

Gestaltung eines Handbuchs zum Thema Phased Array – ein Leitfaden des Unterausschusses Phased-Array im DGZfP Fachausschuss Ultraschallprüfung für den Praktiker

Hans RIEDER ¹

¹ Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken

mit Beiträgen der Mitglieder des Unterausschusses Phased Array der DGZfP

Kurzfassung

Die Prüftechnik mittels Phased-Array ist heute als effizientes Prüfverfahren in vielen Anwendungen angekommen und kommt in verschiedenen Branchen zum Einsatz – von der Rohrprüfung bis zur Bauindustrie. Dabei handelt es sich um eine fortschrittliche Ultraschalltechnik im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung, die sowohl Herstellungsfehler als auch betriebsbedingte Schädigungen ermittelt. Außerdem kann die Phased-Array Technik für Wanddickenmessungen im Rahmen der Korrosionsprüfung eingesetzt werden. Dabei handelt es sich um eine äußerst effiziente Methode, bei der verschiedene Einschallwinkel und Fokustiefen mit nur einer speziellen Ultraschallsonde kombiniert werden können. Dadurch ist es möglich, verschiedene Prüfungen durchzuführen, ohne die Anordnung der Ultraschallwandler zu verändern.

Der Unterausschuss Phased-Array im DGZfP Fachausschuss Ultraschallprüfung hat sich zur Aufgabe gesetzt, ein Handbuch zum Thema zu entwerfen, welches u.a. Grundlagen, Gerätetechnik, Anwendungsszenarien und Beispiele aus der Prüfpraxis für den Praktiker zur Verfügung stellen wird.

Dieser Beitrag informiert anhand von Auszügen und Beispielen über Struktur und Inhalte des Handbuchs und über den aktuellen Stand. Der Vortrag wird als interaktiver Vortrag (IP2) präsentiert.



Gestaltung eines Handbuchs zum Thema Phased Array - ein Beitrag des Unterausschusses Phased-Array im DGZfP Fachausschuss Ultraschallprüfung für den Praktiker

DACH-Tagung
Salzburg, 11.-13.Mai 2015

Hans Rieder

Vorsitzender des Unterausschusses Phased-Array der DGZfP

mit Beiträgen der Mitglieder des Unterausschusses

IP2 - Interaktiver Vortrag während der Poster-Session
(Pilotprojekt für die WCNDT)

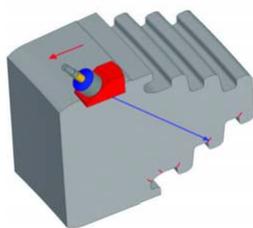


DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

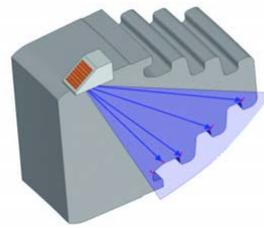
Unterausschuss Phased-Array



Motivation für den Einsatz der Phased Array Technik



Standardprüfkopf mit Keil



Phased Array

Quelle: Olympus

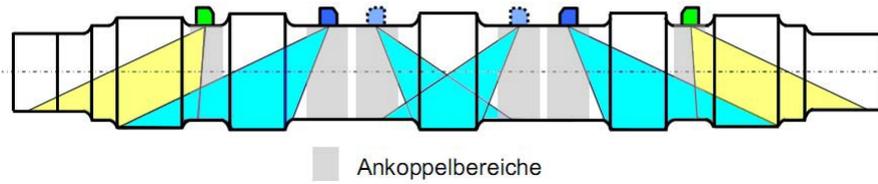


DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array



Wellenprüfung



DACH-Jahrestagung 2008 in St.Gallen - Mi.3.A.3.

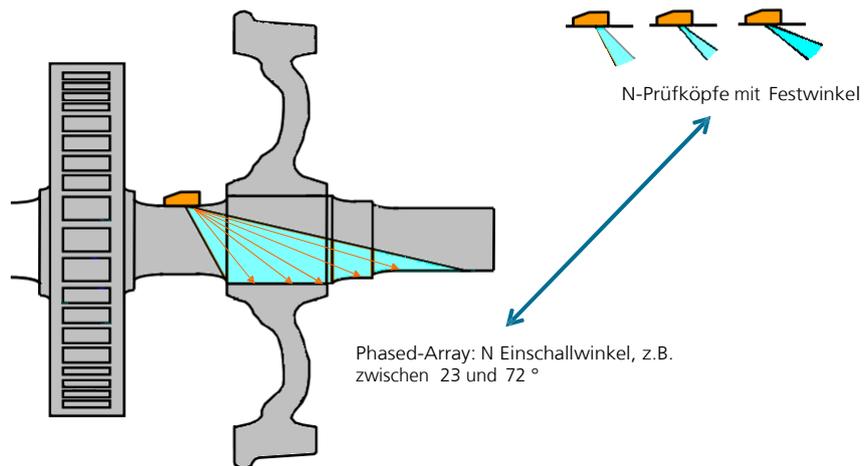


DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array



Prüfung Radwelle



DACH-Jahrestagung 2008 in St.Gallen - Mi.3.A.3.

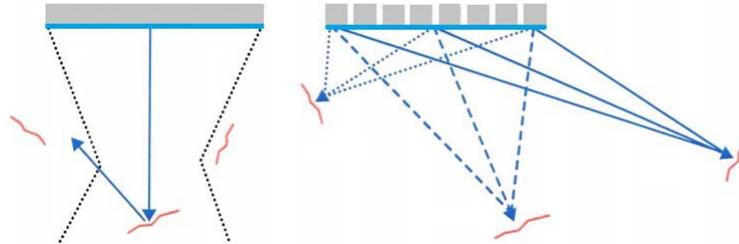


DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

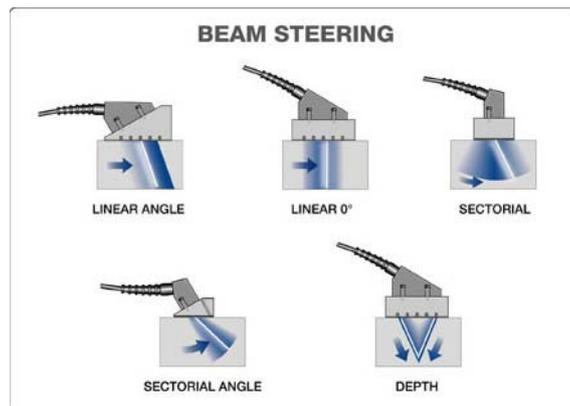
Unterausschuss Phased-Array



Standard-Prüfkopf ↔ Phased-Array



BEAM STEERING



Quelle: Olympus

(hier: mehrere Animationen!)

B-Scan konventionell



Linien-B-Scan



C-Scan konventionell



C-Scan Phased-Array



Sector-Scan mit Keil



Sector-Scan $\pm 30^\circ$



Animationen: Fa. Olympus

© Fraunhofer



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array

Fraunhofer
IZFP

Status der Phased-Array-Technik

- die Phased-Array-Technik hat das Potenzial für eine flexible Anpassung der Ultraschallprüftechnik an ein breites Spektrum von Prüfaufgaben
- mit Beginn der 2000er Jahre sind Ultraschallgeräte mit Phased-Array-Technik für die industrielle Anwendung verfügbar
 - die Technik ist ausgereift für die manuelle-, mechanisierte- und automatisierte Prüfung
 - der Fortschritt in der Elektronik liefert relativ kompakte Systeme
 - starke Angebotsweiterung in Bezug auf die verfügbaren Sensoren
 - deutliche Reduktion der Kosten für die Phased-Array-Technik

oft gestellte Frage „Kann man das auch mit einem Phased Array machen?“

© Fraunhofer



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array

Fraunhofer
IZFP

Motivation für ein Handbuch zum Thema Phased Array

- Die Anwendung der Phased-Array-Technik **-Schwenken, Fokussieren, Linear Scan,..-** erfordert bei Planung und Einsatz spezielle Kenntnisse im Vergleich zu UT1 und UT2 (siehe DIN EN ISO 9712).



- Das Handbuch des UAPA soll einen Zugang zu diesem Wissen und den allgemeinen Einstieg in die Prüftechnik mit Phased-Array ermöglichen, ohne jedoch explizit zu tief in die /theoretischen Grundlagen einzugehen.
- Ziel: Handbuch ist ein Nachschlagewerk für den Praktiker in der Anwendung

© Fraunhofer



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array



Der Unterausschuss Phased Array (UAPA) schreibt ein Handbuch

Unter Mitarbeit der Kolleg/Innen des UAPA

[1. Entwurf - Deckblatt]



Entwurf Inhaltsangabe

1. Zweck und Anwendungsbestimmung
2. Definition und Begriffe
3. Einleitung
4. Grundlagen
5. Prüfkopfauswahl
6. Geräte- und Systemtechnik
7. Anwendungen der Phased-Array-Technik
8. Beispiele aus der Prüfpraxis
9. Glossar
10. Literatur
11. Abbildungsverzeichnis

© Fraunhofer



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array



1. Zweck und Anwendungsbestimmung



- Warum ein Handbuch?
- Ziel: Überblick über die Möglichkeiten der Phased-Array-Technik für den Praktiker

2. Definition und Begriffe

3. Einleitung

4. Grundlagen

5. Prüfkopfauswahl

6. Geräte- und Systemtechnik

7. Anwendung der Phased Array Technik

8. Beispiele aus der Prüfpraxis

9. Glossar, Literatur, Abbildungsverzeichnis

1. Zweck und Anwendungsbestimmung

2. Definition und Begriffe



- Begriffe aus der DIN EN

3. Einleitung

4. Grundlagen

5. Prüfkopfauswahl

6. Geräte- und Systemtechnik

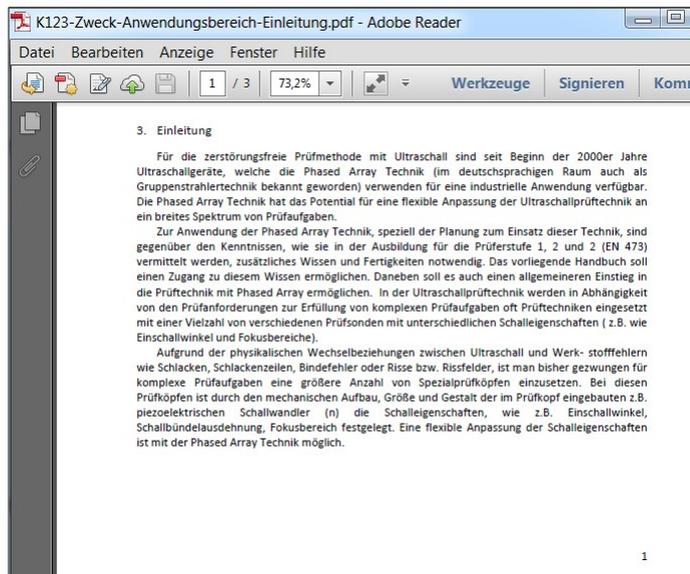
7. Anwendung der Phased Array Technik

8. Beispiele aus der Prüfpraxis

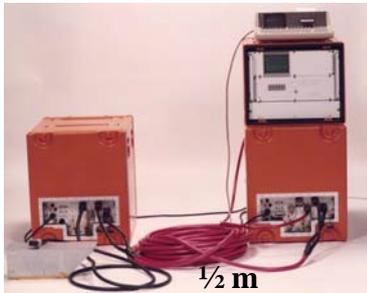
9. Glossar, Literatur, Abbildungsverzeichnis

1. Zweck und Anwendungsbestimmung
2. Definition und Begriffe
3. Einleitung
4. Grundlagen
5. Prüfkopfauswahl
6. Geräte- und Systemtechnik
7. Anwendung der Phased Array Technik
8. Beispiele aus der Prüfpraxis
9. Glossar, Literatur, Abbildungsverzeichnis

- Grundlegendes
- Warum Phased-Array?
- Physikalische Einschätzung
- Historische Entwicklung
-



1984: IZFP-PAG-3 Phased Array- System
für die RDB- Stutzengassen- Prüfung



24 Kanäle
Gewicht ~ 80 kg
~ 450.000 €

ab 2000: Compass - BAM



2009: Kommerzielle Phased Array-Prüfsysteme

- 64 Kanäle
- Gewicht ~ 5 kg
- ~ 60.000 €



1. Zweck und Anwendungsbestimmung
2. Definition und Begriffe
3. Einleitung
4. Grundlagen
5. Prüfkopfauswahl
6. Geräte- und Systemtechnik
7. Anwendung der Phased Array Technik
8. Beispiele aus der Prüfpraxis
9. Glossar, Literatur, Abbildungsverzeichnis

- Funktionsprinzip
- Schallwellen und Punktquellen-synthese
- Schallfeldsteuerung
- Winkelschwenk und Fokussierung
- Phased-Array im Send- und Empfangsfall
- Punkttrichtwirkung und Richtcharakteristik
- steuernde Parameter
- Steuerungskonzepte
- „Focal Law“
- Dynamische Fokussierung
- Total Focussing Method, Phased-Array und SAFT, Sparse Arrays
-

K4-Grundlagen.pdf - Adobe Reader

7 / 19 73,2%

Werkzeuge Signieren Komme

Bild 5 Schallfeldbild von zwei Punktquellen, zugehöriges Wellenfeldbild

Bild 5 zeigt die Überlagerung zweier Elementarwellen, die die gleiche Amplitude und den gleichen zeitlichen Verlauf haben, aber von verschiedenen Orten auf der Oberfläche ausgehen. Im Bereich der gegenseitigen Durchdringung interferieren beide Wellen. Dort entsteht die Schallfeldgröße am jeweiligen Ort durch die Summe der Schallfeldgrößen der einzelnen Elementarwellen. Im Wellenfeldbild ist das direkt erkennbar. Bemerkenswert ist, dass es örtlich zur gegenseitigen Auslöschung kommen kann, wenn die Schallfeldgrößen beider Wellen die gleiche Amplitude aber verschiedenes Vorzeichen haben.

Überall auf der Mittelsenkrechten (gestrichelte Linie im Schallfeldbild) zwischen den beiden Quellpunkten kommt der Schall von beiden Quellpunkten gleichzeitig an. Hier gibt es immer maximal konstruktive Interferenz. In anderen Richtungen (gepunktete Linie) ergibt sich ein mit dem Winkel θ

© Fraunhofer IZFP DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG E.V.

Exemplarische Betrachtung einiger Aspekte zu den Inhalten des Handbuchs

z.B. Kapitel 1 Grundlagen: Schallfeld und Richtwirkung

Simulation der Wellenausbreitung – Linear Array (16 Elemente, 1 MHz, 26 x 12 mm²)

Fokuspunkt 17 mm, Schwenkwinkel 0°

2 μ s 3 μ s 4 μ s 5 μ s 6 μ s

Fokuspunkt 17 mm, Schwenkwinkel 30°

2 μ s 3 μ s 4 μ s 5 μ s 6 μ s

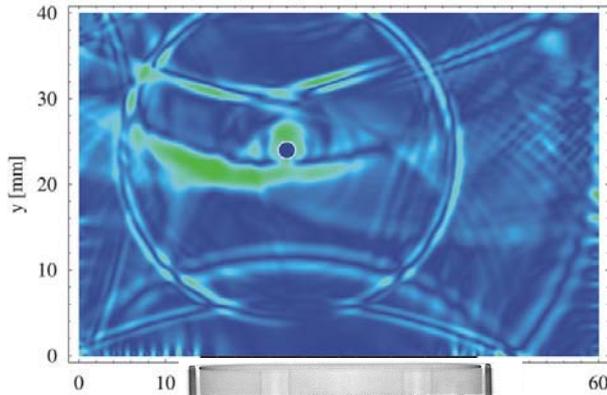
Animation →

■ siehe auch Vortrag Unterausschuss Modellierung und Simulation Martin Spies: Di.1.B.1, 8:45

© Fraunhofer IZFP DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG E.V. Unterausschuss Phased-Array Fraunhofer IZFP

Phased Array – EFIT-Simulation

F. Schubert, Fraunhofer IKTS-MD, Dresden



Direkte sendeseitige Fokussierung der elastischen Wellen!

Animation →

16-kanaliger Phased Array-Wandler (CT-Schnitt)

© Fraunhofer



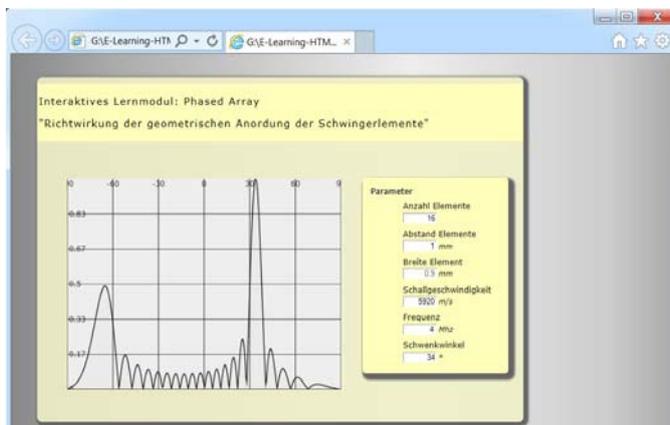
DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array



HTML5-Canvas-Modul:

Richtcharakteristik



© Fraunhofer



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array



1. Zweck und Anwendungsbestimmung

2. Definition und Begriffe

3. Einleitung

4. Grundlagen

5. Prüfkopfauswahl

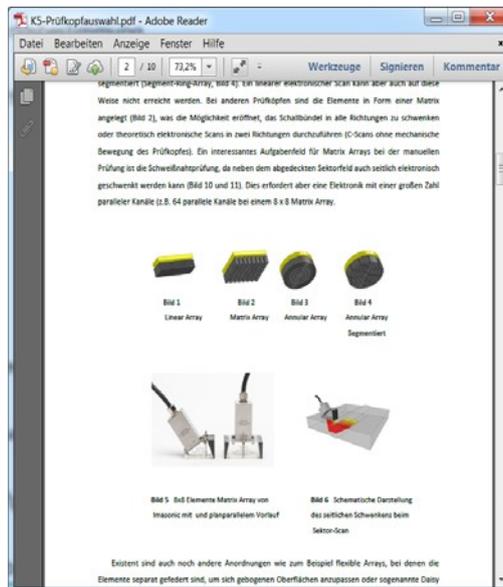
6. Geräte- und Systemtechnik

7. Anwendung der Phased Array Technik

8. Beispiele aus der Prüfpraxis

9. Glossar, Literatur, Abbildungsverzeichnis

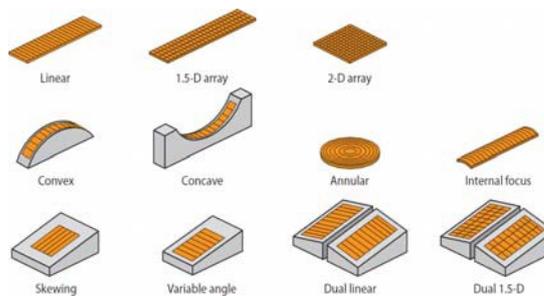
- Grundlegendes, Bauformen, Elementanordnung, Linear- Matrix-, Annular-Array, Annular Array mit Segmentierung
- Elementanzahl, Elementgröße, Elementabstand, Frequenz, Schallgeschwindigkeit, Einschallwinkel, Fokuspunkt und deren Einfluss auf das Schallbündel und die Richtwirkung
- Bandbreite, Übersprechdämpfung, Vorlaufkeil
- Stecker und Handling
-



Prüfkopfvariationen

Eindimensional

- Lineararray
- Gekrümmtes Lineararray
- fokussiertes Lineararray
- ringförmiges Array

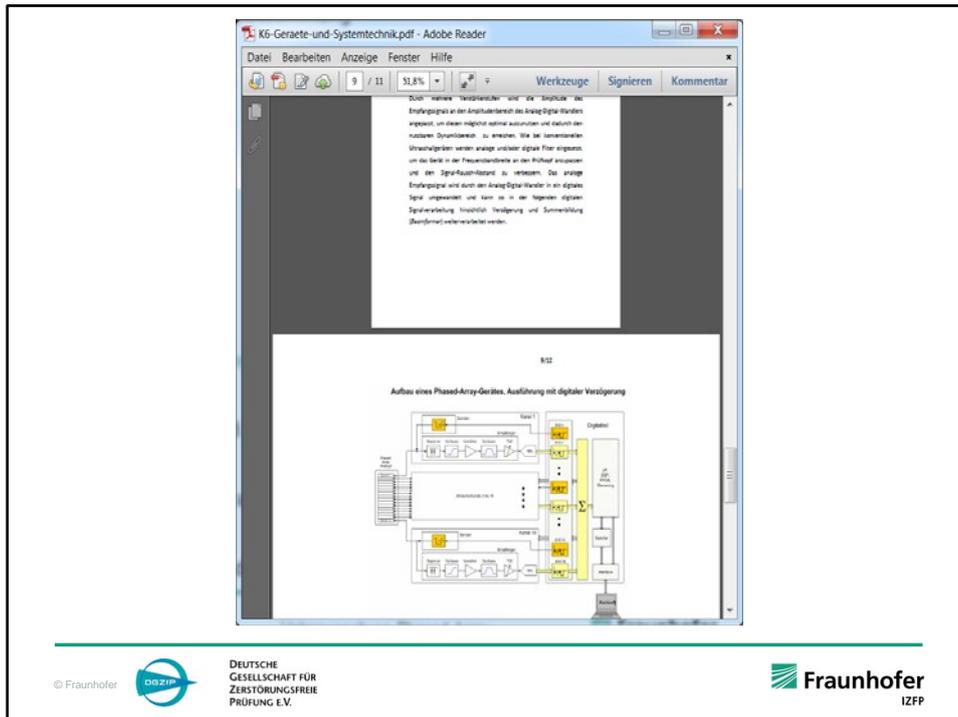


Mehrdimensional

- 2D Matrixarray
- ringförmiges 2D Array

1. Zweck und Anwendungsbestimmung
2. Definition und Begriffe
3. Einleitung
4. Grundlagen
5. Prüfkopfauswahl
6. Geräte- und Systemtechnik
7. Anwendung der Phased Array Technik
8. Beispiele aus der Prüfpraxis
9. Glossar, Literatur, Abbildungsverzeichnis

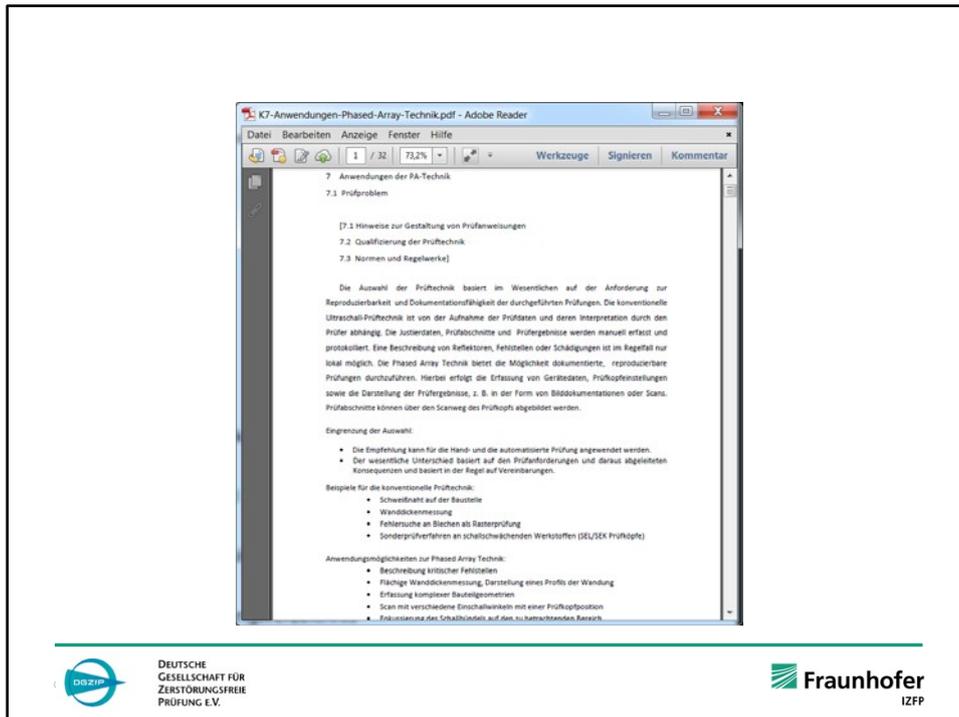
- Struktur und Aufbau
- Abgrenzung zur Standard-US-Elektronik
- Bedeutung der verschiedenen Komponenten (Sender, Empfänger, Verzögerungsmodule,...)
- Steuerungskonzepte
- Signalverarbeitung
- Gerätetechnische Anforderungen
- Sonderfunktionen (Linear Scan, TFM)
-



1. Zweck und Anwendungsbestimmung
2. Definition und Begriffe
3. Einleitung
4. Grundlagen
5. Prüfkopfauswahl
6. Geräte- und Systemtechnik
7. Anwendungen der Phased Array Technik →
8. Beispiele aus der Prüfpraxis
9. Glossar, Literatur, Abbildungsverzeichnis

- Wann prüft man manuell mechanisiert und warum ?
- Anwendungsfelder
- Konzepte, Sector-Scan, Linien-Scan, 2D- und 3D,
- Visualisierung....
- Gestaltung von Prüfanweisungen
- Qualifizierung der Prüfer
- Qualifizierung der Prüftechnik
- Normen und Regelwerke
-

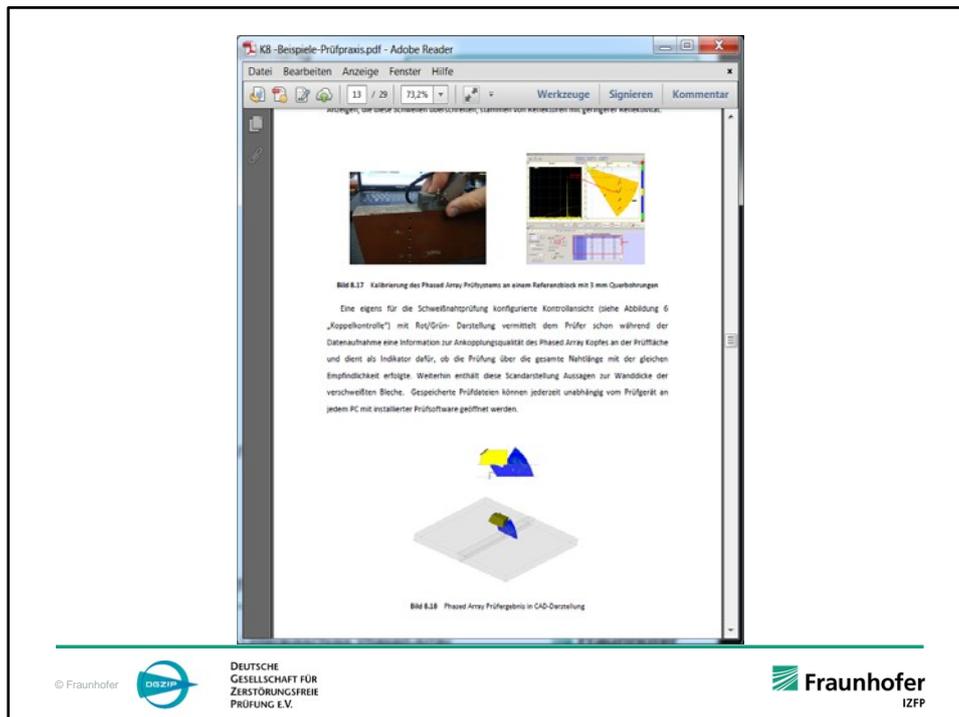




1. Zweck und Anwendungsbestimmung
2. Definition und Begriffe
3. Einleitung
4. Grundlagen
5. Prüfkopfauswahl
6. Geräte- und Systemtechnik
7. Anwendungen der Phased Array Technik
8. Beispiele aus der Prüfpraxis
9. Glossar, Literatur, Abbildungsverzeichnis

- Querschnitt von praxisnahen Prüfbeispielen:
- Manuelle Prüfung: Kehlschweißnähte, aufgeschweißte Bolzen, Rohrschweißnähte, nahtlose Rohre, Schweißnähte an Schiffsblechen
- Mechanisierte Prüfungen
- Prüfung mit großem Winkelbereich: Radsatzvollwellen, Schmiedewellen
- Prüfung mit Winkelschwenk und Fokus
- Prüfung an komplexen Geometrien: Kurbelwellen-Lagerdeckel, Stützen, Stützenkanten, Gussbauteile, austenitische Schweißnähte und Mischnähte, Verbundwerkstoffe, CFK,
- Anpassung an veränderte Prüfandbedingungen, Stangen, gewalzte Knüppel
- Prüfobjekte mit komplexen Freiformflächen
-

© Fraunhofer IZFP DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG E.V. Unterausschuss Phased-Array Fraunhofer IZFP



Unser Ziel:

- Fertigstellung Texte, Bilder, Diagramme,.. bis Q4 2015
- Überarbeitung in Q4 2015 und Q1 2016

Mitglieder
UAPA

NDT Ing. Heinrich Abheiden MEYER WERFT, Papenburg	Prof. Dr. Efgard Kühnlcke TU, Dresden
Peter Archinger GMH Prüftechnik, Nürnberg	Dipl.-Phys. Klaus Leupoldt ALTEMINUM Cegelec, Nürnberg
Dipl.-Phys. Rainer Boehm BAM, Berlin	Grzegorz Makowski Siemens AG, Nürnberg
Dipl.-Phys. Frank W. Bonitz Privat: Neunkirchan	Stefan Medenbach Müller und Medenbach GmbH
Dipl.-Phys. Mathias Böwe BASF SE, Ludwigshafen	Dipl.-Ing. Rainer Meier Privat: Erlangen
Dipl. Ing. Ulrich Bücher Olympus, Hamburg	Dipl.-Phys. Andreas Mück SONO IEC, Halle
Dr.-Ing. Andrey Bulavinov I-Deal Technol., Saarbrücken	Dr. Ir. Niels Pörtzgen RTD, Rotterdam
Dr. (USA) Wolfram A. Karl Deutsch Karl Deutsch, Wuppertal	Dipl.-Ing. Thomas Rehfeldt intelligeNDT, Erlangen
Dipl.-Ing. Ralf Dix GMA, Düsseldorf	Dipl.-Ing. Hans Rieder Fraunhofer IZFP, Saarbrücken
Dr.-Ing. Hardy Ernst QuaNDT, Muri/CH	Udo Schlienger Privat: Ertstadt
Dr.-Ing. Stephan Falter GE Sensing&Inspection., Hurth	Dr.-Ing. Frank Schubert Fraunhofer IK I S-MD, Dresden
Kai Hartmeier BASF SE, Ludwigshafen	Dipl.-Ing. Thomas Schwender Fraunhofer IZFP, Saarbrücken
Dr. Christoph Henkel AMAG, Ranshofen/A	PD Dr. rer. nat. habil. Martin Spies Fraunhofer IZFP, Saarbrücken
Dipl.-Geo. Stefan Kierspel Karl Deutsch, Wuppertal	Dipl.-Phys. Ing. Gerhard Stremmer DGZFP 47D
Dr.-Ing. Roman Koch GESensing& Inspection, Alzenau	Dipl. Ing. Ingo Vinzelberg Westinghouse, Mannheim
Ing. Carsten Köhler Vogt Ultrasonics, Burgwedel	Dipl.-Ing. Göran Vogt Vogt Ultrasonics, Burgwedel
Dr.-sc. Techn. Dipl.-Phys. ETH Peter Kreier Innotest, Eschlikon/CH	Susan Walter IU Dresden
	Dipl.-Phys. Herbert Willems NDTGlobal Stutensee



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.



Zum Abschluss: „Active Board“ in Zeichenmodus schalten

Aufforderung an die Zuschauer als Mitmachaktion
(maximal 3 Minuten)

„Wir bauen gemeinsam ein
16-Kanal-Phased-Array-System in
Form eines Blockschaltbildes“

-interaktives Zeichnen mit der Zuhörerschaft-



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

Unterausschuss Phased-Array

