfahren ist die Materialauswahl noch gering, da entsprechende Zertifizierungen und die Erstellung von Datenblättern oft Jahre dauern und die Nutzung von Metallpulver noch relativ neu ist.

Eine genau Kontrolle bzw. Steuerung des Schweißprozesses mit geringem Energieeintrag sind für ein qualitativ hochwertiges Bauteil unerlässlich, damit untere Schichten nicht aufschmelzen und durchgängig, gleichmäßig und spritzerfrei geschweißte Lagen entstehen. Kommt es zu einem Fehler, setzt sich dieser oft in den Lagen darüber fort und beeinträchtigt die Eigenschaften des fertigen Bauteiles. Wird ein Fehler kurz nach seinem Auftreten entdeckt, kann man entweder die betroffene Stelle reparieren, bevor weitere Schichten aufgetragen werden, oder der Prozess wird gestoppt, was Zeit, Energie und Material spart.

Ein typisches, einfaches WAM-Bauteil ist in Abbildung 1 zu sehen. Sie wurde von der Technischen Universität Graz am Institut of Materials Science, Joining and Forming hergestellt. Bei dieser Probe kam ein Plasma-Schweißprozess in einer Anlage der Firma SBI GmbH zum Einsatz. Es wurden 8 Lagen Stahl (Union K56) auf eine Grundplatte geschweißt. Durch die Wahl der Parameter entstanden Einschnürungen an der Grenzfläche zwischen Grundplatte und aufgeschweißter Wand. Zusätzlich wurden 2 Bohrungen mit einem Durchmesser von 1 mm quer zur Schweißrichtung als künstliche Defekte eingebracht. Diese Probe wurde anschließend mittels Laser Ultraschall untersucht.

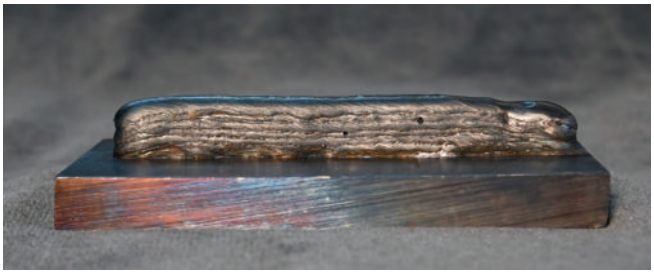

Abbildung 1: Beispiel einer WAM-Probe (8 Lagen, Union K56, Länge der Wand ca. 110 mm)

Um ein virtuelles Abbild der Probe zu erhalten, wurde ein 3D-Scan mit einem optischen Liniensensor (Wenglor MLSL123) durchgeführt. Der Sensor wurde dazu mit Hilfe eines Roboters (Universal Robots UR 10) mehrfach unter verschiedenen Winkeln linear über die Probe bewegt (oben 0°, ± 30°, ± 60°). Die so entstandenen Netze der Oberflächenkontur (Meshes) wurden im Programm MeshLab aufbereitet, d.h. von Ausreißern gereinigt, überlagert und daraus ein virtueller Körper berechnet (Abbildung 2). Es wurde nur der obere Teil der Grundplatte berücksichtigt. Bei diesem virtuellen Körper sind die Einschnürungen im Bereich zwischen der geschweißten Wand und der Grundplatte und die Bohrungen gut zu erkennen. Dieser virtuelle Körper dient folgend der Gegenüberstellung mit den Ergebnissen aus der Laser Ultraschall Messung.

Abbildung 2: Aufbereiteter 3D-Scan der WAM-Probe aus Abbildung 1

[1] *https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.11.022*

Autorenexemplar aus der Fachzeitschrift "Schweiß- und Prüftechnik" www.oegs.org

Laser-Ultraschall (LUS)

Die klassische Ultraschallprüfung ist ein Standardverfahren in der zerstörungsfreien Material- und Verbindungsprüfung. Dabei wird typischerweise ein piezoelektrischer Schallwandler mit Hilfe eines Koppelmediums mit einer Oberfläche in Kontakt gebracht und Ultraschallwellen in das zu prüfende Objekt eingekoppelt. Diese Ultraschallwellen werden an Grenzflächen mit unterschiedlicher Wellenimpedanz (z. B. Defekte, Rückwand, ...) teilweise oder ganz reflektiert oder gestreut. Die zur Oberfläche zurückkehrenden Echos werden entsprechend mit demselben Messkopf detektiert. Aus den Amplituden und der Laufzeiten der Echos kann auf die innere Materialbeschaffenheit und mögliche Fehlstellen (Poren, Risse, ...) geschlossen werden.

Bei Laser-Ultraschall (LUS) erfolgt die Prüfung ebenfalls durch Ultraschallwellen. Diese werden im Gegensatz zur beschriebenen, klassischen Vorgangsweise durch kurze, hochenergetische Laserpulse erzeugt. Die Dauer eines Laserpulses liegt dabei meist in der Größenordnung von etwa 10 ns. Er bewirkt eine lokale Erwärmung und damit Ausdehnung der Oberfläche (thermoelastische Anregung), bzw. bei einer Steigerung der Anregungsenergie trägt man sogar einige 100 Nanometer an der Oberfläche ab (je nach Energie und Material). Bei dieser Art des Materialabtrages mit Plasmabildung spricht man von Ablation (ablative Anregung). Durch die kurze Ausdehnung und/oder den explosionsartigen Rückstoß des abgetragenen Materials wird eine longitudinale Ultraschallwelle sehr hoher Bandbreite (bis einige 10 MHz) im Material erzeugt[2] . Die Ausbreitung, Reflexion und Streuung dieser Ultraschallwelle erfolgt gleich wie beim konventionellen Ultraschall.

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Longitudinalwellen werden abhängig von Fokussierung und Laserenergie auch Transversal- und Plattenwellen erzeugt, die hier allerdings nur der Vollständigkeit halber erwähnt sind und in dieser Studie nicht zur Auswertung herangezogen wurden.

Die Detektion der Echos erfolgt bei LUS durch ein zweites Lasersystem in Kombination mit einem Vibrometer. Dabei wird die Oberfläche durch diesen weiteren Laser beleuchtet und mittels Analyse des rückgestreuten Lichts im Vibrometer (Doppler-Shift) kleinste Auslenkung (verursacht durch die Ultraschallwelle) in ein elektrisches Signal umwandelt.

Eine schematische Abbildung dieses Prinzips ist in Abbildung 3 dargestellt. Bei den hier durchgeführten Messungen handelt es sich um sogenannte Reflexionsmessungen, bei denen Anregung und Detektion an derselben Position erfolgen. Dies ist bei LUS jedoch nicht zwingend erforderlich – je nach Art der Messaufgabe kann Anregung und Detektion auch an verschiedenen Positionen erfolgen, z.B. an gegenüberliegenden Seiten der Probe – hier spricht man dann von einer Transmissionsmessung.

[2] *https://www.rp-photonics.com/time_bandwidth_product.html*

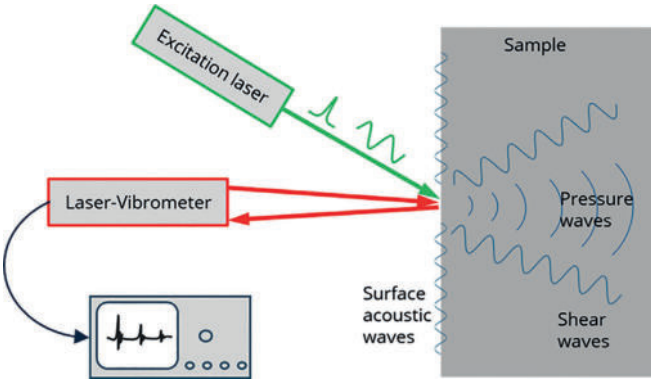

Abbildung 3: Grundprinzip von LUS (Reflexionsmessung)

Da sowohl Anregung als auch Detektion mittels Lichts funktionieren, ist das Verfahren berührungslos und es wird kein Koppelmittel benötigt. Daher kann LUS auch z.B. auf sehr heißen oder sehr unregelmäßigen, rauen Oberflächen eingesetzt werden, oder aber auch auf Oberflächen, die durch ein Koppelmedium nicht kontaminiert werden dürfen (Honeycomb Strukturen, Raumfahrtbauteile, Elektronikbauteile, ...).

Bei dem hier verwendeten Verfahren wird immer nur an einem einzelnen Punkt an einer Oberfläche gemessen. Um Ergebnisse entlang einer Linie oder einer Oberfläche zu erhalten muss gescannt werden.

Die Ultraschallanregung erfolgte beim verwendeten Aufbau durch einen gütegeschalteten (Q-switched) Nd:YAG Festkörperlaser mit einer Wellenlänge von 532 nm und einer Pulslänge von ca. 5 – 8 ns (Innolas Hybrid).

Die Detektion der Schwingungen der Probenoberfläche durch die reflektierten Ultraschallwellen erfolgte mittels eines Tecnar Laser-Vibrometers bestehend aus einem Langpulslaser (Pulslänge ca. 100 µs) und einem sogenannten TwoWaveMixing-Interferometer (TWM). Die Spots für Anregung und Detektion wurden bei der vorgenommen Reflexionsmessung auf dieselbe Stelle fokussiert. Die Aufnahme der elektrischen Signale erfolgt mittels Oszilloskops und geeigneter Steuersoftware am PC. Anregung und Detektion sind miteinander synchronisiert und laufen mit einer Wiederholfrequenz von 100 Hz.

Durch einen von RECENDT entwickelten Messkopf (Abbildung 4), werden Anregungslaser, Detektionslaser und Detektion das letzte Stück zur Probe kollinear geführt. Dadurch laufen die einzelnen Spots bei Variation des Abstandes zur Probenoberfläche nicht auseinander – wie es zum Beispiel bei einem Aufbau gemäß der Prinzipskizze in Abbildung 3 der Fall wäre. Dies führt zu einer verbesserten Robustheit des Messsignales bzgl. Fehler oder Schwankungen im Abstand und es wird möglich, leicht unebene Proben ohne Korrektur des Abstandes zu vermessen. Trotzdem sind den Variationen des Abstandes durch die Abbildungsnatur von optischen Systemen Grenzen gesetzt – die tatsächlich zulässige Variation ist abhängig vom Abstand und der benötigten Empfindlichkeit und den optischen Eigenschaften, wie der Rauigkeit und

Autorenexemplar aus der Fachzeitschrift "Schweiß- und Prüftechnik" www.oegs.org

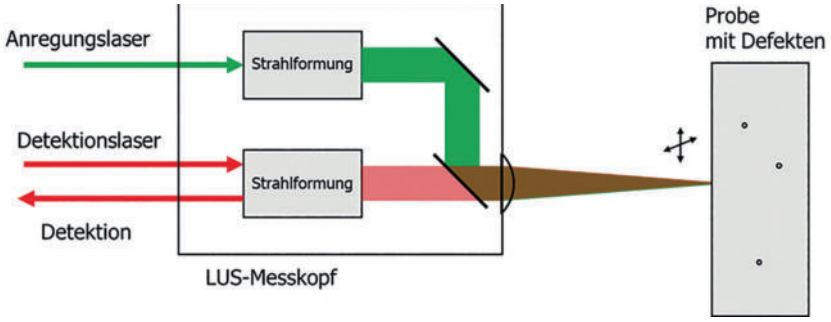

Abbildung 4: Prinzipskizze Messkopf zur kollinearen Überlagerung von Anregungs- und Detektionslaser und Detektion

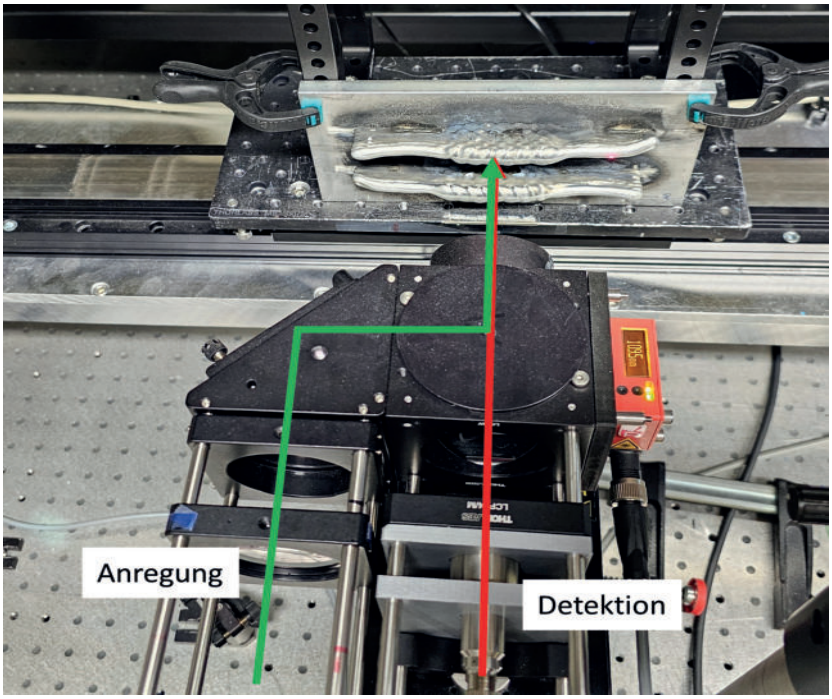

Abbildung 5: Laboraufbau des LUS-Systems (GRÜN Anregungsstrahl, ROT Detektion)

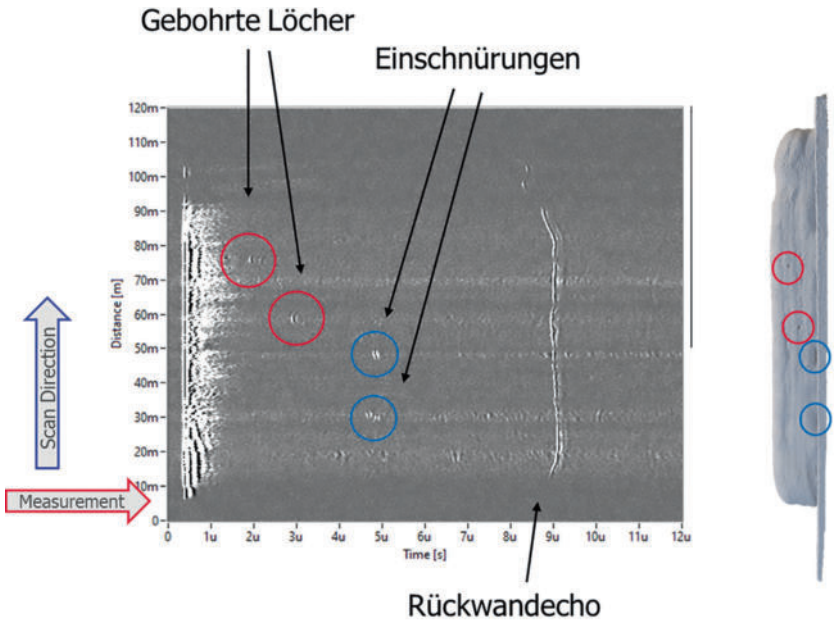

Abbildung 6: LUS B-Scan der WAM-Probe (links) im Vergleich zum 3D-Scan (rechts; bei dem nur ein Teil der Grundplatte enthalten ist)

der Reflexion der Probenoberfläche selbst. Im vorliegenden Fall ist eine Variation des Abstandes (Tiefenschärfe) von ±1.5mm zulässig und sorgt für gleichbleibend gute Messergebnisse auf den WAM-Schweißnähten.

Die Proben wurden vor der Messung nicht bearbeitet, es wurde direkt auf der obersten Lage des WAM-Bauteils gemessen. Die Proben wurden auf einer zweidimensionalen Positioniereinheit (x-y-stage) eingespannt und während der Messung gleichmäßig in x-Richtung über die Mitte der geschweißten Struktur bewegt. Die Geschwindigkeit betrug 10 mm/s, woraus sich (beim verwendeten 100 Hz Anregungslaser) ein Messpunkteabstand von 100 µm ergibt. Für die Messung einer Linie (B-Scan, s.u.) werden somit für 120 mm (= Länge der geschweißten Struktur) 12 Sekunden benötigt.

In Abbildung 5 ist der Laboraufbau des verwendeten LUS-Systems mit entsprechendem Strahlengang für die Laseranregung (grün) und die Laser-detektion (rot) dargestellt.

In Abbildung 6 sind die Ergebnisse der Messung für obiges Bauteil zu sehen. Bei diesem, sogenannten B-Scan, werden die einzelnen Messungen entlang einer Linie auf der y-Achse aufgetragen, d.h. die y-Achse gibt die örtliche Position auf der Probe wieder. Die X-Achse ist die Zeitachse der einzelnen Messsignale. Der Grauwert entspricht der gemessenen Amplitude. Helle Punkte zeigen somit Reflexionen der Ultraschallwelle nach einer bestimmten Zeit an einer bestimmten Stelle. Aus der Zeit kann über die Schallgeschwindigkeit auf die Tiefe der Reflexion geschlossen werden. Die starke Linie bei ca. 300 ns entspricht der großen Bewegung der Oberfläche beim Auftreffen des Lasers und wird auch oft als Surface-Bang (bzw. Übersprechen oder Ultraschall-Totzeit) bezeichnet. Da die Ausbreitung der Laser mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt, ist der Surface-Bang entlang einer geraden Linie parallel zur y-Achse (und gibt nicht die Form der Oberfläche, wie z.B. beim Wasserstrahlultraschall wieder!). Die Verzögerung von etwa 300 ns ergibt sich durch Elektroniklaufzeiten bei

Autorenexemplar aus der Fachzeitschrift "Schweiß- und Prüftechnik" www.oegs.org

der Triggerung (hat also nichts mit dem Abstand zur Probe zu tun). Das Rückwandecho ist entlang einer Linie bei ca. 9 µs zu erkennen. Die Variation spiegelt die Änderung der Dicke (Höhe) der Probe (Schweißlagen + Grundplatte) wider. Die Dicke der Grundplatte ist größer als 3D-Modell, da beim 3D-Scan nur die Wand und nicht die gesamte Grundplatte gescannt wurde. Am Anfang und vor allem am Ende der Probe verschwinden die Linien für den Surface Bang und für das Rückwandecho, da die Dicke der Probe hier geringer wird und die Oberfläche aus dem Empfindlichen Bereich der Laser herausläuft (Schärfentiefe).
Die als künstliche Defekte gebohrten Löcher (Durchmesser = 1 mm) sind gut als Reflexe im B-Scan zu erkennen. Ebenfalls gut zu erkennen sind die beiden Einschnürungen zwischen der Grundplatte und der geschweißten Wand.
Eine derartige Probe kann also (ohne zusätzliche Nachbearbeitung!) im Nachhinein mittels LUS untersucht, und Fehler detektiert werden, solange die Oberfläche großteils eben (im Bereich der Tiefenschärfe) ist. Bei größerer Variation der Probenoberfläche reduziert sich die Signal-amplitude – wie aber auch hier Abhilfe geschaffen werden kann, wird im nächsten Abschnitt gezeigt.

LUS-Messungen an der unebenen Probe

Eine weitere Probe aus Aluminium wurde vom Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen (LKR) ebenfalls mittels WAM

Abbildung 7: WAM-geschweißte Aluminiumproben (die vordere wurde vermessen)

hergestellt (Abbildung 7) und für die Prüfung mittels LUS zur Verfügung gestellt. Dabei wurde auf einen Schweißbrenner mit einer Fronius iWave Stromquelle, montiert auf einem Kuka Roboter mit kombiniertem Dreh-Kipptisch zurückgegriffen. Auf dem Grundwerkstoff EN AW 6060 wurde eine Wand mit dem Werkstoff EN AW 5183 aufgebracht. Die erste Lage wurde mittels Puls Lichtbogen, die weitern 6 Lagen im CMT-Prozess (CMT – Cold Metal Transfer) hergestellt. Zur Simulation künstlicher Defekte wurde nach der dritten Lage an einigen Stellen Fett aufgebracht und mit den weiteren Lagen überschweißt. Durch die immer gleiche Schweißrichtung und einen Pendelbetrieb in der Mitte der Probe ist die entstandene Oberfläche nicht eben, sondern weist eine starke Überhöhung zu Beginn, einen Abfall am Ende und ebenfalls eine Überhöhung mit Muster in der Mitte auf. Diese Oberfläche ist eine zusätzliche Herausfor-

Autorenexemplar aus der Fachzeitschrift "Schweiß- und Prüftechnik" www.oegs.org

derung für die Untersuchung mittels Ultraschall-Verfahren.
Als eine Variante zur Verifizierung der mit LUS erhaltenen Ergebnisse eignet sich die industrielle Computertomografie (CT). Hierbei handelt es sich um ein bildgebendes Verfahren in der Radiologie. Die Bauteile wurden durchstrahlt und mithilfe der aufgenommenen Röntgenprojektionen und entsprechender Software numerisch rekonstruiert. Die Erzeugung des Volumenmodells ermöglicht damit eine Visualisierung und Analyse von Fehlern und Materialeigenschaften an der gewünschten Position im Volumen. Die CT-Aufnahmen an den Proben wurden an der TU-München durchgeführt und an der TU-Graz analysiert.

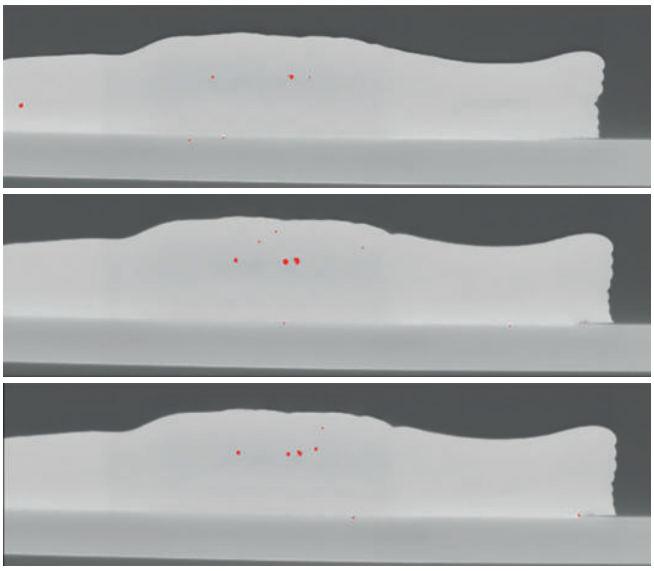

Abbildung 8: CT-Aufnahmen (3 Schnitte in verschiedenen Tiefen) zeigt eine Pore im linken Bereich der Probe und mehrere Poren in verschiedenen Tiefen im Bereich, wo gependelt wurde (Probenmitte) (durch CT-Software rot hervorgehoben)

Die CT-Scans in Abbildung 8 zeigen deutlich sichtbare Poren. Diese wurden von der CT-Software zur besseren Erkennbarkeit rot eingefärbt. Eine große Pore befindet sich am linken Rand des Bildes. Mehrere große und kleine Poren sind etwa in der Mitte, in dem Bereich wo gependelt wurde, zu sehen. Diese sind in unterschiedlichen Tiefen über die Probe verteilt, sodass sie in den verschiedenen Schnitten unterschiedlich gut, oder nicht zu sehen sind.
An dieser Probe wurde ebenfalls ein Scan mit dem Liniensensor erzeugt, welcher aus Gründen einer einfachen Darstellung des Höhenverlaufs nur entlang der Mitte der Probe entlang einer Linie gescannt wurde (Abbildung 9). Dieser zeigt eine gute Übereistimmung zum Querschnitt aus den CT-Messungen.
Eine Untersuchung mit LUS wurde entsprechend den folgenden Schritten durchgeführt. Es wurde von oben, auf der Schweißnaht, eine Linie (gleiche Linie wie beim Liniensensor) in der Mitte der Probe entlang der Schweißnaht gescannt. Da die Höhenschwankungen der Probe die Tiefenschärfe des LUS-Messkopfes deutlich übertrafen, wurden mehrere Scans mit unterschiedlichem Messabstand Probe – Messkopf durchgeführt. Dabei wurde der Abstand jeweils um 0.5 mm reduziert (Tiefenschärfe-Ausgleich) und insgesamt 30 Messungen durchgeführt, die somit einen Höhenbereich von 15 mm abdecken. Auf den so entstandenen B-Scans weisen die Bereiche, die in der Tiefenschärfe liegen, ein gutes Signal, die anderen Bereiche ein geringes bis gar kein Signal auf, je nachdem wie weit der Bereich außerhalb der Tiefenschärfe liegt (2 ausgewählte Beispiele s. Abbildung 10).
Um die einzelnen Linien-Scans zusammenzufügen, bzw. ein rekonstruiertes Bild zu erhalten, wurde ein automatisierter Rekonstruktionsalgorithmus entwickelt, welcher für jeden Punkt entlang der Linie das stärkste Signal für das Rückwandecho aus den einzelnen A-Scans der Messungen mit unterschiedlichem Abstand sucht und auswählt.
Ein zusätzlicher Zeitausgleich verschiebt die einzelnen A-Scans derart, dass das Rückwandecho im B-Scan als eine gerade Linie erscheint. Der so erhaltene B-Scan ist in Abbildung 9 zu sehen. Der Surface-Bang ergibt nun die tatsächliche Kontur der Oberfläche der Probe. Diese stimmt sehr gut mit den Konturen aus der 3D-Messung und dem CT-Scan überein.
Die große einzelne Pore (in Abbildung 11, oben) und der Bereich mit den vielen Poren im Pendelbereich sind im B-Scan gut zu erkennen, auch hier zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit den CT-Daten. Entlang der Oberseite der Grundplatte sind im B-Scan Echos zu erkennen. Diese zeigen, dass die Anbindung an einigen Stellen nicht die volle Breite erreicht hat. Außerdem treten auch hier teilweise Echos durch Einschnürungen zwischen den Lagen auf.
Bereiche, welche in der Scanlinie keine ebene Oberfläche aufweisen, reduzieren das detektierte Signal, da das rückgestreute Licht nicht wieder in den LUS Messkopf aufge-

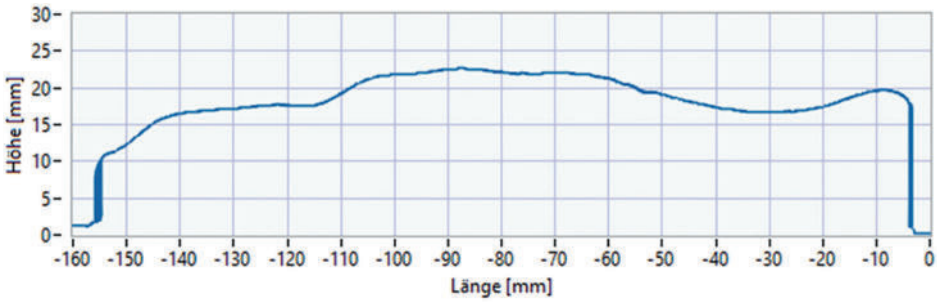

Abbildung 9: Linienscan mit optischem Distanzsensor entlang der Mitte der Probe (Konturscan)

Autorenexemplar aus der Fachzeitschrift "Schweiß- und Prüftechnik" www.oegs.org

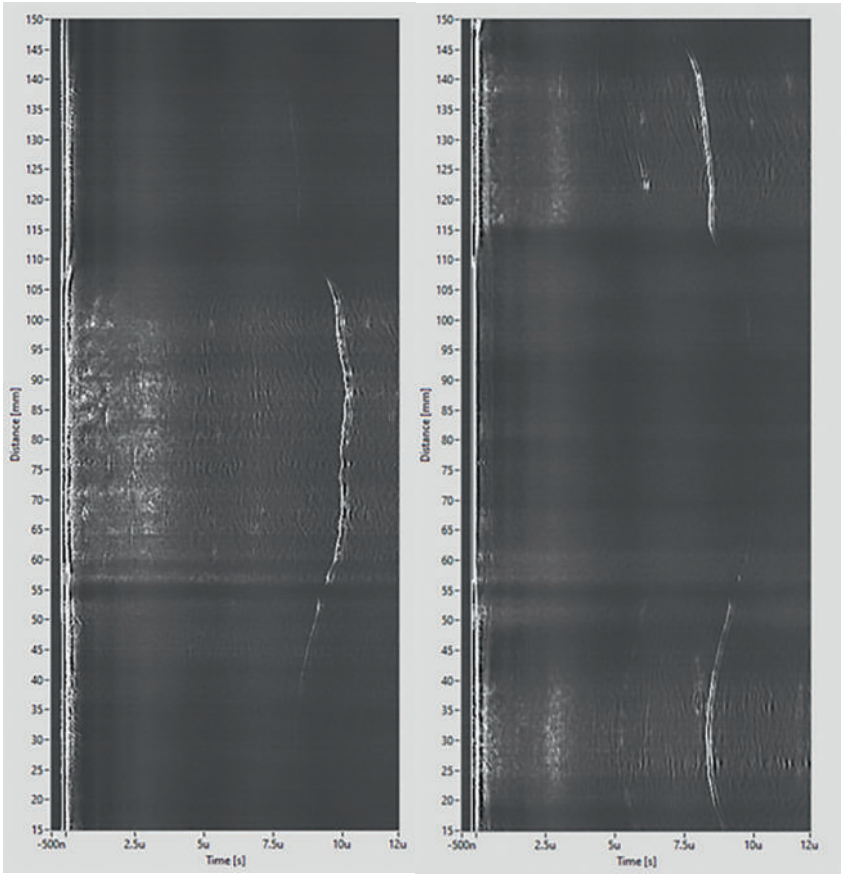

Abbildung 10: Unkorrigierte B-Scans mit verschiedenen Abständen zur Probenoberfläche (links: 2 mm, rechts: 10 mm)

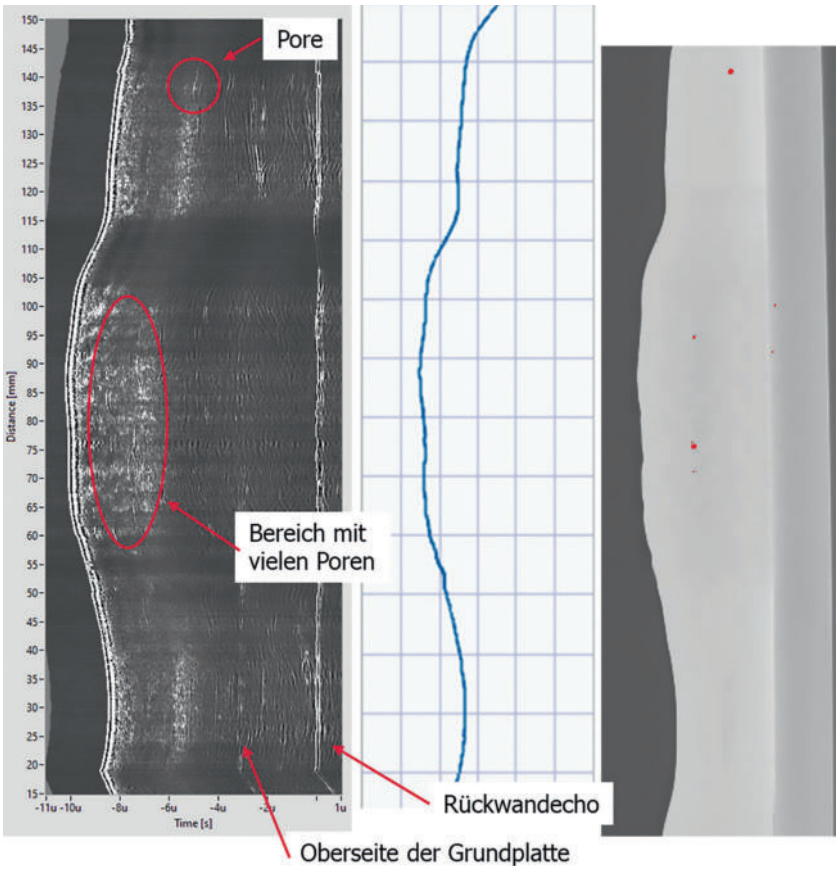

Abbildung 11: Korrigierter B-Scan (links), Konturscan (mitte) und CT-Querschnitt (rechts)

sammelt werden kann. Daraus ergeben sich Ideen für eine potenzielle Verbesserung der Messung. Die Informationen aus dem Scan mit dem Liniensensor könnte in einem weiteren Schritt dazu verwendet werden, um den Messkopf z.B. mittels Roboter immer im gleichen Abstand und senkrecht zur Oberfläche über die Probe zu bewegen. Dadurch würde ein konstantes Messignal erzielt.

Eine hochauflösende Prüfung an Proben mit nicht ebenen Oberflächen wird durch LUS ermöglicht und dies erlaubt, eine berührungslose Fehlerdetektion durchzuführen.

Da es sich bei LUS um ein berührungsloses Verfahren handelt, das damit auch zur Prüfung von heißen Proben eingesetzt werden kann, ist der nächste logische Schritt im WAM-Bereich, dass die LUS-Messung nicht offline nach der Probenerstellung im Labor durchgeführt wird, sondern der LUS-Messkopf auf demselben Roboter wie der Schweißkopf montiert wird und die LUS-Messung während des Schweißprozesses erfolgt. Die LUS-Messung kann also einige (wenige) Zentimeter nachlaufend erfolgen und Rückschluss über den aktuellen Aufbau liefern. Das erfordert jedoch, dass bei der Pfadplanung für den Roboter nicht nur der Pfad des Schweißbrenners über das Bauteil, sondern auch der Pfad des LUS-Messfleckes berücksichtigt wird (zwei Tool Center Points).

Conclusio und Ausblick

Es wurde gezeigt, dass Defekte (Löcher, Einschnürungen, Poren) in typischen WAM-Proben mit LUS erkannt werden können. Das funktioniert auch bei unebenen, für klassische Ultraschallverfahren herausfordernde Oberflächen.

Die hier gezeigten Ergebnisse wurden im Rahmen des COMET-Projektes We3D erzielt.

Bei RECENDT werden die Forschungen zum Thema NDT bei WAM auch in Zukunft weitergeführt. Im aktuell laufenden Projekt A4M (FFG 910323) wird unter der Konsortialführung des Institutes für Fertigungstechnik an der TU Wien das spannende Thema der Verwendung der additiven Fertigung für die Mobilität der Zukunft beleuchtet. Auch NDT zur möglichst zeitna-

Autorenexemplar aus der Fachzeitschrift "Schweiß- und Prüftechnik" www.oegs.org

hen Erkennung von Fehlern spielt dabei eine große Rolle. In diesem Zusammenhang ist der Plan, zu zeigen, dass LUS auch während des Aufbauvorganges, also unmittelbar nach dem Schweißvorgang erfolgen kann. Auf diese Weise könnten Fehler noch schneller erkannt und entweder der Weiterbau des Bauteils sofort beendet oder – besser noch – der Fehler sofort repariert und der Aufbauvorgang an dem nun fehlerfreien Bauteil fortgesetzt werden.
Zusätzlich sollen die Fähigkeiten zur genauen ortsaufgelösten Detektion und Charakterisierung von Fehlern in derartigen Bauteilen bei nachträglichen Messungen erweitert werden. ■

Über We3D

Im Rahmen des COMET-Projekts We3D soll WAM weiterentwickelt werden[3]: Ziel der Forschungsvorhabens ist es, die Technologie für neue Anwendungen in unterschiedlichsten Industriefeldern – wie dem Automobilsektor, der Luft- und Raumfahrt oder dem Maschinenbau – weiterzuentwickeln. We3D beschäftigt sich mit innovativen Drahtwerkstoffen, neuartigen Prozess-, Sensor-, Steuerungs- und Regelungstechnologien und validierten Softwaretools zur Prozesssimulation. So eröffnet das Projekt für dieses Fertigungsverfahren völlig neue Anwendungsfelder in den Bereichen Luftfahrt, Oil & Gas, Automotive und Eisenbahn.
Das Konsortium des Forschungsprojektes We3D (FFG 886184) bedankt sich beim Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), dem Ministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort (BMDW), der Österreichischen Förderagentur (FFG) sowie den vier Bundesförderagenturen Amt der Oberösterreichischen Landesregierung; Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft m.b.H.; Amt der Niederösterreichischen Landesregierung; Wirtschaftsagentur Wien. Ein Fonds der Stadt Wien für die Förderung des Projekts We3D im Rahmen des 8. COMET-Calls.

[3] *https://www.ait.ac.at/themen/drahtbasierte-additive-fertigung/projekte/we3d*

Die Autoren

Dipl.-Ing. Dr. Norbert HUBER
Senior Scientist

Dipl.-Ing. Bernhard REITINGER
Head of Laser Ultrasonics

Klarissa MEIRER, BSc
Research Scientist

Dipl.-Ing. Dr. Edgar SCHERLEITNER
Area Manager Acoustics

RECENDT – Research Center for Non-Destructive Testing GmbH, 4040 Linz

alle Abbildungen: © RECENDT

Autorenexemplar aus der Fachzeitschrift "Schweiß- und Prüftechnik" www.oegs.org