

# Bildgebende Schweißpunktprüfung

Stefan KIERSPEL <sup>1</sup>

<sup>1</sup> KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal

Kontakt E-Mail: [kierspel@karldeutsch.de](mailto:kierspel@karldeutsch.de)

## Kurzfassung

Die Prüfung von Schweißpunkten mit Ultraschall ist ein seit Jahrzehnten etabliertes Verfahren - nicht nur in der Automobilindustrie. Dabei werden vorgegebene Schweißlinsendurchmesser mit definierten Schallfelddurchmessern von speziell für diesen Anwendungsfall gefertigten Prüfköpfen verglichen. Aus den dabei gewonnenen Signalfolgen können Rückschlüsse auf den Zustand der Schweißlinse gezogen werden. Allerdings gibt es Grenzen hinsichtlich der horizontalen Auflösung der Signale und deren Bewertung. Dies zu verbessern ist Ziel der bildgebenden Schweißpunktprüfung mit Phased-Array-Ultraschall. Die Verwendung von Matrix-Array Prüfköpfen liefert nicht nur detailreichere Informationen aus der Fügeebene, es ermöglicht auch die Vermessung der Schweißlinse hinsichtlich Dicke, Durchmesser und verschweißtem Bereich. Spezielle Phased Array Algorithmen werden dabei verwendet, um die laterale Auflösung zu verbessern. Vor allem aber erhält man eine visualisierte Darstellung der Schweißlinse. Der folgende Vortrag soll zeigen, wie die Prüfung mit Phased-Array Ultraschall ausgeführt wird, welche Ergebnisse dabei erzielt und wie diese dargestellt werden.

# Bildgebende Schweißpunktprüfung mit Phased Arrays

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05. – 25.05.2022

Stefan Kierspel (kierspel@karldeutsch.de)

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

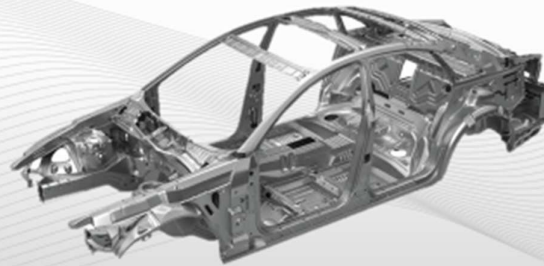
**KARL DEUTSCH**  
Mit Sicherheit geprüft! Definitely Tested!

## 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

## Schweißpunktverbindungen im Karosseriebau

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

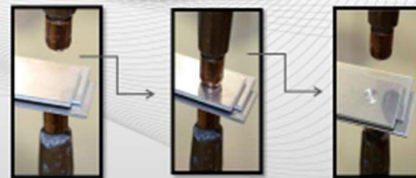
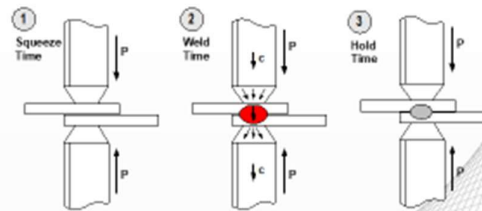


...sofern sie qualitativ in Ordnung sind

## Schweißpunktverbindungen im Karosseriebau

- Herstellung von Schweißpunktverbindungen in 3 Schritten

- Zusammendrücken
- Aufschmelzen
- Abkühlungsphase
- Dauer: ca. 1 Sekunde



## Prüfung von Schweißpunktverbindungen

### ▪ Zwei Arten der Prüfung

#### ▪ Zerstörende Prüfung, z.B. Hammer und Meißel.

Nachteil:

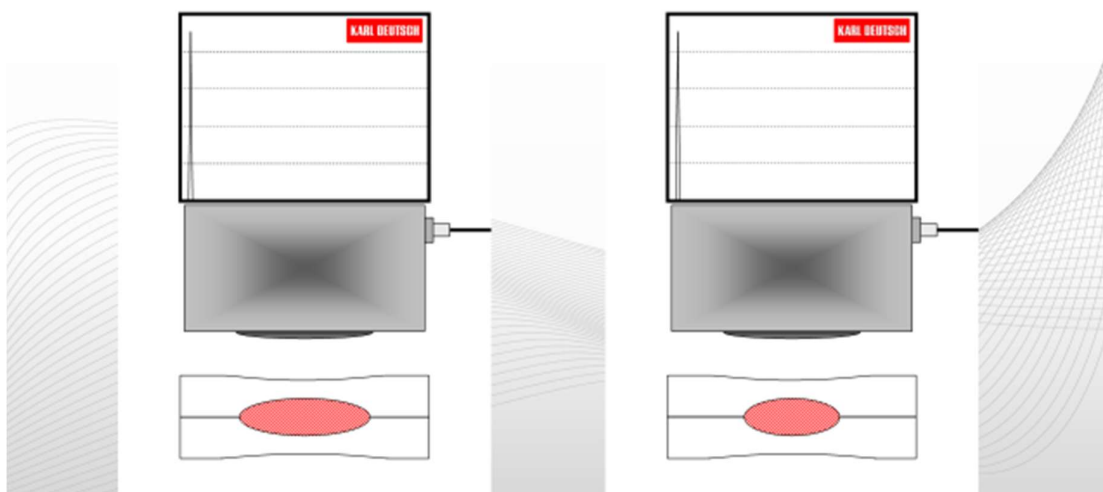
- Keine Prüfung von später verwendeten Bauteilen und Schweißpunkten, da diese nach der Prüfung kaputt sind.
- Erzeugung von erheblichen Schrottmengen und damit verbundenen Kosten

#### ▪ Zerstörungsfreie Prüfung, i.d.R. mit Ultraschall.

Vorgehen bisher:

- Vergleich eines definierten Schallbündeldurchmessers mit einem nominellen Schweißlinsendurchmesser

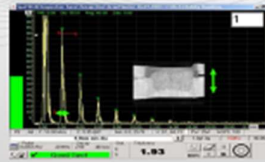
## Schweißpunktprüfung mit Ultraschall - bisher



## Schweißpunktprüfung mit Ultraschall - bisher

### 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



## Schweißpunktprüfung mit Ultraschall - bisher

### 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				

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

KARL DEUTSCH

## 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				

Abdeckung von  
Linsendurchmessern  
bis 9 mm mit einem  
Prüfkopf

Auflösung aufgrund  
der Elementgröße  
maximal 1 mm

=> Auflösung nicht  
ausreichend

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

KARL DEUTSCH

## 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				

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

**KARL DEUTSCH**

## Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

Erhöhung der  
Auflösung  
durch  
Halbschritt-  
technik

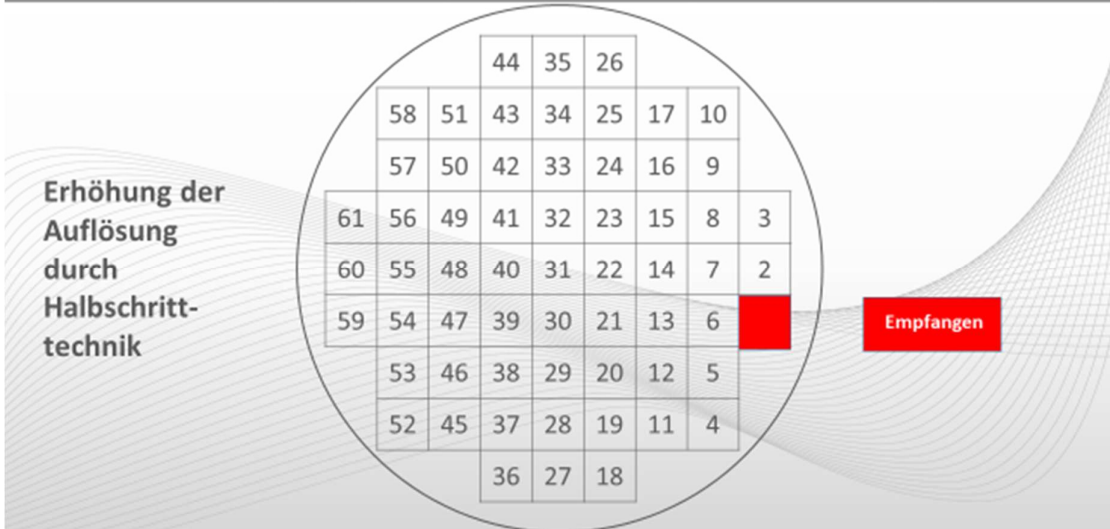
			44	35	26			
	58	51	43	34	25	17	10	
	57	50	42	33	24	16	9	
61	56	49	41	32	23	15	8	3
60	55	48	40	31	22	14	7	2
59	54	47	39	30	21	13	6	1
	53	46	38	29	20	12	5	
	52	45	37	28	19	11	4	
		36	27	18				

Senden

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

**KARL DEUTSCH**

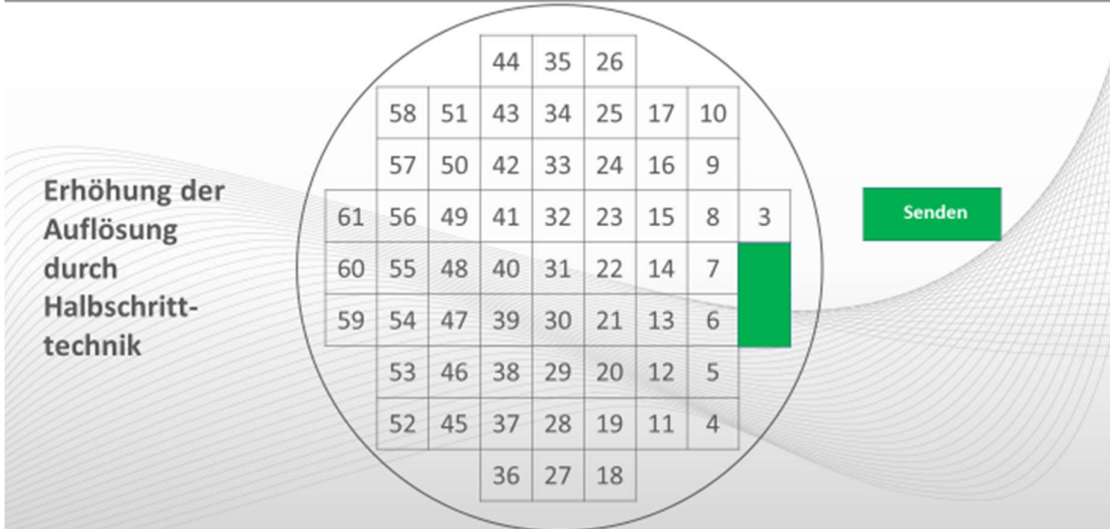
## Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays



DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

**KARL DEUTSCH**

## Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays

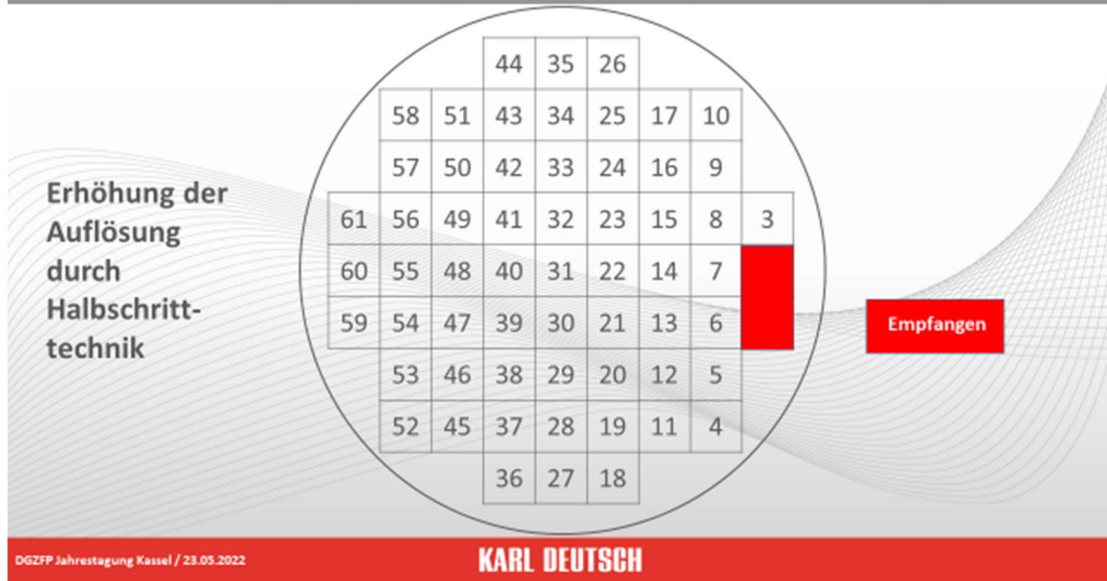


DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

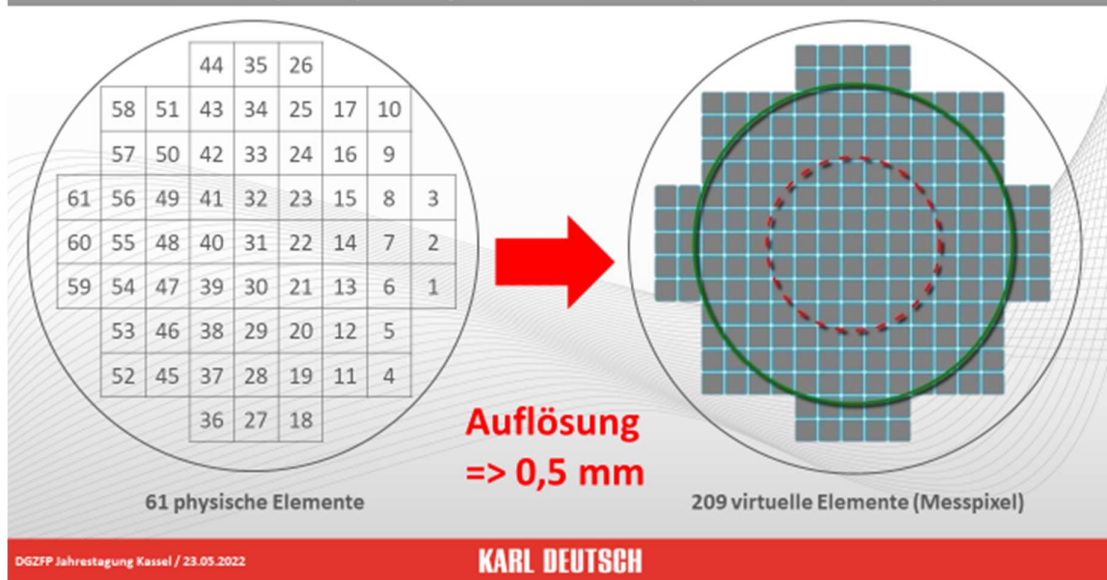
**KARL DEUTSCH**



## Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays



## Schweißpunktprüfung mit Ultraschall – jetzt: Phased Arrays



## Prüfkopf

### 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



## Prüfelektronik

### Das UT/x

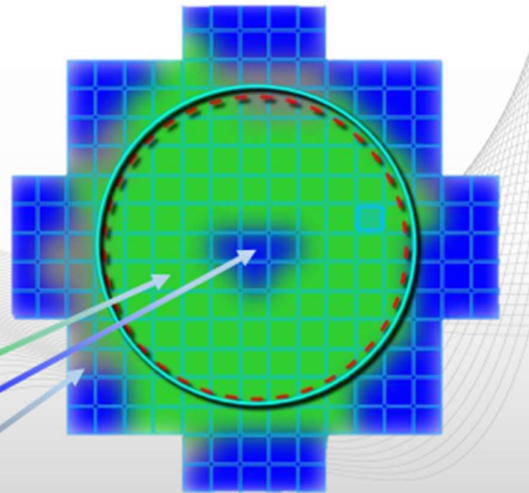
- ist die konsequente Weiterentwicklung der bewährten Prüfsysteme UT/Mate und UT/Pro
- verwendet deren bekannte Prüfmasken und Abläufe
- nutzt das PA Handprüfgerät MANTIS von M2M/Eddyfi als Hardware Plattform
- verwendet PA Matrix-Prüfköpfe mit 61 Elementen und 10 bzw. 15 MHz Prüffrequenz



## Prüfprinzip

### 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



DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

KARL DEUTSCH

## Erfasste Messgrößen

### 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

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

KARL DEUTSCH

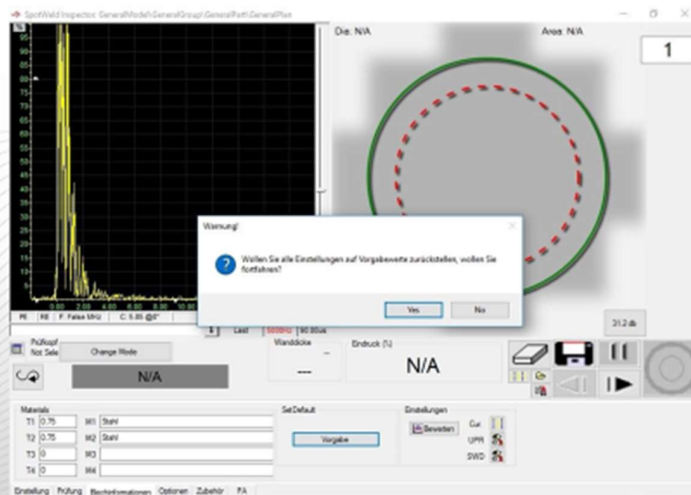
## Bewertung

### 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

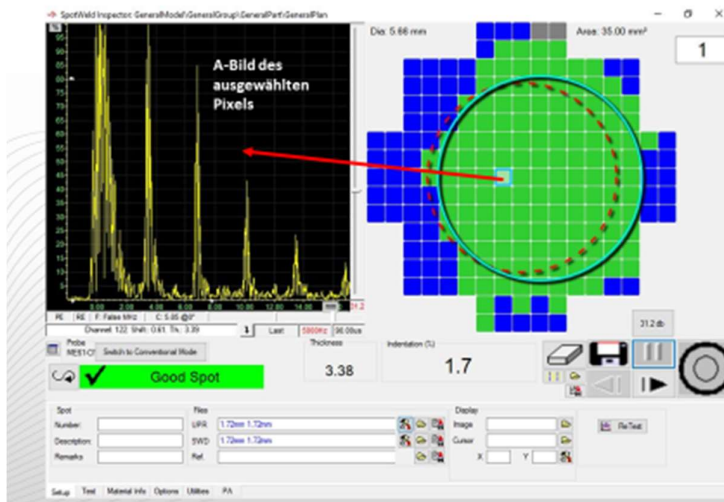
## Einrichten des Gerätes



### 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:

Minstdurchmesser



Hellblauer durchgezogener Kreis:

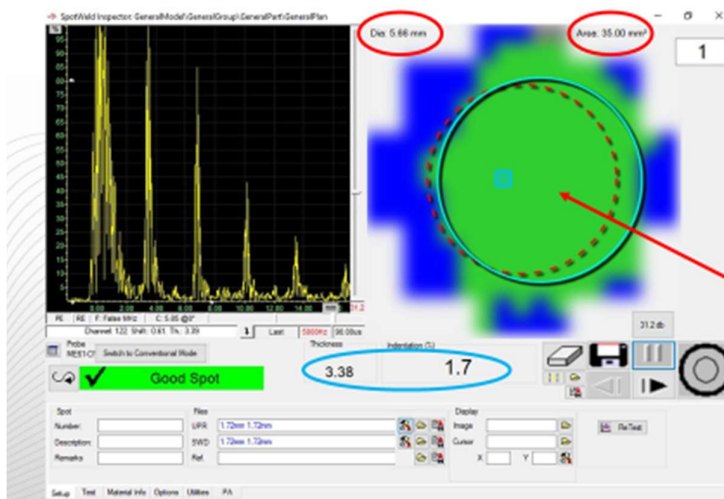
Gemessener Durchmesser



DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

KARL DEUTSCH

## Prüfung



Gerenderte Darstellung eines guten Punktes

Bewertungskriterien:

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

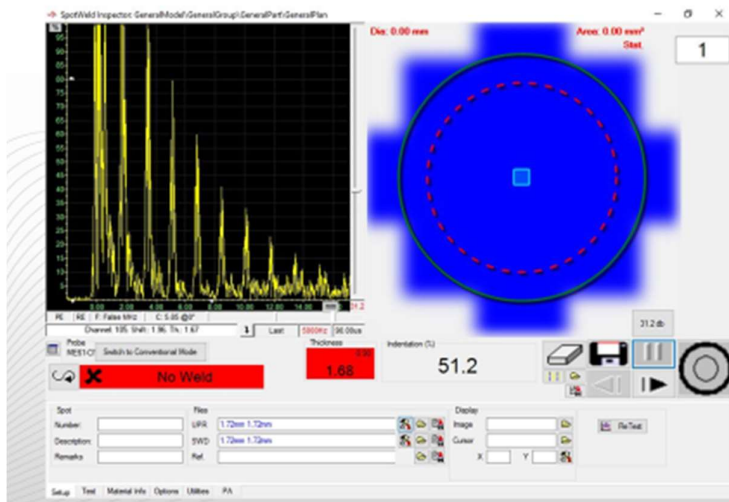
Kriterien sind frei kombinierbar

**Punkt ist IO**

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

KARL DEUTSCH

## Prüfung

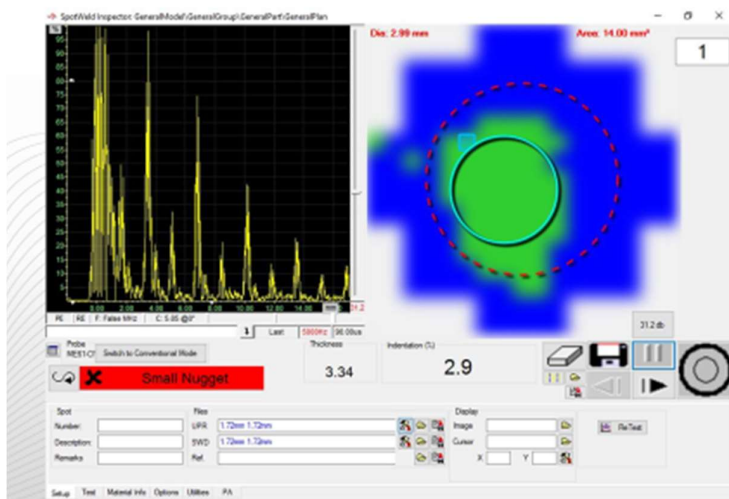


**Keine Schweißung**

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

**KARL DEUTSCH**

## Prüfung



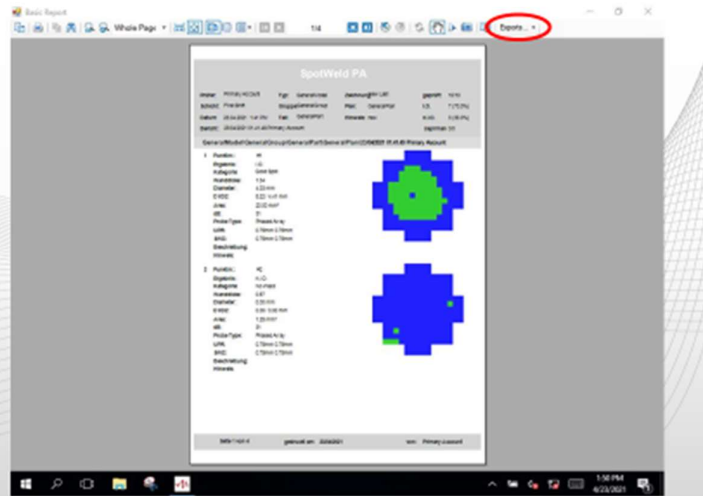
**Kleine Linse**

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

**KARL DEUTSCH**

## Prüfbericht

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



## Zusammenfassung

### 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!!!**

DGZFP Jahrestagung Kassel / 23.05.2022

**KARL DEUTSCH**