

## ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG MIT ULTRASCHALL-GRUPPENSTRAHLERN

# Fehlergrößen genauer bestimmen

York Oberdörfer, Hürth

Bei Abstand-, Verstärkung- und Ersatzreflektorgröße (AVG)-Bewertungen können Abweichungen auftreten, die zu einer Überbewertung der Fehlergröße führen. Das lässt sich mit einer von GE Measurement & Control, Hürth, entwickelten Technologie vermeiden. Diese kombiniert die AVG-Bewertung mit der Gruppenstrahlertechnologie und bietet damit eine genauere Fehlergrößenbestimmung.

Die Fehlergrößenbestimmung nach AVG (Abstand, Verstärkung und Ersatzreflektorgröße) wird zur Beurteilung von Schweißnähten und Werkstücken eingesetzt. Sie beruht auf einem Ultraschallprüfer, der eine Fehleranzeige auf dem Bildschirm mit einer AVG-Kurve vergleicht, um die Ersatzreflektorgröße des Fehlers zu bestimmen. Beim Einsatz als Bewertungsverfahren werden Fehler mit einer Ersatzreflektorgröße verworfen, die über der entsprechenden AVG-Kurve (Registrierschwelle) liegt. Die AVG-Diagramme, die meistens auf das allgemeine AVG-Diagramm zurückzuführen sind [4], werden zusammen mit Winkelprüfköpfen von den Prüfkopfherstellern ausgeliefert. Die Methode ist beispielsweise in der Norm EN 583-2:2001 festgelegt.

Die AVG-Methode wurde für Longitudinalwellenprüfköpfe für die Senkrechteinschallung mit flachen, kreisförmigen Messwandlern entwickelt. Heutige Einzel-element-Winkelprüfköpfe und Ultraschall-Phased-Arrays haben u.a. aufgrund der Brechung an der Materialgrenze andere Ultraschalleigenschaften als Longitudi-

**Bild 1. Auf der trueDGS-Technologie basierende Winkelprüfköpfe bieten die gleiche AVG-Genauigkeit wie flache, kreisförmige Normalprüfköpfe.**



nalwellenprüfköpfe (Bild 1). Daher können bei AVG-Bewertungen Abweichungen auftreten. Das führt häufig zur Überbewertung der Fehlergröße, und Schweißnähte oder Werkstücke werden unnötig nachbearbeitet oder verschrottet.

Die Echohöhenbewertung nach AVG ist seit Jahrzehnten eine weitverbreitete Methode zur Bewertung von Fehlstellen, wobei hauptsächlich Winkelprüfköpfe mit einem Wandler eingesetzt werden. Parallel dazu hat sich die Gruppenstrahlertechnologie (engl. phased-array) etabliert, mit der sich die Qualität der Prüfung und die Produktivität verbessern lassen, wobei eine AVG-Bewertung über einen kompletten Schwenkwinkelbereich noch nicht bekannt war. Die von GE Measurement & Control, Hürth, entwickelte trueDGS-Technologie kombiniert nach eigenen Angaben erstmals AVG-Bewertung und Gruppenstrahlertechnologie für eine beliebige Anzahl von Winkeln.

## Fehlerbewertung mit Gruppenstrahlern

Die Gruppenstrahlertechnologie wird bereits seit Jahrzehnten im klinischen Bereich als flexibles, bildgebendes Verfahren zur Diagnostik eingesetzt und hält in den letzten Jahren vermehrt im industriellen Umfeld Einzug in die zerstörungsfreie Prüfung mit Ultraschall. Im Gegensatz zum herkömmlichen Verfahren, das mit einkanaligen Ultraschallgeräten und Ultraschallprüfköpfen mit einem Wandler arbeitet, kommen bei der Gruppenstrahlertechnologie mehrkanalige Geräte und Prüfköpfe mit vielen kleinen Wandlerelementen zum Einsatz [1]. Durch zeitverzögerte Ansteuerung dieser einzelnen Wandlerelemente lässt sich das emittierte Schallfeld – ähnlich der Radartechnik – gerichtet steuern und/oder fokussieren. So kann z. B. mit einem einzigen Gruppenstrahlerprüfkopf eine Schweißnaht mit Einschallwinkeln für die Transversalwelle zwischen 45 und 70 Grad geprüft und in einem sogenannten Sektorbild dargestellt werden (Bild 2).

Mit konventionellen Winkelprüfköpfen mit einem Schwinger, der normalerweise auf ein Plexiglas oder einen Polystyrol-Keil geklebt ist, lässt sich mithilfe der Schallbrechung zwischen Keil und Material nur jeweils ein Einschallwinkel realisieren; gängige Normen z. B. im Bereich der Schweißnahtprüfung [2] schreiben allerdings die Verwendung von mindestens zwei verschiedenen Einschallwinkeln vor. Hier kann man direkt die Vorteile der Gruppenstrahlertechnologie ablesen, die nicht nur aufgrund der größeren Anzahl verschiedener Einschallwinkel die Fehlerauffindwahrscheinlichkeit erhöht, sondern auch aufgrund der Tatsache, dass man nur noch eine Messung durchführen muss, die Produktivität deutlich steigert.

Lediglich bei der Fehlerbewertung findet man einen Nachteil dieser Technologie: Anders als bei der AVG (Abstand, Verstärkung und Ersatzreflektorgroße)-Methode für konventionelle Prüfköpfe [1, 3] war man bei der Fehlerbewertung mit Gruppenstrahlern hauptsächlich auf die Vergleichskörpermethode angewiesen [4].

Hierbei muss der Prüfer vor der eigentlichen Prüfung sein System an Referenzfehlern in unterschiedlichen Tiefen kalibrieren. Die Referenzfehler sollten dafür in Testblöcke eingebracht sein, die aus demselben Werkstoff bestehen wie das Teil, das zu prüfen ist, und sie müssen »

**Literatur**

- 1 **Krautkrämer, J.; Krautkrämer, H.:** Werkstoffprüfung mit Ultraschall, Springer, Berlin Heidelberg, 5. Auflage, 1986
- 2 **DIN EN ISO 17640:** Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Ultraschallprüfung – Techniken, Prüfklassen und Bewertung (ISO 17640:2010); deutsche Fassung der EN ISO 17640:2010
- 3 **Krautkrämer J.:** Fehlergrößenermittlung mit Ultraschall, Arch. Eisenhüttenwesen 30 (1959)
- 4 **DIN EN 583:** Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Teil 2: Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung; deutsche Fassung der EN 583-2:2001
- 5 **Kleinert, W.; Oberdoerfer, Y.; Splitt, G.:** The Ideal Angle Beam Probe for DGS Evaluation, 10th ECNDT, Moskau 2010

**Autor**

**Dr. rer. nat. York Oberdörfer**, geb. 1973, ist EU Portable Solutions Leader im Bereich Inspection Technologies bei GE Sensing & Inspection Technologies in Hürth.

**Kontakt**

**Dr. York Oberdörfer**  
**T 02233 601267**  
**york.oberdoerfer@ge.com**

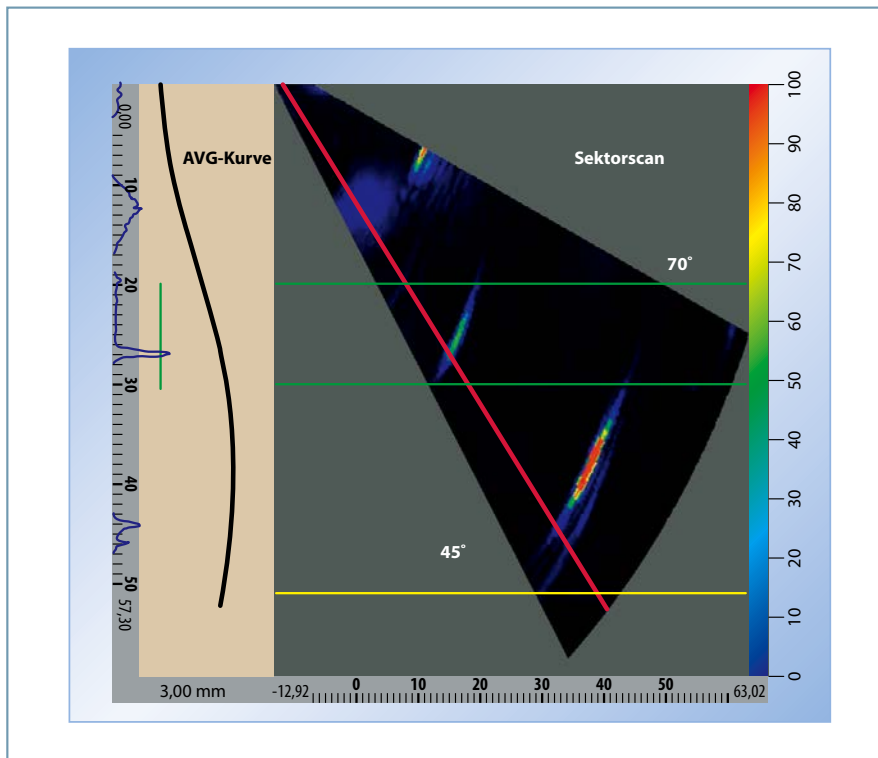
**QZ-Archiv**

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/739363](http://www.qz-online.de/739363)

unter jedem Einschallwinkel, der auch in der Prüfung verwendet werden soll, angeschallt werden. Aufgrund der benötigten Testkörper und der durchzuführenden Messungen ist diese Methode sehr zeit- und kostenaufwendig.

**Grundlagen der Bewertung**

Die trueDGS-Technologie wurde von GE Measurement & Control entwickelt, um das Problem einer möglichen deutlichen Überbewertung bei einer AVG-Bewertung bei Verwendung von konventionellen Winkelprüfköpfen mit rechteckigem Schwinger zu lösen [5]. Diese Überbewertung resultiert aus einer fehlenden Rotationssymmetrie des Schallfelds. Sowohl Wandlerform als auch physikalische Phänomene, die beim Übergang des Schalls



**Bild 2.** Bildschirmaufnahme mit A-Bild (links) und Sektorbild (rechts) von 45 bis 70° Einschallwinkel. Mithilfe der AVG-Kurve im A-Bild können die Anzeigen im Sektorbild bewertet werden. Die Farbskala (rechts) ist ein Maß für die Stärke der Reflexion.


vom Prüfkopfkeil in das Material auftreten, verhindern die Ausbildung der Symmetrie, die allerdings Grundlage der AVG-Methode ist [3].

Daher startet die trueDGS-Technologie mit der Computersimulation eines Senkrechtprüfkopfs mit rundem Wandler und damit rotationssymmetrischem Schallfeld in einem vorher definierten Material. In einem weiteren Schritt wird dann das Material des späteren Prüfkopfkeils in die Simulation eingebaut und das Schallfeld so lange gedreht, bis der gewünschte Einschallwinkel im Material erreicht ist.

Das hierfür entwickelte Computerprogramm berücksichtigt bei dieser Drehung alle winkelabhängigen, physikalischen Phänomene, die an der Grenzfläche zwischen Prüfkopfkeil und Material auftreten, und kompensiert diese, wie auch die unterschiedlichen Laufzeiten in bei-

den Materialien, durch entsprechende Anpassung der Wandlerform. Die resultierende komplexe Wandlerform ist dann die, die realisiert werden muss, um auch bei einer Winkeleinschallung mit Transversalwellen ein rotationssymmetrisches Schallfeld im Material zu erhalten und damit eine AVG-Bewertung mit derselben Genauigkeit wie bei Senkrechtprüfköpfen mit rundem Schwinger durchführen zu können (Bild 3).

Der Schritt zu den Gruppenstrahlern ist dann wiederum vergleichsweise einfach: Zuerst wird der Winkel-Gruppenstrahler simuliert, der gebaut wird und dessen Einschallwinkel ohne zusätzliche Verzögerung grob mittig im gewünschten Schwenkbereich liegt. Dann wird diese Simulation für jeden später zu realisierenden Einschallwinkel wiederholt und beide Modelle in der Simulation übereinandergelegt.



Willkommen in der Welt der Qualität.

[www.qz-online.de](http://www.qz-online.de)

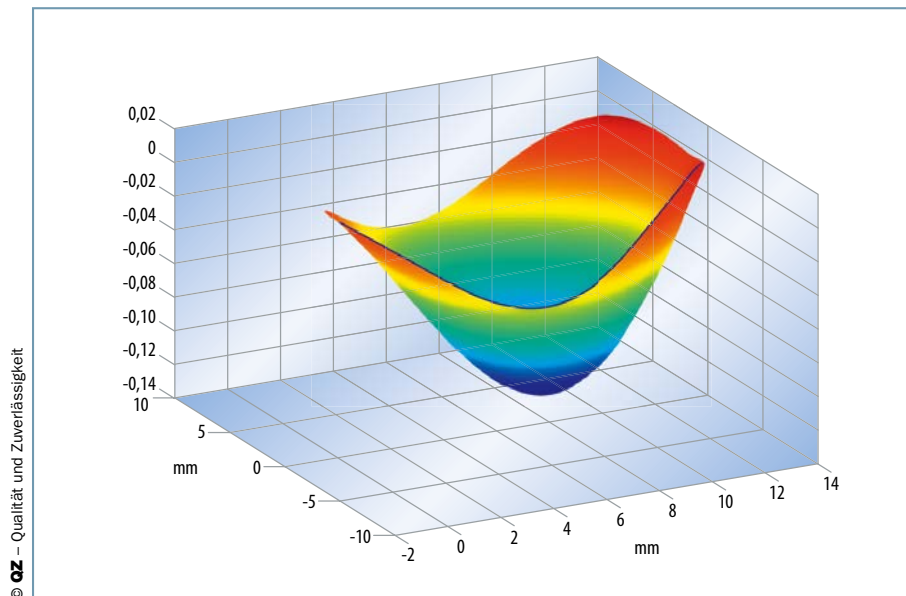
HANSER

**QZ-online.de**  
Portal für Qualitätsmanagement

© QZ – Qualität und Zuverlässigkeit

Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern

© 2014 Carl Hanser Verlag, München www.qz-online.de



**Bild 3.** In Z-Richtung stark gespreizte Wandlerform eines Winkelprüfkopfs, berechnet nach der trueDGS-Technologie. Diese Wandlerform muss realisiert werden, um ein rotations-symmetrisches Schallfeld im Material zu erzeugen.

Da die Wandlerform für jeden Winkel leicht verändert ist, kann man über diese räumliche Abweichung die Zeiten berechnen, um die man die Elemente des gebauten Gruppenstrahlers jeweils verzögert ansteuern muss. Auch hier ist dann für jeden Einschallwinkel das Resultat wieder ein rotationssymmetrisches Schallfeld und eine Genauigkeit bei der AVG-Bewertung, die der eines Senkrechtprüfkopfs mit rundem Schwinger entspricht.

### Vorteile der Bewertung

Für eine Fehlerbewertung mit Gruppenstrahlern wird heutzutage hauptsächlich die Vergleichskörpermethode herangezogen. Richtig durchgeführt bedeutet das, dass dem Prüfer Vergleichskörper zur Verfügung gestellt werden, die zum einen aus demselben Material bestehen wie die Teile, die später zu untersuchen sind, und zum anderen Referenzfehler im zu untersuchenden Tiefenbereich enthalten, an denen dann das Gruppenstrahlersystem – bestehend aus Gerät und Prüfkopf – für diese eine Messung kalibriert wird.

Da die Reflexion der Referenzfehler für verschiedene Einschallwinkel unterschiedlich ist, muss die Kalibration für alle Einschallwinkel durchgeführt werden, die in der späteren Prüfung auch verwendet werden sollen. Kalibrierzeiten von über einer Stunde sind bei entsprechender Anzahl von Referenzfehlern und Einschallwinkeln keine Seltenheit.

Den Gegensatz dazu bildet die AVG-Bewertung mithilfe der trueDGS-Technologie. Da die Abstrahlcharakteristik der Winkel-Gruppenstrahler über den gesamten möglichen Schwenkwinkelbereich der eines Senkrechtprüfkopfs mit rundem Wandler entspricht, kann daher auch für jeden Winkel mit dem angepassten, allgemeinen AVG-Diagramm gearbeitet werden [4]. Zusätzlich befinden sich alle winkelabhängigen Parameter in einer Setup-Datei, die vom Ultraschallgerät eingelesen wird; verwendet werden können diese Prüfköpfe mit dem Phasor XS von GE Measurement & Control.

Genau wie bei einer Bewertung nach AVG mit konventionellen Prüfköpfen ist auch beim Einsatz von Gruppenstrahlern vor jeder Messung ein Referenzsignal aufzunehmen. Allerdings kann dies im Fall der trueDGS-Technologie auf dem Kalibrierkörper K1, der zur Standardausrüstung jedes Ultraschallprüfers gehört, unter einem beliebigen Winkel innerhalb des Schwenkbereichs erfolgen. Die Anpassung des allgemeinen AVG-Diagramms auf die verschiedenen Einschallwinkel erfolgt dann vollautomatisch im Gerät und dauert auch nicht länger als bei einem konventionellen System. Die Ausrüstung ist so innerhalb von nur wenigen Minuten für eine Fehlerbewertung nach AVG eingerichtet, wogegen man für die Vergleichskörpermethode schnell mehr als eine Stunde braucht. □