

36. Fachtagung Rohrleitungstechnik – Programm 2022 **29. und 30. März 2022**

Mittwoch, 30.03.2022 Saal MARITIM I: 16:00 bis 16:45

„Prüfverfahren PAUT / TOFD in Verbindung mit der aktuellen Normung (EN ISO & ASME) - Möglichkeiten / Vorteile als Prüfverfahren in der Herstellung“

Autor: Alexander WIENERROITHER
Metal Check GmbH Deutschland, Burgkirchen an der Alz

Co-Autor: Gerhard HELLWAGNER
Metal Check GmbH Österreich, Kremsmünster

+49 8679 96662 00
aw@metal-check.at
www.metal-check.de

„Prüfverfahren PAUT / TOFD in Verbindung mit der aktuellen Normung (EN ISO & ASME)

Möglichkeiten / Vorteile als Prüfverfahren in der Herstellung”

Inhalte

- Stand der Normung (AD 2000, EN 13480-5, ASME, ISO 17635)
- Sonderprüfung PAUT
 - Funktionsweise
 - Beispiele aus der Praxis
- Sonderprüfung TOFD
 - Funktionsweise
 - Beispiel aus der Praxis
- Zukunftsausblick – Warum können / sollten wir umsteigen? Hürden & Stolpersteine

Stand der Normung

Wo stehen wir? → PAUT & TOFD sind Standardverfahren!

AD 2000-Merkblatt		
ICS 23.020.30	Ausgabe Dezember 2020	
Herstellung und Prüfung von Druckbehältern	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindungen Verfahrenstechnische Mindest- anforderungen für die zerstörungsfreien Prüfverfahren	AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1

EUROPÄISCHE NORM	EN 1090-2
EUROPEAN STANDARD	
NORME EUROPÉENNE	Juni 2018
ICS 91.080.13	Ersatz für EN 1090-2:2008+A1:2011
Deutsche Fassung	
Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken	

EUROPÄISCHE NORM	EN 13480-5
EUROPEAN STANDARD	
NORME EUROPÉENNE	Juni 2017
ICS 23.040.01	Ersatz für EN 13480-5:2012
Deutsche Fassung	
Metallische industrielle Rohrleitungen - Teil 5: Prüfung	
Metallic industrial piping - Part 5: Inspection and testing	Tuyauteries industrielles métalliques - Partie 5: Inspection et contrôle

Bereits im vollen Umfang erlaubt

„Metallische industrielle Rohrleitungen“ verweisen seit den aktuellsten Ausgaben auf die „Advanced NDT“-Verfahren. Durch Ihre Nennung stellen dies mittlerweile aber Standardverfahren dar, die als absolut gleichwertig anstelle der konventionellen Durchstrahlungsprüfung (RT-F) gewählt werden können.

Auszug:

Die Verfahren sind nach EN ISO 17635:2016, Tabelle 3 auszuwählen.

Die Prüftechniken müssen EN ISO 17635:2016, Tabelle A.5 (RT-F), A.6 (RT-D), (RT-CR) oder (DDA), A.7 (UT), A.8 (TOFD) und A.9 (PAUT) entsprechen.

Die ZfP-Verfahren A.7, A.8 und A.9 können für andere als ferritische Werkstoffe verwendet werden, vorausgesetzt, dass diese die erforderlichen Bewertungsgruppen nach Tabelle 8.4.2-1 erfüllen.

EN 13480-5 → volle normative Deckung ab 6,0 mm Wandstärke

offen bleibt die Anwendung beim Einsatz ab 3,2mm und bei der Prüfung von diversen Legierungen (Verfahrensnachweis & Entwicklung von Prüfanweisungen) – Rücksprache mit der zuständige unabhängige Stelle (?)

Auszug: AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißverbindung

Tafel 2 — Anforderungen an Ultraschallbefunde bei der Prüfung auf Längsfehler

Prüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1, Abschnitt	Prüftechnik und Prüfklasse	Zulässigkeitsgrenze
ab 8,0 mm 3.1 UT	Impuls-Echo, DIN EN ISO 17640, Prüfklasse B ¹⁾	2 nach DIN EN ISO 11666
Verfahrensnachweis ISO 22825 3.2 UT / PAUT	Impuls-Echo, DIN EN ISO 17640, Prüfklasse B	2 nach DIN EN ISO 11666
ab 6,0 mm ab 3,2 mm 3.3 PAUT PAUT	PAUT, DIN EN ISO 13588, Prüfklasse B, PAUT, DIN EN ISO 20601, Prüfklasse B	2 nach DIN EN ISO 19285
ab 6,0 mm 3.4 TOFD	TOFD, DIN EN ISO 10863, Prüfklasse C	1 nach DIN EN ISO 15626
ab 8,0 mm 3.5 UT (Alu)	Impuls-Echo, DIN EN ISO 17640, Prüfklasse B ¹⁾	2 nach DIN EN ISO 11666

¹⁾ Die Anforderungen für Prüfungen von Wanddicken > 100 mm sind gesondert festzulegen.

AD 2000 Regelwerk → volle normative Deckung ab 3,2 mm Wandstärke & diverse Legierungen (Verfahrensnachweis & Entwicklung von Prüfanweisungen)

Auszug: AD 2000-Merkblatt HP 0 Tafel 1b

VERGLEICH Ausgabe 2017 zu 2022

Ultraschall- oder Durchstrahlur			
Prüfumfang			Prüfverfahren und Prüfklasse in Abhängigkeit von der Wanddicke in Spalten 16, 17, 18
LN ⁽⁶⁾	St ⁽⁶⁾	RN ⁽⁶⁾	
%	%	%	Wanddicke
16	17	18	mm
19			
100 ⁽¹⁰⁾	100	25 ⁽¹¹⁾	2017
100	100	25	
100	100	25	
100 ⁽¹⁰⁾	100	25 ⁽¹⁰⁾	≤ 30 RT (A) oder UT (A) > 30 ≤ 60 RT (B) oder UT (B) > 60 ≤ 90 UT (B) > 90 UT (C)
100 ⁽¹⁰⁾	100	25 ⁽¹⁰⁾	
100 ⁽¹⁰⁾	100	25	
100	100	25	

Ultraschall- oder Durchstrahlur			
Prüfumfang			Prüfverfahren und Prüfklasse in Abhängigkeit von der Wanddicke in Spalten 16, 17, 18
LN ⁽⁶⁾	St ⁽⁶⁾	RN ⁽⁶⁾	
%	%	%	Wanddicke
16	17	18	mm
19			
100 ⁽¹⁰⁾	100	25 ⁽¹¹⁾	2021
100	100	25	
100	100	25	
100 ⁽¹⁰⁾	100	25 ⁽¹⁰⁾	≤ 30 RT (A) oder UT (B) > 30 ≤ 60 RT (B) oder UT (B) > 60 UT (B)
100 ⁽¹⁰⁾	100	25 ⁽¹⁰⁾	
100 ⁽¹⁰⁾	100	25	
100	100	25	

TECHNISCHE REGEL [VORBESTELLBAR] | 2022-03

AD 2000-Merkblatt HP 0:2022-03

Herstellung und Prüfung von Druckbehältern - Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundene Prüfungen

Berichtigtes Dokument: Bezieher des Vorgängerdokumentes AD 2000-Merkblatt HP 0:2021-06 erhalten eine **kostenfreie Ersatzlieferung**.

> Kauf- und Sprachoptionen anzeigen



AD 2000 Regelwerk → mindestens Prüfklasse B

- **Metallische Industrielle Rohrleitungen** **EN 13480 Serie**
- **Arbeitsgemeinschaft Druckgeräte** **AD 2000 H/P Serie**
- Wasserrohrkessel EN 12952 Serie
- Großwasserraumkessel EN 12953 Serie
- Unbefeuerte Druckbehälter EN 13445 Serie
- Stahl- und Aluminiumbau EN 1090-1

- **Schweißnahtqualität nach EN ISO 5817 → EN ISO 17635**
 - TOFD = → EN ISO 10863 / ISO 15262**
 - PAUT = → EN ISO 13588 / ISO 19285**

- **ASME Code Section V Article 4 & Sec. VIII Div. 1 & 2**

Stand der Normung – Normgerecht?

Von der Schweißnahtqualität zur richtigen Wahl der ZfP

	QM-PROCEDERE GENERAL NDT NOTE	Ident-Nr. Ident-No.	PA-ZFP-15.01 annex 1		
	overview of standards and codes [ISO]	Revision	1		
		Ausgabe Edition	2019		
		Seite Page	1	von of	1

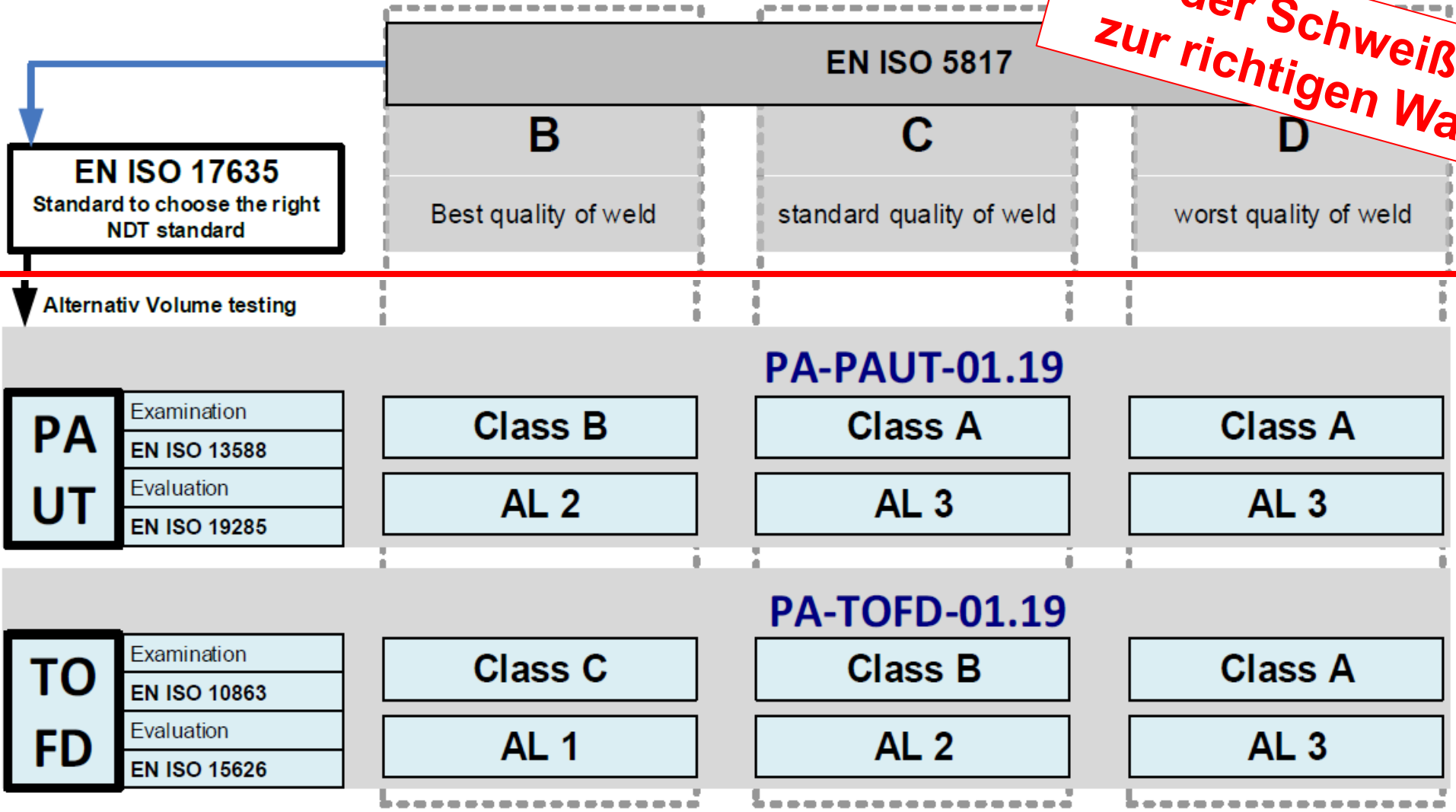
	QM-PROCEDERE GENERAL NDT NOTE	Seite Page	
--	----------------------------------	---------------	--

		EN ISO 5817		
		B	C	D
		Best quality of weld	standard quality of weld	worst quality of weld
EN ISO 17635 Standard to choose the right NDT standard				
Visual testing				
VT Examination EN ISO 17637 Evaluation EN ISO 5817	PA-VT-01.15			
	group B	group C	group B	
Surface testing				
PT Examination EN ISO 3452-1 Evaluation EN ISO 23277	PA-PT-01.15			
	AL 2X	AL 2X	AL 3X	
MT Examination EN ISO 17638 Evaluation EN ISO 23277	PA-MT-01.15			
	AL 2X	AL 2X	AL 3X	
Volume testing				
RT Examination EN ISO 17636 Evaluation EN ISO 10675-1	PA-RT-01.15			
	Class B	Class B (A)	Class A	
	AL 1	AL 2	AL 3	
UT Examination EN ISO 17640 Evaluation EN ISO 11696	PA-UT-01.15			
	Class B	Class A		
AL 2	AL 3			
Alternative Volume testing				
PA UT Examination EN ISO 13588 Evaluation EN ISO 19285	PA-PAUT-01.19			
	Class B	Class A	Class A	
AL 2	AL 3	AL 3		
TO FD Examination EN ISO 10863 Evaluation EN ISO 15626	PA-TOFD-01.19			
	Class C	Class B	Class A	
AL 1	AL 2	AL 3		


- Zweck und Geltungsbereich** *Scope and purpose*
 Die vorliegende Prüfanweisung legt die allgemein gültigen Vorschriften zur Wahl der richtigen Prüfanweisung für die zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten metallischen Werkstoffen fest.
The following procedures define general standards for the right choose of test procedure of non-destructive testing on metallic material weld seams.
 Sie gilt verbindlich im gesamten Bereich der Metal Check GmbH Deutschland und Österreich (inkl. Außenbaustellen).
The procedure applies to the entire area of Metal Check GmbH Germany and Austria (incl. external sites).
- Zuständigkeiten** *Responsibility*
 Das Personal und Subpersonal (temporär) von Metal Check GmbH, welches in die Prüf-Aktivitäten eingebunden ist, muss die Anweisungen, welche in diesem Dokumenten definiert sind, befolgen.
Personal and sub-personal (temporarily) of Metal Check GmbH, which are involved in test-activities, have to observe the procedure of this document.
 Die Prüfung mit Bewertung von Prüfergebnissen darf nur von einem Stufe 2-Prüfer durchgeführt werden, entsprechend den Anforderungen der ISO 9712 (oder gleichwertig; EN 473) qualifiziert und zertifiziert sein.
Examination and evaluation of non-destructive testing and the results of the testing is performed by personnel minimum qualified and certified to ISO 9712 Level 2 (or equal; EN 473).
 Personal, mindestens Stufe 1-Prüfer, darf Prüfungen durchführen, jedoch nicht die Prüfergebnisse bewerten.
For Level 1 employee it is allowed to execute ndt without an evaluation of results.
 Zusätzlich:
 Für Prüfungen nach ASME Standards muss der Prüfer nach der „written practice“ ausgebildet, qualifiziert und zertifiziert sein.
 Weitere Anforderungen (PAUT, TOFD) sind in den jeweiligen Prüfanweisungen enthalten.
*Additional:
Examination in according with the ASME code has to be done by a employer educated, qualified and certified in according to the written practice.
Further requirements (PAUT, TOFD) are contained in the respective procedures.*
- Wahl der richtigen Prüfanweisung** *Selection of the right procedure*
 Der Kunde beauftragt nach einer gängigen Verfahrensnorm, eigenen Prüfanweisungen oder übergeordneten Regelwerk.
The order of the customer is in according with method codes, customer-procedures or superordinate codes.
 Die nachfolgenden Punkte zeigen, welche Prüfanweisungen heranzuziehen sind, wenn keine Kundenprüfanweisung zur Verfügung steht.
The follow points shows, which procedure is to use, if no customer-procedure is available.

Stand der Normung – Normgerecht?

Von der Schweißnahtqualität zur richtigen Wahl der ZfP



Neue Verfahren und Möglichkeiten (Normenabdeckung voll umfänglich vorhanden!)

	PRÜFANWEISUNG INSPECTION PROCEDURE	Ident-Nr. Ident-No.	PA-PAUT-19.01		
		Revision Revision	0		
		Ausgabe Edition	2019		
		Seite Page	1	von of	12

Phased Array Ultrasonic Examination (PAUT) of welds in accordance with

***EN ISO 13588
&
EN ISO 19285***

1. Zweck und Geltungsbereich

Die vorliegende Prüfanweisung legt die allgemein gültigen Vorschriften für die halbautomatisierte und/oder manuelle phasengesteuerte Array Ultraschallprüfung (PAUT) von Schweißnähten metallischen Werkstoffen ab 6mm Wandstärke nach den Prüfklassen A und B fest. Eine Prüfung unter 6mm und ab 3mm Wandstärke ist nur bei umfangreichem Verfahrensnachweis gültig.

Die Prüfanweisung beschreibt die Varianten:

- I-A Linien Scan – Prüfkategorie A - halbautomatisiert
- I-B Linien Scan – Prüfkategorie B - halbautomatisiert
- II-A Sektor Scan – Prüfkategorie A - halbautomatisiert
- II-B Sektor Scan – Prüfkategorie B - halbautomatisiert
- III-A/B Sektor Scan – Prüfkategorie A/B - manuell

Sie gilt verbindlich im gesamten Bereich der Metal Check GmbH (inkl. Außenbaustellen).


Scope and purpose

The present/follow test procedure defines the generally applicable rules for semiautomatic and/or manual phased array ultrasonic Testing (PAUT) of welds metallic materials up to 6mm of wallthickness in class A and B. A test with a wall thickness under 6mm and more than 3mm is only valid for extensive process proof.

The procedure describes the variants:

- I-A line scan - test class A - semi-automated*
- I-B line scan - test class B - semi-automated*
- II-A sector scan - test class A - semi-automated*
- II-B sector scan - test class B - semi-automated*
- III-A / B sector scan - test class A / B - manual*

It is binding in all areas of Metal Check GmbH (incl. external sites)..

	PRÜFANWEISUNG INSPECTION PROCEDURE	Ident-Nr. Ident-No.	PA-TOFD-19.01		
		Revision Revision	0		
		Ausgabe Edition	2019		
		Seite Page	1	von of	12

Time of flight diffraction Examination (TOFD) of welds in accordance with

***EN ISO 10863
&
EN ISO 15626***

1. Zweck und Geltungsbereich

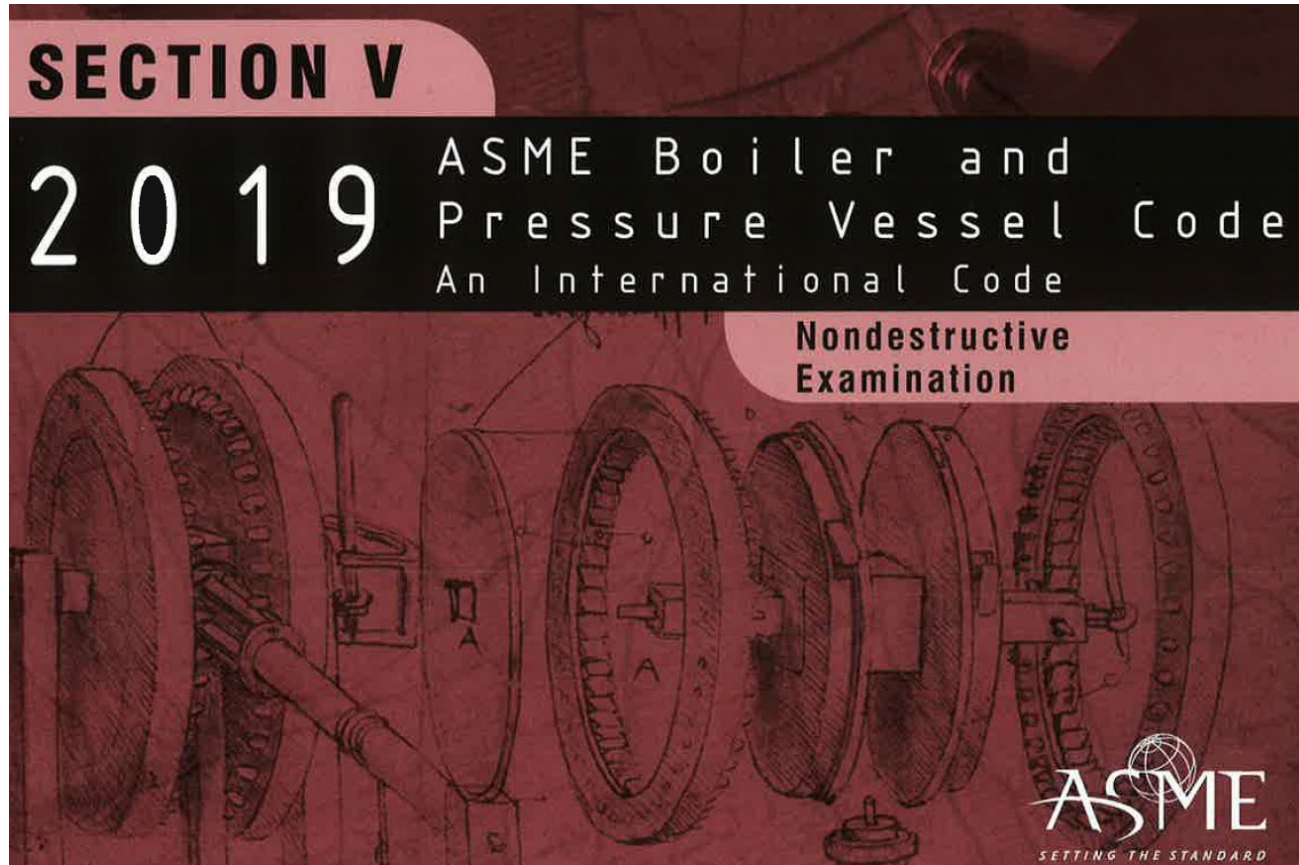
Die vorliegende Prüfanweisung legt die allgemein gültigen Vorschriften für die halbautomatisierte Beugungslaufzeittechnik bzw. Time of flight diffraction Prüfung (TOFD) von Schweißnähten metallischen Werkstoffen ab 6mm Wandstärke mit einfacher Geometrie (einfache Stumpfnähte) nach den Prüfklassen A, B und C fest.

Für die Prüfklassen A und B ist die Anwendung dieser Prüfanweisung nicht zwingend erforderlich.

Eine Prüfung unter 6mm und ab 3mm Wandstärke ist nur bei umfangreichem Verfahrensnachweis gültig.

Sie gilt verbindlich im gesamten Bereich der Metal Check GmbH (inkl. Außenbaustellen).

Die Verfahren **TOFD** und PAUT sind bereits seit Jahren feste Bestandteile der Prüfmöglichkeiten.



T-420 GENERAL

The requirements of this Article shall be used together with Article 1, General Requirements. Refer to:

(a) special provisions for coarse grain materials and welds in T-451

(b) special provisions for computerized imaging techniques in T-452

(c) Mandatory Appendix III for Time of Flight Diffraction (TOFD) techniques

(d) Mandatory Appendix IV for phased array manual rastering techniques

(e) Mandatory Appendix V for phased array E-scan and S-scan linear scanning examination techniques

(f) Mandatory Appendix XI for full matrix capture (FMC) techniques

Wie in diesen Vorschriften üblich, finden sich auch von den diversen Rohrleitungsvorschriften (bsp B31.3 Process Piping) entsprechende Verweise auf Section V.

Stand der Normung – Normgerecht?

ASME



Umfassende Möglichkeiten, sofern durch eine Verfahrensqualifizierung (Demonstration → Prüfanweisung) der Nachweis der Funktion erbracht wird.

Metal Check GmbH
Lerchenfluggasse 45
52399 Sprunkau am Inn
www.metal-check.de

Written Practice
Supplement TOFD & PAUT
Rev.00

METAL CHECK

Approved by customer, if necessary

Lloyd's Register Verification Limited
Lloyd's Register
Staff: 1000
Number: 1000
Date: 2018-12-18

Rev	Description	Date	Prepared	Date	Checked	Date	Approved
1	First issue	03.09.2018	W. Schmitt	03.09.2018	W. Schmitt	03.09.2018	W. Schmitt
2							

Version: 02
03.09.2018
Metal Check GmbH
Page 1 of 23

METAL CHECK

PROCEDURE QUALIFICATION REPORT
ASME

Ident-Nr. NDT-PQR-TOFD-18.01
Ident-No. 0
Revision 1
Ausgabe Edition 2020
Seite 1 von 1

List of demonstrations carried out for TOFD

No.	Date	Thickness Demonstrated	Range [mm]		AI	Document/Remarks	Sign
			Min	Max			
01	31.10.2018	114,00 mm	85,5	142,5	Lloyd's Register	NDT-PQR-TOFD-18.01 Rev. 0	[Signature]
02	17.12.2018	67,00 mm	50,3	83,7	Lloyd's Register	Original of PA-TOFD-18.01 Rev.0	[Signature]
03	10.01.2020	NA	NA	NA	NA	No. 01 & 02: No change in technology, can also be used for Edition 2019	[Signature]
04	10.12.2020	120,00 mm	90,0	150,0	TÜV SÜD	201209-Hebe-001	[Signature]

METAL CHECK

PRÜFANWEISUNG
INSPECTION PROCEDURE

Ident-Nr. PA-TOFD-18.01
Ident-No. 0
Revision 0
Ausgabe Edition 2018
Seite 2 von 16

Inhalt	Content
1 Geltungsbereich	1 Scope
2 Vorschriften	2 Standards
3 Personalqualifikation	3 Personnel Qualification
4 Prüfumfang	4 Extent of Examination
5 Prüfzeitpunkt / Prüffolge	5 Time of Examination
6 Prüfflächen- / Oberflächenvorbereitung	6 Surface Condition
6.1 Grundmaterial	6.1 Base Material
6.2 Schweißnaht	6.2 Weld Material
6.3 Wärmeinflusszone (WEZ)	6.3 Heat affected zone (HAZ)
7 Prüfequipment	7 Examination Equipment
7.1 Gerät	7.1 Equipment
7.2 Prüfkopf	7.2 Search units
7.3 Ankopplungsmittel	7.3 Couplant
7.4 Wegaufnehmer	7.4 Encoder
7.5 Testkörper	7.5 Calibration blocks
8 Prüfungsdurchführung	8 Performance Examination
8.1 Empfindlichkeitsjustierung	8.1 Sensitivity Calibration
8.2 Fehlerrößenbestimmung & Interpretation	8.2 Flaw sizing & interpretation
8.3 Überprüfung der Empfindlichkeit	8.3 Confirmation of Sensitivity
8.4 Mehrere Prüfzonen	8.4 Multiple Zone Examination
8.5 Missing Data Lines	8.5 Missing Data Lines
8.6 Datenaufzeichnungsräte	8.6 Data sampling spacing
8.7 Prüfung auf ausreichende Volumserfassung	8.7 Width of Coverage Confirmation
8.8 Einschallpositionen und richtungen	8.8 Scanning Positions and Directions
8.9 Zusätzliche manuelle UT Prüfung	8.9 Supplementary manual UT examination
8.10 Zusätzliche Prüfungen an den I.D. und O.D. Bereichen nahe der Oberfläche	8.10 Supplemental I.D. and O.D. Near Surface Examination
8.11 Anzeigen quer zur Schweißnaht	8.11 Reflectors Transverse to the Weld Seam
(ASME V Artikel 4, Punkt T-472.1.3)	(ASME V Article 4, clause T-472.1.3)

Written Practice ... hoher Ausbildungsaufwand
Verfahrensqualifikation ... hoher Startaufwand
Prüfanweisungen ... umfassende Beschreibung

Kooperationspartner
von TÜV SÜD



Sonderprüfung PAUT

Phased Array Ultraschall – UT Physik wie damals, Datenmengen wie im PC Zeitalter
- lassen viel mehr erkennen. Mehr als UT!

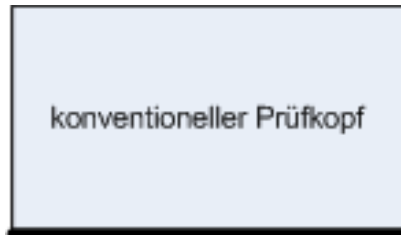


Abb. 1.1 – konventioneller Prüfkopf

UT conventional probe

- 1 signal
- 1 angle
- 1 focus

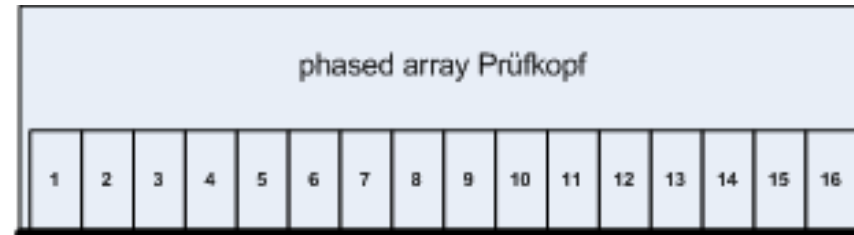
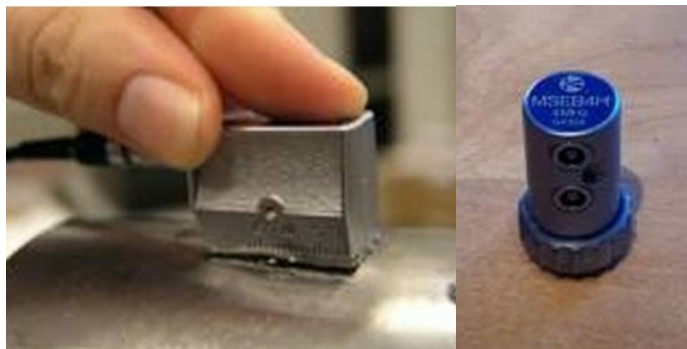


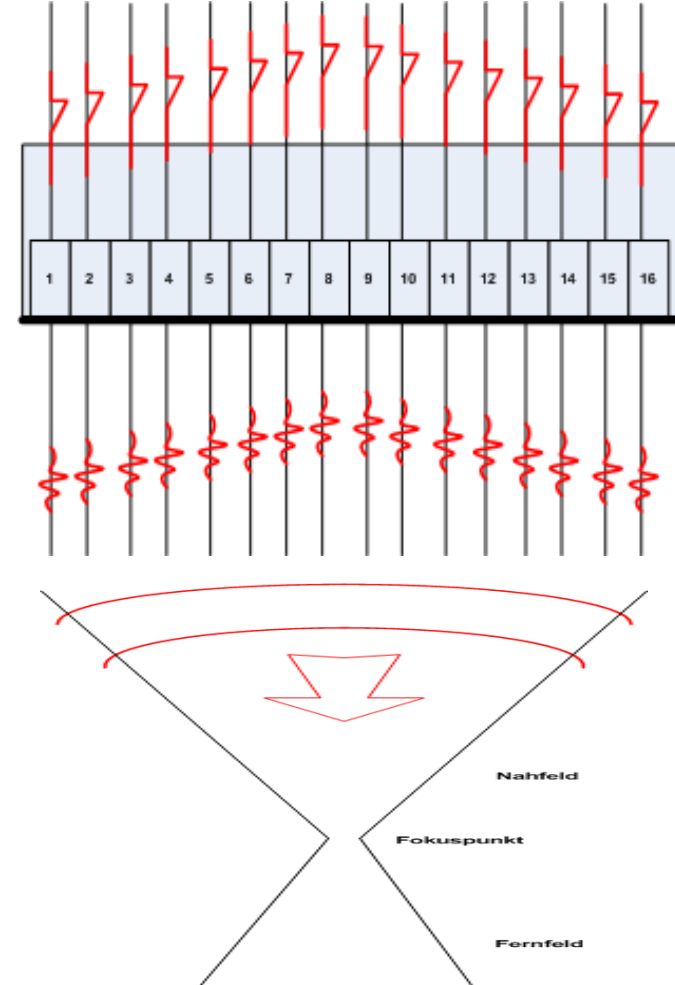
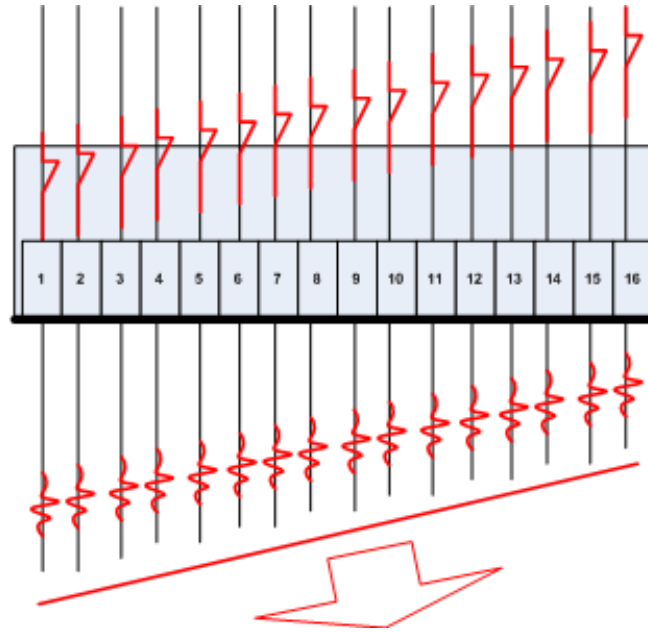
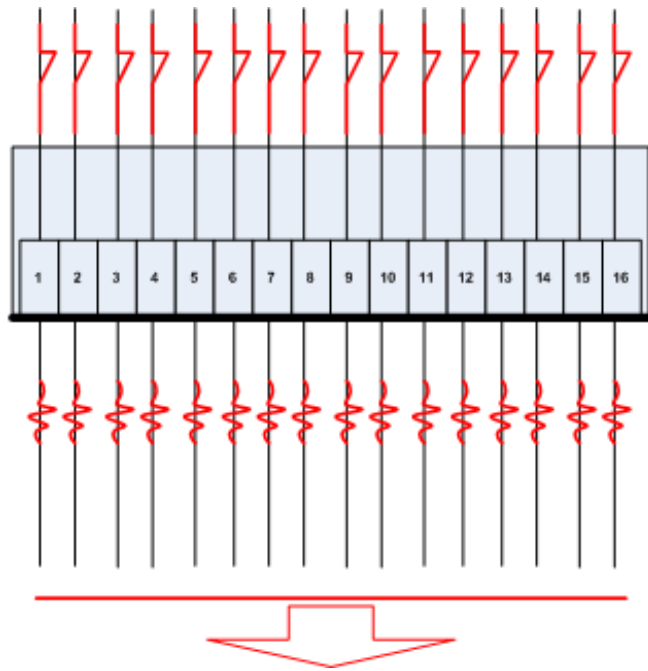
Abb. 1.2 – p.a. Prüfkopf mit 16 Elementen

UT phased array probe

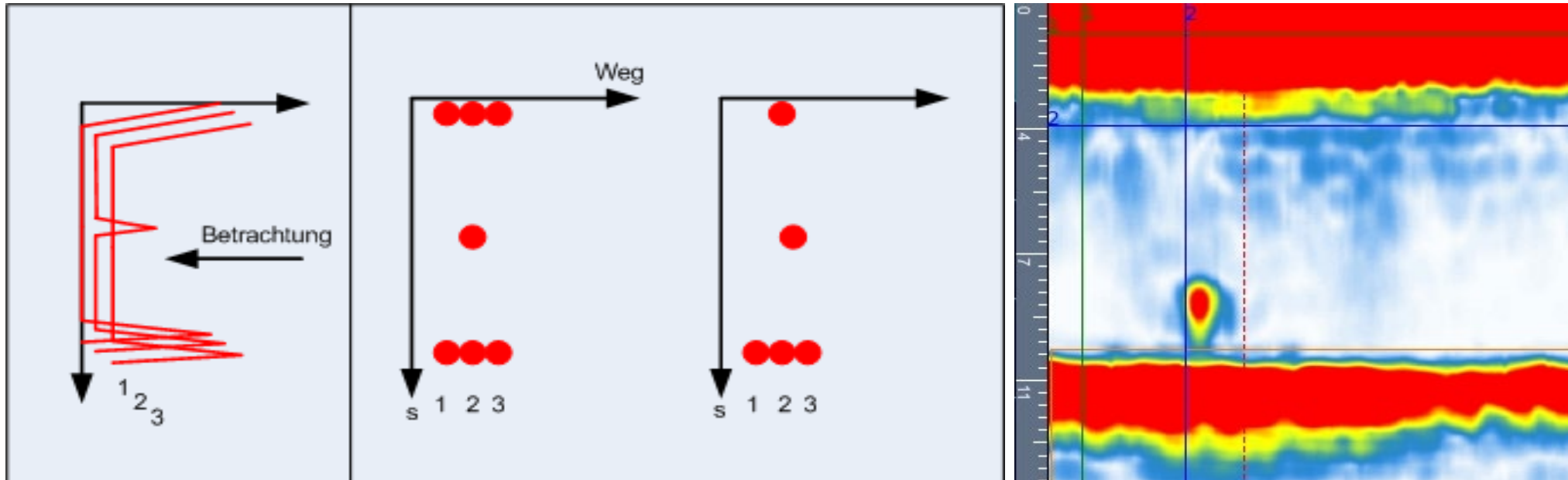
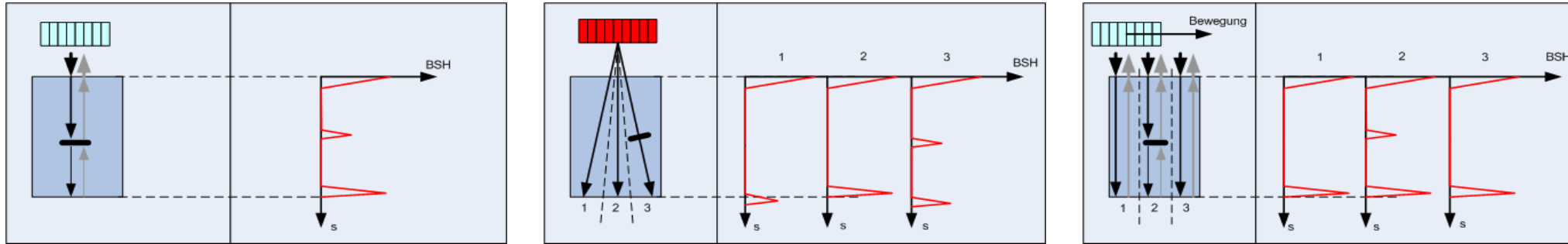
- Available signals (limited by elements and speed)
- Available angles (Trans/Long!)
- Available focus (within nearfield)



PAUT ... Ultraschall Phased Array Prüfung

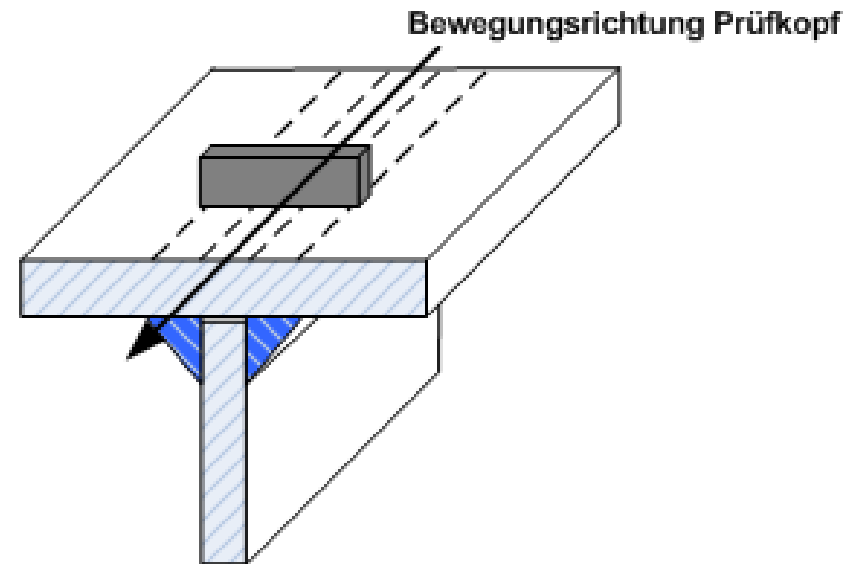
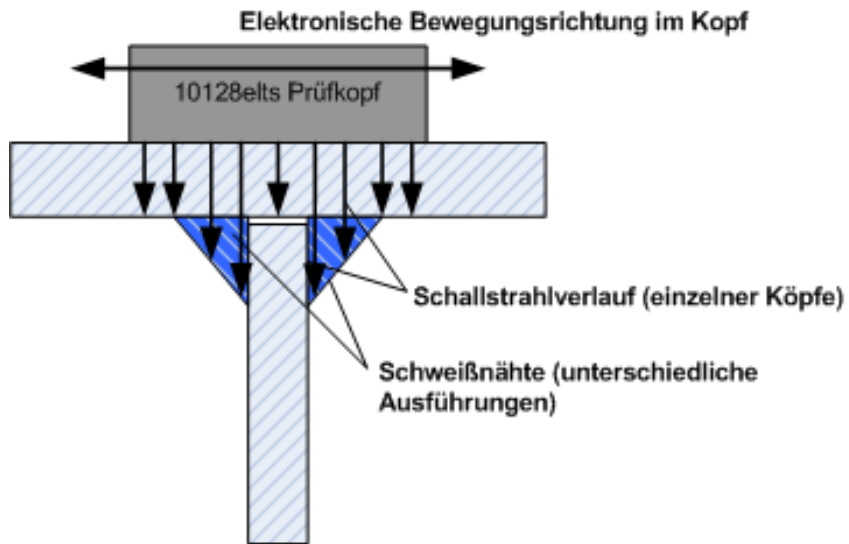
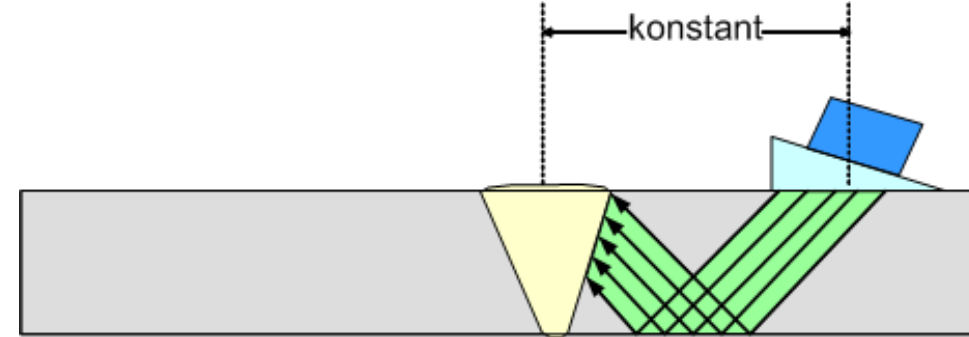
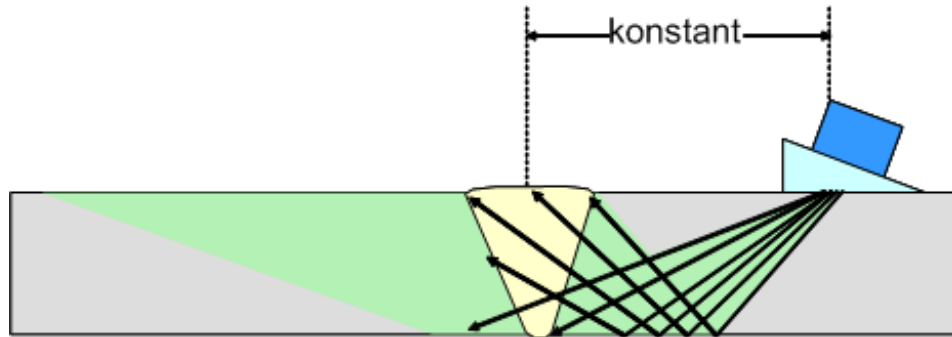


PAUT ... Ultraschall Phased Array Prüfung



UT / PAUT = beschreibt die Reflektion einer Unregelmäßigkeit

PAUT ... Ultraschall Phased Array Prüfung



In der Luftfahrtindustrie seit Jahrzehnten im Einsatz, mit vielen Vorteilen:

Vorteile:

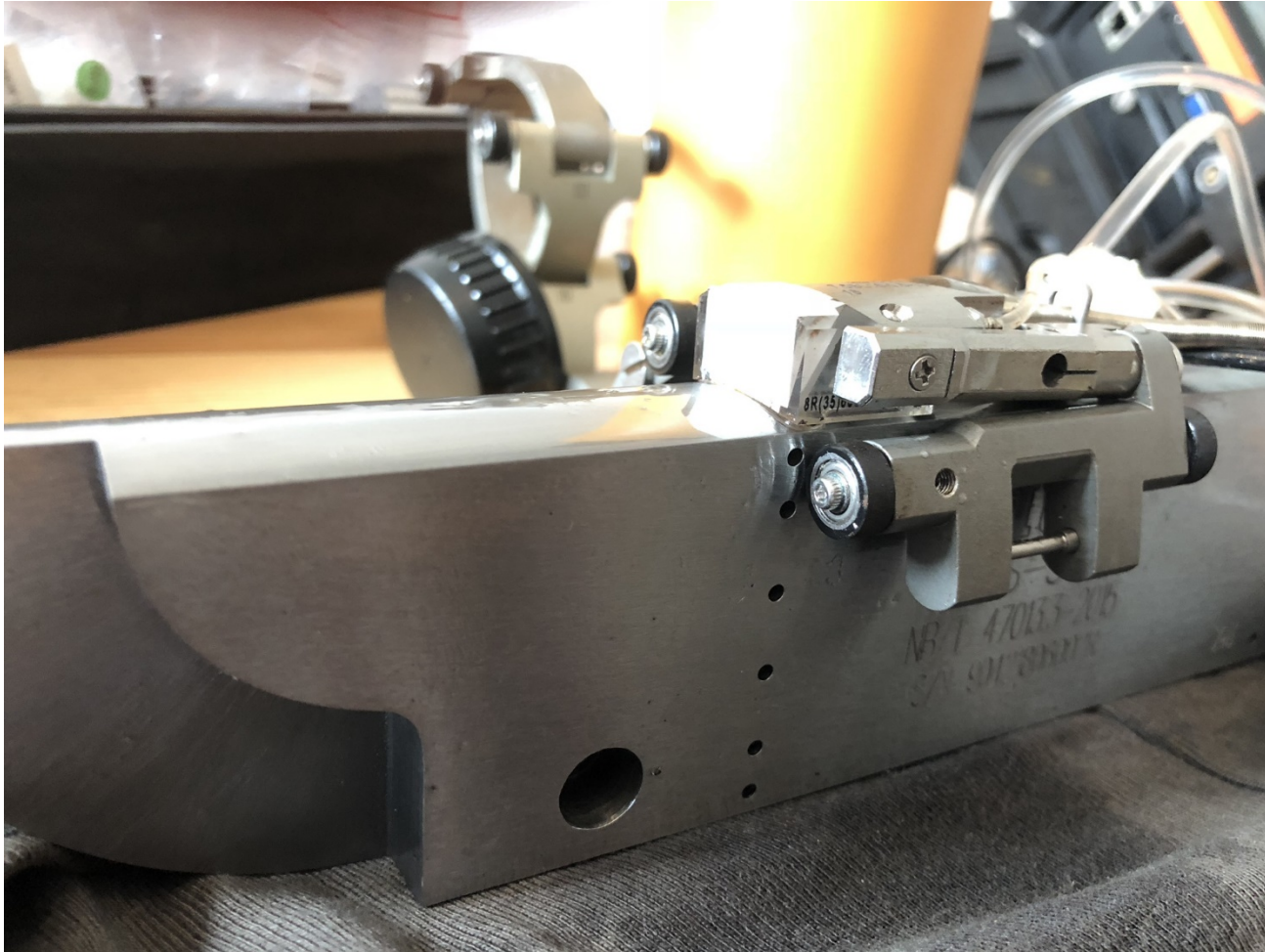
- Alternative zum Röntgen: **Kein Strahlenschutz**, keine zusätzlichen Kosten für Spätschicht, Filme, ...
- Bildgebendes Verfahren (bei Einsatz von Scannern)
- Rohrscanner: Hoher Prüfdurchsatz bei gleichbleibenden Prüfteilen (gleichen DN)
- **Dicken ab 6,0 (3,2) mm möglich (Normgerecht)** – unter Umständen auch geringer (Qualifizierung der Prüfung erforderlich) - Dicken von 3,2 mm nachweislich prüfbar!
- Verfahrensnachweis ISO 22825 → Sonderlegierungen, Austenitenprüfung, geringe Dicken
- Ein Prüfkopf kann für unterschiedlichste Prüfaufgaben verwendet und angepasst werden (Winkeln der Fase, Dicken, Fokussierungen, Filter, Schwingergröße, ...)
- Deutlich höhere Auffindwahrscheinlichkeit, als bei konventionellem UT

Nachteile:

- Phased Array unterliegt den gleichen physikalischen Gesetzen wie die konventionelles UT
- Scanner-Einsatz im Rohrleitungsbau → unflexibel in Bezug auf unterschiedliche DN
- Testkörper zur Kalibrierung des Systems erforderlich (Verfahrensprobe länger schweißen)
- **Hoher Ausbildungsaufwand** (über das UT Verfahren hinaus – neue ISO 9712: 2021) EN & ASME !

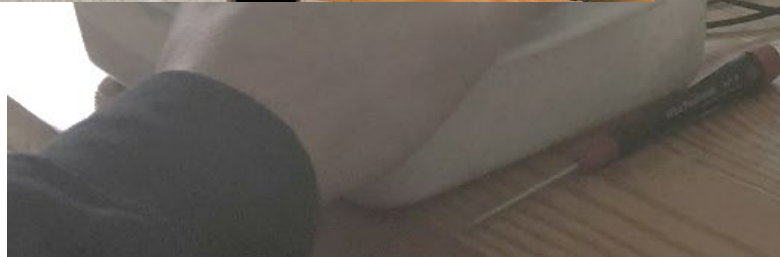


Behälter-Rundnaht-Prüfung / Dicke 45 auf 80 mm mit Aufzeichnung,
zuvor mäanderförmige manuelle Abtastung / danach Aufzeichnung



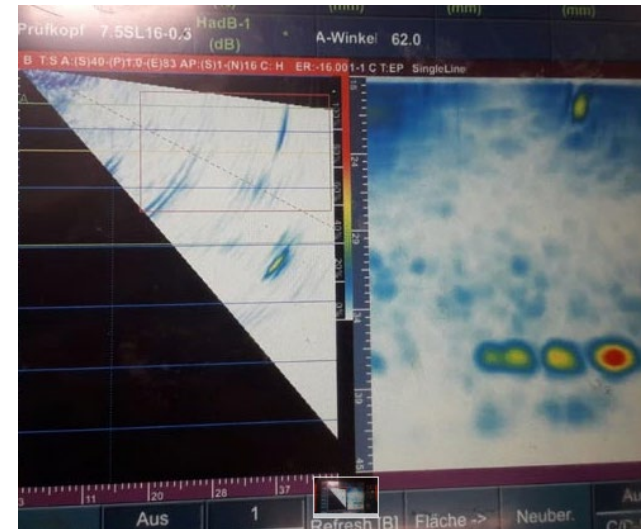
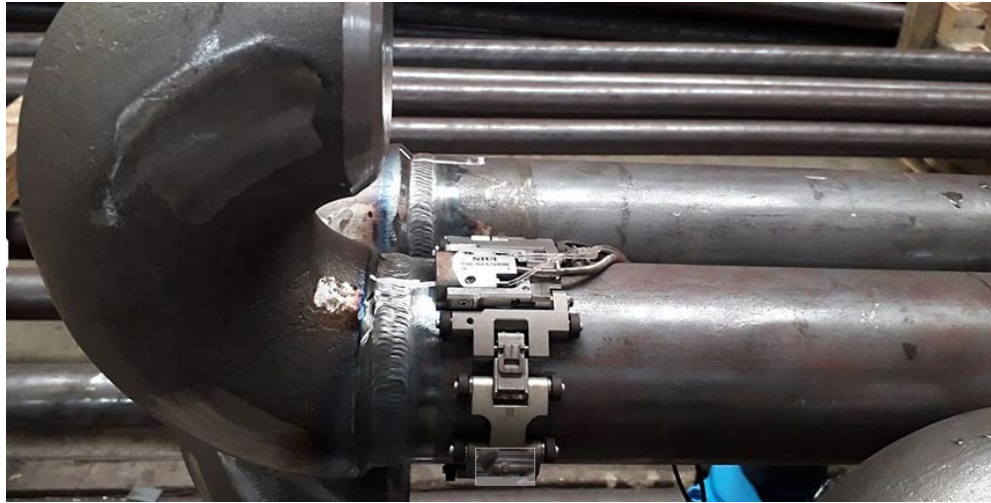
Justier- und Kalibrierarbeiten für die PAUT-Rohrprüfung
Standard-Justierkörper und Testrohre mit künstlichen Fehlern

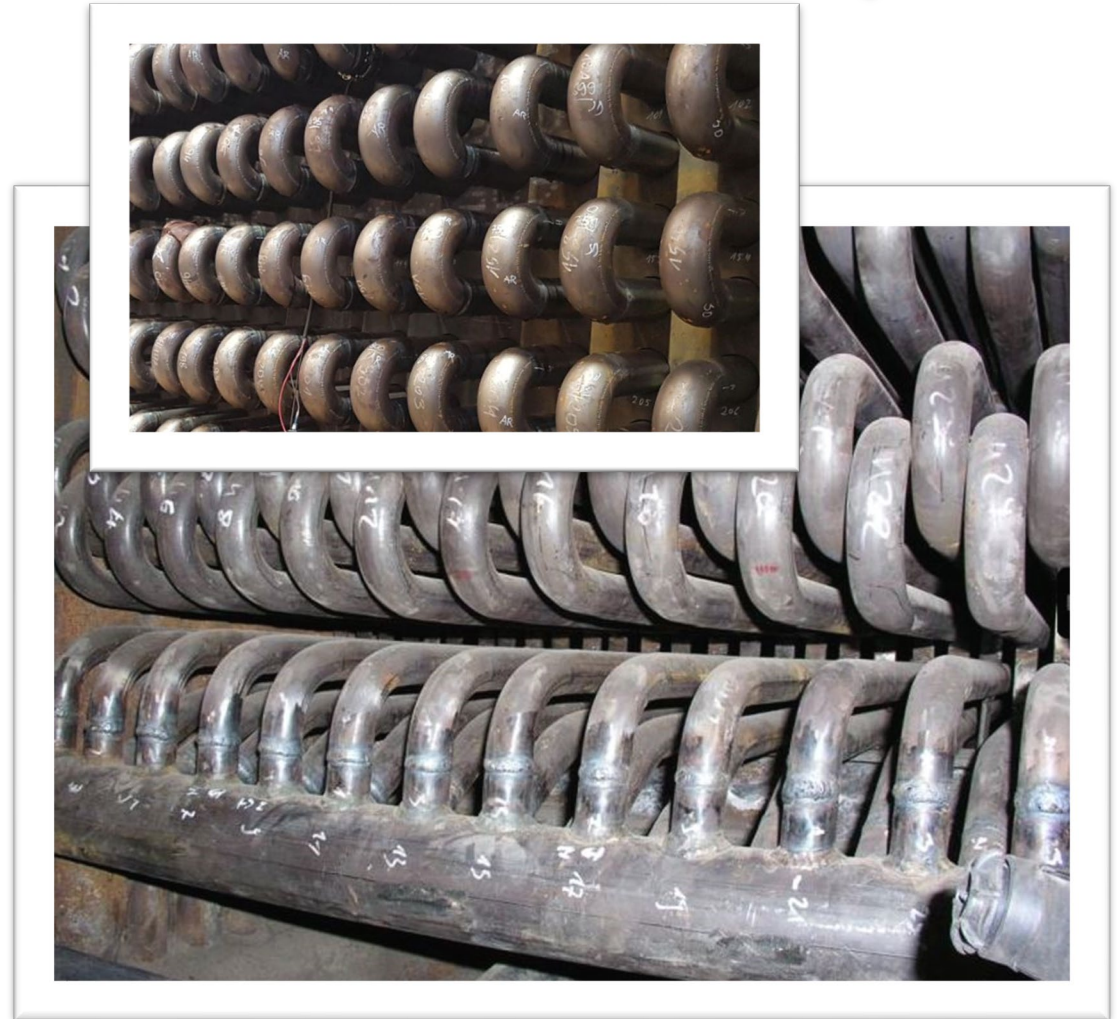
PAUT ... Ultraschall Phased Array Prüfung



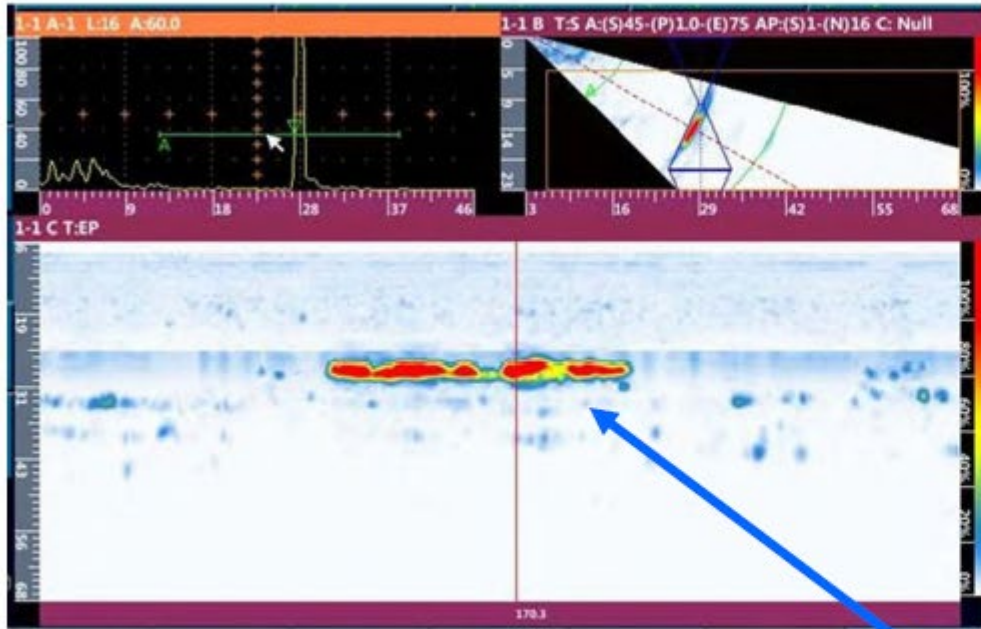
Justier- und Kalibrierarbeiten für die PAUT-Rohrprüfung
Standard-Justierkörper und Testrohre mit künstlichen Fehlern

PAUT ... Ultraschall Phased Array Prüfung





Hohe Durchsatzstärke bei gleichbleibender DN – Beispiel Sammler

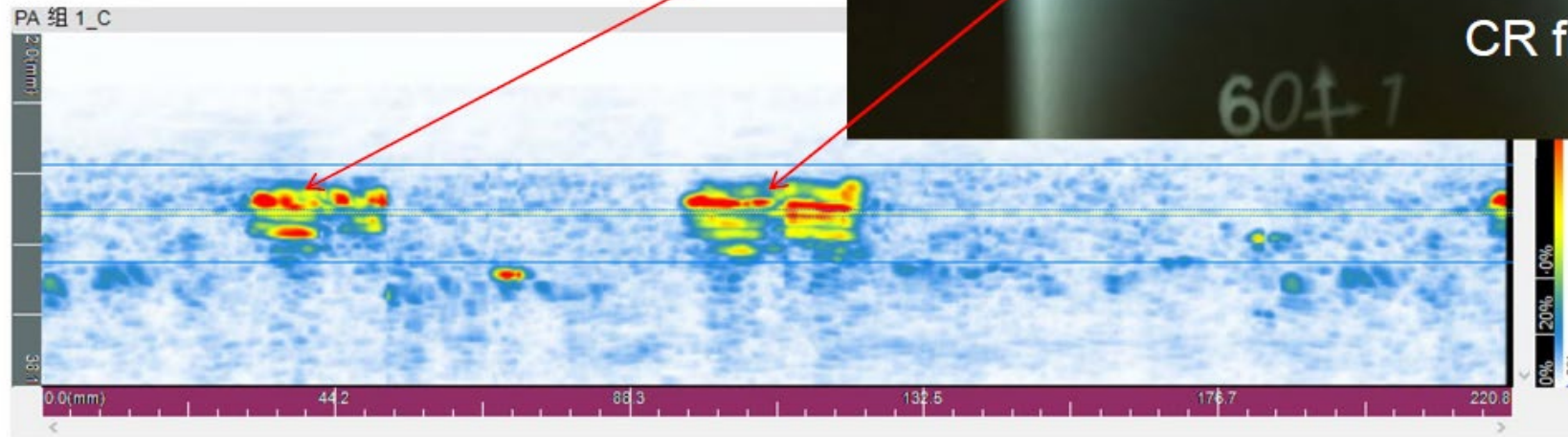
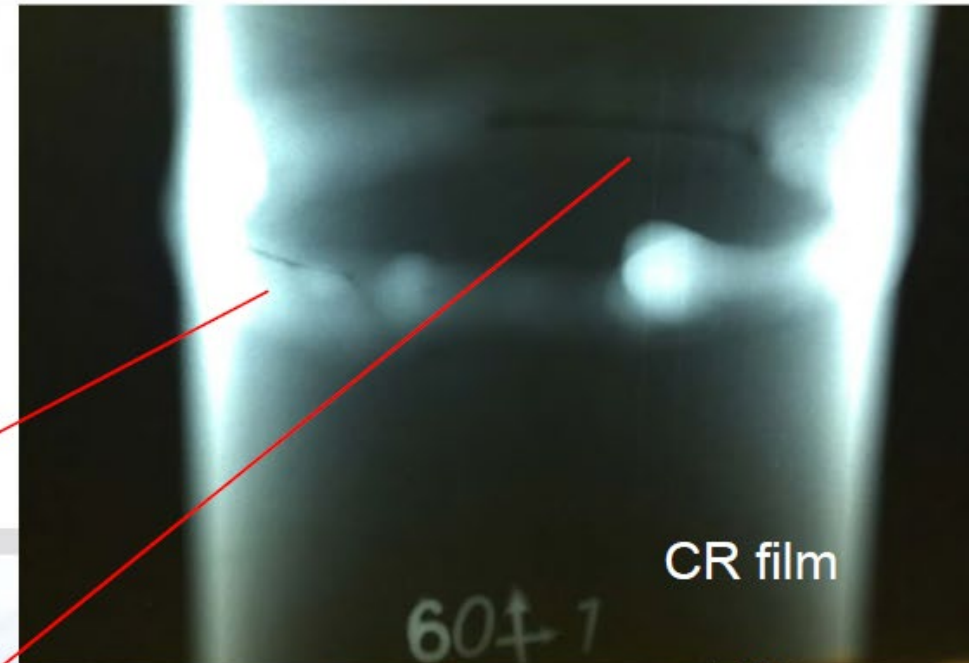


PAUT Scan eines Bindefehlers – Vergleichsaufnahme RT

Vergleich mit RT Aufnahmen

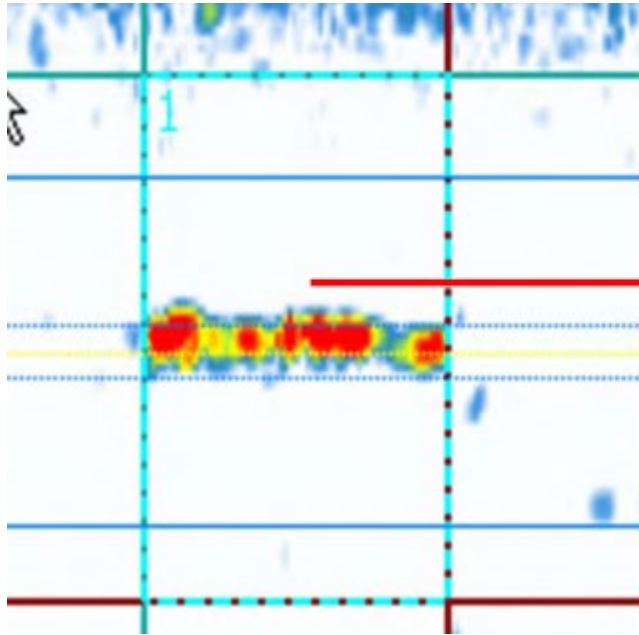
Selbst bei Dicken unter 6 mm können gravierende Unregelmäßigkeiten (ungenügende Durchschweißung) festgestellt werden.

Beispiel: DN50 x 4,0 mm
(Rohranbauten / Rohrleitungsbau)



Vergleich mit RT Aufnahmen

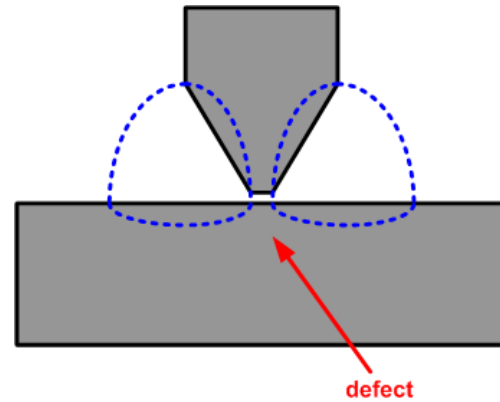
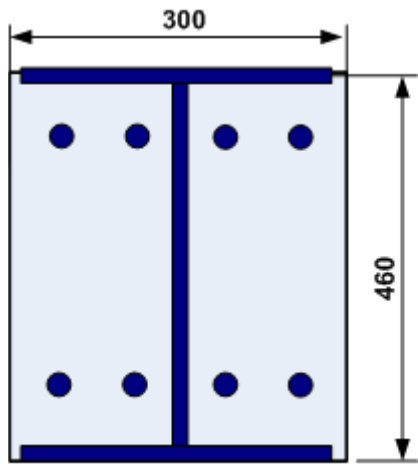
PAUT ... Ultraschall Phased Array Prüfung



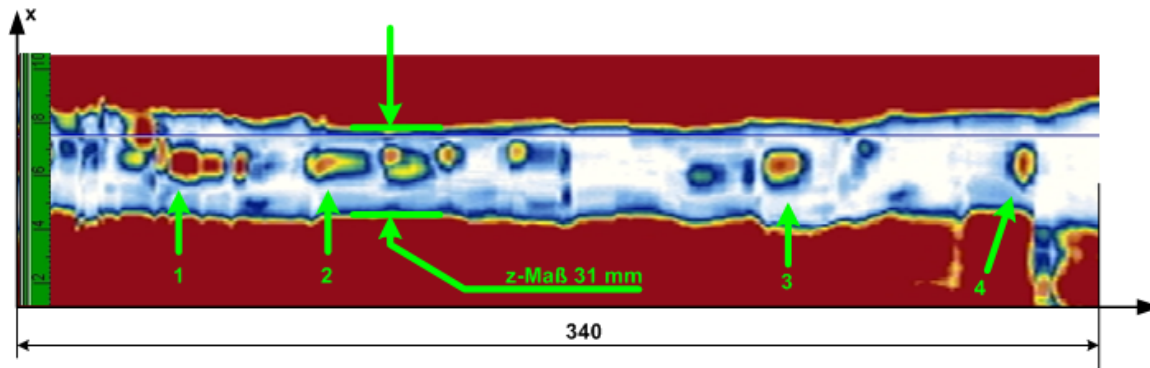
Vergleich mit RT Aufnahmen

PAUT ... Ultraschall Phased Array Prüfung

Beispiel aus dem Stahlbau



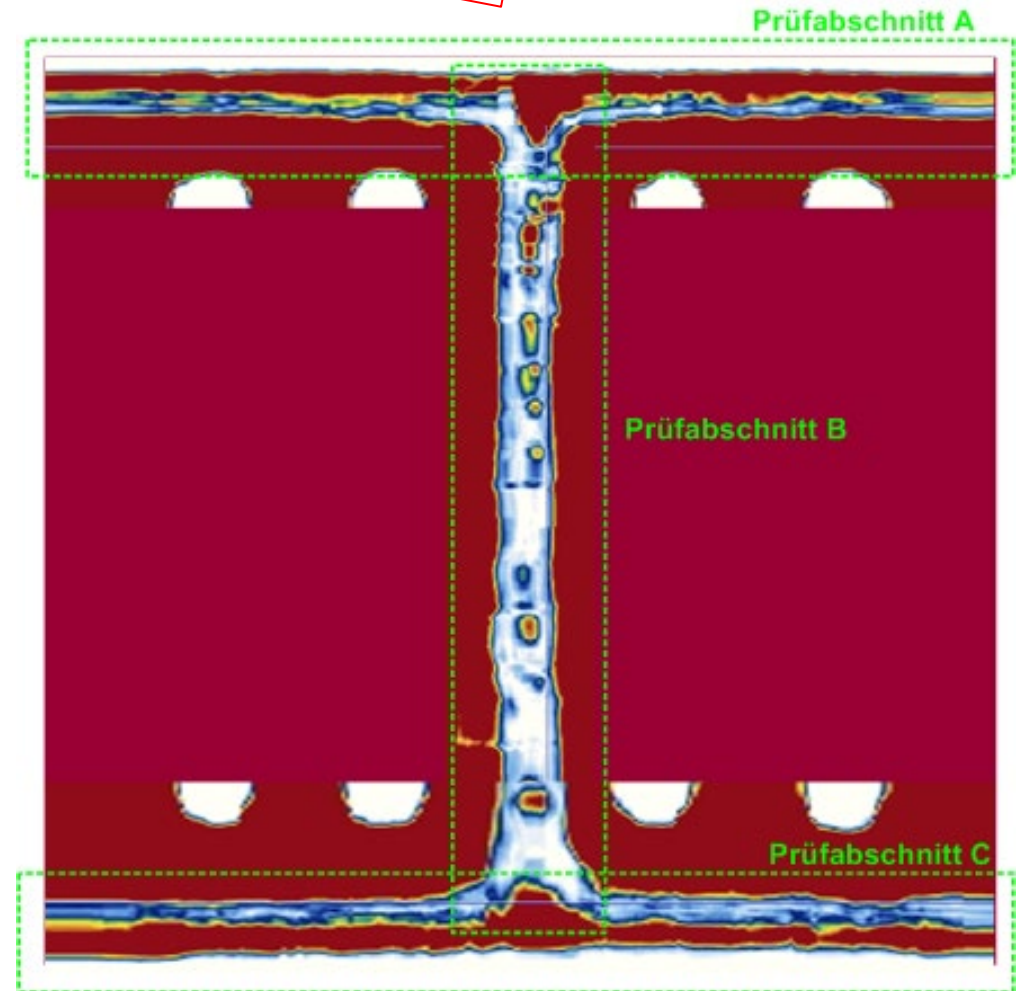
Skizze 2.6 „Bauteilskizze / Abmessungen“



Anzeige	Anzeigenart	Anzeigegröße*	Bemerkung
1	Anzeigengruppe (Mehrfachanzeigen, teilweise ohne Trennung)	Ø 10,0 mm	Ebenfalls im Abschnitt A sichtbar
2	Anzeigengruppe, klar getrennt, 4 Anzeigen	Ø 9,0 / 10,0 / 9,0 / 8,0 mm	Ø 10,0 mm (2 Anzeigen?)
3	Einzelfehler	Ø 10,0 mm	Ø 10,0 mm
4	Einzelfehler	Ø 10,0 mm	Ebenfalls im Abschnitt C sichtbar

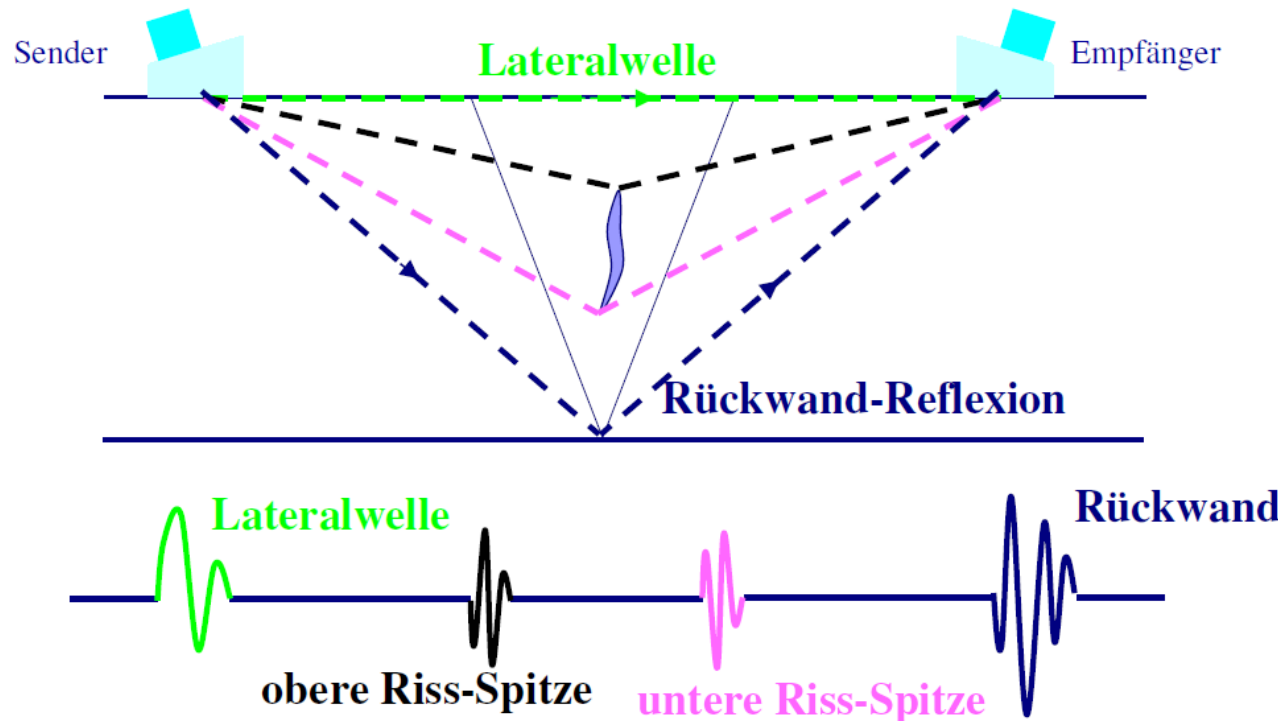
Weitere kleinere Anzeigen sind sichtbar, werden jedoch nicht näher dokumentiert

*keine AVG Bewertung möglich / Auswertung nach Halbwertsmethode; Achtung! Bei Fehlergrößenangaben handelt es sich immer um Anzeigegrößen (Reflexionsvermögen), nicht der tatsächlichen Fehlergröße



Sonderprüfung TOFD

Time of Flight Diffraction – Mehr als nur Ultraschall.



Sende-Prüfkopf mit hoher Divergenz

→ Durchschallung des Volumens

Empfänger-Prüfkopf nimmt alle Signale ab der

→ Lateralwelle (Oberflächenwelle)

→ bis zur Rückwandreflektion auf

Anders als bei der konventionellen

Ultraschallprüfung werden die Signale primär nicht nach Reflektionen untersucht, sondern vor allem die Beugungssignale von Unregelmäßigkeiten.

UT / PAUT = beschreibt die Reflektion einer Unregelmäßigkeit

TOFD = beschreibt die Beugung der Ultraschallwelle aufgrund einer Unregelmäßigkeit

In Amerika / GB seit Jahrzehnten im Einsatz, mit vielen Vorteilen:

Vorteile:

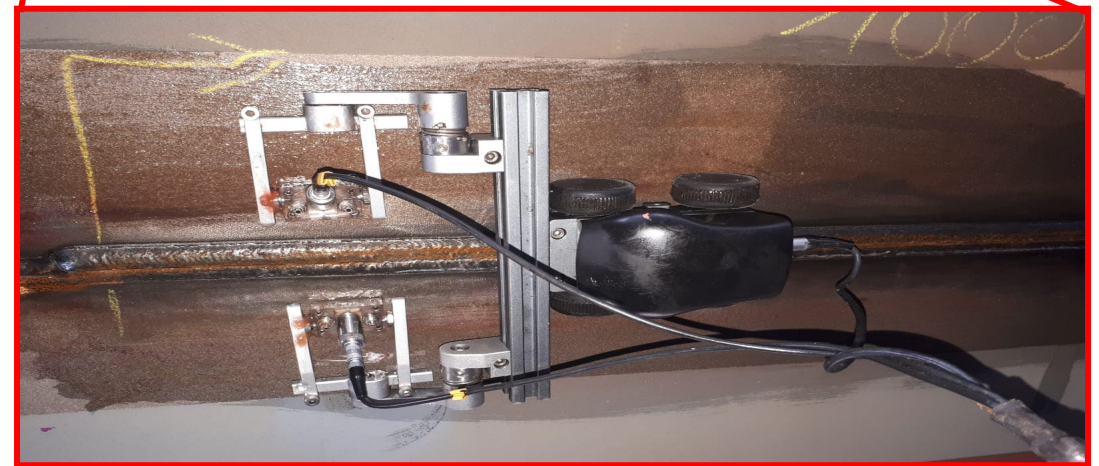
- Kein Strahlenschutz, keine zusätzlichen Kosten für Spätschicht, Filme, ...
- Bildgebendes Verfahren (bei Einsatz von Scannern)
- **Die Lage der Unregelmäßigkeit ist unerheblich, da durchschallt und nur die Beugung des Schalls erkannt wird, kann nahezu jede Lage gefunden werden.**
- Deutlich höhere Auffindwahrscheinlichkeit, als bei konventionellem UT
- Eines der schnellsten Scan Verfahren – es können bei richtiger Justierung dutzende Meter geprüft werden = günstigstes Verfahren bei hohem Prüfumfang
- Prüfbereich ab Wanddicken von 6 **bis 300mm** möglich

Nachteile:

- Erst ab Dicken über 6mm sinnvoll
- Nur für ferritische Stähle geeignet – abhängig vom Gefüge ggf. auch Legierte
- Testkörper zur Kalibrierung – Standardtestkörper je Dickenbereich reicht jedoch
- **Nur für Stumpfnähte geeignet (da Durchschallung)**
- **Hoher Ausbildungsaufwand** (über das UT Verfahren hinaus – neue ISO 9712: 2021) EN & ASME!

TOFD ... Time of Flight Diffraction

Die **EN ISO 10863** legt die Anwendung der Beugungslaufzeittechnik bei der halb- oder vollautomatisierten Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen mit einer einfachen Geometrie ab einer Mindestdicke von 6 mm fest. Vorrangig werden niedrig legierte Kohlenstoffstähle bevorzugt, es kann jedoch die TOFD-Technik auch auf andere Werkstoffarten bedingt angewendet werden wie z.B: 1.4301 oder 1.4571



Beispiel aus dem Stahlbau

TOFD ... Time of Flight Diffraction

Die ISO EN Norm legt vier Prüfklassen (A, B, C u. D) nach ISO 17635 fest.
Von Prüfklasse A zu Prüfklasse C nimmt die Zuverlässigkeit zu.

Prüf- klasse	TOFD- Anordnung	Vergleichskörper zur Überprüfung der Anordnung (siehe 8.2)	Vergleichskörper zur Einstellung der Empfindlichkeit (siehe 10.1.4)	Anschallung mit Versatz	Schriftliche Prüfanweisung
A	nach Tabelle 2	nein	nein	nein	dieses Dokument
B	nach Tabelle 2	nein	ja	nein	dieses Dokument
C	nach Tabelle 2	ja	ja	a	ja
D	wie durch eine Spezifikation festgelegt	ja	ja	a	ja

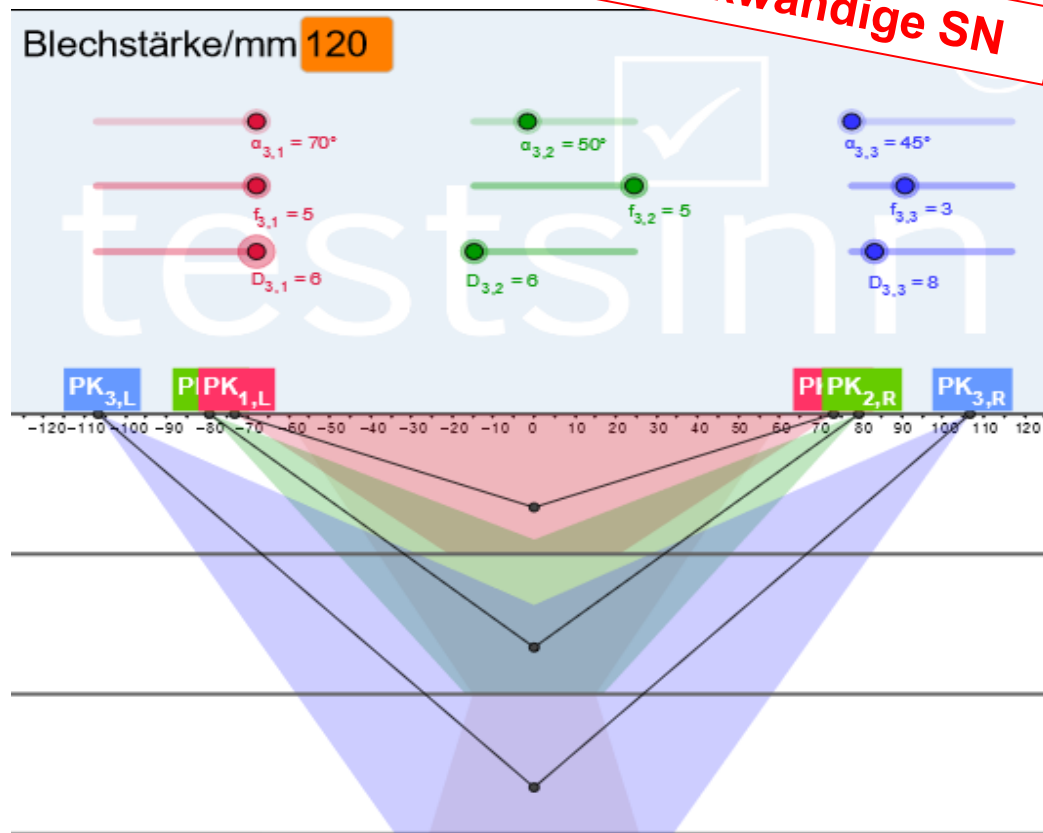
^a Erfordernis, Anzahl und Anordnung der Versatz-Anschallungen sind zu bestimmen.

Bei Fertigungsarbeiten sind alle Prüfklassen anwendbar / möglich. Die Prüfklasse A ist nur bei Wanddicken bis zu 50 mm anwendbar. Für Prüfungen während des Betriebes darf nur die Prüfklasse D angewendet werden.

Beispiel dickwandige SN

Anordnung einer Beugungslaufzeit:

Anordnung der Prüfköpfe in Abhängigkeit von deren Eigenschaften z.B.:
 Frequenz, Wandler Durchmesser des Prüfkopfes,
 Einschallwinkel, Wellenart und dem Abstand der Prüfköpfe (PCS)
 Je nach Wanddicken sind ein oder **mehrere Zonen** zu prüfen.



TOFD	Zone St.	Zone Ende	Mittenfreq.	Einschallw.	PK Durchm.	Schnittpkt. SA	PCS
No.:	mm	mm	MHz	Grad(°)	mm	mm	mm
Gruppe 1	0	40	5	70°	6	27	147
Gruppe 2	40	80	5	50°	6	67	159
Gruppe 3	80	120	3	45°	8	107	213

Tabelle 2 — Empfohlene TOFD-Anordnungen für einfache Stumpfschweißnähte in Abhängigkeit von der Wanddicke

Dicke t mm	Anzahl von TOFD-Anordnungen	Tiefenbereich Δt mm	Mittenfrequenz f MHz	Einschallwinkel (Longitudinalwellen) α °	Wanderdurchmesser mm	Schallbündel-Schnittpunkt
6 bis 10	1	0 bis t	15	70	2 bis 3	$2/3$ von t
> 10 bis 15	1	0 bis t	15 bis 10	70	2 bis 3	$2/3$ von t
> 15 bis 35	1	0 bis t	10 bis 5	70 bis 60	2 bis 6	$2/3$ von t
> 35 bis 50	1	0 bis t	5 bis 3	70 bis 60	3 bis 6	$2/3$ von t
> 50 bis 100	2	0 bis $t/2$	5 bis 3	70 bis 60	3 bis 6	$1/3$ von t
		$t/2$ bis t	5 bis 3	60 bis 45	6 bis 12	$5/6$ von t
> 100 bis 200	3	0 bis $t/3$	5 bis 3	70 bis 60	3 bis 6	$2/9$ von t
		$t/3$ bis $2t/3$	5 bis 3	60 bis 45	6 bis 12	$5/9$ von t
		$2/3t$ bis t	5 bis 2	60 bis 45	6 bis 20	$8/9$ von t
> 200 bis 300	4	0 bis $t/4$	5 bis 3	70 bis 60	3 bis 6	$1/12$ von t
		$t/4$ bis $t/2$	5 bis 3	60 bis 45	6 bis 12	$5/12$ von t
		$t/2$ bis $3t/4$	5 bis 2	60 bis 45	6 bis 20	$8/12$ von t
		$3t/4$ bis t	3 bis 1	50 bis 40	10 bis 20	$11/12$ von t oder t für $\alpha \leq 45^\circ$

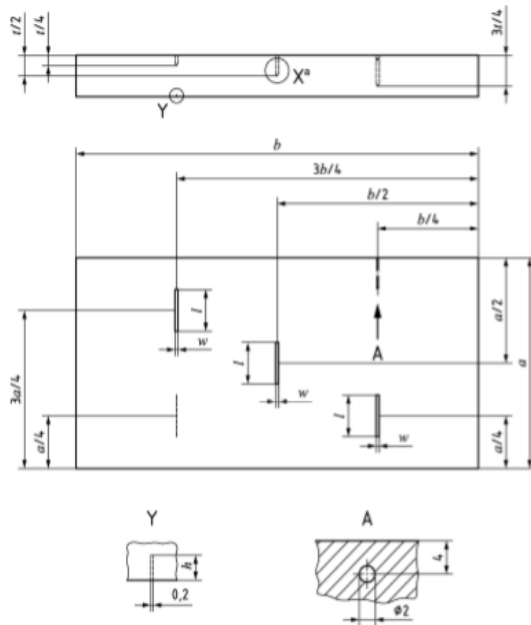
6 bis 300 mm

Für höhere Dicken unschlagbar in Bezug auf Kosten und Auffindwahrscheinlichkeit.

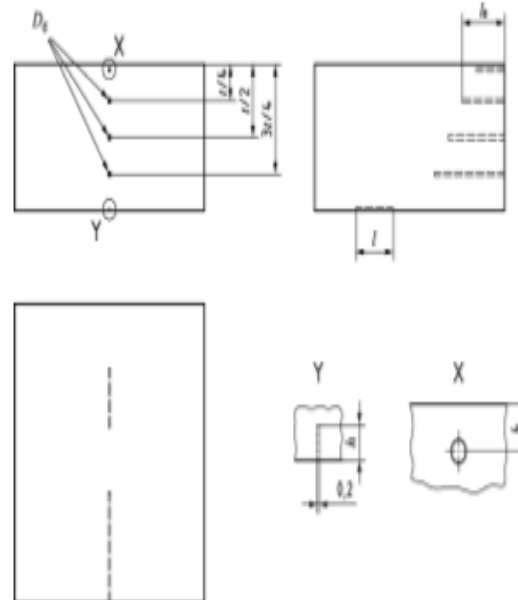


Sofern die Parameter nicht der Tabelle 2 entsprechen, ist die Eignung unter Verwendung von Vergleichskörpern nachzuweisen.

Beispiel: Nuten



Beispiel: Bohrungen



	PRÜFANWEISUNG INSPECTION PROCEDURE		Ident-Nr.	PA-CB-19.01		
			Ident-No.			
	Revision	0				
	Revision					
		Ausgabe	2019			
		Edition				
		Seite	1	von	of	6
		Page				

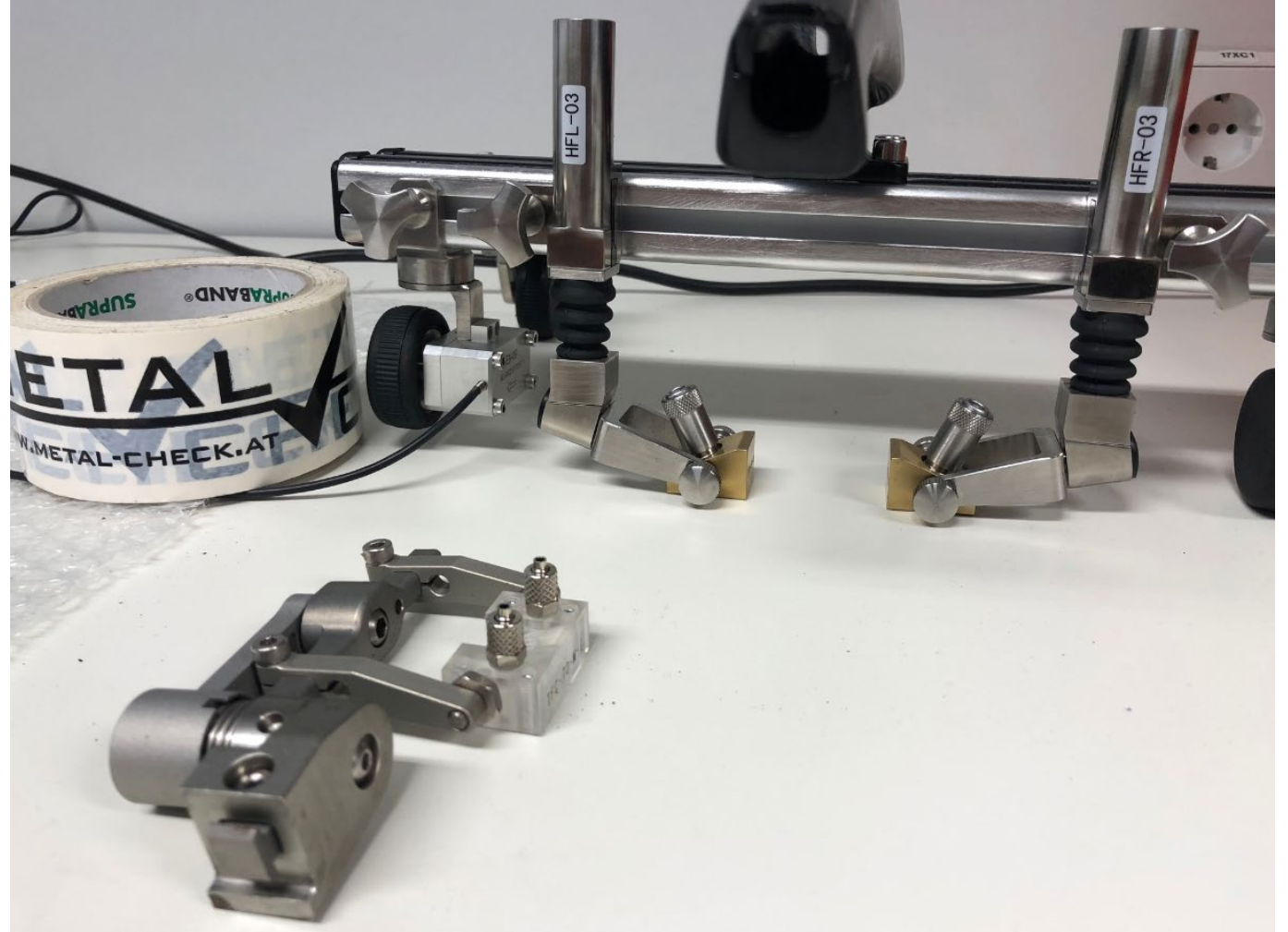
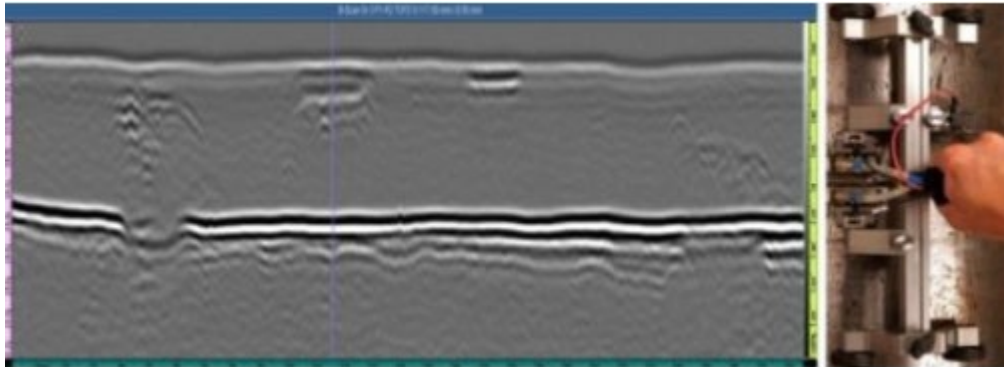
Recommended Calibration blocks for

**Phased Array Ultrasonic Examination (PAUT) &
Time of flight diffraction (TOFD) in accordance with**

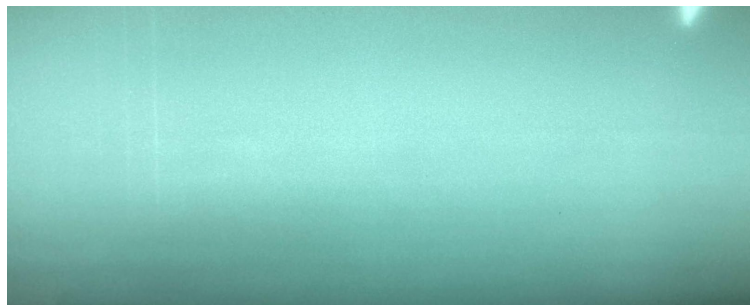
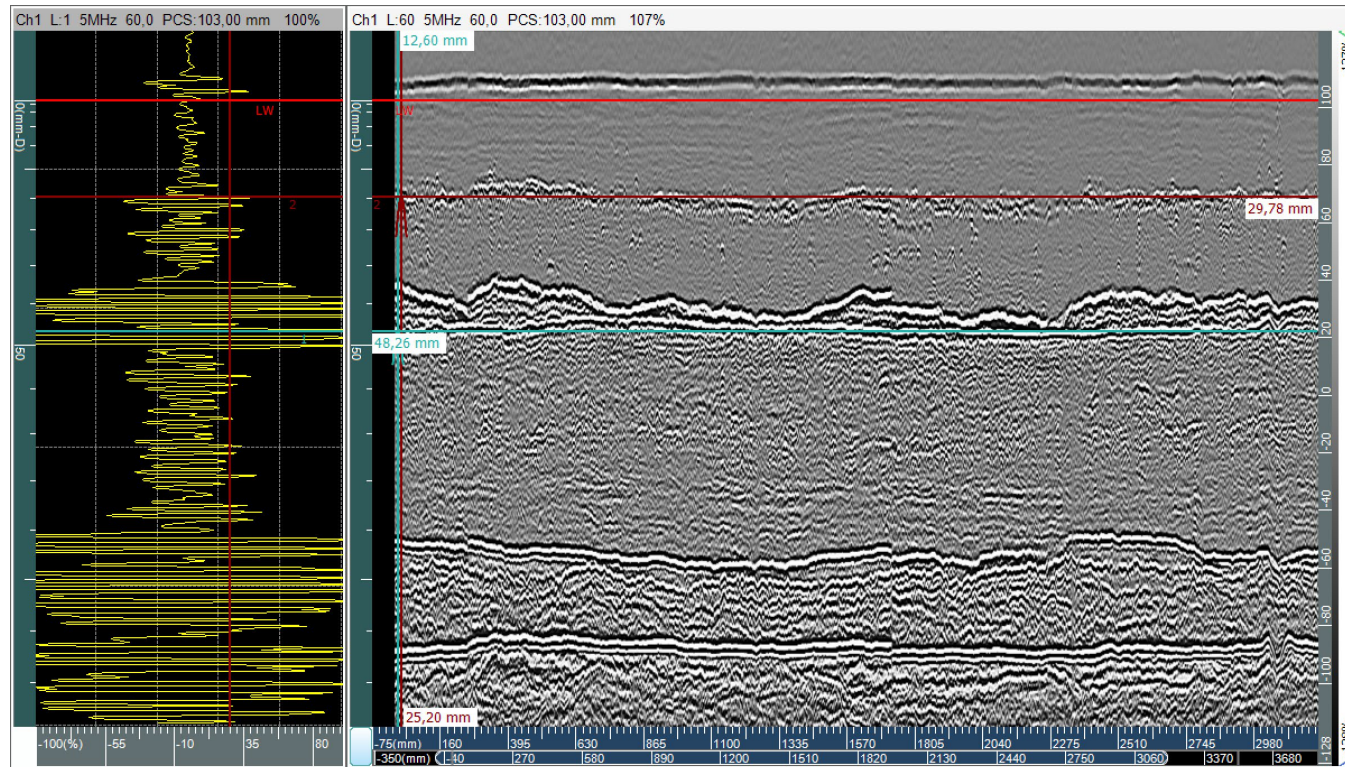
**EN ISO 13588
&
EN ISO 10863**

Der Vergleichskörper sollte aus einem gleichen oder ähnlichen Material bestehen wie das zu prüfende Bauteil.

TOFD ... Time of Flight Diffraction



TOFD ... Time of Flight Diffraction



Stutzen-Rundnaht mit 48 mm Wandstärke

RT: Keine Anzeigen erkennbar – bei Bildgüte W13!

TOFD: Durchgehender Bindefehler auf 29 bis 32 mm Tiefe

UT: Bei richtiger Winkelwahl deutliche Signalamplitude

TOFD ... Time of Flight Diffraction



TOFD ... Time of Flight Diffraction

Beispiel dickwandige SN

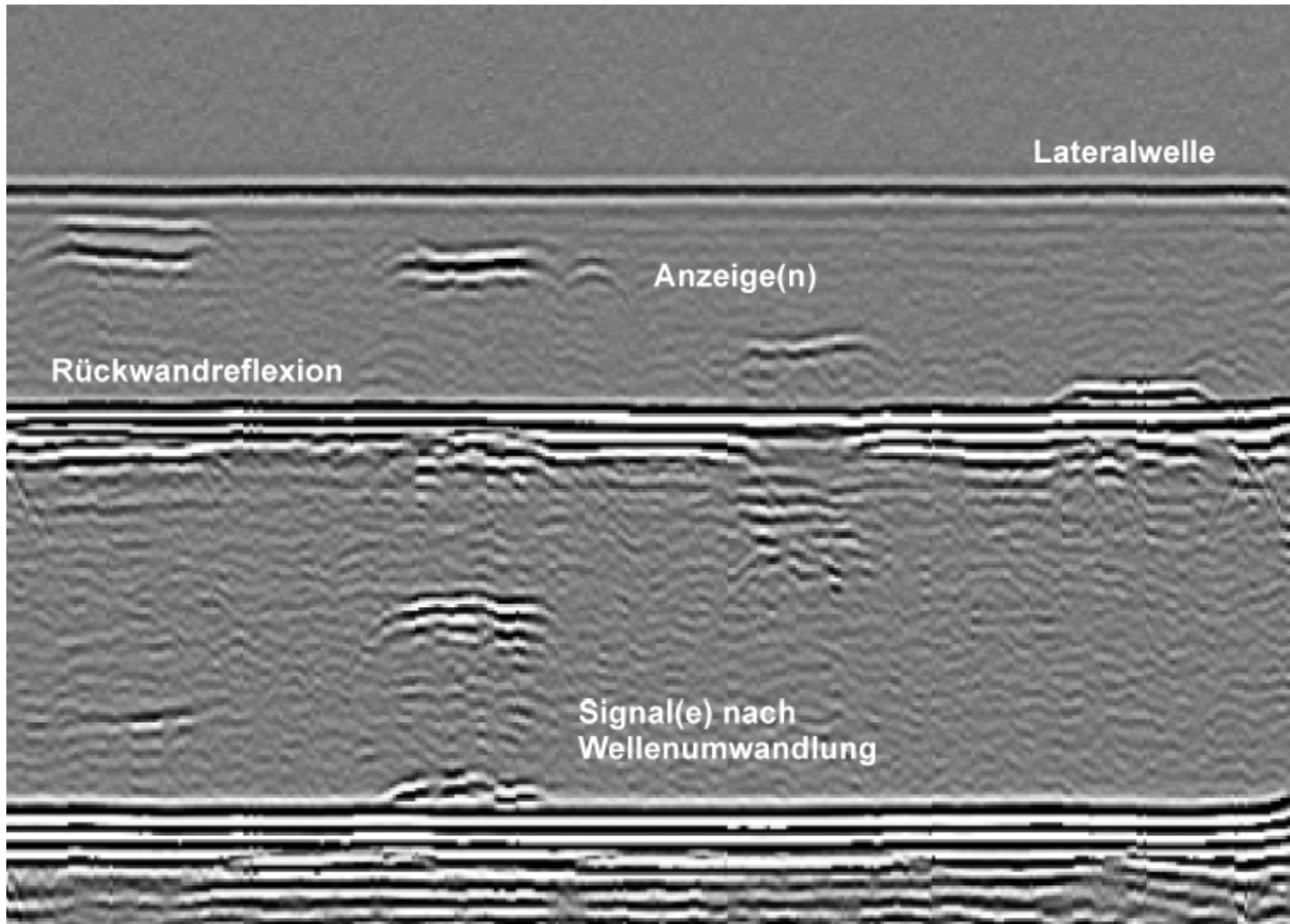


ASME bei der VOEST

Metal Check GmbH Lerchenfeldgasse 45 5280 Braunau am Inn www.metal-check.at	Written Practice Supplement TOFD & PAUT Rev.00	
--	---	--

Lloyd's Register Verification Limited Lloyd's Register <input type="checkbox"/> Witnessed <input type="checkbox"/> Monitored <input checked="" type="checkbox"/> Reviewed Karl Eder Nummer: 16288 Vienna Office 2018-12-17		 Approved by customer, if necessary		
5 4 3 2 1 0 Rev	Description First issue Date Prepared	Date Date Date	METAL CHECK Checked Date	METAL CHECK Approved Date
Revision 00 03.09.2018		Metal Check GmbH	Page 1 of 23	

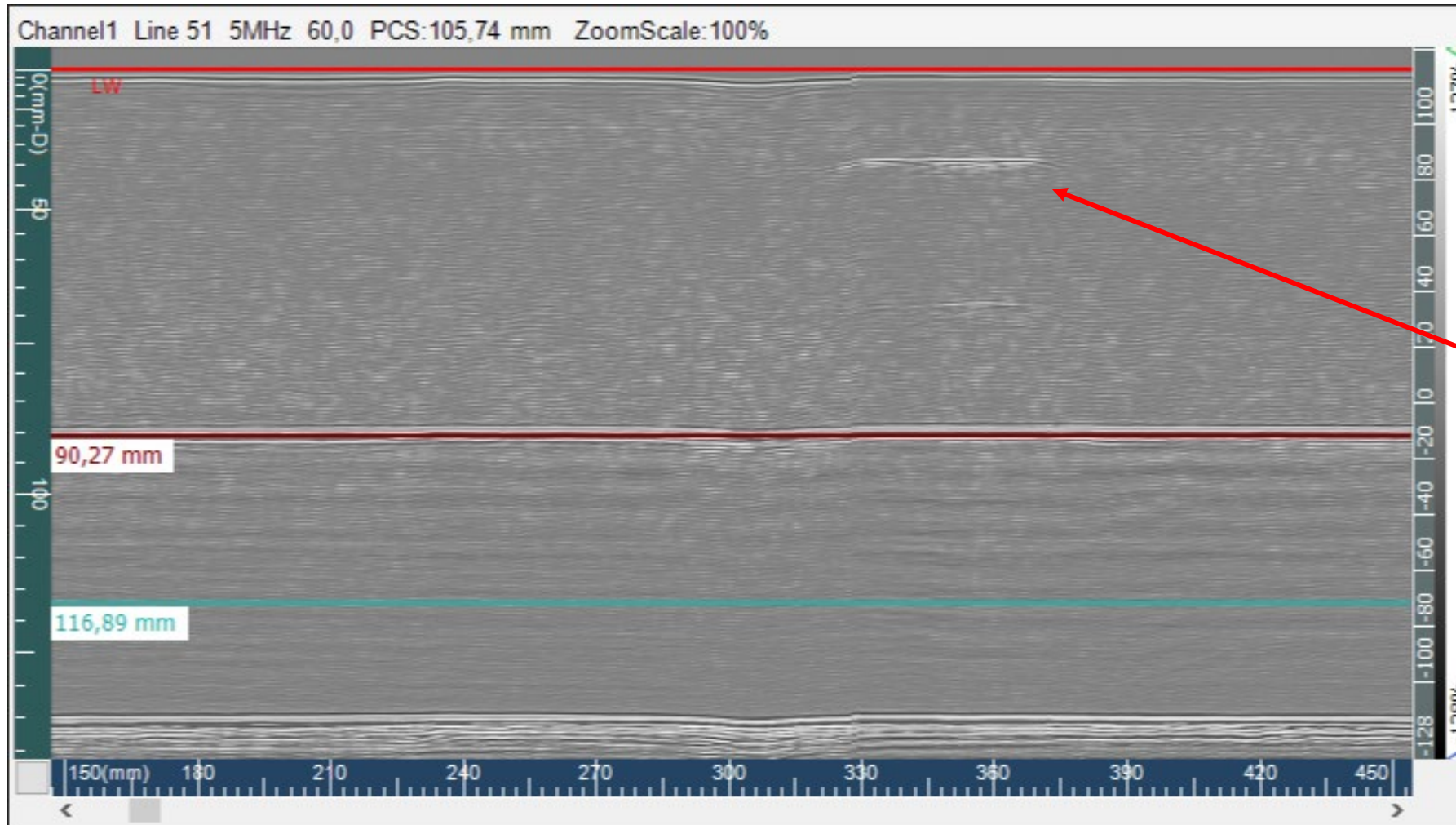
TOFD ... Time of Flight Diffraction



Aufnahme
mit Beispielen
aus der Norm

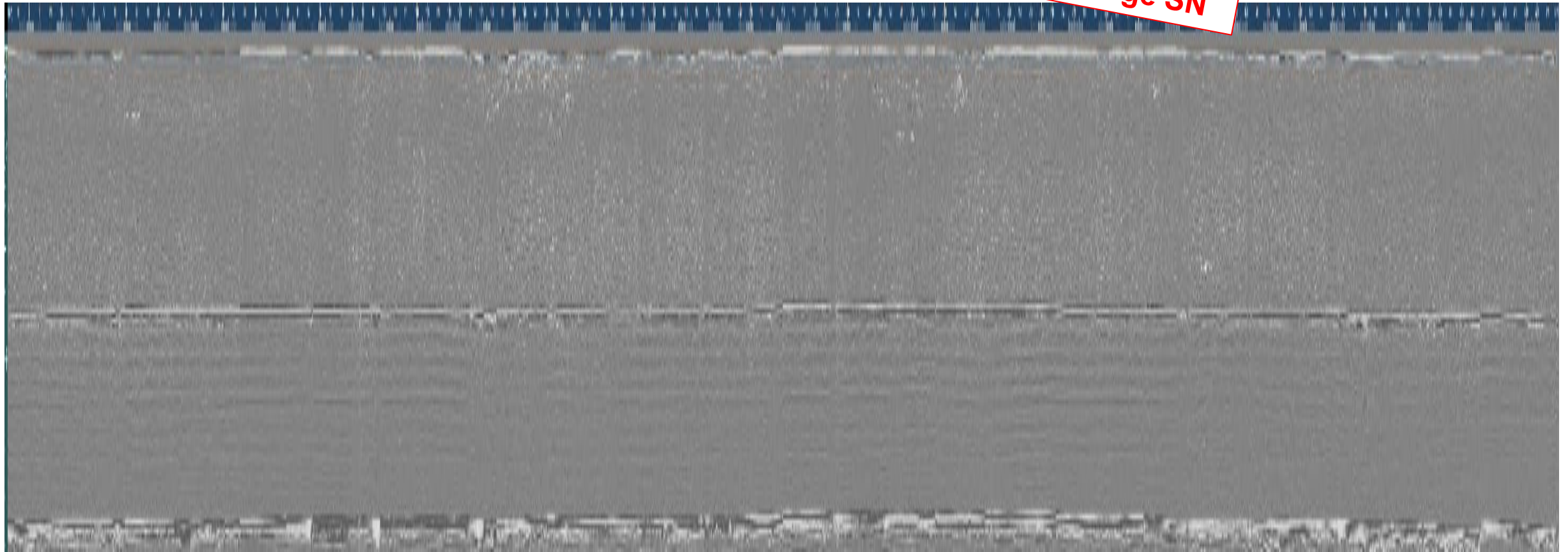
TOFD ... Time of Flight Diffraction

Beispiel dickwandige SN



Prüfung eines 90mm Blech mit Anzeige: Bindefehler von 330 bis 370 mm

Beispiel dickwandige SN



Prüfung eines 90mm Blech – Aufnahme zeigt die komplette Schweißnahtlänge von 4200mm

Gründe für den zögerlichen Einsatz von PAUT und TOFD Radiographie:

- ~~Fehlende Normen~~
- Konservative Gutachter und Schweißaufsichten
- Nicht ausgebildetes Personal
- ~~Geringere Auffindwahrscheinlichkeit im Vergleich zum RT Film~~

Rohrleitungsbau

RT ist nach wie vor für besonders dünnwandige oder austenitische Werkstoffe die bevorzugte Wahl. Es gibt aber eine ganze Reihe von Anwendungen (>3,2mm, hohe gleichbleibende Stückzahl) die den Einsatz der PAUT und TOFD Verfahren rechtfertigen. In manchen Anwendungsbereichen stellen diese Verfahren sogar eine bessere Alternative zum Röntgen dar.

Behälterbau

Insbesondere bei dickwandigen Schweißnähten ist der Einsatz von PAUT und TOFD nicht nur kostengünstiger sondern auch aussagekräftiger. Im mittleren Dickenbereich kann insbesondere die TOFD Prüfung bei hohen Prüfumfängen deutlich günstiger durchgeführt werden, als die RT Prüfung.

Des Weiteren sind mit den Normen ISO 22825 (Verfahrensnachweis) nun auch alle Sonderwerkstoffe mit Funktionsnachweis und ISO 20601 dünnwandige Schweißnähte ab 3,2 mm prüfbar.

Behördliche Auflagen und Strahlenschutz erschweren den Einsatz von RT zusätzlich. Weiters ist zu bedenken, dass die häufigsten verwendeten Isotopen Selen 75 und Iridium 192 in Russland beladen werden.

Aus aktueller Sicht gibt es bereits Engpässe bei der Lieferung – hier bleibt aktuell abzuwarten, ob in nächster Zeit der Einsatz von RT-Isotopen-Durchstrahlungsprüfung überhaupt noch wirtschaftlich möglich ist.



Die umfangreichen Möglichkeiten der Verfahrensauswahl stellt den Herstellern möglicherweise vor neuen Herausforderungen



Welches Prüfverfahren ist für die eigene Anwendung am wirtschaftlichsten und erfüllt die qualitativen Anforderungen?

Die Rolle der Prüfaufsicht (Stufe 3 Prüfer) wird wichtiger, die Prüfung der Prüfbarkeit, die Wahl der Verfahren und die Überwachung der Prüftätigkeiten stehen dabei im Vordergrund und sollten von den Herstellern entsprechend beachtet werden.

Weiterbildung

Metal Check GmbH bietet gemeinsam mit der Ausbildungsstätte Vector München GmbH laufende Kurse nach EN ISO 9712 an.

Für Betreiber und Sachverständige ist es notwendig, Grundkenntnisse in der Interpretation von Prüfberichten zu besitzen. Insbesondere bei der PAUT Prüfung im wiederkehrenden Prüfgeschäft wird es von Seiten des Prüfers selten eine „n.e.“ oder „e.“ Aussage geben. Er liefert meist ein IST Zustandsermittlung mit verschiedensten Messwerten (zu den Wandungen) und PAUT Aufnahmen von Unregelmäßigkeiten.

Für 2022 planen wir weitere Ergänzungskurse zu den Themen der Interpretation von Aufnahmen, die mittels den Verfahren TOFD, PAUT oder RT-CR entstanden sind.

Die Theorie wird nur zum Verständnis besprochen – der Schwerpunkt liegt auf Erfahrungen der Metal Check GmbH. Dabei werden tatsächliche Schadensfälle durchbesprochen und viele praktische Bezüge hergestellt.



VECTOR München GmbH

<http://www.metal-check.at/aktuelle-kurse/>

<http://www.vector-muenchen.de>

Kooperationspartner
von TÜV SÜD



ZERSTÖRUNGSFREIE WERKSTOFFPRÜFUNG

alle gängigen Verfahren & Advanced NDT

- Ultraschallprüfung (UT)
- Durchstrahlungsprüfung (RT Isotope)
- Röntgenprüfung (RT Röntgenröhre)
- Digitale Radiographie (RT CR/RT D)
- Oberflächenrissprüfungen (PT/MT)
- Visuelle Prüfung (VT)
- Dichtheitsprüfung mit Helium (LT)
- Dichtheitsprüfung mit Vakuum (LT)
- Advanced NDT (PAUT/TOFD)
- PMI/RFA – Bestimmung
- Mobile Härtemessung (HT)

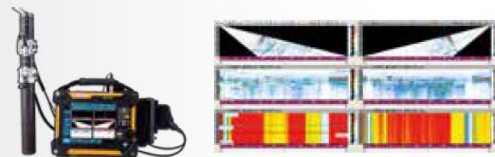
METAL CHECK – EIN NAME SAGT ALLES

PAUT & TOFD PRÜFUNG

Die echte Alternative zur
Durchstrahlungsprüfung



- Normgerecht in Anwendung und Bewertung (EN ISO und ASME)
- Keine Röntgenfenster, kein Strahlenschutz – Sicherheit auf Ihren Baustellen
- Ideal für große Stückmengen (Sammler und Flossenwände)
- PAUT Prüfkopfhöhe 17mm
- Einsatz ab Rohrdurchmesser DN15
- Wiederkehrende Prüfung - Korrosionsbestimmung



DIGITALE RADIOGRAPHIE

USB Stick statt analoge
Röntgenfilme



EINSATZGEBIET IM APPARATE, BEHÄLTER UND ROHRLEITUNGSBAU

- RT CR – Normgerechte Schweißnahtprüfung
- RT D – Ultrahochauflösende Detektoren
- Mobiler Labworwagen – Auswertung vor Ort
- Bildübermittlung per Email
- Systemunterstützte Wanddickenermittlung
- Keine Archivierung analoger Röntgenfilme
- Höherer Objektumfang
- Wanddickenunterschiede mit einer Aufnahme

ZFP SOFTWARELÖSUNGEN

- Industrie 4.0 trifft ZFP -
Prüfberichterstellung mit wenigen
Klicks, innerhalb von Minuten



INDIVIDUELLE SOFTWARELÖSUNGEN FÜR IHRE ZFP AUFGABEN

- online Zugang - Weltweit erreichbar
- Tablet & Smartphone kompatibel
- Auftragsmanagement
- Kundenbeauftragung direkt im System
- Prüfbericht- & Lieferscheinerstellung
- Qualitätsmanagement
- Equipmentverwaltung
- Zeiterfassung

ZEITERSPARNIS BEIM DOKUMENTIEREN
WENIGER TIPPEN -> MEHR KLICKEN

Metal Check Gruppe:

Metal Check GmbH Deutschland

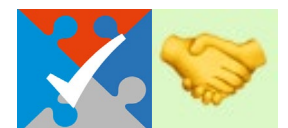
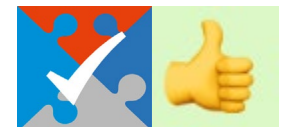
84508 Burgkirchen an der Alz

METAL CHECK GmbH Österreich

5280 Braunau am Inn &
4550 Kremsmünster

Metal Check Service GmbH

1030 Wien
ZFP Abteilung vom TÜV SÜD übernommen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit.