

Bildgebende Schweißpunktprüfung mit Phased Arrays

DGZFP Arbeitskreis Düsseldorf am 10.01.2022

Stefan Kierspel (kierspel@karldeutsch.de)

KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal

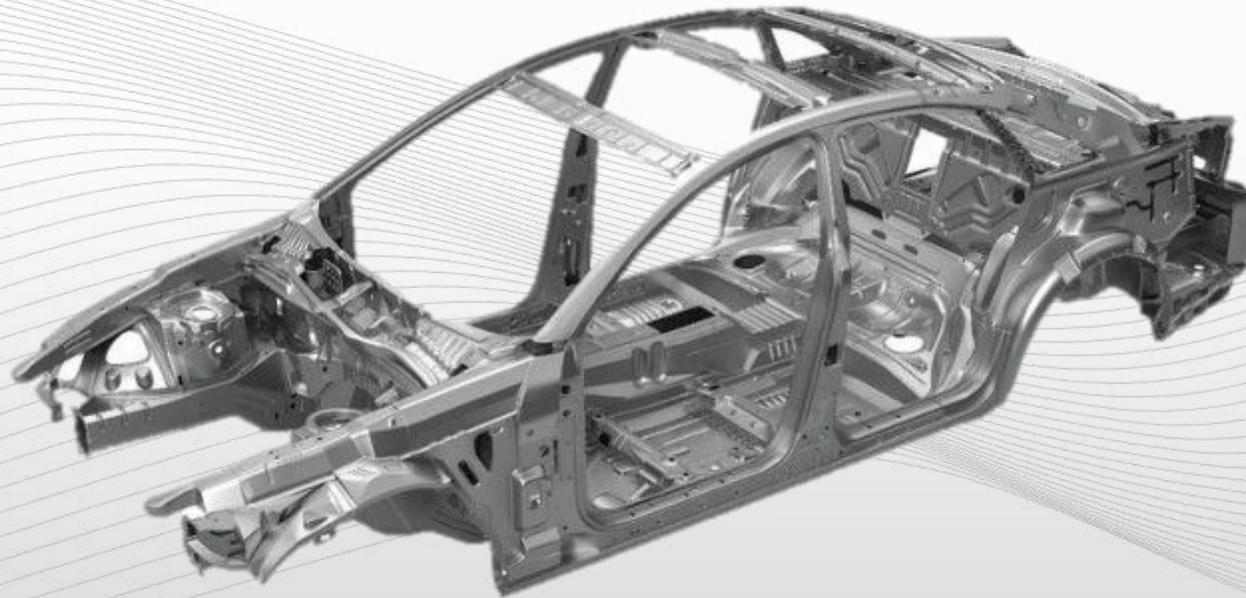
KARL DEUTSCH
Mit Sicherheit geprüft! Definitely Tested!

Inhalt

- **Allgemeine Informationen zu Schweißpunkten**
- **Methoden zur Prüfung von Schweißpunkten**
 - **Zerstörend**
 - **Zerstörungsfrei mit konventionellem Ultraschall**
 - # Grundlagen und Methodik
 - **Zerstörungsfrei mit Phased Array Ultraschall (PAUT)**
 - # Prüfkopf
 - # Prüfelektronik
 - # Prüfprinzip
 - # Darstellung
 - # Erfasste Messgrößen
 - # Auswertung
- **Kurze Live-Demo**

Schweißpunktverbindungen im Karosseriebau

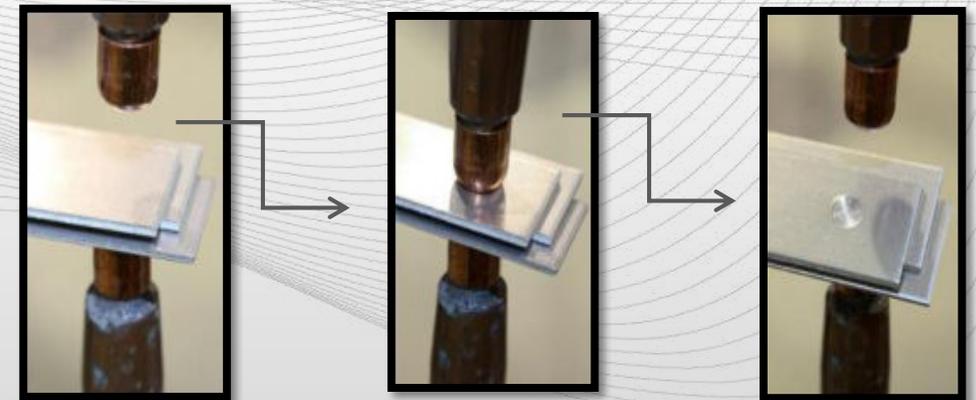
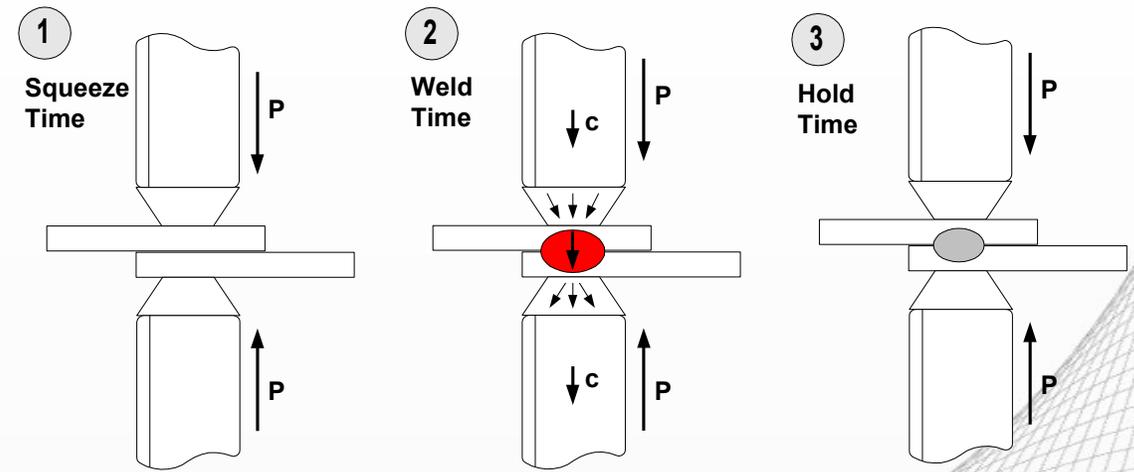
- Etwa 4.000 – 8.000 Fügeverbindungen je Karosserie
- Anteil an Schweißpunktverbindungen stets signifikant hoch
- Können schnell hergestellt werden und sind hochfest



...sofern sie qualitativ in Ordnung sind

Schweißpunktverbindungen im Karosseriebau

- Herstellung von Schweißpunktverbindungen in 3 Schritten
- Zusammendrücken
- Aufschmelzen
- Abkühlungsphase
- Dauer: ca. 1 Sekunde



- **Zwei Arten der Prüfung**

- **Zerstörende Prüfung, z.B. Hammer und Meißel.**

Nachteil:

- Keine Prüfung von später verwendeten Bauteilen und Schweißpunkten, da diese nach der Prüfung kaputt sind.
- Erzeugung von erheblichen Schrottmengen und damit verbundenen Kosten

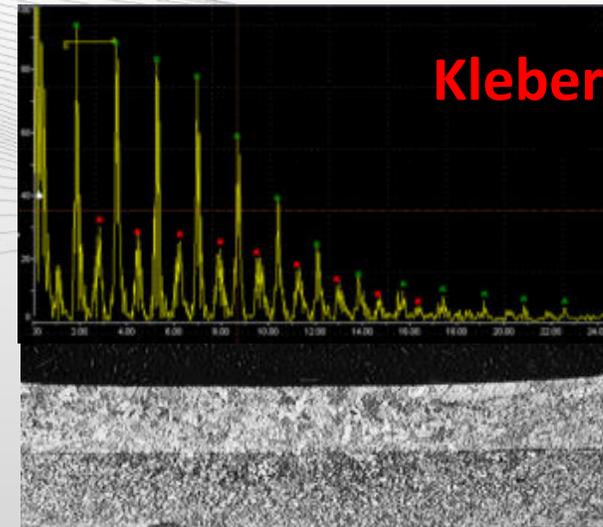
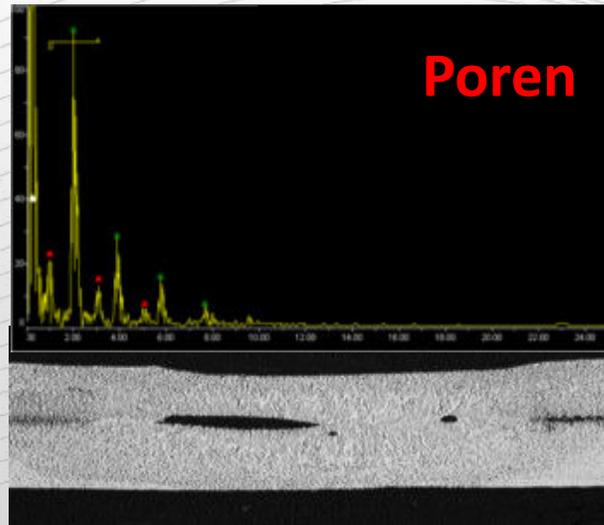
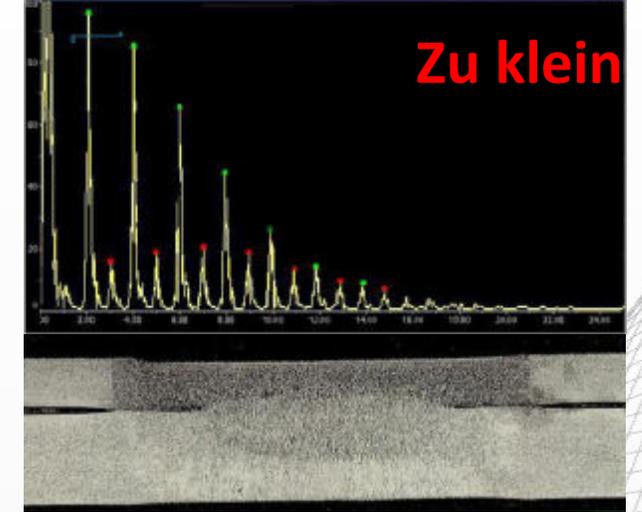
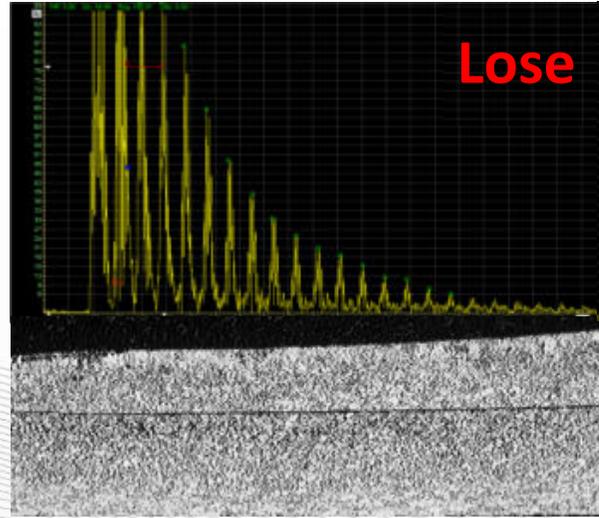
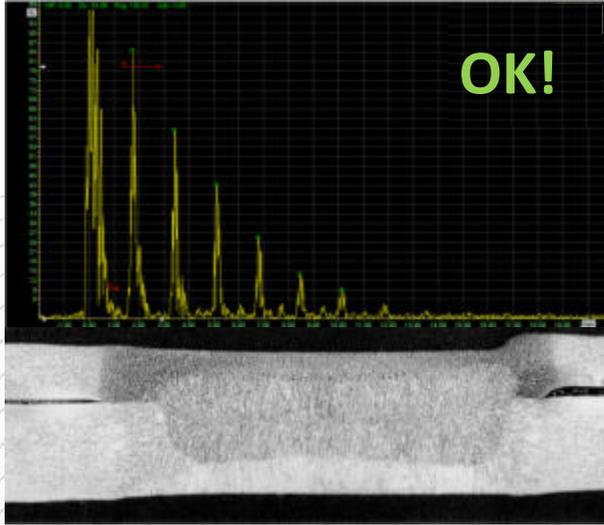
- **Zerstörungsfreie Prüfung, i.d.R. mit Ultraschall.**

Vorgehen bisher:

- Vergleich eines definierten Schallbündeldurchmessers mit einem nominellen Schweißlinsendurchmesser

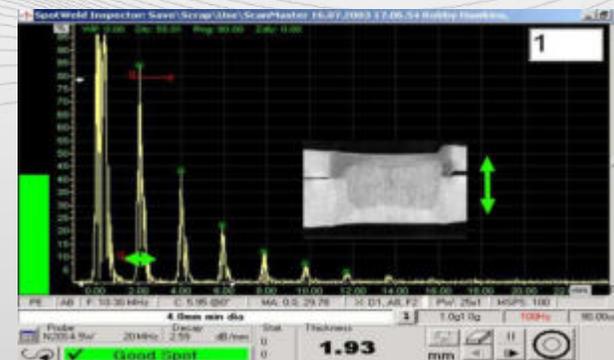
Schweißpunktprüfung mit Ultraschall - bisher

Typische Bewertungen und deren Ultraschall A-Bilder



Die Schweißpunktprüfung mit Ultraschall

- ist ein vor allem im Karosseriebau seit Jahrzehnten eingesetztes, bewährtes Verfahren zur Beurteilung der Schweißpunktqualität
- erlaubt die Vermeidung von Schrott durch die Reduktion von zerstörenden Prüfungen
- verwendet anpassbare Algorithmen zur automatischen Bewertung
- erlaubt ein direktes Feedback an den Schweißprozess



Nachteile der Einschwingertechnik:

- Schallbündeldurchmesser des verwendeten Prüfkopfes muss auf nominellen Linsendurchmesser angepasst sein
- Viele Prüfköpfe notwendig
- Schweißpunkt wird nicht „vermessen“ sondern „verglichen“
- Aussagen über die Linsenform, verschweißte Bereiche etc. sind kaum möglich



Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Verwendung eines
Phased Array Matrix
Prüfkopfes mit
61 Elementen

Elementgröße
(bzw. Pitch)
z.B. 1 x 1 mm

Anordnung der
61 Elemente

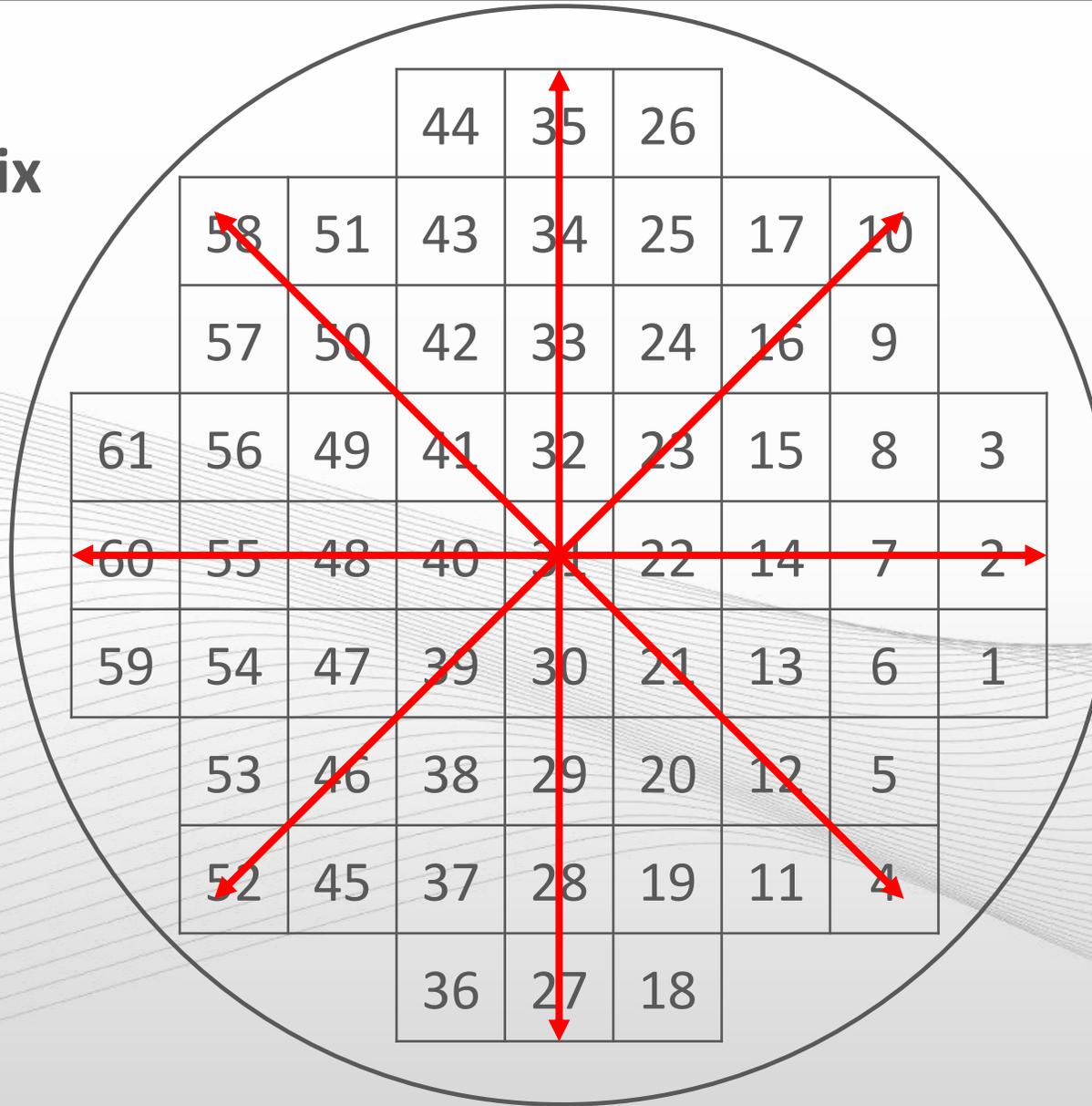
			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Verwendung eines
Phased Array Matrix
Prüfkopfes mit
61 Elementen

Elementgröße
(bzw. Pitch)
z.B. 1 x 1 mm

Anordnung der
61 Elemente



Abdeckung von
Linsendurchmessern
bis 9 mm mit einem
Prüfkopf

Auflösung aufgrund
der Elementgröße
maximal 1 mm

=> Auflösung nicht
ausreichend

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

**Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik**

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Senden

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Empfangen

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	
59	54	47	39	30	21	13	6	
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Senden

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	
59	54	47	39	30	21	13	6	
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Empfangen

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Senden

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Empfangen

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	
60	55	48	40	31	22	14	7	
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Senden

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	
60	55	48	40	31	22	14	7	
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Empfangen

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Senden

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

Empfangen

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11		
			36	27	18			

Senden

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11		
			36	27	18			

Empfangen

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12		
	52	45	37	28	19	11		
			36	27	18			

Senden

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

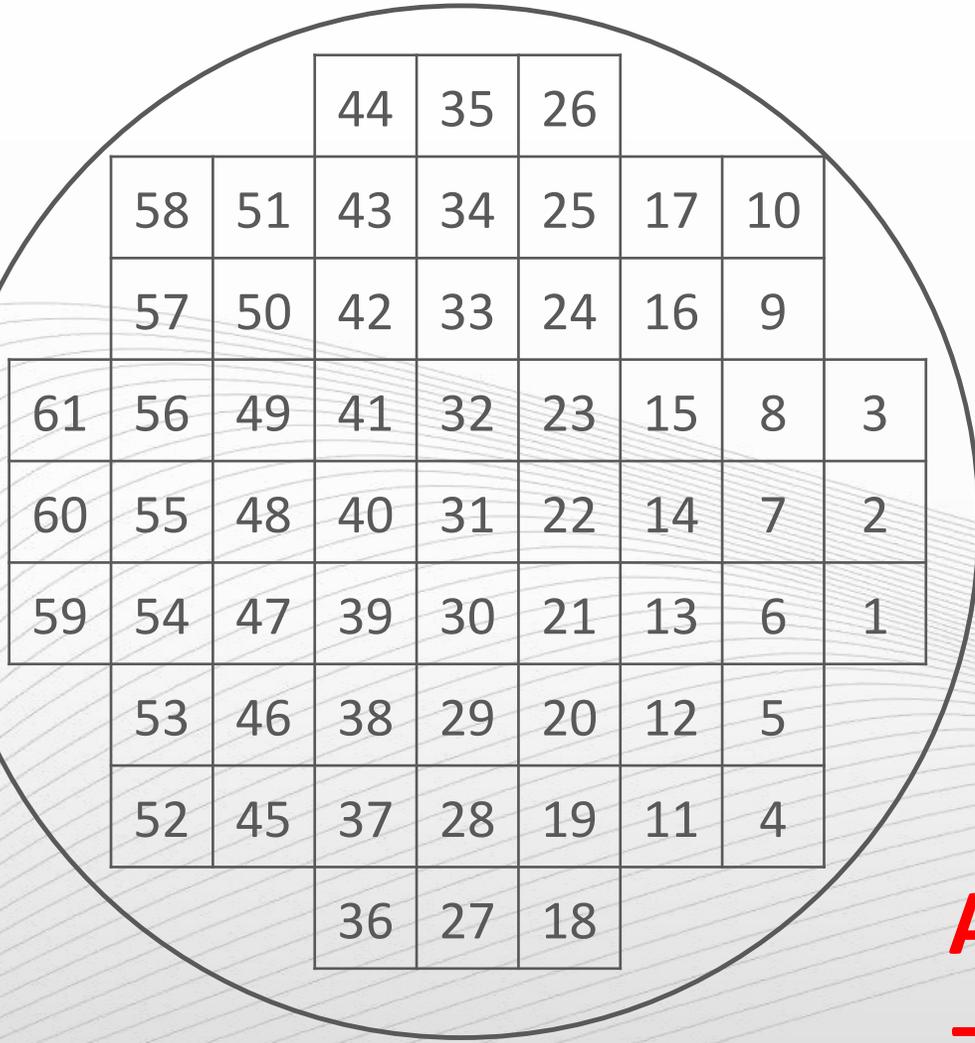
Erhöhung der
Auflösung
durch
Halbschritt-
technik

			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12		
	52	45	37	28	19	11		
			36	27	18			

Empfangen

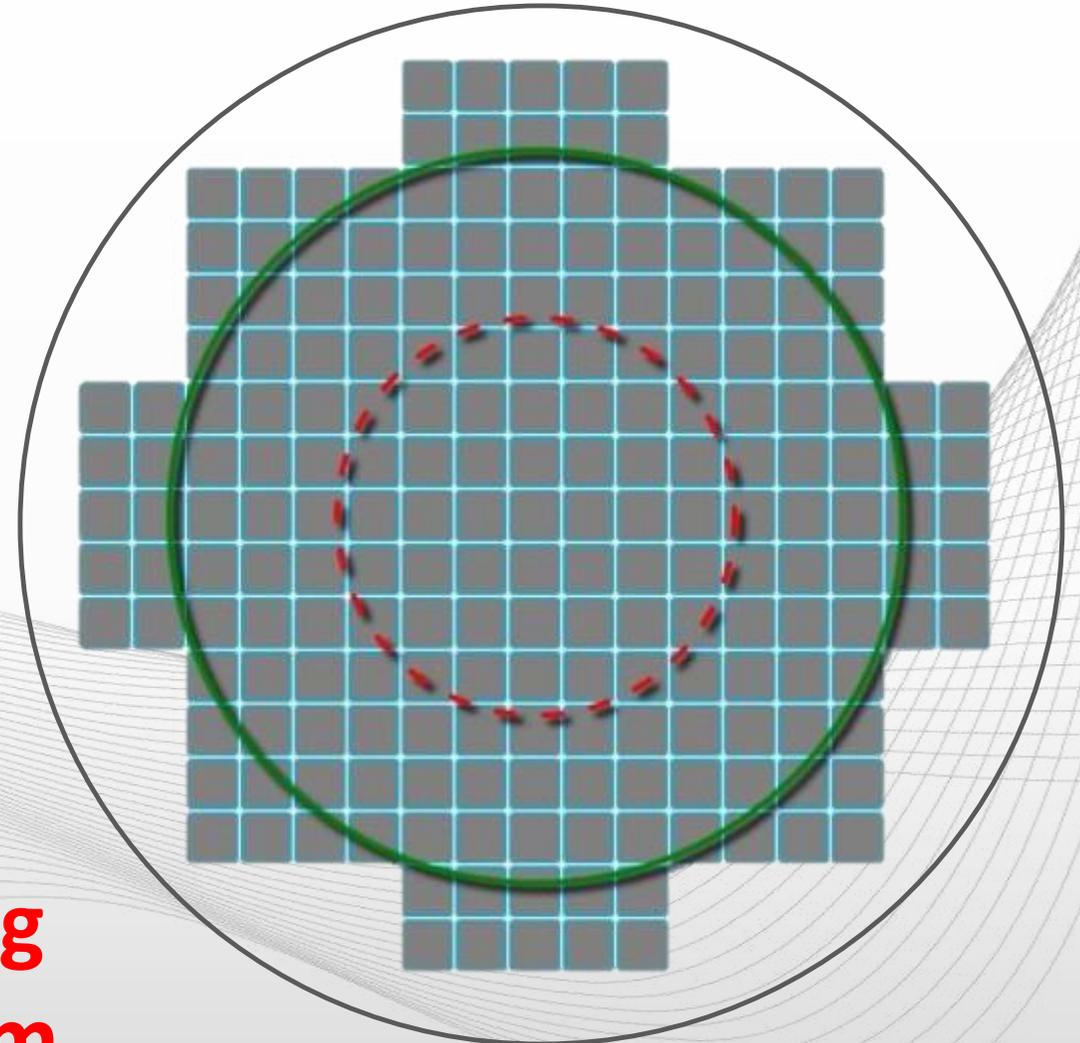
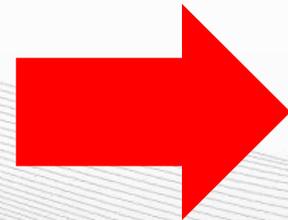
...und so weiter...

Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays



			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
			36	27	18			

61 physische Elemente



209 virtuelle Elemente (Messpixel)

**Auflösung
=> 0,5 mm**

■ Prüfköpfe

Pitch 2 x 2 mm, 10 MHz,
Abdeckung bis 16 mm Linsendurchmesser

Pitch 1 x 1 mm, 15 MHz,
Abdeckung bis 9 mm Linsendurchmesser

Prüfung mit fester
Vorlaufstrecke
oder flexibler
Membran bzw.
Wassersäule
möglich



Das UT/x

- ist die konsequente Weiterentwicklung der bewährten Prüfsysteme UT/Mate und UT/Pro
- verwendet deren bekannte Prüfmasken und Abläufe
- nutzt das PA Handprüfgerät MANTIS von M2M/Eddyfi als Hardware Plattform
- verwendet PA Matrix-Prüfköpfe mit 61 Elementen und 10 bzw. 15 MHz Prüffrequenz

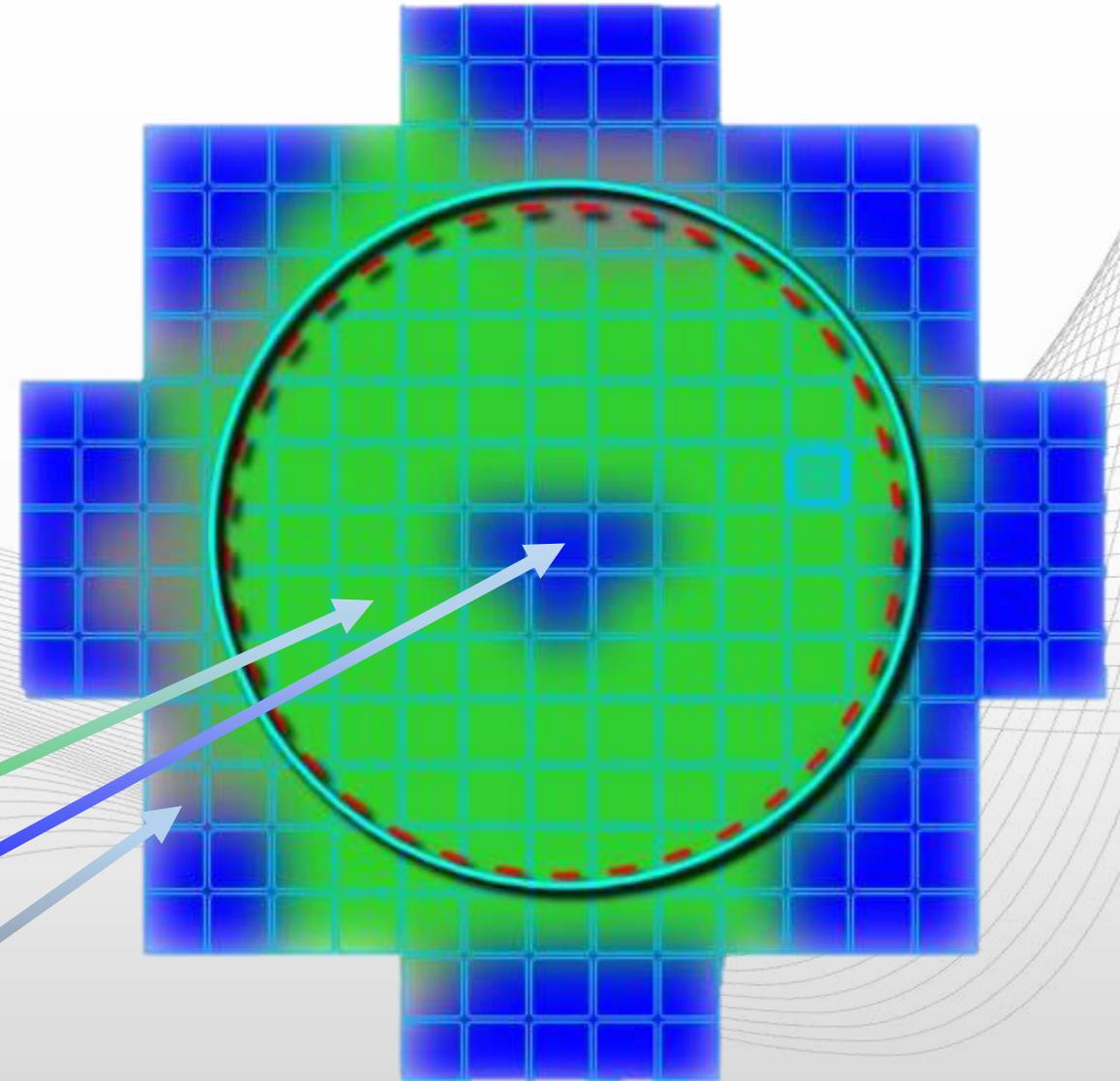


Der Prüfalgorithmus umfasst folgende Schritte

- Sequenzielles Senden und Empfangen aller Elemente in Halbschritttechnik
- Auswertung jedes einzelnen A-Bildes. Dabei kommen auch die Algorithmen der konventionellen Prüfung zur Anwendung
- Darstellung der Ergebnisse der virtuellen Einzelelemente in einer Pixelmatrix

Bedeutung der Pixelfarben:

- Gute Verschweißung
- Keine Verschweißung
- Bewertung nicht möglich



Folgende Informationen zur Schweißlinse werden ausgegeben

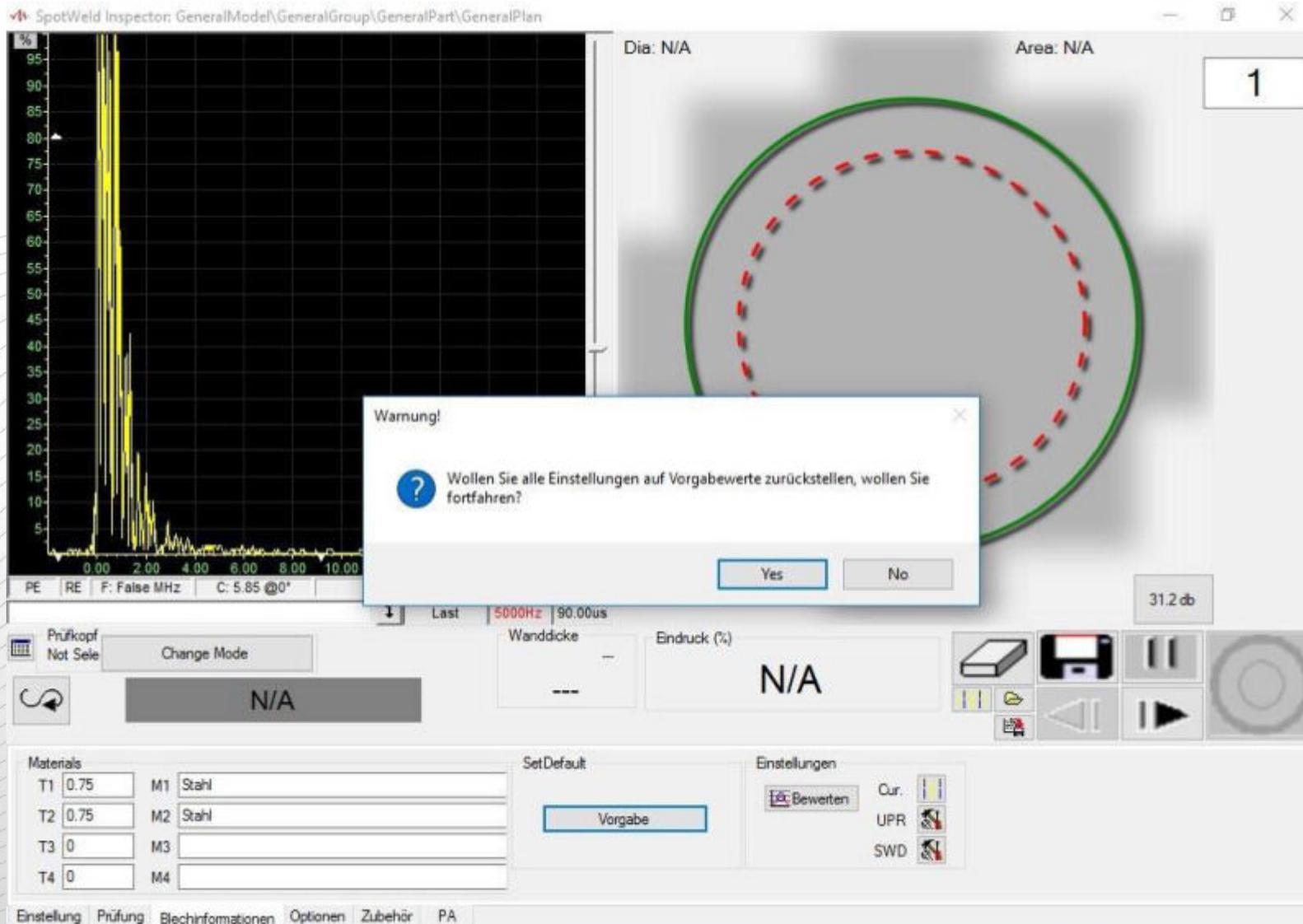
- **visuelle Darstellung des Schweißpunktes**
- **Positionierung des PK zur Linse (bei nicht senkrechtem Aufsitzen Farben transparenter)**
- **Durchmesser der Schweißlinse (wählbar zwischen umfassenden Radius, eingeschlossenem Radius oder 2 Diagonalen)**
- **Fläche des verschweißten Bereichs**
- **Dicke des Schweißpunktes bzw. dessen Eindruck-Tiefe**
- **automatische Klassifizierung des Schweißpunktes**

Die automatische Bewertung erfolgt wahlweise auf Grundlage

- der Vermessung des Durchmessers
- oder der Vermessung des verschweißten Bereiches
- oder der Vermessung der Eindruck-Tiefe bzw. Restwandstärke
- oder der statistischen Auswertung der A-Bilder der Einzelelemente
- ...ODER einer beliebigen Kombination der genannten Faktoren

Bei Auswahl zweier oder mehrerer Bewertungsfaktoren führt eine NIO Bewertung eines Faktors zur Negativbewertung der Schweißlinse

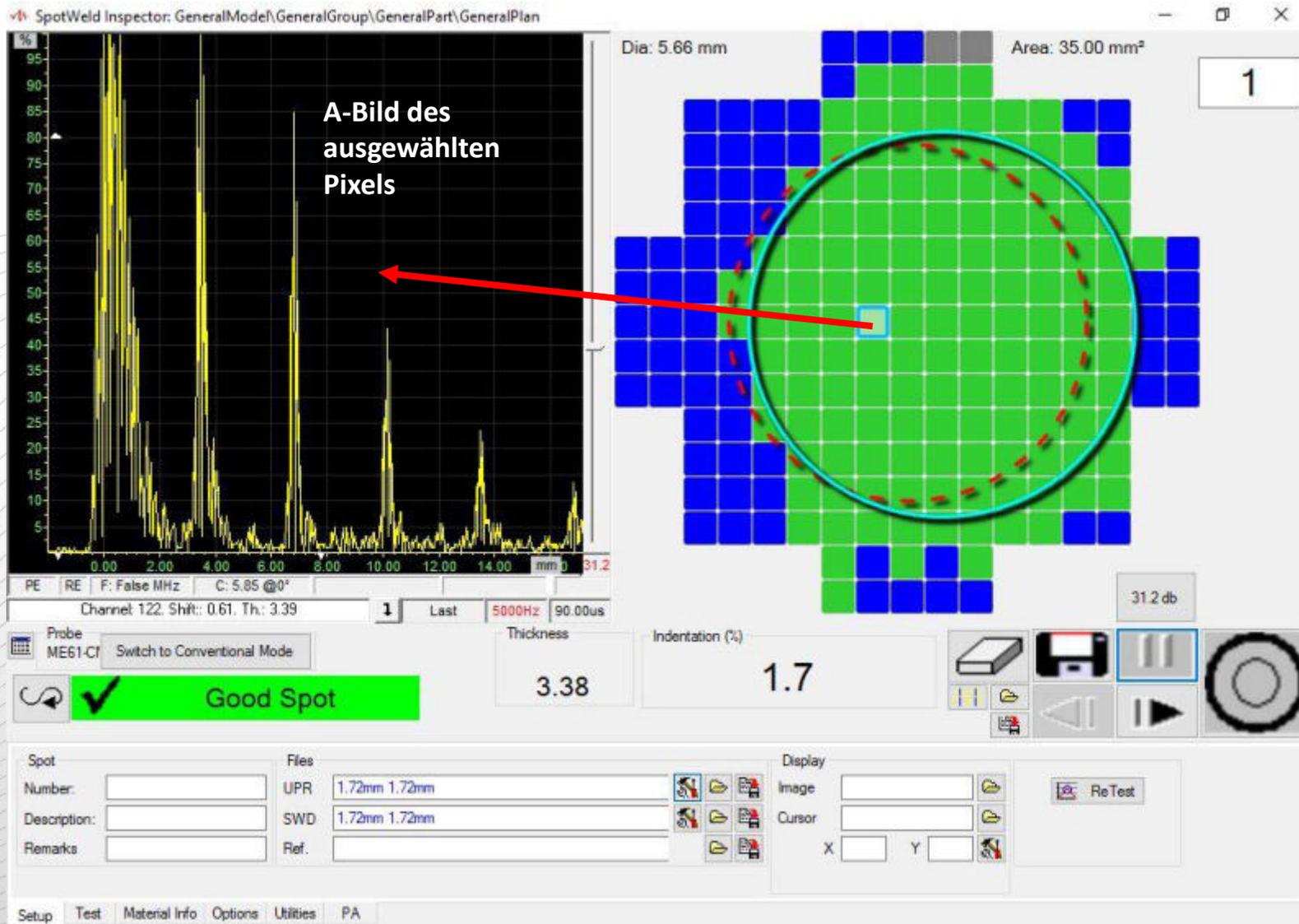
Einrichten des Gerätes



Schnelles Setup

- Eingabe der Blechkombinationen
- Automatisches Setzen der Vorgabewerte
- Auswahl der anzuwendenden Bewertungskriterien

Prüfung



Spezieller PA Algorithmus erzeugt 209 virtuelle Elemente, dadurch deutlich erhöhtes Auflösungsvermögen

Roter gestrichelter Kreis:

Mindest-
durchmesser

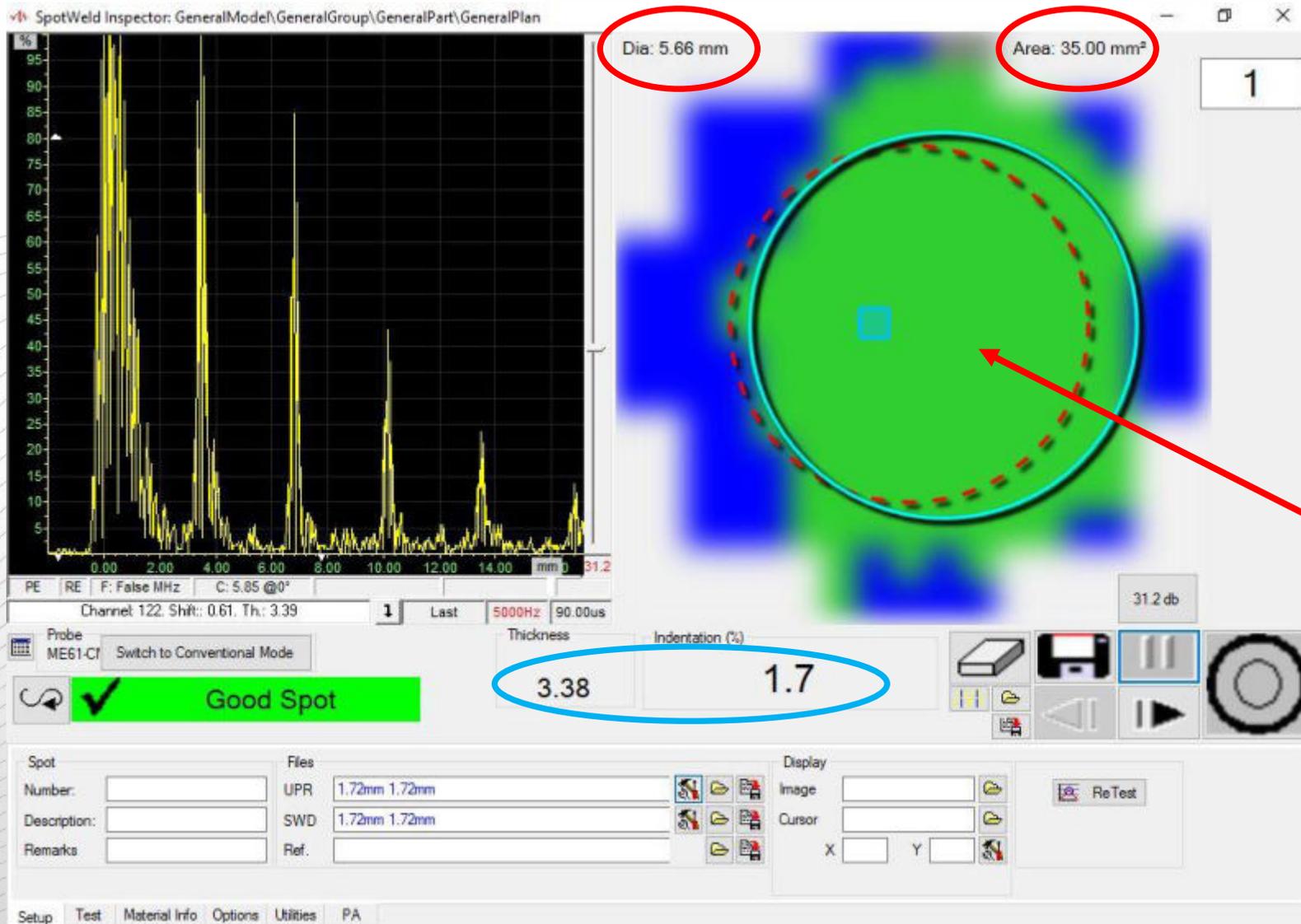


Hellblauer
durchgezogener Kreis:

Gemessener
Durchmesser



Prüfung



Gerenderte Darstellung eines guten Punktes

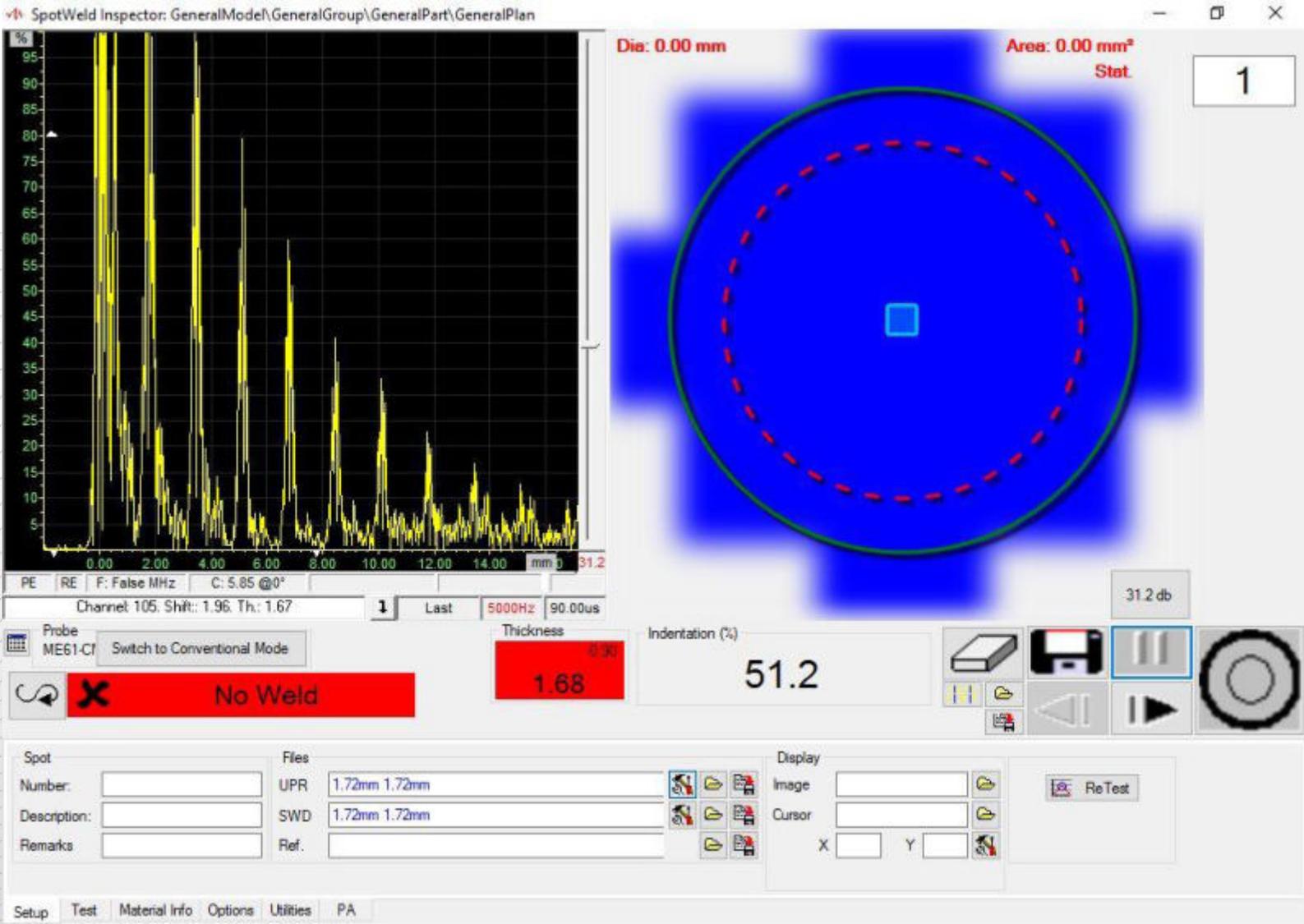
Bewertungskriterien:

- Durchmesser (Innen, Außen oder D1/D2)
- Verschweißter Bereich
- Dicke des Punktes bzw. Eindringtiefe
- Statistik

Kriterien sind frei kombinierbar

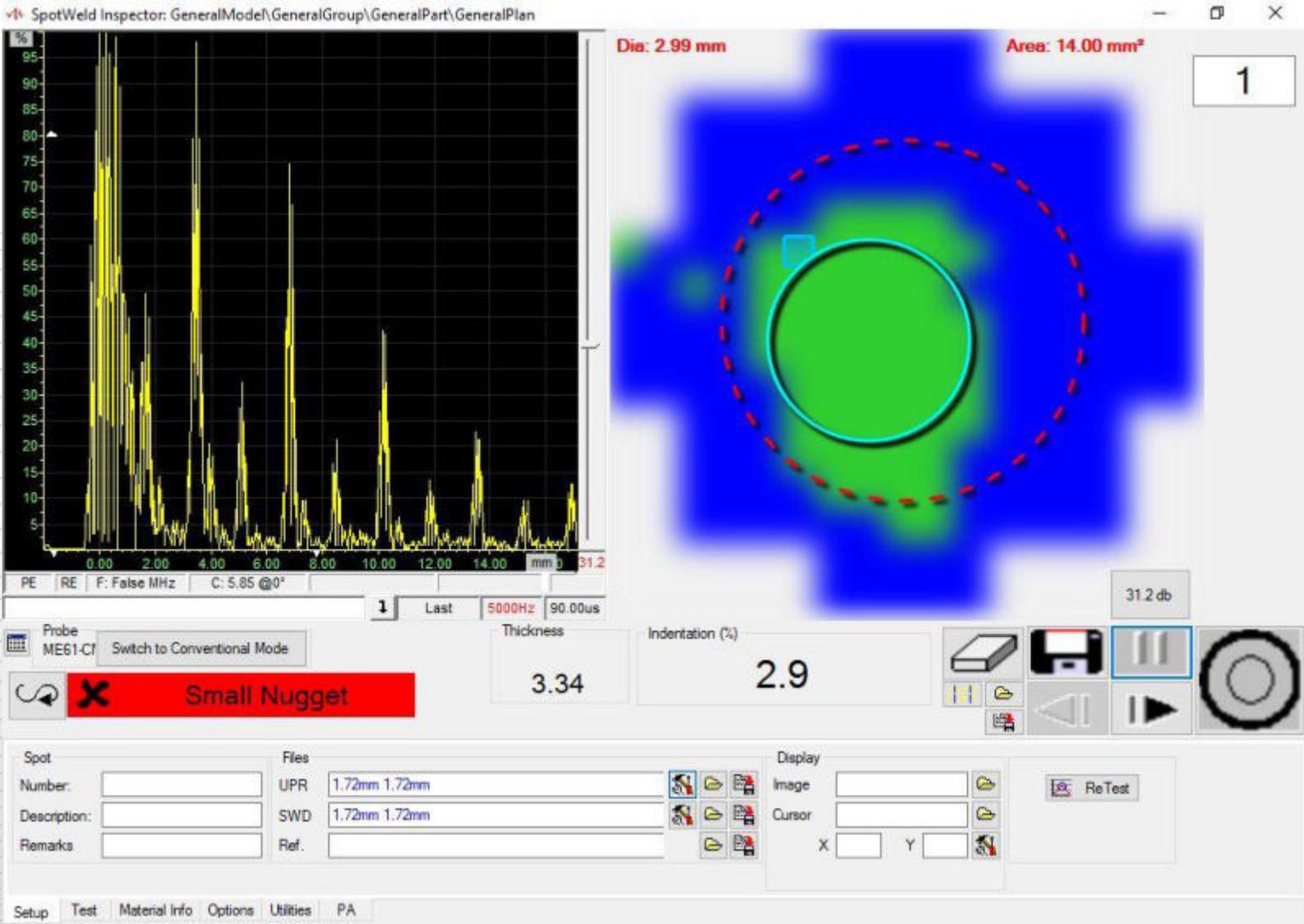
Punkt ist IO

Prüfung



Keine Schweißung

Prüfung



Kleine Linse

Prüfbericht

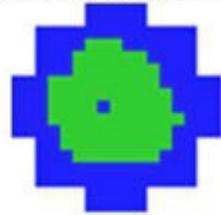
- Automatisches Erzeugen eines Prüfberichtes und Export in Standard-Format (xls oder txt)

The screenshot shows a software window titled 'Basic Report' with a toolbar at the top. The 'Exports...' button in the toolbar is circled in red. The main content area displays a report for 'SpotWeld PA' with the following data:

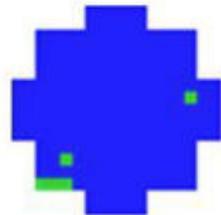
Parameter	Value	Typ	General/Code	Zuordnung	geprüft
Partnr:	Primary Account	Typ:	General/Code	Zuordnung	10/10
Schicht:	First Shift	Gruppe:	General/Group	Plan:	General/Plan
Datum:	23/04/2021 1:41 PM	Teil:	General/Part	Hinweis:	new
Bericht:	23/04/2021 01:41:49 Primary Account				I.I.O. 7 (70.0%) I.I.O. 3 (30.0%) Insprman 00

General/Modell/General/Group/General/Part/General/Plan/23/04/2021 01:41:49 Primary Account

1 Punkter: #1
Ergebnis: I.O.
Kategorie: Good Spot
Wanddicke: 1.34
Diameter: 4.33 mm
Dx/Dz: 5.22 / 4.41 mm
Area: 20.00 mm²
dB: 31
Probe Type: Phased Array
UPR: 0.75mm 0.75mm
SWD: 0.75mm 0.75mm
Beschreibung:
Hinweis:



2 Punkter: #2
Ergebnis: N.I.O.
Kategorie: No Weld
Wanddicke: 0.67
Diameter: 0.00 mm
Dx/Dz: 0.00 / 0.00 mm
Area: 1.25 mm²
dB: 31
Probe Type: Phased Array
UPR: 0.75mm 0.75mm
SWD: 0.75mm 0.75mm
Beschreibung:
Hinweis:



Seite 1 von 4 gedruckt am: 23/04/2021 von: Primary Account

Bei der Prüfung von Schweißpunkten mit UT/x PA

- wird der Schweißpunktdurchmesser vermessen und nicht nur mit dem Schallfeld verglichen
- ist nur noch ein Prüfkopf erforderlich
- werden wahlweise ein oder mehrere Bewertungskriterium verwendet und kombiniert
- können bewährte Auswertelgorithmen verwendet und statistisch ausgewertet werden
- wird eine visuelle Darstellung des Schweißpunktes am Bildschirm ausgegeben
- können bestehende Prüfpläne verwendet und in die neue Prüfmethode überführt werden

ENDE

**Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit!!!**

Visit us at:



KARL DEUTSCH
Mit Sicherheit geprüft! Definitely Tested!