



Erfahrungen und praktische Beispiele der manuellen Prüfung mit Ultraschall-Gruppenstrahlern

Gero WAHLE, FPW Prüftechnik, Kißlegg

Kurzfassung: Mobile Ultraschall- Gruppenstrahler werden in der modernen Zerstörungsfreien Prüfung immer häufiger eingesetzt. Ein erfolgreicher Einsatz ist möglich, wenn diese Technik zielgerichtet durch geschultes Fachpersonal eingesetzt wird. Dieser Beitrag gibt Einblick in die Vielfältigkeit der Einsatzmöglichkeiten manueller Geräte. Gleichzeitig wird auf einige der vielen Besonderheiten beim Einsatz der Ultraschall-Gruppenstrahlertechnik hingewiesen.

1. Vorwort

Ultraschall-Gruppenstrahler sind im Bereich der mechanisierten Ultraschallprüfung eine etablierte Technik. Die stationär eingesetzten Geräte besitzen sehr beeindruckende technische Eigenschaften. Auf Grund ihrer baulichen Größe können diese Geräte nicht mobil eingesetzt werden. Für den mobilen Einsatz sind bevorzugt Geräte kleiner Bauart notwendig. Stetige Verbesserungen der elektronischen Komponenten ließen bei Neuentwicklungen sehr handliche Formate zu. Die derzeit am Markt verfügbaren mobilen Geräte haben ein Gewicht von etwa vier Kilogramm. Die Elektronik stellt bis zu 32 aktive Kanäle zur Verfügung. Wie üblich für mobile Geräte, können diese durch Batterie- oder Netzstrom betrieben werden. Moderne Prozessoren und große Speicherkapazitäten lassen das Handling großer Datenmengen in angemessener Zeit zu.

Die Verfügbarkeit von Datenaufzeichnung, Datenexport und Datenanalyse, ist eine Grundvoraussetzung, um den gestiegenen Erfordernissen im Punkt Dokumentation der Prüfung gerecht zu werden.

Die neue Generation der Ultraschall-Gruppenstrahler im Format der Handgeräte wird nicht aufzuhalten sein. Für die Zukunft werden wir uns auf eine parallele Akzeptanz der beiden Systeme, Ultraschall-Gruppenstrahlertechnik und Ultraschall-Einzelschwingertechnik, einstellen müssen.

2. Einsatzgebiete

Die möglichen Einsatzbereiche lassen sich nicht mit wenigen Sätzen beschreiben. Schon heute zeichnen sich sehr vielseitige Möglichkeiten ab. Nachfolgend möchte ich einige Einsatzbereiche streifen, in denen die Gruppenstrahlertechnik bereits erprobt wurde, bzw. eingesetzt wird.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass die Technik von der Metallerzeugenden Industrie, über die Metallverarbeitende Industrie, bis zur Überwachung der Betriebssicherheit von Geräten, Anlagen und Konstruktionen eingesetzt werden kann.

Folgende Beispiele möchte ich nennen:

Metallerzeugende Industrie

- Produktprüfungen
- Werkstattbereich, Reparaturen
- Walzenprüfungen

Metallverarbeitende Industrie

- Rohrleitungs- und Behälterbau
- Stahlturmbau für Windkraftanlagen
- Maschinen- und Fahrzeugbau

Luftfahrtindustrie

- Prüfung von Bauteilen aus Faserverbundmaterial
- In-Service Prüfungen an ausgelieferten Luftfahrzeugen

Anlagenüberwachung

- Service an Rohrleitungen und Apparaten
- Service an Stahlkonstruktionen
- Service an bahntypischen Komponenten

Ultraschall-Gruppenstrahler sind nicht nur eine Technik für Labor-, Ausbildungs- und Herstellerbetriebe. Wie die aufgelisteten Beispiele belegen können, ist die Technik für alle ZfP Anwender als interessant einzustufen. Meine eigenen Erfahrungen sprechen auch für den Einsatz, wo bisher keine oder andere ZfP Verfahren eingesetzt wurden.

3. Vorteile der UT- Gruppenstrahler

Jede neue Technik muss ihre Anwender in positiver Weise unterstützen. Fehlt diese positive Unterstützung, wird jeder neue Weg in einer Sackgasse enden.

An dieser Stelle ist es empfehlenswert, einen Vergleich zur konventionellen Ultraschallprüfung mit Einzelschwingern zu ziehen. Erst der direkte Vergleich lässt das Pendel der Vorteile in Richtung Ultraschall-Gruppenstrahler ausschlagen. Wir können mit dieser neuen Technik sehr große Prüfbereiche gleichzeitig erfassen und im Display abbilden. So ist es beispielsweise mit einigen Geräten möglich, einen Bereich von 50 Winkelgrad mit einer Auflösung von 0,05 Grad abzubilden. Das bedeutet, wir haben eine Dichte von 1000A-Bildern, welche eine sehr präzise Aussage zur Reflektorlage und dessen Ausdehnung im Bauteil zulässt. Weiterhin benötigt der Anwender keinen erheblichen Mehraufwand zur Positionierung des Sensors und zur eigentlichen Durchführung der Prüfung. Die Unterstützung durch einfache mechanische Scanner Systeme in Verbindung mit Wegstreckenaufnehmern ist möglich aber nicht unbedingt erforderlich. Die physische Belastung des eingesetzten Prüfpersonals wird bei optimaler Nutzung der Technik deutlich geringer ausfallen. Vielseitige Monitorblenden, trigonometrische Ortungshilfen und andere aktive Hilfsfunktionen leisten ebenfalls ihren Beitrag zur Optimierung der Ultraschallprüfung. Die vollständige Datenaufzeichnung ermöglicht eine sehr gute Dokumentation nach dem eigentlichen Prüfprozess.

Eine vollständige Ablösung der Ultraschallprüftechnik mit Einzelschwingern durch die Ultraschall-Gruppenstrahler halte ich nicht für sinnvoll und derzeit auch nicht für möglich.

4. Betrachtungen des Schallfeldes

Grundsätzlich können viele Parallelen zwischen der Ultraschallprüfung mit Einzelschwingern und Gruppenstrahlern verzeichnet werden. Dies gilt ganz besonders für die Bedeutung der Justierung. Für beide Methoden können beispielsweise vorhandene Justierkörper zur Entfernungsjustierung verwendet werden. In beiden Prüftechniken wird das A-Bild verwendet und die Laufzeit entsprechend den Justierschallwegen eingestellt.

Sehr wesentliche Unterschiede gibt es dagegen im Sensordesign, der Schallfeldgeometrie, der Fokussierung und der Empfindlichkeitsjustierung. Resultierend gibt es mehrere Einflussfaktoren, welche nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Nachfolgend möchte ich auf einige dieser Faktoren näher eingehen.

Der erste wichtige Punkt, welcher Einfluss auf die eingestellte Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit hat, ist die Sensibilität der einzelnen verfügbaren Elemente. Für die eingesetzten Elemente muss eine gewisse Schwankungsbreite toleriert werden. Der Anwender kann in diesem Punkt nur bei der Sensorauswahl nicht im Gerät selber eingreifen. Hochwertige Sensoren sind hier technisch im Vorteil, gelegentlich auch im Nachteil, da sich die Sensorqualität im Preis widerspiegelt.

In weiterer Betrachtung des Schallfeldes muss die Größe und Anzahl der verfügbaren Elemente und deren Einfluss auf das Schallfeld angesprochen werden. Stehen beispielsweise Sensoren mit unterschiedlicher Größe und Anzahl von Elementen zur Verfügung, ist die Frage nach Vor- und Nachteilen auf das Schallfeld zu beantworten. Zur Erzielung möglichst großer Öffnungswinkel des Schallfeldes eines Elementes, sind kleine Elementbreiten gefragt. Die Berechnung der Elementbreite erfolgt in Abhängigkeit der Mittenfrequenz des Sensors und der Wellenlänge im Material unmittelbar vor dem Sensor.

Den Möglichkeiten der Fokussierung sind natürliche Grenzen gesetzt. Entscheidend für diese natürliche Grenze ist das Nahfeld der aktiven Elementgruppe. Eine aktive Elementgruppe kann aus allen verfügbaren Elementen oder nur einem Teil der verfügbaren Elemente bestehen. Über Zu- bzw. Abschaltung von Elementen wird der natürliche Fokuspunkt des Sensors geregelt, d.h. die Entfernung des natürlichen Fokuspunktes wird größer oder kleiner. Diese natürliche Fokussierung ist durch Funktionalitäten des Gerätes, zusätzlich für Senden und Empfangen regelbar gestaltet.

Ein weiterer Punkt, welcher angesprochen werden muss, ist die Geometrie des Schallfeldes. Durch den Einsatz der Phasensteuerung vom kleinsten zum größten Schwenkwinkel, kommt es zu einer unterschiedlichen Schallfeldgeometrie. Diese veränderliche Geometrie des Schallfeldes ist zugleich Ursache für die unterschiedliche Ausbildung der Fokuspunkte unter verschiedenen Einschallwinkeln. Die Fokuspunkte variieren im -6dB Durchmesser und der -6dB Länge. Da sich das Schallfeld nach dem Fokus divergent ausbreitet, sind die resultierenden Divergenzwinkel ebenfalls unterschiedlich. Ein Einsatz der Ultraschall-Gruppenstrahlertechnik sollte vorwiegend im fokussierten Schallfeld erfolgen. Unter realistischen Bedingungen kann diese Forderung nicht immer erfüllt werden. Die Auswirkungen unterschiedlicher Fokusentfernungen sind in der folgenden Abbildung 1 sichtbar.

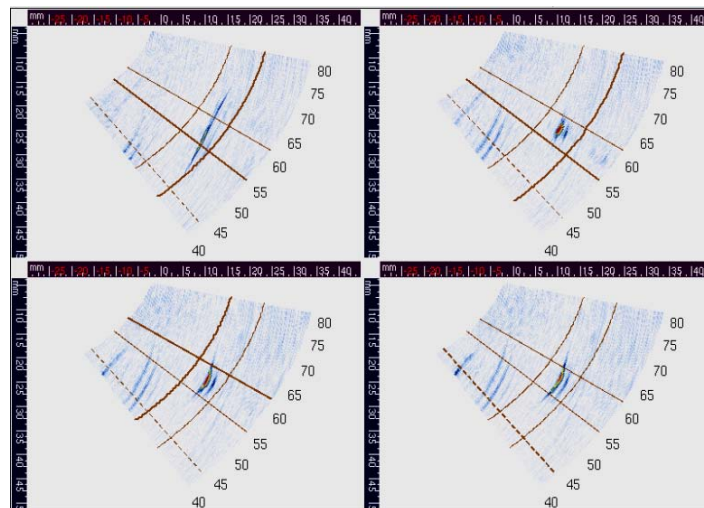


Abbildung 1

Das in Abbildung 1 dargestellte Beispiel wurde unter gleichen Randbedingungen aufgenommen. Der abgebildete Schallweg zum Reflektor beträgt jeweils 44 Millimeter. Bei optimaler Fokussierung wie in Abbildung 1 oben rechts, ist die Anzeige des Reflektors deutlich erkennbar. Diffuse Anzeigen, wie in Abbildung 1 oben links, haben ihre Ursache in falscher Fokussierung. Diese diffusen Anzeigen treten auf, wenn ein Reflektor deutlich hinter dem Fokuspunkt, im divergenten Schallfeld liegt. Im Beispiel oben links wurde der Fokus auf 22 Millimeter Entfernung eingestellt. Dieses entspricht 50% des Schallweges zum Reflektor. In den unteren Darstellungen der Abbildung 1 wurden die Fokuspunkte auf 66 Millimeter (unten links) bzw. 88 Millimeter (unten rechts) Entfernung eingestellt. Dies entspricht 150% bzw. 200% des Schallweges zum Reflektor. Die Auswirkungen eines größer eingestellten Fokuses sind wesentlich geringer, als die von zu kurz gewählten Fokusentfernungen.

Jeder Anwender sollte in der Lage sein, die Geometrie im Schallfeld näherungsweise bestimmen zu können. Geeignete Formeln oder Computer gestützte Hilfsmittel sind verfügbar.

5. Praktische Beispiele

Die praktischen Beispiele vermitteln einen kleinen Überblick über die große Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten. Die ersten Beispiele stehen symbolisch für die vielfältigen Möglichkeiten unter Nutzung der senkrechten Einschallung.

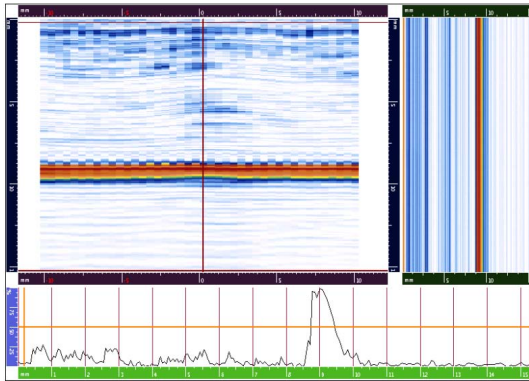


Abbildung 2

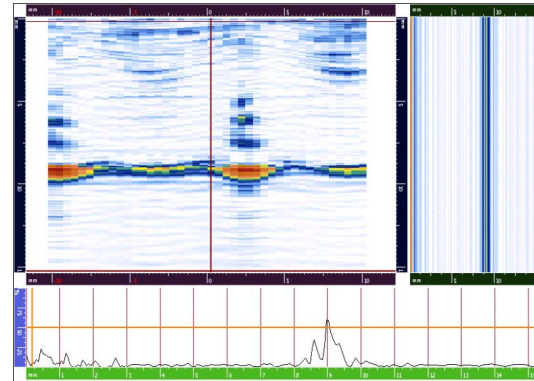


Abbildung 3

Abbildung 2 und 3 zeigen den Einsatz an faserverstärkten Kunststoffen. Abbildung 2 zeigt einen fehlerfreien Bereich, Abbildung 3 einen fehlerbehafteten Bereich mit Faserwelligkeit.

Die folgenden Beispiele der Abbildungen 4 und 5 zeigen die Einsetzbarkeit der Ultraschall Gruppenstrahlertechnik an großen metallischen Komponenten wie Walzen und Gussbauteilen für Großmaschinen.

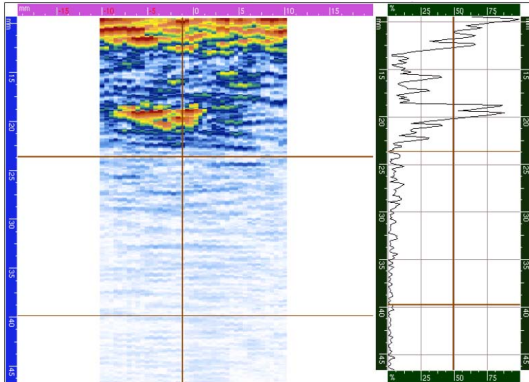


Abbildung 4

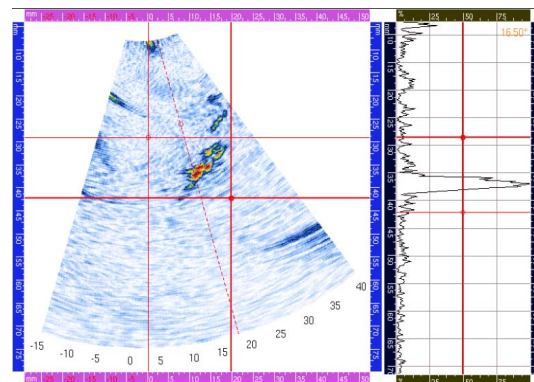


Abbildung 5

Die Abbildungen 4 und 5 stellen typische A-Bilder, den typischen Phased Array Darstellungen gegenüber. Ein A-Bild beschreibt jeweils einen Punkt des Bauteils, die Gruppenstrahlertechnik beschreibt den Zustand unterhalb der Sensorfläche. Die Beschreibung vorhandener Reflektoren ist unter Nutzung der Gruppenstrahlertechnik viel präziser und somit deutlich aussagefähiger.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen Einsatzmöglichkeiten der Longitudinalwelle zur Winkeleinschallung in austenitischen Materialien. Durch Nutzung großer Schwenkbereiche kann gleichzeitig die senkrechte Einschallung realisiert werden.

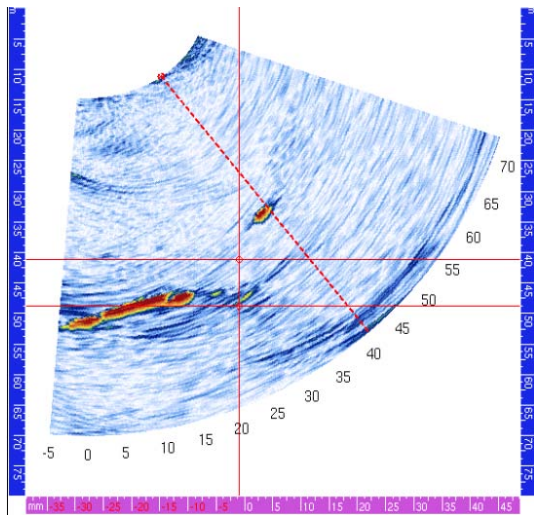


Abbildung 6

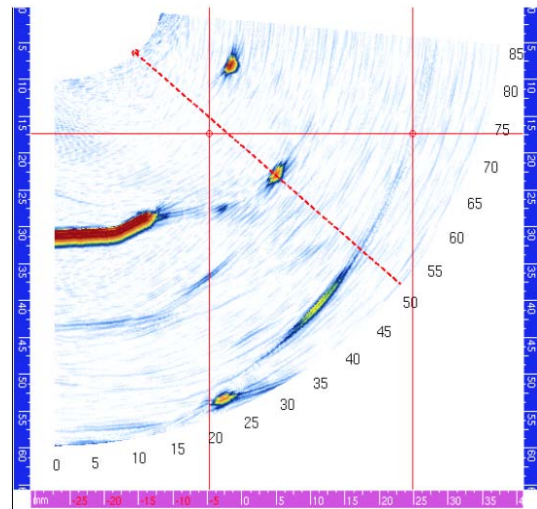


Abbildung 7

Die ergänzende Nutzung der senkrechten Einschallung gibt in beiden Beispielen der Abbildungen 6 und 7 Hinweise zu Bauteildicken, geometrischen Anpassungen und Schallschwächungsunterschieden im Prüfabschnitt.

Ultraschall- Gruppenstrahlertechnik ist ein sehr hilfreiches Mittel, die Aussagefähigkeit der Ultraschallprüfungen zu steigern. Die Abbildungen 8 und 9 dokumentieren Prüfungen unter Nutzung der multiplen Scan Funktion.

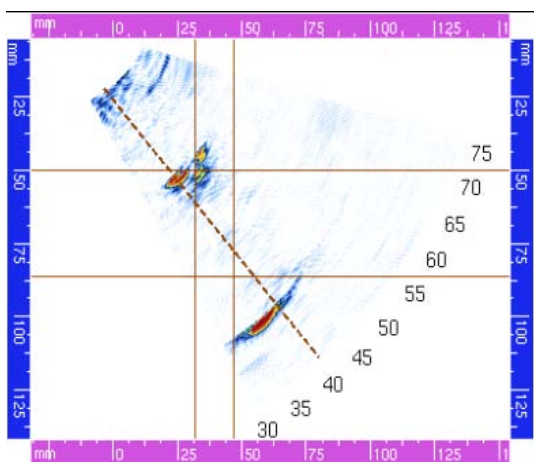


Abbildung 8

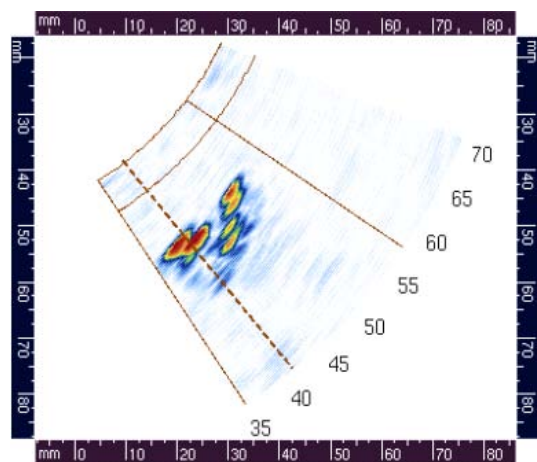


Abbildung 9

Anwender haben die Möglichkeit, den Prüfbereich in verschiedene Tiefenzonen aufzuteilen. Dabei kann ein Scan den gesamten Prüfbereich wie in Abbildung 8 darstellen. Besondere Tiefenbereiche können zeitgleich in einer zweiten Scan Aufgabe (Abbildung 9) definiert sein. Die zeitgleiche Nutzung mehrfacher Scan Aufgaben ist ein Hilfsmittel zur Optimierung der Geräteeinstellungen für verschiedene Tiefenbereiche. Derzeit unterstützen mobile Geräte bis zu vier Scan Aufgaben unter Verwendung eines Sensors.

Ultraschall- Gruppenstrahlertechnik erlaubt die Verwendung der verschiedenen Wellenarten gleichzeitig. So kann beispielsweise die Longitudinal- und Transversalwelle gleichzeitig zur Ortung von Reflektoren verwendet werden.

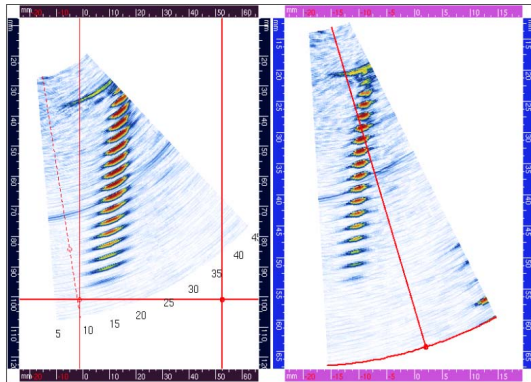


Abbildung 10

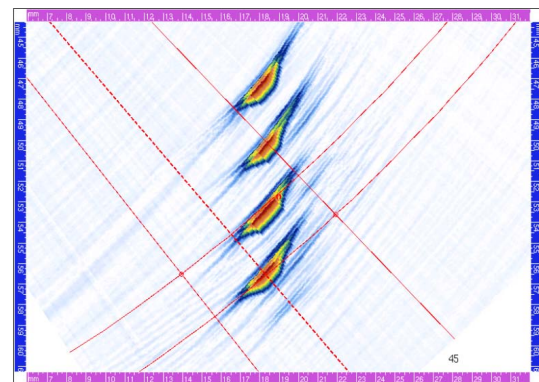


Abbildung 11

Abbildung 10 zeigt den Einsatz der Gruppenstrahlertechnik an einem Gewindebolzen. Die Gewindegänge sind mit den oben genannten verschiedenen Wellenarten abgebildet. Abbildung 11 demonstriert die Nutzung der Zoom Funktion. Reflektionsstellen können vergrößert dargestellt, besser analysiert werden.

Die letzten Beispiele dokumentieren den Einsatz der Gruppenstrahlertechnik an Schweißverbindungen in kompliziert prüfbar Ausführungen. Die geschilderten Beispiele galten als kompliziert, weil zum einen eine Wanddicke von 2,5 Millimeter zu prüfen war. Im anderen Beispiel (25mm Dicke) bestand die Herausforderung in der Erfassung des Schweißnahtvolumens ohne ausreichende Verfügbarkeit eines Verschiebeweges für den Prüfkopf. Beide Aufgaben konnten mit der Gruppenstrahlertechnik gelöst werden.

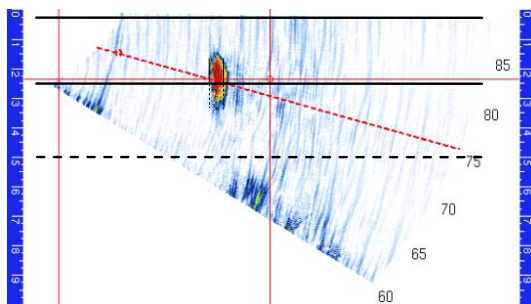


Abbildung 12

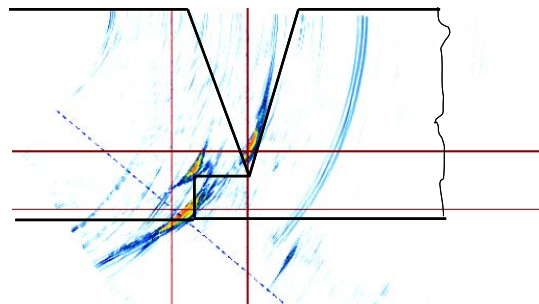


Abbildung 13

6. Zusammenfassung der Erfahrungen

Die geschilderten Beispiele können zusammenfassend folgende Aussage bestätigen. Die manuellen Geräte der Gruppenstrahlertechnik besitzen ein großes Potenzial. Der Einsatzbereich umfasst verschiedene Anwendungstechniken an kleinen und großen Bauteilen, sowie an einfachen und komplizierten Bauteilgeometrien.

Am sinnvollsten erscheint der Einsatz, wenn andere Prüfmethode bisher keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefern konnten. Dies gilt insbesondere für Prüfungen, bei denen es große Einschränkungen in der Zugänglichkeit gibt.

Eine optimale Nutzung der Gruppenstrahlertechnik ist nur durch geschultes Fachpersonal möglich. Bauteiltechnische Kenntnisse sind zur Optimierung der Geräteparameter zwingend erforderlich.

Die Integration in Normen und Vorschriften lässt noch auf sich warten. Für die Zukunft ergibt sich eine Notwendigkeit zur Verbesserung der Akzeptanz in Normen und Vorschriften.