

Syllabus Ultraschallprüfung

Syllabus Ultrasonic Testing

FBV02-05-30 REV. 4.0

Dieses Dokument ist eine Kopie des genehmigten Originaldokumentes und wird im Rahmen der kontrollierten Verteilung ohne weitere Genehmigungsvermerke verwendet. Dem jeweiligen Nutzer/Anwender kontrolliert verteilter Dokumente obliegt eigenverantwortlich die Anwendung der gemäß Veröffentlichung der SECTOR Cert gültigen Versionen von Dokumenten. Durch Revision ersetzte Dokumente sind zu vernichten.

This document is a copy of the approved original document and applies within the frame of a controlled distribution without additional approval statements. It is the responsibility of the individual user of the controlled distributed document to use the valid version according to the release of SECTOR Cert. Documents superseded by revisions have to be destroyed.

Dieses Schriftstück ist ein urheber- und verwertungsrechtlich geschütztes Dokument. Ohne Zustimmung der SECTOR Cert darf es weder vervielfältigt noch als Ganzes zitiert werden. Zuwiderhandlungen werden nach Paragraph 106 UrhG verfolgt.

This paper is a legally protected copyrighted document. It may not be reproduced or quoted, in whole or in part, without approval of SECTOR Cert. Violations will be prosecuted according to Article 106 of the Copyright Act.

© SECTOR Cert - Gesellschaft für Zertifizierung GmbH Siegburg 2024

N. Mahmutyazicioglu / SLZ
revidiert | revised

D. Seidel / FV-UT
geprüft | reviewed

N. Mahmutyazicioglu / SLZ
freigegeben | approved

27.06.2024
Datum | Date

INHALTVERZEICHNIS / TABLE OF CONTENTS

ULTRASCHALLPRÜFUNG (UT) STUFE 1.....	3
ULTRASONIC TESTING (UT) LEVEL 1	3
ULTRASCHALLPRÜFUNG (UT A) STUFE 1 AUTOMATISIERTE PRÜFUNG - SEKTOR PT ODER PWP	7
ULTRASONIC TESTING (UT A) LEVEL 1 AUTOMATED TESTING - SECTOR PT OR PWP.....	7
ULTRASCHALLPRÜFUNG (UTW) STUFE 1 WANDDICKENPRÜFUNG	10
ULTRASONIC TESTING (UTW) LEVEL 1 WALL THICKNESS TESTING.....	10
ULTRASCHALLPRÜFUNG (UT) STUFE 2.....	13
ULTRASONIC TESTING (UT) LEVEL 2	13
ULTRASCHALLPRÜFUNG MIT PHASENGESTEUERTEN ARRAYS - STUFE 2 (UT2PA).....	22
ULTRASONIC TESTING WITH PHASED ARRAYS - LEVEL 2 (UT2PA).....	22
ULTRASCHALLPRÜFUNG MIT BEUGUNGSLAUFZEITTECHNIK - STUFE 2 (UT2TOFD)	25
ULTRASONIC TESTING WITH TIME OF FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE - LEVEL 2 (UT2TOFD).....	25
ULTRASCHALLPRÜFUNG (UT) STUFE 2 WANDDICKEN- UND DOPPLUNGSPRÜFUNG....	28
ULTRASONIC TESTING (UT) LEVEL 2 WALL THICKNESS AND LAMINATION TESTING.....	28
ULTRASCHALLPRÜFUNG (UT) STUFE 3.....	33
ULTRASONIC TESTING (UT) LEVEL 3	33

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 1	Ultrasonic Testing (UT) Level 1
Nr./No	Themen	Subjects
1	Physikalische Grundlagen der Ultraschallprüfung	Physical principles of ultrasonic testing
1.1	Zielsetzung Kapitel 1	Objectives of Chapter 1
1.2	Einleitung	Introduction
1.3	Physik der Schwingungen und Wellen	Physics of vibrations and waves
1.3.1	Die Schwingung	The vibration
1.3.2	Die Welle	The waves
1.3.3	Wellenarten	Wave types
1.4	Reflexion und Brechung von Ultraschallwellen	Reflection and refraction of ultrasonic waves.
1.4.1	Schallausbreitung	Sound propagation
1.4.2	Snelliussches Gesetz	Snell's law
1.4.3	Reflexion und Echoentstehung	Reflection and echo generation
1.5	Fragen zu Kapitel 1	Questions for Chapter 1
2	Prüfkopfaufbau, Schallfeld und Gerätetechnik	Probe structure, sound field and equipment technology
2.1	Zielsetzung Kapitel 2	Objectives of Chapter 2
2.2	Erzeugung von Ultraschall mit Piezoelementen	Generation of ultrasound with piezo elements
2.3	Bauprinzipien von Prüfköpfen.	Construction principles of probes
2.3.1	Senkrechtprüfkopf	Straight beam probes
2.3.2	Winkelprüfkopf	Angle beam probes
2.4	Prüfkopfeigenschaften	Probe characteristics
2.4.1	Impulslänge	Pulse length
2.4.2	Schallfeld	Sound field
2.5	Besonderheiten des SE-Prüfkopfes	Special features of the TR probes
2.6	Betriebstechniken des Ultraschallgerätes	Operating techniques of the ultrasonic testing equipment
2.6.1	Durchschallungstechnik	Transmission technique
2.6.2	Impuls-Echo-Technik	Pulse-echo technique
2.7	Digitale Ultraschallgeräte	Digital ultrasonic testing equipment
2.7.1	Einleitung	Introduction
2.7.2	Ausstattung und Funktionen	Features and functions
2.7.3	Der Bildschirm	The screen
2.7.4	Ultraschallgeräte für besondere Anwendungen	Ultrasonic testing equipment for special applications
2.8	Fragen zu Kapitel 2	Questions for Chapter 2
3.	Digitale Ultraschalltechnik	Digital ultrasound technology
3.1	Einführung-Puls-Echo digitale Ultraschallgeräte	Introduction to pulse-echo digital ultrasonic testing equipment
3.2	Baugruppen eines digitalen Ultraschallgerätes	Assembly of a digital ultrasonic testing equipment
3.3	Signaldigitalisierung	Signal digitization
3.4	Funktionen und Vorteile bei der Anwendung der digitalen Ultraschallgeräte	Features and benefits of using digital ultrasonic testing equipment
3.5	Beispiele für digitale Ultraschallprüfgeräte	Examples of digital ultrasonic testing equipment
4.	Geräteeinstellung mit genormten Justierkörpern	Equipment setup with standardized calibration blocks
4.1	Zielsetzung Kapitel 4	Objectives of Chapter 4
4.2	Einleitung	Introduction
4.3	Justierkörper	Calibration block
4.4	Entfernungsjustierung für die Senkrechteinschallung	Distance adjustment for straight beam scanning
4.4.1	Grundsätzliche Vorgehensweise	Basic procedure
4.4.2	Durchführung einer Entfernungsjustierung	Carrying out a distance adjustment

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 1	Ultrasonic Testing (UT) Level 1
Nr./No	Themen	Subjects
4.4.3	Entfernungsjustierung Senkrechtprüfkopf beim digitalen Ultraschallgerät	Distance adjustment with straight beam probe using a digital ultrasonic testing equipment
4.5	Entfernungsjustierung für die Schrägeinschallung	Distance adjustment for angle beam scanning
4.5.1	Kontrolle der Prüfkopfdaten	Control of probe data
4.5.2	Einstellung am Kalibrierkörper K1	Adjustment on calibration block K1
4.5.3	Einstellung am Kalibrierkörper K2	Adjustment on calibration block K2
4.5.4	Durchführung einer Entfernungsjustierung	Carrying out a distance adjustment
4.6	Empfindlichkeitsjustierung	Gain or sensitivity adjustment
4.6.1	Einflussgrößen auf die Empfindlichkeit	Factors influencing the sensitivity
4.6.2	Vergleichsreflektoren	Reference reflectors
4.6.3	Schalldruckverluste	Sound pressure losses
4.6.4	Die Registriergrenze	The registration limit
4.7	Fragen zu Kapitel 4	Questions for Chapter 4
5.	Grundlagen der Senkrechteinschallung	Fundamentals of straight beam scanning
5.1	Zielsetzung Kapitel 5	Objectives of Chapter 5
5.2	Einführung	Introduction
5.3	Direkter und indirekter Nachweis von Reflektoren	Direct and indirect detection of reflectors
5.3.1	Begriffe	Terminology
5.3.2	Oberflächen-parallele Reflektoren	Surface parallel reflectors
5.3.3	Schräg liegende Reflektoren	Oblique reflectors
5.3.4	Prüfgegenstände ohne planparallele Gegenflächen	Test objects without plane-parallel mating surfaces
5.4	Geometrieanzeigen	Geometry indications
5.5	Senkrechteinschallung in Tauchtechnik	Straight beam scanning in immersion technique
5.5.1	Einleitung	Introduction
5.5.2	Tauchtechnikanlagen	Immersion technique equipment
5.5.3	Einstellung der Anlage	Setting the system
5.5.4	Besonderheiten der Prüftechnik	Special features of the testing technique
5.5.5	Techniken der automatisierten Tauchtechnik	Techniques of automated immersion testing
5.6	Bestimmung von Reflektordaten bei der Senkrechteinschallung	Determination of reflector data for straight beam scanning
5.6.1	Festlegung eines Bezugssystems	Definition of a reference system
5.6.2	Bestimmung der Lage von kleinen Reflektoren	Determination of the position of small reflectors
5.6.3	Ausdehnung von großen Reflektoren	Extension of large reflectors
5.7	Fragen zu Kapitel 5	Questions for Chapter 5
6.	Grundlagen der Schrägeinschallung	Fundamentals of angle beam scanning
6.1	Zielsetzung Kapitel 6	Objectives of Chapter 6
6.2	Einführung	Introduction
6.3	Schrägeinschallung in Kontakttechnik	Angle beam scanning in contact technique
6.3.1	Aufbau des Winkelprüfkopfes	Construction of the angle beam probe
6.3.2	Grenzwinkel für die Kontakttechnik	Critical angle for contact technique
6.4	Schrägeinschallung in Tauchtechnik	Angle beam scanning in immersion technique
6.5	Bestimmung der Reflektorlage (Ortung)	Determination of reflector position (locating)
6.5.1	Das „Fehlerdreieck“	The "flaw triangle"
6.5.2	Vorgehensweise bei der Bestimmung der Lage (Ortung)	Procedure for determining the position (locating)
6.5.3	Messung der Anzeigenlänge	Measurement of the indication length
6.6	Fragen zu Kapitel 6	Questions for Chapter 6

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 1	Ultrasonic Testing (UT) Level 1
Nr./No	Themen	Subjects
7.	Ultraschallprüfung von Walz-und Schmiedeprodukten	Ultrasonic testing of rolled and forged products
7.1	Lernziele	Objectives
7.2	Objektkunde	Object knowledge
7.2.1	Stahlerzeugung	Steelmaking
7.2.2	Walzen und Walzprodukte	Rolling and rolled products
7.2.3	Schmieden und Schmiedeprodukte	Forging and forging products
7.3	Ultraschallprüfung von Blechen auf Dopplungen	Ultrasonic testing of sheets for lamination
7.3.1	Fehlerkatalog	Defect catalog
7.3.2	Abtasttechniken	Scanning techniques
7.3.3	Prüfkopfauswahl	Probe selection
7.3.4	Justierung	Calibration
7.3.5	Bestimmung der Ausdehnung	Determination of extent
7.4	Ultraschallprüfung von Stäben	Ultrasonic testing of bars
7.4.1	Fehlerkatalog	Defect catalog
7.4.2	Prüfumfang und Einschallpositionen	Extent of testing and probe positions
7.4.3	Ausrüstung	Equipment
7.4.4	Entfernungsjustierung/Wahl des Justierbereiches	Distance adjustment / Selection of the adjustment range
7.4.5	Vergleichskörper	Reference blocks
7.4.6	Empfindlichkeitseinstellung	Sensitivity setting
7.4.6.1	Vergleichskörpertechnik	Reference block method
7.4.6.2	Technik mit Skala (AVG-Methode)	Method with diagram (DGS method)
7.4.7	Registrierung von Anzeigen	Registration of indications
7.5	Wissensabfrage	Discussions
8.	Ultraschallprüfung von Formgussstücken	Ultrasonic testing of castings
8.1	Zielsetzung Kapitel 8	Objectives of Chapter 8
8.2	Formgießen	Mold casting
8.3	Gefüge und Wärmebehandlung	Structure and heat treatment
8.4	Fehlerkatalog	Defect catalog
8.4.1	Einschlüsse	Inclusions
8.4.2	Schwindungshohlräume	Shrinkage cavities
8.4.3	Risse	Cracks
8.5	Prüftechniken	Testing techniques
8.5.1	Allgemeines	General
8.5.2	Prüffläche und Koppelmittel	Test surface and coupling medium
8.5.3	Einschallpositionen und Prüfkopfauswahl	Probe positions and probe selection
8.5.4	Justierung	Adjustment
8.5.5	Abtasten des Gussstückes	Scanning of the casting
8.5.6	Bewertung	Assessment
8.6	Fragen zu Kapitel 8	Questions for Chapter 8
9.	Ultraschallprüfung von Schweißnähten im Rohrleitungs-, Stahl-und Behälterbau	Ultrasonic testing of welds in piping, steel and tank construction
9.1	Lerninhalte	Learning content
9.2	Objekt-und Fehlerkunde	Object and defect knowledge
9.2.1	Einführung	Introduction
9.2.2	Typische Schweißverfahren	Typical welding methods
9.2.3	Stoß-und Fugenformen von Schweißnähten	Joint and weld types
9.2.4	Unregelmäßigkeiten in Schweißnähten	Imperfections in welds
9.3	Prüftechniken	Testing techniques

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 1	Ultrasonic Testing (UT) Level 1
Nr./No	Themen	Subjects
9.3.1	Abtastbahnen und Einschallpositionen	Scanning paths and probe positions
9.3.2	Prüfvolumen und Prüffläche	Testing volume and area
9.3.3	Wahl des Justierbereiches	Selection of the adjustment range
9.3.4	Empfindlichkeitseinstellung	Sensitivity setting
9.3.5	Erkennen von Formanzeigen	Recognition of geometry indications
9.4	Wissenabfrage	Discussions
10.	Ultraschallprüfung von Rohren im Rohrwerk	Ultrasonic testing of pipes in pipe mill
10.1	Zielsetzung Kapitel 10	Objectives of Chapter 10
10.2	Vorwort	Foreword
10.3	Herstellungsverfahren	Manufacturing methods
10.3.1	Nahtlose Rohre	Seamless pipes
10.3.2	Geschweißte Rohre	Welded pipes
10.4	Fehlerkatalog	Defect catalog
10.5	Prüftechniken	Testing techniques
10.6	Justierung	Adjustment
10.7	Bewertung	Assessment
10.8	Fragen zu Kapitel 10	Questions for Chapter 10
11	Pflichtliteratur	Required reading *
11.1	FBV02-05-21-Rev.1.0 - Formelsammlung	FBV02-05-21-EN-Rev.1.0 - Collection of formulas
11.2	FBV02-05-22-Rev.1.0 - I-U1MMC-1-Musteranweisung	FBV02-05-22-EN-Rev.1.0 - I-U1MMC-1-NDT instruction
11.3	FBV02-05-24-Rev.2.0 - I-U1WS-1-Musteranweisung	FBV02-05-24-EN-Rev.2.0 - I-U1WS-1-NDT instruction
11.4	FBV02-05-25-Rev.2.0 - I-U1MMW-1-Musteranweisung	FBV02-05-25-EN-Rev.2.0 - I-U1MMW-1-NDT instruction
11.5	FBV02-05-26-Rev.1.0 - I-U1MMP-1-Musteranweisung	FBV02-05-26-EN-Rev.1.0 - I-U1MMP-1-NDT instruction
11.6	FBV02-05-27-Rev.1.0 - I-U1MMP-2-Musteranweisung	FBV02-05-27-EN-Rev.1.0 - I-U1MMP-2-NDT instruction
11.7	FBV02-05-28-Rev.1.0 - I-U1MMP-3-Musteranweisung	FBV02-05-28-EN-Rev.1.0 - I-U1MMP-3-NDT instruction
11.8	FBV02-05-29-Rev.1.0 - I-U1MMP-4-Musteranweisung	FBV02-05-29-EN-Rev.1.0 - I-U1MMP-4-NDT instruction
11.9	FBV02-05-40-Rev.1.0 - I-UTW1-1-Musteranweisung	FBV02-05-40-EN-Rev.1.0 - I-UTW1-1-NDT instruction
11.10	FBV02-05-41-Rev.0.0 - I-U1MMW-2-Musteranweisung	FBV02-05-41-EN-Rev.0.0 - I-U1MMW-2-NDT instruction
11.11	FBV02-05-42-Rev.0.0 - I-U1MMF-1-Musteranweisung	FBV02-05-42-EN-Rev.0.0 - I-U1MMF-1-NDT instruction
11.12	DIN EN ISO 16810:2014-07	EN ISO 16810:2014
11.13	DIN EN ISO 2400:2013-01	EN ISO 2400:2012
11.14	DIN EN ISO 7963:2023-02	EN ISO 7963:2022
12	Referenzliteratur	Recommended reading *
12.1	DIN EN 1330-2:1998-12	EN 1330-2:1998
12.2	DIN EN ISO 5577:2017-05	EN ISO 5577:2017
12.3	DIN EN ISO 17640:2019-02	EN ISO 17640:2018
12.4	DIN EN 10308:2002-03	EN 10308:2001
		* or national equivalent of the cited standards

	Ultraschallprüfung (UT A) Stufe 1 automatisierte Prüfung	Ultrasonic Testing (UT A) Level 1 automated testing
Nr./No	Themen	Subjects
1	Physikalische Grundlagen der Ultraschallprüfung	Physical principles of ultrasonic testing
1.1	Zielsetzung Kapitel 1	Objectives of Chapter 1
1.2	Einleitung	Introduction
1.3	Physik der Schwingungen und Wellen	Physics of vibrations and waves
1.3.1	Die Schwingung	The vibration
1.3.2	Die Welle	The waves
1.3.3	Wellenarten	Wave types
1.4	Reflexion und Brechung von Ultraschallwellen	Reflection and refraction of ultrasonic waves.
1.4.1	Schallausbreitung	Sound propagation
1.4.2	Snelliussches Gesetz	Snell's law
1.4.3	Reflexion und Echoentstehung	Reflection and echo generation
1.5	Fragen zu Kapitel 1	Questions for Chapter 1
2	Prüfkopfaufbau, Schallfeld und Gerätetechnik	Probe structure, sound field and equipment technology
2.1	Zielsetzung Kapitel 2	Objectives of Chapter 2
2.2	Erzeugung von Ultraschall mit Piezoelementen	Generation of ultrasound with piezo elements
2.3	Bauprinzipien von Prüfköpfen.	Construction principles of probes
2.3.1	Senkrechtprüfkopf	Straight beam probes
2.3.2	Winkelprüfkopf	Angle beam probes
2.4	Prüfkopfeigenschaften	Probe characteristics
2.4.1	Impulslänge	Pulse length
2.4.2	Schallfeld	Sound field
2.5	Besonderheiten des SE-Prüfkopfes	Special features of the TR probes
2.6	Betriebstechniken des Ultraschallgerätes	Operating techniques of the ultrasonic testing equipment
2.6.1	Durchschallungstechnik	Transmission technique
2.6.2	Impuls-Echo-Technik	Pulse-echo technique
2.7	Digitale Ultraschallgeräte	Digital ultrasonic testing equipment
2.7.1	Einleitung	Introduction
2.7.2	Ausstattung und Funktionen	Features and functions
2.7.3	Der Bildschirm	The screen
2.7.4	Ultraschallgeräte für besondere Anwendungen	Ultrasonic testing equipment for special applications
2.8	Fragen zu Kapitel 2	Questions for Chapter 2
3.	Digitale Ultraschalltechnik	Digital ultrasound technology
3.1	Einführung-Puls-Echo digitale Ultraschallgeräte	Introduction to pulse-echo digital ultrasonic testing equipment
3.2	Baugruppen eines digitalen Ultraschallgerätes	Assembly of a digital ultrasonic testing equipment
3.3	Signaldigitalisierung	Signal digitization
3.4	Funktionen und Vorteile bei der Anwendung der digitalen Ultraschallgeräte	Features and benefits of using digital ultrasonic testing equipment
3.5	Beispiele für digitale Ultraschallprüfgeräte	Examples of digital ultrasonic testing equipment
4.	Geräteeinstellung mit genormten Justierkörpern	Equipment setup with standardized calibration blocks
4.1	Zielsetzung Kapitel 4	Objectives of Chapter 4
4.2	Einleitung	Introduction
4.3	Justierkörper	Calibration block

	Ultraschallprüfung (UT A) Stufe 1 automatisierte Prüfung	Ultrasonic Testing (UT A) Level 1 automated testing
Nr./No	Themen	Subjects
4.4	Entfernungsjustierung für die Senkrechteinschallung	Distance adjustment for straight beam scanning
4.4.1	Grundsätzliche Vorgehensweise	Basic procedure
4.4.2	Durchführung einer Entfernungsjustierung	Carrying out a distance adjustment
4.4.3	Entfernungsjustierung Senkrechtprüfkopf beim digitalen Ultraschallgerät	Distance adjustment with straight beam probe using a digital ultrasonic testing equipment
4.5	Entfernungsjustierung für die Schrägeinschallung	Distance adjustment for angle beam scanning
4.5.1	Kontrolle der Prüfkopfdaten	Control of probe data
4.5.2	Einstellung am Kalibrierkörper K1	Adjustment on calibration block K1
4.5.3	Einstellung am Kalibrierkörper K2	Adjustment on calibration block K2
4.5.4	Durchführung einer Entfernungsjustierung	Carrying out a distance adjustment
4.6	Empfindlichkeitsjustierung	Gain or sensitivity adjustment
4.6.1	Einflussgrößen auf die Empfindlichkeit	Factors influencing the sensitivity
4.6.2	Vergleichsreflektoren	Reference reflectors
4.6.3	Schalldruckverluste	Sound pressure losses
4.6.4	Die Registriergrenze	The registration limit
4.7	Fragen zu Kapitel 4	Questions for Chapter 4
5.	Grundlagen der Senkrechteinschallung	Fundamentals of straight beam scanning
5.1	Zielsetzung Kapitel 5	Objectives of Chapter 5
5.2	Einführung	Introduction
5.3	Direkter und indirekter Nachweis von Reflektoren	Direct and indirect detection of reflectors
5.3.1	Begriffe	Terminology
5.3.2	Oberflächen-parallele Reflektoren	Surface parallel reflectors
5.3.3	Schräg liegende Reflektoren	Oblique reflectors
5.3.4	Prüfgegenstände ohne planparallele Gegenflächen	Test objects without plane-parallel mating surfaces
5.4	Geometrieanzeigen	Geometry indications
5.5	Senkrechteinschallung in Tauchtechnik	Straight beam scanning in immersion technique
5.5.1	Einleitung	Introduction
5.5.2	Tauchtechnikanlagen	Immersion technique equipment
5.5.3	Einstellung der Anlage	Setting the system
5.5.4	Besonderheiten der Prüftechnik	Special features of the testing technique
5.5.5	Techniken der automatisierten Tauchtechnik	Techniques of automated immersion testing
5.6	Bestimmung von Reflektordaten bei der Senkrechteinschallung	Determination of reflector data for straight beam scanning
5.6.1	Festlegung eines Bezugssystems	Definition of a reference system
5.6.2	Bestimmung der Lage von kleinen Reflektoren	Determination of the position of small reflectors
5.6.3	Ausdehnung von großen Reflektoren	Extension of large reflectors
5.7	Fragen zu Kapitel 5	Questions for Chapter 5
6.	Grundlagen der Schrägeinschallung	Fundamentals of angle beam scanning
6.1	Zielsetzung Kapitel 6	Objectives of Chapter 6
6.2	Einführung	Introduction
6.3	Schrägeinschallung in Kontakttechnik	Angle beam scanning in contact technique
6.3.1	Aufbau des Winkelprüfkopfes	Construction of the angle beam probe
6.3.2	Grenzwinkel für die Kontakttechnik	Critical angle for contact technique
6.4	Schrägeinschallung in Tauchtechnik	Angle beam scanning in immersion technique
6.5	Bestimmung der Reflektorlage (Ortung)	Determination of reflector position (locating)

	Ultraschallprüfung (UT A) Stufe 1 automatisierte Prüfung	Ultrasonic Testing (UT A) Level 1 automated testing
Nr./No	Themen	Subjects
6.5.1	Das „Fehlerdreieck“	The "flaw triangle"
6.5.2	Vorgehensweise bei der Bestimmung der Lage (Ortung)	Procedure for determining the position (locating)
6.5.3	Messung der Anzeigenlänge	Measurement of the indication length
6.6	Fragen zu Kapitel 6	Questions for Chapter 6
10.	Ultraschallprüfung von Rohren im Rohrwerk	Ultrasonic testing of pipes in pipe mill
10.1	Zielsetzung Kapitel 10	Objectives of Chapter 10
10.2	Vorwort	Foreword
10.3	Herstellungsverfahren	Manufacturing methods
10.3.1	Nahtlose Rohre	Seamless pipes
10.3.2	Geschweißte Rohre	Welded pipes
10.3.3	Wickelfalzrohr	Spiral pipes
10.4	Fehlerkatalog	Defect catalog
10.5	Prüftechniken	Testing techniques
10.6	Justierung	Adjustment
10.7	Bewertung	Assessment
10.8	Fragen zu Kapitel 10	Questions for Chapter 10
11	Pflichtliteratur	Required reading *
11.1	FBV02-05-21-Rev.1.0 - Formelsammlung	FBV02-05-21-EN-Rev.1.0 - Formulary
11.5	FBV02-05-26-Rev1.0 - I-U1MMP-1-Musteranweisung	FBV02-05-26-EN-Rev1.0 - I-U1MMP-1-NDT instruction
11.6	FBV02-05-27-Rev1.0 - I-U1MMP-2-Musteranweisung	FBV02-05-27-EN-Rev1.0 - I-U1MMP-2-NDT instruction
11.7	FBV02-05-28-Rev1.0 - I-U1MMP-3-Musteranweisung	FBV02-05-28-EN-Rev1.0 - I-U1MMP-3-NDT instruction
11.8	FBV02-05-29-Rev1.0 - I-U1MMP-4-Musteranweisung	FBV02-05-29-EN-Rev1.0 - I-U1MMP-4-NDT instruction
11.10	DIN EN ISO 16810:2014-07	EN ISO 16810:2014
11.11	DIN EN ISO 2400:2013-01	EN ISO 2400:2012
11.12	DIN EN ISO 7963:2023-02	EN ISO 7963:2022
12	Referenzliteratur	Recommended reading *
12.1	DIN EN 1330-2:1998-12	EN 1330-2:1998
12.2	DIN EN ISO 5577:2017-05	EN ISO 5577:2017
		* or national equivalent of the cited standards

	Ultraschallprüfung (UTW) Stufe 1 Wanddickenprüfung	Ultrasonic Testing (UTW) Level 1 Wall thickness testing
Nr./No	Themen	Subjects
1	Physikalische Grundlagen der Ultraschallprüfung	Physical principles of ultrasonic testing
1.1	Einleitung	Introduction
1.2	Physik der Schwingungen und Wellen	Physics of vibrations and waves
1.2.1	Die Schwingung	The vibration
1.2.2	Die Welle	The waves
1.2.3	Wellenarten	Wave types
1.2.4	Schallausbreitung	Sound propagation
2	Erzeugung von Ultraschall, Prüfköpfe und Prüfgeräte	Generation of ultrasound, probes and test equipment
2.1	Erzeugung von Ultraschall mit Piezoelementen	Generation of ultrasound with piezo elements
2.2	Betriebstechniken des Ultraschallgerätes	Operation techniques of ultrasound equipment
2.2.1	Resonanztechnik	Resonance technique
2.2.2	Impuls-Echo-Technik	Pulse-echo technique
2.3	Bauprinzipien von Prüfköpfen	Construction principles of probes
2.3.1	Einschwinger-Prüfköpfe ohne Vorlaufstrecke	Single-transducer probes without delay path
2.3.2	Einschwinger-Prüfköpfe mit Vorlaufstrecke	Single-transducer probes with delay path
2.3.3	Zweischwinger-Senkrechtprüfköpfe	Two oscillators - straight-beam probes
2.4	Prüfkopfeigenschaften	Probe properties
2.4.1	Impulslänge	Pulse length
2.4.2	Schallfeld	Sound field
2.5	Funktionen eines Ultraschall-Prüfgerätes	Functions of an ultrasonic equipment
2.5.1	Einleitung	Introduction
2.5.2	Impulsgenerator	Pulse generator
2.5.3	Sendeverstärker	Transmission amplifier
2.5.4	Empfangsverstärker	Receiver amplifier
2.5.5	Horizontalablenkung/Bereichseinstellung	Horizontal deflection/Range setting
2.5.6	Bildschirm/Display	Screen/Display
2.6	Funktionen eines Ultraschall Wanddickenmessgerätes	Functions of an ultrasonic wall thickness gauge
2.6.1	Einleitung	Introduction
2.6.2	Allgemeines	General
2.6.3	Messtechnik	Technique
3	Geräteeinstellung mit Justierkörpern	Setting of equipment with calibration blocks
3.1	Einleitung	Introduction
3.2	Justierkörper	Calibration block
3.3	Entfernungsjustierung bei Geräten mit A-Bild-Darstellung	Distance adjustment for instruments with A-scan display
3.3.1	Grundsätzliche Vorgehensweise	Basic procedure
3.3.2	Durchführung einer Entfernungsjustierung	Distance adjustment
3.4	Empfindlichkeitsjustierung bei Geräten mit A-Bild-Darstellung	Sensitivity adjustment for instruments with A-scan display
3.4.1	Einflussgrößen auf die Empfindlichkeit	Factors influencing the sensitivity
3.4.2	Vergleichsreflektoren	Reference reflectors
3.4.3	Schalldruckverluste	Sound pressure losses
4	Grundlagen der Senkrechteinschallung	Fundamentals of straight beam scanning
4.1	Direkter und indirekter Nachweis von Unregelmäßigkeiten	Direct and indirect proof of imperfections

	Ultraschallprüfung (UTW) Stufe 1 Wanddickenprüfung	Ultrasonic Testing (UTW) Level 1 Wall thickness testing
Nr./No	Themen	Subjects
4.1.1	Begriffe	Terminology
4.1.2	Oberflächen-parallele Reflektoren	Surface parallel reflectors
4.1.3	Schräg liegende Reflektoren	Inclined reflectors
4.1.4	Andere Reflektoren	Other reflectors
4.2	Geometrieanzeigen	Geometry indications
4.3	Bestimmung von Reflektordaten bei der Senkrechteinschallung	Determination of reflector data for straight beam scanning
4.3.1	Festlegung eines Bezugssystems	Definition of a reference system
4.3.2	Bestimmung der Lage von kleinen Reflektoren	Determination of the position of small reflectors
4.3.3	Ausdehnung von großen Reflektoren	Extension of large reflectors
5	Schäden durch Korrosion und Erosion	Damage due to corrosion and erosion
5.1	Ebenmäßige Flächenkorrosion	Uniform corrosion
5.2	Muldenkorrosion	Crevice corrosion
5.3	Lochkorrosion	Pitting
5.4	Kontaktkorrosion	Galvanic corrosion
5.4.1	Korrosionsarten bei zusätzlicher mechanischer Beanspruchung	Types of corrosion with additional mechanical stress
5.5	Strömungsverschleiß (Erosion)	Flow wear (erosion)
5.6	Erosionskorrosion	Erosion corrosion
5.7	Kavitationserosion	Cavitation erosion
6	Wanddickenmessung mit Ultraschall	Wall thickness measurement with ultrasound
6.1	Einführung	Introduction
6.2	Justierung	Adjustment
6.3	Verfahrensarten (Messtechniken)	Methods (measurement modes)
6.4	Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit	Influencing factors on measuring accuracy
6.4.1	Allgemein	General
6.4.2	Geometrie	Geometry
6.4.3	Geringe Blechdicke	Low sheet thickness
6.4.4	Dicke, stark schallschwächende Werkstoffe	Thick, high sound-damping materials
6.4.5	Verschmutzte und unebene Oberflächen	Dirty and uneven surfaces
6.4.6	Extreme Temperaturen	Extreme temperatures
6.4.7	Beschichtungen und Anstriche	Coatings and paints
6.5	Korrosionsmessungen an Behältern, Rohrleitungen und Schiffen	Corrosion measurements on containers, pipelines and ships
6.5.1	Prüfgeräte	Testing equipment
6.5.2	Prüfköpfe	Probes
6.5.3	Geräteeinstellung	Equipment settings
7	Pflichtliteratur	Required reading *
7.1	FBV02-05-21-Rev.1.0 - Formelsammlung	FBV02-05-21-EN-Rev.1.0 - Formulary
7.2	FBV02-05-22-Rev1.0 - I-U1MMC-1 - Musteranweisung	FBV02-05-22-EN-Rev1.0 - I-U1MMC-1-NDT instruction
7.3	FBV02-05-25-Rev2.0 - I-U1MMW-1 - Musteranweisung	FBV02-05-25-EN-Rev2.0 - I-U1MMW-1-NDT instruction
7.4	FBV02-05-30-Rev1.0 - I-U1MMP-4 - Musteranweisung	FBV02-05-30-EN-Rev1.0 - I-U1MMP-4-NDT instruction
7.5	FBV02-05-40-Rev1.0 - I-UTW1-1 - Musteranweisung	FBV02-05-40-EN-Rev1.0 - I-UTW1-1 - Musteranweisung
7.6	DIN EN ISO 2400:2013-01	EN ISO 2400:2012

	Ultraschallprüfung (UTW) Stufe 1 Wanddickenprüfung	Ultrasonic Testing (UTW) Level 1 Wall thickness testing
Nr./No	Themen	Subjects
7.7	DIN EN ISO 7963:2023-02	EN ISO 7963:2022
7.8	DIN EN ISO 16809:2020-02	EN ISO 16809:2019
7.9	DIN EN ISO 16810:2014-07	EN ISO 16810:2014
8	Referenzliteratur	Recommended reading *
8.1	DIN EN 1330-2:1998-12	DIN EN 1330-2:1998-12
8.2	DIN EN ISO 5577:2017-05	DIN EN ISO 5577:2017-05
		* or national equivalent of the cited standards

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
Nr./No	Themen	Subjects
1	Gesetze der Schallausbreitung	Law of sound propagation
1.1	Zielsetzung Kapitel 1	Objectives of Chapter 1
1.2	Der Dezibel-Maßstab	The decibel scale
1.3	Das Schallfeld	The sound field
1.3.1	Schallfeld und Divergenz	Sound field and divergence
1.3.2	Schalldruckverteilung auf der akustischen Achse	Sound pressure distribution on the acoustic axis
1.3.3	Mathematische Beschreibung des Schallfelds	Mathematical description of the sound field
1.4	Reflexionsgesetze für ideale Reflektoren	Laws of reflection for ideal reflectors
1.4.1	Allgemeines	General
1.4.2	Rückwandreflektor	Back-wall reflector
1.4.3	Kreisscheibenreflektor	Circular disk reflector
1.4.4	Zylinderreflektor	Cylindrical reflector
1.4.5	Kreisbogen	Arcs
1.4.6	Nuten	Notches
1.4.7	Zusammenfassung	Summary
1.5	Schallschwächung	Sound attenuation
1.5.1	Ursachen der Schallschwächung	Causes of sound attenuation
1.5.2	Streuung	Scattering
1.5.3	Absorption	Absorption
1.6	Schalldruckverluste an Grenzflächen	Sound pressure losses at interfaces
1.7	Fragen zu Kapitel 1	Questions for Chapter 1
2	Entfernungs-und Empfindlichkeitsjustierung	Distance and sensitivity adjustment
2.1	Lernziele	Objectives
2.2	Entfernungsjustierung	Distance adjustment
2.2.1	Justierkörper	Calibration block
2.2.2	Justiertechniken	Adjustment techniques
2.2.3	Justierarten für die Schrägeinschallung	Adjustment types for angle beam scanning
2.3	Empfindlichkeitsjustierung	Sensitivity adjustment
2.3.1	Problematik der Empfindlichkeitsjustierung	Difficulty of sensitivity adjustment
2.3.2	Vergleichskörpermethode	Reference block method
2.3.2.1	Anforderungen an Vergleichskörper	Requirements for reference blocks
2.3.2.2	Vergleichslinienmethode	DAC method
2.3.2.3	Vergleichshöhenmethode	Reference echo method
2.3.3	AVG-Methode	DGS method
2.3.3.1	Vorbemerkung	Preliminary remarks
2.3.3.2	Beschreibung des AVG-Diagramms	Description of the DGS diagram
2.3.3.3	Konstruktion einer Bezuglinie aus dem allgemeinen AVG-Diagramm	Construction of a reference curve from the general DGS diagram
2.3.3.4	Empfindlichkeitsjustierung	Sensitivity adjustment
2.3.3.5	Transferkorrektur	Transfer correction
2.3.3.6	Einstellung der Registrierverstärkung	Setting the recording gain
2.4	Wissensabfrage	Discussions
3	Kontrolle und Überwachung der Ultraschall-Prüfausrüstung	Checking and monitoring ultrasonic testing equipment
3.1	Lernziele	Objectives
3.2	Kontrolle von Gerät, Prüfkopf und Kabel	Equipment, probe and cable checks
3.2.1	Eigenschaften von Ultraschall-Prüfgeräten	Properties of ultrasonic testing equipment
3.2.2	Eigenschaften von Ultraschall-Prüfköpfen	Properties of ultrasonic probes
3.2.3	Verbindungskabel Gerät-Prüfkopf	Connection cable equipment-probe
3.3	Eigenschaften des Ultraschall-Prüfsystems	Properties of the ultrasonic testing system

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
Nr./No	Themen	Subjects
3.3.1	Überblick	Overview
3.3.2	Linearität	Linearity
3.3.3	Auflösungsvermögen	Resolution
3.3.4	Empfindlichkeit und Signal-Rausch-Abstand	Sensitivity and signal-to-noise ratio
3.4	Anwenderkontrollen	User controls
3.4.1	Allgemeines	General
3.4.2	Kontrollen des Ultraschallgerätes	Ultrasonic testing equipment checks
3.4.3	Kontrollen des Prüfkopfs	Probe checks
3.4.4	Gesamtüberprüfung	System checks
3.5	Wissensabfrage	Discussions
4	Werkstoff-Einfluss auf die Ultraschallprüfung	Influence of material on ultrasonic testing
4.1	Lerninhalte	Learning content
4.2	Einleitung	Introduction
4.3	Einfluss der Schallgeschwindigkeit	Influence of the velocity of sound
4.3.1	Problemstellung	Problem
4.3.2	Messung der Schallgeschwindigkeit bei Senkrechtprüfköpfen	Measurement of the velocity of sound for normal probes
4.3.3	Vorgehensweise bei Winkelprüfköpfen	Procedure with angle probes
4.3.4	Entfernungsjustierung am K1/K2 für Werkstoffe mit anderen Schallgeschwindigkeiten als Stahl	Distance adjustment on K1/K2 for materials with different sound velocities than steel
4.3.5	Änderungen im Schallfeld (AVG)	Changes in the sound field (DGS)
4.4	Einfluss der Schallschwächung	Influence of sound attenuation
4.4.1	Schallschwächungsmessung	Sound attenuation measurement
4.4.1.1	Der Schallschwächungsbeiwert	The sound attenuation coefficient
4.4.1.2	Messung des Schallschwächungskoeffizienten für Senkrechteinschallung	Measurement of the sound attenuation coefficient for straight beam scanning
4.4.1.3	Messung von κ bei Schrägeinschallung	Measurement of κ for angle beam scanning
4.4.2	Einfluss der Schallschwächung auf das Prüfergebnis	Influence of sound attenuation on the test result
4.4.2.1	Besondere Probleme bei Anwendung der AVG-Bewertungstechnik	Particular problems when using the DGS evaluation technique
4.4.2.2	Justierung am Prüfgegenstand	Adjustment on the test object
4.4.2.3	Justierung an einem Justierkörper (AVG)	Adjustment on a calibration block (DGS)
4.5	Grenzen der Ultraschallprüfung	Limits of ultrasonic testing
4.5.1	Definition	Definition
4.5.2	Nahauflösung	Near resolution
4.5.3	Gefügerauschen	Structure noise
4.5.4	Schallschwächungskurve	Sound attenuation curve
4.5.5	Rückwandkurve	Back-wall curve
4.6	Wissensabfrage	Discussions
5	Geometrie-Einflüsse auf die Ultraschallprüfung	Influence of the object geometry on ultrasonic testing
5.1	Zielsetzung Kapitel 5	Objectives of Chapter 5
5.2	Gekrümmte Ankoppelflächen	Curved coupling surfaces
5.2.1	Problemstellung	Problem
5.2.2	Geometrieklassen	Geometry classes
5.2.3	Anpassbedingungen	Matching conditions
5.2.4	Justierung angepasster Prüfköpfe	Adjustment of adapted probes
5.2.5	Anwendbarkeit der AVG-Methode	Applicability of the DGS method
5.3	Gekrümmte Reflexionsflächen	Curved reflection surfaces

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
Nr./No	Themen	Subjects
5.4	Formechos	Geometry echoes
5.4.1	Problematik von Formechos	Difficulty of geometry echoes
5.4.2	Formechos bei Rundmaterial (Zusatzechos)	Geometry echoes in round material (additional echoes)
5.4.3	Seitenwandeffekte (Nebenechos)	Sidewall effects (side echoes)
5.5	Dünnwandige Prüfgegenstände	Thin-walled test objects
5.5.1	Problemstellung	Problem
5.5.2	Senkrechteinschallung: tote Zone	Straight beam scanning: dead zone
5.5.3	Schrägeinschallung: Bündelversatz	Angle beam scanning: beam offset
5.6	Senkrecht zur Prüffläche liegende Reflektoren	Reflectors perpendicular to the test surface
5.6.1	Problemstellungen	Problem statement
5.6.2	Tandemtechnik	Tandem technique
5.6.3	Beugungslaufzeittechnik (TOFD)	Time-of-flight diffraction (TOFD) technique
5.7	Fragen zu Kapitel 5	Questions for Chapter 5
6	Auswertung von Ultraschallbefunden	Evaluation of ultrasound indications
6.1	Lerninhalte	Learning content
6.2	Allgemeines	General
6.3	Größenbestimmung über die Echohöhe	Size determination via the echo height
6.3.1	Direkte Technik: Echohöhenbestimmung	Direct technique: Echo height determination
6.3.2	Indirekte Technik: Rückwandecho-Schwächung	Indirect technique: Back-wall echo attenuation
6.4	Größenbestimmung durch Messen der Ausdehnung	Size determination by measuring the extent
6.4.1	Registrierenausdehnung (RA)	Recording level method
6.4.2	Halbwertausdehnung (HWA).	6 dB drop method
6.5	Bestimmung der Form des Reflektors	Determining the shape of the reflector
6.6	Häufigkeit und Anordnung der Reflektoren	Frequency and arrangement of the reflectors
6.7	Klassifizierung nach echodynamischen Mustern	Classification according to echodynamic patterns
6.8	Bewertung nach Anzeigenbild	Assessment according to indication image
6.9	Wissensabfrage	Discussions
7	Objekt-und Fehlerkunde: Gussstücke	Object and defect knowledge: Castings
7.1	Zielsetzung Kapitel	Objectives of the Chapter
7.2	Vorwort	Foreword
7.3	Gießen als Herstellungsverfahren	Casting as a manufacturing process
7.4	Modelle und Formen	Models and shapes
7.6	Entstehung von Gussfehlern	Formation of casting defects
7.7	Fehlerkatalog Formguss	Defect catalog mold casting
7.7.1	Übersicht	Overview
7.7.2	Gasblasen (A)	Blowholes (A)
7.7.3	Feststoffeinschlüsse (B)	Non-metallic inclusions (B)
7.7.4	Schwindungshohlräume (Lunker, C)	Shrinkage (C)
7.7.5	Materialtrennungen (D, E)	Cracks (D, E)
7.7.6	Bindungsfehler (F)	Insert (F)
7.8	Fragen zu Kapitel 7	Questions for Chapter 7
8.	Prüftechniken und Regelwerke für Gussstücke	Testing techniques and standards for castings
8.1	Zielsetzung Kapitel	Objectives of the Chapter
8.2	Prüftechniken für Formguss	Testing techniques for mold casting
8.2.1	Allgemeines	General
8.2.2	Raue Koppel-und Reflexionsfläche	Rough coupling and reflection surface

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
Nr./No	Themen	Subjects
8.2.3	Kontur des Gussstücks	Contour of the casting
8.2.4	Gefüge und Schallschwächung	Structure and sound attenuation
8.2.4.1	Einleitung	Introduction
8.2.4.2	Rückwandechoschwächung bei der Senkrechteinschallung	Back-wall echo attenuation in straight beam scanning
8.2.4.3	Gefügerauschen/„Grasanzeige“	Structure noise / "Grass indication"
8.2.4.4	Ermittlung der Prüfbarkeit	Determination of the testability
8.2.5	Anzeigentypen bei Senkrechteinschallung	Indication types for straight beam scanning
8.2.6	Direkter Nachweis von Lunkern und Heißrissen mittels Schrägeinschallung	Direct detection of shrinkage cavities and hot cracks by means of angle beam scanning
8.3	Ultraschallprüfung von Stahlguss	Ultrasonic testing of cast steel
8.3.1	Allgemeines	General
8.3.1.1	Hierarchie der Normen	Hierarchy of standards
8.3.1.2	Prüfumfang	Extent of testing
8.3.1.3	Gütestufeneinteilung	Severity level division
8.3.1.4	Prüfanweisungen	Test instructions
8.3.1.5	Vereinbarung über zusätzliche Anforderungen	Agreement on additional requirements
8.3.1.6	Anforderungen an die Oberflächengüte	Requirements for the surface quality
8.3.1.7	Zoneneinteilung	Zone divisions
8.3.1.8	Ermittlung der Prüfbarkeit	Determination of the testability
8.3.2	Beurteilungsschema	Assessment schema
8.3.2.1	Reflektortypen	Reflector types
8.3.2.2	Registrierung	Registration
8.3.2.3	Anzeigenmerkmale von Reflektoren	Indication features of reflectors
8.4	Besonderheiten hoch beanspruchter Bauteile	Special features of highly stressed components
8.5	Besonderheiten bei der Prüfung von Gusseisen mit Kugelgraphit	Special features of testing of spheroidal graphite cast iron
8.6	Fragen zu Kapitel 8	Questions for Chapter 8
9.	Objekt-und Fehlerkunde für Schmiedestücke	Object and defect knowledge for forgings
9.1	Lerninhalte	Learning content
9.2	Einleitung	Introduction
9.3	Techniken, Fertigungsfolge und Prüfzeitpunkte	Techniques, manufacturing stages and time of testing
9.3.1	Schmiedetechniken	Forging techniques
9.3.2	Fertigungsablauf	Manufacturing process
9.3.3	Prüfzeitpunkte	Time of testing
9.4	Fehler im Vormaterial	Flaws in the starting material
9.4.1	Definition	Definition
9.4.2	Lunker	Shrinkage cavity
9.4.3	Einschlüsse	Inclusions
9.4.4	Seigerung	Segregation
9.5	Materialfehler beim Umformen	Material flaws during forming
9.5.1	Allgemeines	General
9.5.2	Oberflächenrisse und -falten	Surface cracks and laps
9.5.3	Innen-und Kernrisse	Internal and core cracks
9.6	Trennungen bei mechanischer Bearbeitung	Separations during mechanical processing
9.6.1	Schleifrisse	Grinding cracks
9.6.2	Innenliegende Anrisse	Internal cracks
9.7	Materialtrennungen bei der Wärmebehandlung	Material separations during heat treatment
9.7.1	Allgemeines	General
9.7.2	Spannungsrisse	Stress cracks

Nr./No	Themen	Subjects
	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
9.7.3	Flockenrisse	Flakes cracks
9.8	Anzeigenmuster von Schmiedefehlern	Indication patterns of forging defects
9.8.1	Deutung von Anzeigenmustern	Interpretation of indication patterns
9.8.2	Typische Anzeigenmuster bei Stangenmaterial	Typical indication patterns for bar stock
9.9	Wissensabfrage	Discussions
10.	Prüftechniken und Regelwerke für Schmiedestücke	Testing techniques and standards for forgings
10.1	Lerninhalte	Learning content
10.2	Prüfbarkeit und Fertigungszeitpunkt	Testability and manufacturing stage
10.2.1	Allgemeines	General
10.2.2	Eingangsprüfung am Vormaterial	Receiving test of the primary material
10.2.3	Zwischenprüfung am Schmiederohling	Intermediate test of forging blank
10.2.4	Abnahmeprüfung am Fertigteil	Acceptance test of the finished part
10.3	Standardeinschallrichtungen und Geometrieanzeigen	Standard scanning directions and geometry indications
10.4	Einschallpositionen an komplexen Geometrien	Probe positions on complex geometries
10.5	Echodynamik als Hilfe bei der Auswertung	Echodynamics as an aid for the evaluation
10.6	Phantomechos	Phantom echoes
10.7	Ultraschallprüfung von Schmiedestücken nach DIN EN 10228-3	Ultrasonic testing of forgings according to DIN EN 10228-3
10.7.1	Allgemeines	General
10.7.2	Vereinbarungen	Agreement
10.7.3	Prüfeinrichtung	Testing equipment
10.7.4	Justierung	Adjustment
10.7.5	Oberflächenbeschaffenheit	Surface finish
10.7.6	Typen von Schmiedestücken und Prüfumfang	Types of forgings and extent of testing
10.7.6.1	Typen von Schmiedestücken	Types of forgings
10.7.6.2	Prüfumfang	Extent of testing
10.7.6.3	Prüfrichtungen	Scanning directions
10.7.7	Anzeigenklassen	Classification of indications
10.7.7.1	Inhomogenitäten	Discontinuities
10.7.7.2	Schwächung des Rückwandechos	Attenuation of back-wall echo
10.7.8	Zulässigkeitsgrenzen	Acceptance criteria
10.7.8.1	AVG-Technik	DGS technique
10.7.8.2	Bezugslinientechnik	DAC technique
10.7.8.3	Größenbestimmung	Sizing
10.8	Anwendungsbeispiel	Application example
10.9	Wissensabfrage	Discussions
11.	Objekt-und Fehlerkunde: Walzprodukte	Object and defect knowledge: Wrought products
11.1	Lerninhalte	Learning content
11.2	Übersicht	Overview
11.3	Herstellung von Halbzeug durch plastische Verformung	Manufacturing of semi-finished products by plastic deformation
11.4	Flacherzeugnisse	Flat products
11.5	Langerzeugnisse.	Long products
11.5.1	Übersicht	Overview
11.5.2	Drähte	Wires
11.5.3	Vollstäbe	Bars
11.5.4	Profile	Profiles
11.6	Unregelmäßigkeiten in Walzprodukten	Imperfections in rolled products

Nr./No	Themen	Subjects
	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
11.7	Wissensabfrage	Discussions
12.	Prüftechniken und Regelwerke für Walzprodukte	Testing techniques and standards for wrought products
12.1	Lerninhalte	Learning content
12.2	Grobblechprüfung mit Ultraschall	Testing of plates with ultrasound
12.2.1	Übersicht	Overview
12.2.2	Flächenprüfung	Surface inspection
12.2.3	Randzonenprüfung	Testing of edges
12.3	Anwendungsbereich der DIN EN 10160	Scope of DIN EN 10160
12.4	Prüfarten nach DIN EN 10160	Types of tests according to DIN EN 10160
12.5	Qualitätsklassen nach DIN EN 10160	Quality classes according to DIN EN 10160
12.6	Anforderungen an das Prüfsystem	Requirements for the test system
12.7	Einstellung des Prüfsystems	Setting the test system
12.8	Abtasten des Prüfgegenstandes	Scanning the test object
12.9	Beurteilung bei Flächenprüfung	Evaluation for flat product body
12.10	Beurteilung bei der Randzonenprüfung	Evaluation for flat product edges
12.11	Wissensabfrage	Discussions
13.	Objekt-und Fehlerkunde: Schmelzschweißnähte	Object and defect knowledge: Fusion welds
13.1	Lerninhalte	Learning content
13.2	Schmelzschweißen	Fusion welding
13.3	Stoß-und Fugenformen von Schweißnähten	Joint and weld types
13.4	Schweißverfahren	Welding processes
13.4.1	Fehlerentstehung beim Schweißen	Flaw formation during welding
13.4.2	Lichtbogen-Hand-Schweißen (E-Hand)	Manual arc welding (MMA)
13.4.3	Unter-Pulver-Schweißen (UP)	Submerged arc welding (SAW)
13.4.4	Metall-Schutzgas-Schweißen (MIG/MAG)	Metal-arc inert/active gas welding (MIG / MAG)
13.4.5	Wolframinertgas-Schweißen (WIG)	Tungsten inert gas welding (TIG)
13.5	Unregelmäßigkeiten in Schweißnähten	Imperfections in welds
13.5.1	Risse	Cracks
13.5.2	Hohlräume	Cavities
13.5.3	Feste Einschlüsse	Solid inclusions
13.5.4	Bindefehler und ungenügende Durchschweißung	Lack of fusion and penetration
13.5.5	Formabweichungen	Imperfect shapes
13.5.6	Sonstige Unregelmäßigkeiten	Other imperfections
13.6	Wissensabfrage	Discussions
14.	Prüftechniken und Regelwerke für Schmelzschweißnähte	Testing techniques and standards for fusion welds
14.1	Prüftechniken	Testing techniques
14.1.1	Lerninhalte	Learning content
14.1.2	Vorprüfung auf oberflächenparallele Reflektoren im Grundwerkstoff	Preliminary test for surface-parallel reflectors in the parent material
14.1.3	Formanzeigen	Geometry indications
14.1.4	Volumenhafte Reflektoren	Volumetric reflectors
14.1.5	Flächenhafte Reflektoren	Planar reflectors
14.2	Schweißnahtprüfung nach AD 2000-Merkblatt HP 5/3 und Anlage 1	Testing of welds according to AD 2000-Merkblatt HP 5/3 and Appendix 1
14.2.1	Lerninhalte	Learning content
14.2.2	Umfang und Zeitpunkt der Ultraschallprüfung	Time and extent of ultrasonic testing

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
Nr./No	Themen	Subjects
14.2.3	Prüftechnik	Testing technique
14.2.4	Beurteilung der Prüfbefunde	Assessment of the findings
14.2.5	Protokollierung	Recording
14.3	Ultraschallprüfung von Schweißnähten nach DIN EN ISO 11666, DIN EN ISO 17640	Ultrasonic testing of welds according to DIN EN ISO 11666, DIN EN ISO 17640
14.3.1	Einführung	Introduction
14.3.2	Durchführung nach DIN EN ISO 17640	Testing according to DIN EN ISO 17640
14.3.2.1	Geltungsbereich	Scope
14.3.2.2	Notwendige Informationen vor der Prüfung	Information required prior to testing
14.3.2.3	Prüfvolumen und Prüfklasse	Testing volume and levels
14.3.2.4	Technik der Empfindlichkeitseinstellung	Technique of sensitivity adjustment
14.3.3	Bewertung der Anzeigen nach DIN EN ISO 11666	Evaluation of the indications according to DIN EN ISO 11666
14.3.3.1	Zuordnung der Bewertungsgruppe zu Prüfklasse und Zulässigkeitsgrenze	Assignment of the quality levels to the testing and acceptance levels
14.3.3.2	Empfindlichkeitsschwellen und -grenzen	Sensitivity setting and limits
14.3.3.3	Zulässigkeitsgrenze - Allgemeines	Acceptance levels - General
14.3.3.4	Anzeigen in Längsrichtung	Longitudinal indications
14.3.3.5	Anzeigen in Querrichtung	Transverse indications
14.3.3.6	Zusammenfassung von Anzeigen	Summary of indications
14.3.3.7	Gesamtlänge zulässiger Anzeigen	Cumulative length of acceptable indications
14.4	Wissensabfrage	Discussions
15.	Rohrherstellung, Fehler und Prüftechnik im Rohrwerk	Pipe production, defects and testing techniques in pipe mill
15.1	Lerninhalte	Learning content
15.2	Rohrfertigung	Manufacturing of pipes
15.2.1	Fertigungsverfahren	Manufacturing process
15.2.2	Vormaterialherstellung	Primary material production
15.2.3	Herstellung nahtloser Rohre	Production of seamless pipes
15.2.4	Herstellung UP-geschweißter Rohre	Production of SAW-welded pipes
15.2.5	Herstellung widerstandspressgeschweißter Rohre	Production of pipes by resistance welding
15.3	Fehler in Rohren	Defects in pipes
15.3.1	Fehler in nahtlos gezogenen und gewalzten Rohren	Defects in seamless drawn and rolled pipes
15.3.2	Fehler in Hochfrequenz-Pressschweißungen	Defects in high-frequency resistance welded pipes
15.3.3	Fehler in UP-Nähten	Defects in SAW welded pipes
15.4	Prüftechniken für Rohre und Stäbe	Testing techniques for pipes and bars
15.4.1	Linien- und Spiralabtastung	Linear and spiral scanning
15.4.2	Ankoppeltechnik Rohrprüfung	Coupling technique for pipe testing
15.4.3	Überlappende Prüfspuren: Umfangsprüfung	Overlapping testing tracks: Peripheral testing
15.4.4	Grenzen der Prüfgeschwindigkeit	Limits of the testing speed
15.5	Wissensabfrage	Discussions
16.	Techniken und Regelwerke für die Ultraschallprüfung von Rohren	Techniques and standards for ultrasonic testing of tubes and pipes
16.1	Lerninhalte	Learning
16.2	Prüftechnik	Testing technique
16.2.1	Prüftechniken für nahtlose und geschweißte Rohre bis ca. 180 mm Durchmesser	Testing techniques for seamless and welded pipes up to approx. 180 mm diameter

Nr./No	Themen	Subjects
	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
16.2.2	Prüftechniken für den mittleren Abmessungsbereich von 100 bis 600 mm Durchmesser.	Testing techniques for the medium dimension range from 100 to 600 mm diameter.
16.2.3	Band-oder Blechprüfung	Strip or sheet metal testing
16.2.4	UP-geschweißte Rohre	SAW welded pipes
16.3	Ultraschallprüfung auf Dopplungen	Ultrasonic testing for lamination
16.3.1	Allgemeines	General
16.3.2	Prüfung nahtloser und geschweißter (ausgenommen SAW-) Rohre über den gesamten Rohrumfang	Full peripheral testing of seamless and welded (except SAW) tubes
16.3.3	Prüfung geschweißter Rohre im an die Schweißnaht angrenzenden Bereich	Testing of the area adjacent to the weld seam of welded tubes
16.3.4	Prüfung der Rohrenden nahtloser und geschweißter Rohre über den gesamten Rohrumfang	Full peripheral testing of the ends of seamless and welded pipes
16.3.5	Ultraschallprüfung von Band/Blech vor oder während der Rohrfertigung nach DIN EN ISO 10893-9	Ultrasonic testing of strip/plate before or during tube production according to DIN EN ISO 10893-9
16.3.6	Einstellung der Prüfempfindlichkeit	Setting the test sensitivity
16.3.7	Bestimmung der Zulässigkeit nach DIN EN ISO 10893-8	Determination of acceptance according to DIN EN ISO 10893-8
16.3.8	Bestimmung der Zulässigkeit nach DIN EN ISO 10893-9	Determination of acceptance according to DIN EN ISO 10893-9
16.4	Ultraschallprüfung von Rohren auf Fehler	Ultrasonic testing of pipes for defects
16.4.1	Allgemeines	General
16.4.2	Prüftechniken nach DIN EN ISO 10893-10	Testing techniques according to DIN EN ISO 10893-10
16.4.3	Prüftechniken nach DIN EN ISO 10893-11	Testing techniques according to DIN EN ISO 10893-11
16.4.4	Bezugsstandards nach DIN EN ISO 10893-10	Reference standards according to DIN EN ISO 10893-10
16.4.5	Bezugsstandards nach DIN EN ISO 10893-11	Reference standards according to DIN EN ISO 10893-11
16.4.6	Empfindlichkeitsjustierung	Sensitivity adjustment
16.4.7	Bestimmung der Zulässigkeit	Determination of acceptance
16.5	Wissensabfragen	Discussions
17.	Einführung in die Phased-Array-Technik	Introduction to phased array technique
17.1	Allgemeines	General
17.2	Was ist ein Phased-Array-System?	What is a phased array system?
17.3	Wie funktioniert die Phased-Array-Technik?	How does the phased array technique work?
17.4	Vorteile der die Phased-Array-Technik	Advantages of the phased array technique
18	Pflichtliteratur	Required reading *
18.1	FBV02-05-21-Rev.1.0 - Formelsammlung	FBV02-05-21-EN-Rev.1.0 – Collection of formulas
18.2	DIN EN ISO 16810:2014-07	EN ISO 16810:2014
18.3	DIN EN ISO 16811:2014-06	EN ISO 16811:2014
18.4	DIN EN ISO 22232-3:2021-09	ISO 22232-3:2020
18.5	DIN EN ISO 2400:2013-01	EN ISO 2400:2012
18.6	DIN EN ISO 7963:2023-02	EN ISO 7963:2022
18.7	DIN EN 12680-1:2003-06	EN 12680-1:2003
18.8	DIN EN 10228-3:2016-10	EN 10228-3:2016-10
18.9	DIN EN ISO 17635:2017-04	EN ISO 17635:2016

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2	Ultrasonic Testing (UT) Level 2
Nr./No	Themen	Subjects
18.10	DIN EN ISO 17640:2019-02	EN ISO 17640:2018
18.11	DIN EN ISO 11666:2018-05	EN ISO 11666:2018
18.12		
18.13		
18.14	DIN EN 10160:1999-09	EN 10160:1999
18.15	DIN EN 10308:2002-03	EN 10308:2001
18.16	DIN EN ISO 10893-9:2020-10	EN ISO 10893-9:2011+A1:2020
18.17	DIN EN ISO 10893-10:2020-10	EN ISO 10893-10:2011+A1:2020
18.18	DIN EN ISO 10893-11:2020-10	EN ISO 10893-11:2011+A1:2020
19	Referenzliteratur	Recommended reading *
19.1	DIN EN 1330-2:1998-12	EN 1330-2:1998
19.2	DIN EN ISO 5577:2017-05	EN ISO 5577:2017
19.3	AD 2000-Merkblatt HP 5/3:2020-12	AD 2000-Merkblatt HP 5/3:2020-12
19.4	AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1:2020-12	AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Appendix 1:2020-12
19.5	DIN EN ISO 16809:2020-02	EN ISO 16809:2019
19.6	DIN EN ISO 16826:2014-06	EN ISO 16826:2014
19.7	DIN EN ISO 22232-1:2021-09	EN ISO 22232-1:2020
19.8	DIN EN ISO 22232-2:2021-09	EN ISO 22232-2:2020
		* or national equivalent of the cited standards

Ultraschallprüfung mit phasengesteuerten Arrays - Stufe 2 (UT2PA)		Ultrasonic testing with phased arrays - Level 2 (UT2PA)
Nr./No	Themen	Subjects
1	Einführung	Introduction
1.1	Was ist ein Phased-Array-Prüfkopf?	What is a phased array probe?
1.2	Terminologie	Terminology
1.3	Geschichte	History
1.4	Neue technische Möglichkeiten der Phased-Array-Technologie	New technical possibilities of phased array technology
2	Grundlagen der Phased-Array-Technologie	Principles of phased array technology
2.1	Einführung in der Phased-Array-Technologie	Introduction to phased array technology
2.2	Schallfeld	Sound field
2.3	Wie funktioniert die Phased-Array-Technik	How does the phased array work?
2.4	Vorteile der Phased-Array-Technologie	Advantages of phased array technology
2.5	Beispiele für Phased-Array-Systeme	Examples of phased array systems
3	Gerätschaft	Equipment
3.1	Phased-Array-Elektronik	Phased array electronics
3.2	Phased-Array-Prüfgeräte als rechnergestützte Systeme	Phased array testing equipment as computer supported systems
4	Phased-Array-Prüfköpfe	Phased array probes
4.1	Longitudinal Wellen	Longitudinal waves
4.2	Transversal Wellen	Transverse waves
4.3	Kompositschwingermaterial	Composite oscillator
4.4	Pitch, Spalt, Elementbreite und Gesamtlänge	Pitch, gap, element width and total length
4.5	Aktive Apertur	Active aperture
4.6	Passive Ebene	Passive planes
4.7	Arrays (Gruppen, Reihe): 1D, 2D, Ringarray, umschließende-Arrays, 2D- Matrix, SE-Array, spezielle Formen	Arrays (groups, lines): 1D, 2D, ring array, polar, annular, 2D-matrix, SE-array, special shapes
4.8	Schallbündel und Schallbündelformung	Sound beam and its formation
4.9	Gitterkeulen	Grating lobes
4.10	Ankoppeltechniken	Coupling techniques
4.11	AVG-fähige Phased-Array-Prüfköpfe	DGS enabled phased array probes
4.12	Simulationssoftware für die Auslegung der Prüfköpfe	Simulation software for the design of the probes
5	Vorsatzkeile	Wedges
5.1	Wann ist der Einsatz von Vorsatzkeilen sinnvoll?	When does it make sense to use wedges?
5.2	Keiltypen und Keilauslegung	Wedge types and wedge design
6	Scanners	Scanner
6.1	Mechanisierte Scanners	Mechanized scanners
6.2	Manuelle Scanners	Manual scanners
7	Prüftechniken	Test Equipment
7.1	Linien-Scan	Linear scan
7.2	Sektorscan	Sectorial scan
7.3	Compound-Scan	Compound scan
7.4	Fokussierungstechniken	Focusing techniques
7.5	LLT-Technik	LLT technique

Ultraschallprüfung mit phasengesteuerten Arrays - Stufe 2 (UT2PA)		Ultrasonic testing with phased arrays - Level 2 (UT2PA)
Nr./No	Themen	Subjects
8	Kalibrierung	Calibration
8.1	Aktive Elemente und Überprüfung des Prüfköpfes	Active elements and verification of the probe
8.2	Verzögerungsgesetze	Delay laws
8.3	Schallgeschwindigkeit	Velocity of sound
8.4	Überprüfung des Schallaustrittspunkts	Checking the sound exit point
8.5	Verifizierung des Brechungswinkels	Verification of the refraction angle
8.6	Empfindlichkeit	Sensitivity
8.7	DAC, TCG, AVG	DAC, TCG, DGS
8.8	Einfluss der Krümmung	Effects of curvature
8.9	Steuern des Schallbündels	Beam steering
8.10	Wirkung der Fokussierung	Focusing effects
8.11	Blenden zur Erfassung	Acquisition gates
9	Datenerfassung	Data acquisition
9.1	Datenerfassung mit einem Prüfkopf	Data acquisition with single probes
9.2	Datenerfassung mit mehreren Prüfköpfen	Data acquisition with multiple probes
9.3	Datenerfassung mit mehreren Gruppen oder Multiplexing mit einem/mehreren Prüfköpfe	Data acquisition with multiple groups or multiplexing with single or multiple probes
9.4	TOFD mit Phased-Array-Prüfköpfe	TOFD with phased array probes
9.5	Prüfen mit oder ohne Wegaufnehmer	Testing with or without encoder
9.6	Abdeckung des Prüfvolumes, Prüfkopfabstand, Simulationsoftware	Covering of the test volume, probe distance, simulation software
10	Anwendungen	Applications
10.1	Prüfung von Grundwerkstoffen: Verbundwerkstoffe, nicht-metallische Werkstoffe, metallische Werkstoffe, Gussstücke, Schmiedestücke, etc	Testing of base materials: composites, non-metallic materials, metallic materials, castings, forgings, etc
10.2	Bauteilprüfung: Turbinen, Wellen, Düsen, Flanschen	Component testing: turbines, shafts, nozzles, flanges
10.3	Geometrische Einschränkungen	Geometric restrictions
10.4	Schweißnahtprüfung	Weld inspection
11	Darstellungsarten bei der Phased-Array-Prüfung	Data presentation types in phased array testing
11.1	A-Bild	A-scan
11.2	B-Bild	B-scan
11.3	Sektor-Bild	S-scan
11.4	C-Bild	C-scan
11.5	D-Bild	D-scan
11.6	E-Bild	E-scan
11.7	Kombinierte Projektionsbilder	Combined projection images
11.8	Darstellung der Bauteilgeometrie	Presentation of the component geometry
12	Auswertung	Evaluation
12.1	Normen, Regelwerke, Spezifikationen	Standards, codes, specifications
12.2	Charakterisierung von Anzeigen	Characterization of indications
12.3	Ausmessen von Anzeigen	Measuring indications
12.4	Geometrie	Geometry
12.5	Software zur Auswertung	Software for evaluation

	Ultraschallprüfung mit phasengesteuerten Arrays - Stufe 2 (UT2PA)	Ultrasonic testing with phased arrays - Level 2 (UT2PA)
Nr./No	Themen	Subjects
12.6	Blenden zur Auswertung	Gates for evaluation
13	Berichten: Nutzung der bildgebenden Möglichkeiten des Verfahrens, automatische Generierung von Prüfberichten, Importieren von CAD-Dateien	Reports: Use of the imaging capabilities of the method, automatic generation of test reports, importing CAD files
14	Beschreibung des Ultraschall-Phased-Array-Prüfgerätes, das bei der praktischen Prüfung eingesetzt wird	Description of the ultrasonic phased array equipment used in the practical test
15	Pflichtliteratur	Required reading *
15.1	FBV02-05-21-Rev.1.0 - Formelsammlung	FBV02-05-21-EN-Rev.1.0 – Collection of formulas
15.2	DIN EN ISO 18563-3:2016-06	EN ISO 18563-3:2015
15.3	DIN EN ISO 2400:2013-01	EN ISO 2400:2012
15.5	DIN EN ISO 17635:2017-04	EN ISO 17635:2016
15.6	DIN EN ISO 13588:2019-07	EN ISO 13588:2019
15.7	DIN EN ISO 19285:2017-12	EN ISO 19285:2017
15.8	DIN EN ISO 17640:2019-02	EN ISO 17640:2018
16	Referenzliteratur	Recommended reading *
16.1	DIN EN 1330-2:1998-12	EN 1330-2:1998-12
16.2	DIN EN ISO 5577:2017-05	EN ISO 5577:2017
16.3	DIN EN ISO 23243:2021-03	EN ISO 23243:2020
		* or national equivalent of the cited standards

	Ultraschallprüfung mit Beugungslaufzeittechnik - Stufe 2 (UT2TOFD)	Ultrasonic testing with time of flight diffraction technique - Level 2 (UT2TOFD)
Nr./No	Themen	Subjects
1	Geschichte	History
1.1	Entwicklung von TOFD	Development of TOFD
1.2	Ringversuchen	Interlaboratory comparisons
1.3	Geräte	Apparatus
1.4	Normen und Regelwerke	Standards and regulations
2	Grundlagen Ultraschall	Ultrasound basics
2.1	Anregung von Schall	Excitation of sound
2.1.1	Wellenarten	Wave types
2.1.2	Frequenz, Wellenlänge, Amplitude	Frequency, Wavelength, Amplitude
2.1.3	Schallgeschwindigkeit	Speed of sound
2.1.4	Interferenz	Interference
2.1.5	Prüfköpfe	Probes
2.2	Schallfeld	Sound field
2.2.1	Divergenz	Divergence
2.2.2	Nah/Fernfeld	Near/far field
2.3	Reflektion und Brechung	Reflection and refraction
2.3.1	Snellius Gesetz	Snellius Law
2.3.2	Kritische Winkel	Critical angles
2.4	Intensität	Intensity
2.4.1	Verhältnis in dB	Ratio in dB
3	Basisbegriffe	Basic terms
3.1	Einheiten	Units
3.2	Grundberechnungen	Basic calculations
3.2.1	Verhältnis Weg, Zeit, Geschwindigkeit	Ratio distance, time, speed
3.2.2	Rechteckige Dreieck	Right triangle
3.2.3	Pythagoras	Pythagoras
3.3	Definitionen	Definitions
3.4	Symbolen	Symbols
4	Theorie, Teil 1	Theory, Part 1
4.1	TOFD Anordnung	TOFD arrangement
4.1.1	Lateralwelle	Lateral wave
4.1.2	Rückwandecho	Back wall echo
4.1.3	Vorlaufzeit	Lead time
4.1.4	Tiefeberechnung	Depth calculation
4.2	Graustufen	Grayscale
4.3	B/C/D Bild	B/C/D Image
4.4	Scanrichtungen	Scan directions
4.4.1	Nicht-parallel Scan	Non-parallel scan
4.4.2	Parallel Scan	Parallel scan
4.4.3	Linien Scan	Line scan
4.4.4	Offset Scan	Offset scan
4.5	Phasenwechsel	Phase change
5	Theorie, Teil 2	Theory, Part 2
5.1	TOFD Überdeckung	TOFD scan coverage
5.1.1	Berechnung Schallüberdeckung	Calculation of sound coverage
5.1.2	Einfluss Parameter	Influence parameter
5.2	Ortskurve	Locus

	Ultraschallprüfung mit Beugungslaufzeittechnik - Stufe 2 (UT2TOFD)	Ultrasonic testing with time of flight diffraction technique - Level 2 (UT2TOFD)
Nr./No	Themen	Subjects
5.2.1	Einfluss Ortskurve Tiefeberechnung	Influence of locus on depth calculation
5.2.2	Tote Zone Rückwand	Dead zone back wall
5.3	Wellenumwandlung	Wave transformation
6	Theorie, Teil 3	Theory, Part 3
6.1	Transversalwellen	Transverse waves
6.2	Beugungsenergie	Diffraction energy
6.3	Auflösung	Resolution
6.4	Tote Zone	Dead zone
6.4.1	Tote Zone Lateralwelle	Dead zone lateral wave
6.4.2	Tote Zone Rückwand	Dead zone back wall
6.5	Konkave/konvexe Oberfläche	Concave/convex surface
6.6	Messfehler	Measurement error
6.6.1	Zeitfehler	Time error
6.6.2	Geschwindigkeitsfehler	Speed error
6.6.3	PCS Fehler	PCS error
6.6.4	Offset Lage	Offset position
6.6.5	Höhenunterschied	Difference in height
7	TOFD Prüfparameter	TOFD test parameters
7.1	Bestimmung Prüfparameter	Determination of test parameters
7.1.1	Neubauprüfung	New construction test
7.1.2	Instandhaltungsprüfung	Maintenance test
7.2	Anzahl Scans	Number of scans
7.2.1	Wanddicke	Wall thickness
7.2.2	Nahtgeometrie	Weld geometry
7.2.3	Offset scans	Offset scans
7.3	Zeitjustierung	Time adjustment
7.4	Empfindlichkeitsmessung	Sensitivity measurement
8	Datenaufnahme	Data acquisition
8.1	Digitalisierung	Digitalization
8.1.1	Amplitudenauflösung	Amplitude resolution
8.1.2	Digitalisierungsfrequenz	Digitizing frequency
8.2	Filter	Filters
8.2.1	Hochpass Filter	High Pass Filter
8.2.2	Tiefpass Filter	Low Pass Filter
8.3	Impulslänge	Pulse length
8.4	Signalmittlung	Signal transmission
8.5	Scangeschwindigkeit	Scanning speed
9	Scan Qualität	Scan Quality
10	Datenanalyse	Data analysis
10.1	Lift off	Lift off
10.2	Justierungskontrolle	Adjustment control
10.3	Software Hilfsmittel	Software Tools
10.3.1	Ausgleichen	Equalization
10.3.2	Linearisierung	Linearization
10.3.3	Kursor	Cursor
10.3.4	SAFT	SAFT

	Ultraschallprüfung mit Beugungslaufzeittechnik - Stufe 2 (UT2TOFD)	Ultrasonic testing with time of flight diffraction technique - Level 2 (UT2TOFD)
Nr./No	Themen	Subjects
11	Typische Bilder	Typical pictures
12	Länge und Höhebestimmung	Length and height determination
12.1	Ausgleichen	Equalization
12.2	Längebestimmung	Determining length
12.2.1	Punkt Anzeige	Point Display
12.2.2	Lineare Anzeige	Linear display
12.2.3	Parabelartige Anzeigen	Parabolic displays
12.3	Höhebestimmung	Height determination
12.3.1	Oberflächebrechend	Surface breaking
12.3.2	Eingeschlossen	Inside
12.4	Größebestimmung nach ASME	Size determination according to ASME
12.5	Größebestimmung nach EN	Size determination according to EN
13	Normen und Regelwerke	Standards and regulations
13.1	EN Normen	EN Standards
13.2	ASME Code	ASME Code
14	TOFD Anwendungszwecke	TOFD Applications
14.1	Neubauprüfungen	New construction tests
14.1.1	Standard Geometrie	Standard Geometry
14.1.2	Komplexe Geometrie	Complex geometry
14.2	Instandhaltungsprüfungen	Maintenance tests
14.2.1	Wurzelkorrosion	Root corrosion
14.2.2	Plattierunghaftung	Plating adhesion
14.2.3	Rißanzeigen	Crack indications
14.2.4	Hochtemperaturprüfungen	High temperature tests
15.	Pflichtliteratur	Required reading *
15.1	FBV02-05-21-Rev.1.0 - Formelsammlung	FBV02-05-21-EN-Rev.1.0 - Formulary
15.2	DIN EN ISO 22232-3:2021-09	EN ISO 22232-3:2020
15.3	DIN EN ISO 2400:2013-01	EN ISO 2400:2012
15.4	DIN EN ISO 7963:2023-02	EN ISO 7963:2022
15.5	DIN EN ISO 10863:2020-09	EN ISO 10863:2020
15.6	DIN EN ISO 11666:2018-05	EN ISO 11666:2018
15.7	DIN EN ISO 15626:2018-11	EN ISO 15626:2018
15.8	DIN EN ISO 16810:2014-07	EN ISO 16810:2014
15.9	DIN EN ISO 16811:2014-06	EN ISO 16811:2014
15.10	DIN EN ISO 16828:2014-06	EN ISO 16828:2014
15.11	DIN EN ISO 17635:2017-04	EN ISO 17635:2016
15.12	DIN EN ISO 17640:2019-02	EN ISO 17640:2018
16.	Referenzliteratur	Recommended reading *
16.1	DIN EN 1330-2:1998-12	EN 1330-2:1998-12
16.2	DIN EN ISO 5577:2017-05	EN ISO 5577:2017
		* or national equivalent of the cited standards

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2 Wanddicken- und Dopplungsprüfung	Ultrasonic Testing (UT) Level 2 Wall thickness and lamination testing
Nr./No	Themen	Subjects
1	Entfernungs- und Empfindlichkeitsjustierung	Distance and sensitivity adjustment
1.1	Entfernungsjustierung	Distance adjustment
1.1.1	Justierkörper	Calibration block
1.1.2	Justiertechniken	Adjustment techniques
1.2	Empfindlichkeitsjustierung	Sensitivity adjustment
1.2.1	Problematik der Empfindlichkeitsjustierung	Difficulty of sensitivity adjustment
1.2.2	Vergleichskörpermethode	Reference block method
1.2.2.1	Anforderungen an Vergleichskörper	Requirements for reference blocks
1.2.2.2	Vergleichslinienmethode	DAC method
1.2.2.3	Vergleichshöhenmethode	Reference echo method
1.2.3	AVG-Methode	DGS method
1.2.3.1	Vorbemerkung	Preliminary note
1.2.3.2	Beschreibung des AVG-Diagramms	Description of the DGS diagram
1.2.3.3	Konstruktion einer Bezuglinie (Beispiel)	Construction of a reference curve (example)
2	Geometrie- und Werkstoffeffekte auf die Ultraschall-Wanddickenmessung	Effects of geometry and material on the ultrasonic wall thickness measurement
2.1	Gekrümmte Ankoppelflächen	Curved coupling surfaces
2.1.1	Problemstellung	Problem definition
2.1.2	Geometrieklassen	Geometry classes
2.1.3	Anpassbedingungen	Matching conditions
2.2	Formechos	Geometry echoes
2.2.1	Problematik von Formechos	Difficulty of geometry echoes
2.2.2	Formechos bei Rundmaterial (Zusatzechos)	Formechos in round material (additional echo)
2.2.3	Seitenwandeffekte (Nebenechos)	Sidewall effects (side echoes)
2.2.4	Dünnwandige Prüfgegenstände	Thin-walled test objects
2.2.5	Tauchtechnik	Immersion technique
2.3	Werkstoff-Einfluss	Effects of material
2.3.1	Einleitung	Introduction
2.3.2	Messung der Schallgeschwindigkeit	Measurement of the velocity of sound
2.3.3	Impuls-Echo-Überlagerungstechnik	Pulse-echo superimposing technique
2.3.4	Automatisierte Laufzeitmessung	Automated runtime measurement
2.3.5	Änderungen im Schallfeld	Changes in the sound field
2.3.6	Schalldruckverluste an Grenzflächen	Sound pressure losses at interfaces
2.3.7	Schallschwächung	Sound attenuation
2.3.8	Der Schallschwächungsbeiwert	The sound attenuation coefficient
2.3.9	Messung des Schallschwächungskoeffizienten für Senkrechteinschallung	Measurement of the sound attenuation coefficient for straight beam scanning
2.4	Grenzen der Wanddickenmessung mit Ultraschall	Limits of wall thickness measurement with ultrasound
2.4.1	Definition	Definition
2.4.2	Nahauflösung	Near resolution
2.4.3	Gefügerauschen	Structure noise
2.4.4	Schallschwächungskurve	Sound attenuation curve
2.4.5	Rückwandkurve	Back-wall curve
3	Fertigungsverfahren und Fertigungsfehler	Manufacturing processes and manufacturing defects
3.1	Gießen als Fertigungsverfahren	Casting as a manufacturing process
3.2	Formgussfehler	Casting defects
3.2.1	Oberflächentexturen	Surface textures
3.2.2	Formabweichungen	Form deviations

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2 Wanddicken- und Dopplungsprüfung	Ultrasonic Testing (UT) Level 2 Wall thickness and lamination testing
Nr./No	Themen	Subjects
3.2.3	Materialtrennungen	Material separations
3.2.4	Graphitabildung in Gusseisen	Graphite formation in cast iron
3.3	Umformen und Umformfehler	Plastic forming and forming defects
3.3.1	Walzen und Walzprodukte	Rolling and rolled products
3.3.2	Schmieden und Schmiedeprodukte	Forging and forging products
3.3.3	Fertigungsablauf	Manufacturing process
3.3.4	Formabweichung bei Umformprodukten	Shape deviation in formed products
3.4	Rohre	Pipes and tubes
3.4.1	Rohrtypen	Types
3.4.2	Nahtlose Rohre	Seamless pipes
3.4.3	Herstellung geschweißter Rohre	Production of welded pipes
3.4.4	Formabweichungen	Form deviations
4	Prüftechniken und Regelwerke für Walzprodukte	Testing techniques and standards for rolled products
4.1	Grobblechprüfung mit Ultraschall	Testing of plates with ultrasound
4.1.1	Übersicht	Overview
4.1.2	Flächenprüfung	Surface inspection
4.1.3	Randzonenprüfung	Testing of edges
4.2	Anwendungsbereich der DIN EN 10160	Scope of DIN EN 10160
4.3	Prüfarten nach DIN EN 10160	Types of tests according to DIN EN 10160
4.4	Qualitätsklassen nach DIN EN 10160	Quality classes according to DIN EN 10160
4.5	Anforderungen an das Prüfsystem	Requirements for the test system
4.6	Einstellung des Prüfsystems	Setting the test system
4.7	Abtasten des Prüfgegenstandes	Scanning the test object
4.8	Beurteilung bei Flächenprüfung	Evaluation for flat product body
4.9	Beurteilung bei der Randzonenprüfung	Evaluation for flat product edges
5	Automatisierte Ultraschallprüfung und Wanddickenmessung	Automated ultrasonic testing and wall thickness measurement
5.1	Automatisierte Ultraschallprüfung	Automated ultrasonic testing
5.1.1	Vorwort	Foreword
5.1.2	Auslegung und Anwendungsbereiche automatisierter Prüfsysteme	Design and application of automated testing systems
5.1.3	Prinzipieller Aufbau automatisierter Prüfsysteme	Basic structure of automated testing systems
5.2	Prüftechniken für Rohre und Stäbe	Testing techniques for pipes and bars
5.2.1	Spiralabtastung	Helical scanning
5.2.2	Überlappende Prüfspuren	Overlapping
5.2.3	Grenzen der Messgeschwindigkeit	Limits of measuring speed
5.2.4	Anforderungen an die Prüfelektronik	Requirements for the testing electronics
5.3	Anwendungsbeispiele	Applications
5.4	Ultraschallwanddickenmessung nach DIN EN 10893-12	Ultrasonic wall thickness measurement according to DIN EN 10893-12
5.4.1	Geltungsbereich	Scope
5.4.2	Durchführung	Testing
5.4.3	Einstellung der Anlage	Setting the system
5.4.4	Zulässigkeit	Acceptance
6	Schäden durch Korrosion und Erosion	Damage due to corrosion and erosion
6.1	Definitionen	Definitions
6.2	Korrosionsarten	Types of corrosion

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2 Wanddicken- und Dopplungsprüfung	Ultrasonic Testing (UT) Level 2 Wall thickness and lamination testing
Nr./No	Themen	Subjects
6.2.1	Korrosionsarten ohne mechanische Beanspruchung	Types of corrosion without mechanical stress
6.2.1.1	<i>Ebenmäßige Flächenkorrosion</i>	<i>Uniform corrosion</i>
6.2.1.2	<i>Muldenkorrosion</i>	<i>Crevice corrosion</i>
6.2.1.3	<i>Lochkorrosion</i>	<i>Pitting</i>
6.2.1.4	<i>Kontaktkorrosion</i>	<i>Galvanic corrosion</i>
6.2.2	Korrosionsarten bei zusätzlicher mechanischer Beanspruchung	Types of corrosion with additional mechanical stress
6.3	Maßnahmen zum Korrosionsschutz	Measures for corrosion protection
6.3.1	Übersicht	Overview
6.3.2	Überzüge und Beschichtungen	Coatings
6.3.3	Kathodischer Korrosionsschutz	Cathodic protection
6.4	Strömungverschleiß (Erosion)	Flow wear (erosion)
6.5	Erosionskorrosion	Erosion corrosion
6.6	Kavitationserosion	Cavitation erosion
7	Manuelle Wanddickenmessung mit der Impuls-Echo-Technik	Manual wall thickness measurement with the pulse-echo technique
7.1	Allgemeines	General
7.2	Justierung	Adjustment
7.2.1	Prüfköpfe	Probes
7.2.2	Einflussgrößen	Parameters
7.2.2.1	<i>Justierkörper</i>	<i>Calibration block</i>
7.2.2.2	<i>Schallschwächung</i>	<i>Sound attenuation</i>
7.2.2.3	<i>Oberfläche</i>	<i>Surface</i>
7.2.2.4	<i>Rückwand</i>	<i>Backwall</i>
7.2.2.5	<i>Geometrie</i>	<i>Geometry</i>
7.2.2.6	<i>Korrosionsmessungen</i>	<i>Corrosion measurements</i>
7.2.2.7	<i>Beschichtete Oberflächen</i>	<i>Coated surfaces</i>
7.2.2.8	<i>Bauteiltemperatur</i>	<i>Component temperature</i>
7.3	Der Einfluss von Reflektoren und Oberflächenunregelmäßigkeiten auf die Wanddickenmessung	Effects of reflectors and surface imperfections on the wall thickness measurement
7.3.1	Unregelmäßigkeiten in der Koppelfläche	Imperfections on the coupling surface
7.3.2	Unregelmäßigkeiten an der Rückwandfläche	Imperfections on the back wall surface
7.3.3	Volumenreflektoren	Volumetric reflectors
7.4	Bestimmung der Restwanddicke von gekrümmten Prüfgegenständen (Rohrleitungen)	Determination of the residual wall thickness of curved test objects (pipelines)
7.5	Bestimmung der Wanddicke durch beschichtete Oberflächen	Determination of the wall thickness through coated surfaces
7.5.1	Grundprobleme	Basic problems
7.5.2	Multi-Echo-Technik	Multi-echo technique
7.5.3	Bestimmung von Wanddicke und Beschichtungsdicke in einem Arbeitsgang	Determination of wall thickness and coating thickness with single operation
7.5.4	Bestimmung von Wanddicke und Schallgeschwindigkeit in einem Arbeitsgang	Determination of wall thickness and velocity of sound with single operation
7.6	Bestimmung von Wanddicke bei erhöhten Temperaturen	Determination of wall thickness at elevated temperatures
7.6.1	Problemstellung	Problem definition
7.6.2	Prüfköpfe	Probes
7.6.3	Koppelmittel	Coupling medium

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2 Wanddicken- und Dopplungsprüfung	Ultrasonic Testing (UT) Level 2 Wall thickness and lamination testing
Nr./No	Themen	Subjects
7.6.4	Temperaturabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit	Temperature dependence of the velocity of sound
7.6.5	Messergebnis	Measurement result
7.6.6	Durchführung von Heißmessungen	Performing hot measurements
7.6.6.1	Vorbemerkung	Preliminary note
7.6.6.2	Justierung	Adjustment
7.6.6.3	Messung	Measurement
8	Gerätetechnik	Equipment technology
9	Kontrolle und Überwachung der Ultraschall-Ausrüstung	Checking and monitoring of ultrasound equipment
9.1	Kontrolle von Gerät, Prüfkopf und Kabel	Equipment, probe and cable checks
9.1.1	Eigenschaften von Ultraschall-Prüfgeräten	Properties of ultrasonic testing equipment
9.1.2	Eigenschaften von Ultraschall-Prüfköpfen	Properties of ultrasonic probes
9.1.3	Verbindungskabel Gerät-Prüfkopf	Connection cable equipment-probe
9.2	Eigenschaften des Ultraschall-Prüfsystems	Properties of the ultrasonic testing system
9.2.1	Überblick	Overview
9.2.2	Linearität	Linearity
9.2.3	Auflösungsvermögen	Resolution
9.2.4	Empfindlichkeit und Signal-Rausch-Abstand	Sensitivity and signal-to-noise ratio
9.3	Anwenderkontrollen	User controls
9.3.1	Allgemeines	General
9.3.2	Kontrollen des Ultraschallgerätes	Ultrasound equipment checks
9.3.3	Gesamtüberprüfung	System checks
9.4	Spezielle Kontrollen vor Wanddickenmessungen	Special checks before wall thickness measurements
9.4.1	Durch den Prüfer vor und nach der Messung durchzuführende Prüfungen	Tests to be performed by the tester before and after the measurement
9.4.2	Allgemeiner mechanischer Zustand und äußeres Erscheinungsbild	General mechanical condition and external appearance
9.4.3	Justierung	Adjustment
9.4.4	Speicherung der Einstellwerte	Saving of setting values
9.4.5	Speicherung von Messwerten	Saving of measured values
10	Dokumentation und Auswertung von Befunden der Ultraschall-Wanddickenmessung	Documentation and evaluation of findings of ultrasonic wall thickness measurement
10.1	Zeitpunkt und Umfang der Messungen	Time and extent of the measurements
10.1.1	Produktionsprüfung	Production testing
10.1.2	Betriebsbelastete Wanddicken	Wall thicknesses during operation
10.2	Was wird bei der Wanddickenmessung angezeigt?	What is displayed in the wall thickness measurement?
10.3	Fehlmessungen	Erroneous measurements
10.4	Auswertekriterien	Evaluation criteria
10.4.1	Fertigungsprüfung	Production testing
10.4.2	Betriebsprüfung	Testing during operation
10.4.3	Ergänzende Auswertetechnike	Supplementary evaluation techniques
10.5	Darstellung von Ultraschall-Messergebnissen	Presentation of ultrasound measurement results
10.5.1	A-Bild	A-scan
10.5.2	B-Bild	B-scan
10.5.3	C/D-Bild	C/D-scan

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 2 Wanddicken- und Dopplungsprüfung	Ultrasonic Testing (UT) Level 2 Wall thickness and lamination testing
Nr./No	Themen	Subjects
11	Andere Verfahren und Techniken der Wanddickenmessung	Other methods and techniques of wall thickness measurement
11.1	Schattenaufnahmen	Tangential radiography
11.2	Dickenmessung mit radioaktiven Isotopen	Thickness measurement with radioactive isotopes
11.3	Magnetstreuflussprüfung	Magnetic flux leakage testing
11.4	Dimensionsmessung mit Wirbelstrom	Dimension measurement with eddy current
11.4.1	Allgemeines	General
11.4.2	Dickenkontrolle von Feinblechen und Metallfolien	Thickness checks of thin sheets and metal foils
11.4.3	Messung von Restwanddicken	Measurement of residual wall thicknesses
11.4.4	Schichtdickenmessung	Coating thickness measurement
12	Pflichtliteratur	Required reading *
12.1	FBV02-05-21-Rev.1.0 - Formelsammlung	FBV02-05-21-EN-Rev.1.0 – Collection of formulas
12.2	DIN EN 10160:1999-09	EN 10160:1999
12.3	DIN EN 10308:2002-03	EN 10308:2001
12.4	DIN EN ISO 16809:2020-02	EN ISO 16809:2020-02
12.5	DIN EN ISO 2400:2013-01	EN ISO 2400:2012
12.6	DIN EN ISO 7963:2023-02	EN ISO 7963:2022
12.7	DIN EN ISO 10893-8:2020-10	EN ISO 10893-8:2011 + Amd 1:2020
12.8	DIN EN ISO 10893-9:2020-10	EN ISO 10893-9:2011 + Amd 1:2020
12.9	DIN EN ISO 10893-12:2020-10	EN ISO 10893-12:2011 + Amd 1:2020
12.10	DIN EN ISO 16810:2014-07	EN ISO 16810:2015
12.11	DIN EN ISO 17640:2019-02	EN ISO 17640:2018
12.12	DIN EN 15317:2014-02	EN 15317:2013
13	Referenzliteratur	Recommended reading *
13.1	DIN EN 1330-2:1998-12	EN 1330-2:1998
13.2	DIN EN ISO 5577:2017-05	EN ISO 5577:2017
		* or national equivalent of the cited standards

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 3	Ultrasonic Testing (UT) Level 3
Nr./No	Themen	Subjects
1	Physikalische Grundlagen der Ultraschallprüfung	Physical principles of ultrasonic testing
1.1	Lernziele	Objectives
1.2	Schalltechnische Größen und Dezibelmaßstab	Ultrasonic sound parameters and decibel scale
1.3	Das Schallfeld	The sound field
1.4	Reflektoren im Schallfeld	Reflectors in the sound field
1.4.1	Ideale Reflektoren	Ideal reflectors
1.4.2	Reflektorgröße und Richtcharakteristik	Reflector size and directional characteristics
1.4.3	Rauheit der Reflektoroberfläche	Roughness of the reflector surface
1.4.4	Form des Reflektors	Shape of the reflector
1.5	Schallschwächung	Sound attenuation
1.5.1	Ursachen der Schallschwächung	Causes of sound attenuation
1.5.2	Streuung	Scattering
1.5.3	Absorption	Absorption
1.6	Wechselwirkung des Schalls mit Grenzflächen	Interaction of sound wave with interfaces
1.6.1	Allgemein	General
1.6.2	Snelliussches Gesetz	Snell's law
1.6.3	Schalldruckverlust an Grenzflächen	Sound pressure loss at interfaces
1.7	Wissensabfrage	Discussions
2	Standardtechniken der manuellen Ultraschallprüfung	Standard techniques of manual ultrasonic testing
2.1	Lernziele	Objectives
2.2	Allgemeines	General
2.3	Prüfziele	Test objectives
2.4	Festlegung der Prüftechnik	Determination of the testing technique
2.4.1	Was geht –und was nicht geht	What works and what does not
2.4.2	Prüfempfindlichkeit	Testing sensitivity
2.4.3	Auflösungsvermögen	Resolution
2.4.4	Einschallrichtungen und Abtastbahnen	Sound beam directions and scanning paths
2.4.5	Senkrecht zur Prüffläche liegende Reflektoren	Reflectors perpendicular to the test surface
2.4.6	Prüfumfang und Einschallpositionen	Extent of testing and probe positions
2.4.7	Prüfbereiche und Prüfvolumina	Testing areas and volumes
2.4.8	Prüfzeitpunkte	Time of testing
2.5	Prüfausrüstung	Testing equipment
2.5.1	Tauch-und Kontakttechnik	Immersion and contact technique
2.5.2	Prüfkopfauswahl bei Kontakttechnik	Probe selection in contact technique
2.5.3	Gerät	Equipment
2.5.4	Koppelmittel bei Kontakttechnik	Coupling agent in contact technique
2.5.5	Prüfkopfانpassung	Adaptation of probe
2.6	Justierkörper	Calibration block
2.7	Justierung	Adjustment
2.7.1	Entfernungsjustierung	Distance adjustment
2.7.2	Empfindlichkeitsjustierung mit Vergleichskörpern	Sensitivity adjustment with reference blocks
2.7.2.1	<i>Einflussgrößen der Empfindlichkeit</i>	<i>Factors influencing the sensitivity</i>
2.7.2.2	<i>Vergleichsreflektoren</i>	<i>Reference reflectors</i>
2.7.3	Die Registriergrenze	The recording limit
2.7.4	Empfindlichkeitsjustierung mit AVG-Skalen oder -Diagrammen	Sensitivity adjustment with DGS scales or diagrams
2.8	Vorbereitung der Prüfung	Preparation for testing
2.8.1	Prüfanweisung	Testing Instructions
2.8.2	Zugänglichkeit der Prüffläche	Accessibility of the testing area

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 3	Ultrasonic Testing (UT) Level 3
Nr./No	Themen	Subjects
2.8.3	Zustand der Ankoppelfläche	Condition of the coupling surface
2.8.4	Prüffähigkeit	Testability
2.8.5	Festlegung eines Bezugssystems	Definition of a reference system
2.8.6	Bestimmung der Lage von Reflektoren	Determination of the position of reflectors
2.8.6.1	<i>Senkrechteinschallung</i>	<i>Straight beam scanning</i>
2.8.6.2	<i>Das „Fehlerdreieck“</i>	<i>The "flaw triangle"</i>
2.9	Durchführung der Prüfung	Testing
2.9.1	Störeffekte und Formanzeigen	Disturbing effects and geometry indications
2.9.2	Breite der Ankoppelfläche	Width of the coupling surface
2.9.3	Abtastbahnen und Überlappung	Scanning paths and overlap
2.9.4	Abtastgeschwindigkeit	Scanning speed
2.9.5	Beobachten und Bewerten von Anzeigen	Observation and assessment of indications
2.10	Prüfbericht	Test report
2.10.1	Reproduzierbarkeit	Reproducibility
2.10.2	Aufbau eines Prüfberichtes	Structure of a test report
2.10.3	Registrieren von Anzeigen	Recording indications
2.11	Maßnahmen nach der Prüfung	Measures after the test
2.11.1	Freigabe oder Sperren	Release or block
2.11.2	Behandlung nicht konformer Prüfgegenstände	Treatment of non-compliant test objects
2.12	Wissensabfrage	Discussions
3	Automatische Ultraschallprüfung und erweiterter Techniken	Automated ultrasonic testing and advanced techniques
3.1	Lernziele	Objectives
3.2	Übersicht	Overview
3.2.1	Methoden zur Fehlergrößenbestimmung	Methods for defect size determination
3.2.2	Auslegung und Anwendungsbereiche automatisierter Prüfsysteme	Design and application of automated testing systems
3.2.3	Prinzipieller Aufbau automatisierter Prüfsysteme	Basic design of automated testing systems
3.2.4	Vor-/Nachteile automatisierter Ultraschallprüfsysteme	Advantages / disadvantages of automated testing systems
3.3	TOFD-Technik	TOFD technique
3.3.1	Prinzip von TOFD	Principle of TOFD
3.3.2	Prüfungsdurchführung und Ergebnisdarstellung	Testing procedure and presentation of results
3.3.3	Ergebnisbewertung	Assessment of results
3.3.4	Genauigkeit des Verfahrens und Verfahrensgrenzen	Accuracy of the method and its limits
3.3.5	Vor- und Nachteile	Advantages and disadvantages
3.4	Phased-Array (Gruppenstrahler-Technik)	Phased array technique
3.4.1	Motivation	Motivation
3.4.2	Das Prinzip der elektronischen Schallfeldsteuerung	The principle of electronic sound field control
3.4.3	Theoretische Grundlagen	Theoretical basics
3.4.4	Ausführungsformen von Gruppenstrahlerprüfköpfen und -geräten	Types of phased array probes and equipment
3.4.5	Anwendungen in der Industrie	Applications in the industry
3.4.6	Darstellung der Ergebnisse	Presentation of the results
3.4.7	Vor- und Nachteile der Gruppenstrahlertechnik	Advantages and disadvantages of phased array technique
3.5	EMUS-Technik	EMAT technique
3.5.1	Motivation	Motivation

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 3	Ultrasonic Testing (UT) Level 3
Nr./No	Themen	Subjects
3.5.2	Prinzip elektromagnetischer Ultraschallprüfköpfe	Principle of electromagnetic ultrasonic probes
3.5.3	Prüfkopfausführungen und anregbare Wellenarten	Probe types and excitable waves
3.5.4	Anwendungsbereiche der EMUS-Technik	Applications of EMAT technique
3.5.5	Vor- und Nachteile der EMUS-Technik	Advantages and disadvantages of EMAT technique
3.6	Wissensabfrage	Discussions
4	Auswertung von Ultraschallanzeigen	Evaluation of ultrasonic testing indications
4.1	Lerninhalte	Objectives
4.2	Anzeigentypen	Indication types
4.2.1	Auswertephilosophie	Assessment philosophy
4.2.2	Formanzeigen	Geometry indications
4.2.2.1	<i>Problematik von Formanzeigen</i>	<i>Difficulty of geometry indications</i>
4.2.2.2	<i>Formechos bei Rundmaterial (Zusatzechos)</i>	<i>Geometry echoes in round material (additional echo)</i>
4.2.2.3	<i>Seitenwandeffekte (Nebenechos)</i>	<i>Sidewall effects (side echoes)</i>
4.2.3	Gefügeanzeigen	Structure indications
4.2.4	Scheinanzeigen (Phantomechos)	Apparent indications (phantom echoes)
4.2.5	Relevante Anzeige	Relevant indications
4.3	Größenbestimmung als Echohöhenüberschreitung der Registriergrenze	Size determination using echo height exceeding the recording limit
4.3.1	Einfluss der Schallschwächung auf das Reflexionsvermögen einer Anzeige	Influence of sound attenuation on the height of an indication echo
4.3.2	Justierung am Prüfgegenstand	Adjustment using the test object
4.3.3	Justierung an einem Justierkörper (AVG)	Adjustment using a calibration block (DGS)
4.4	Größenbestimmung durch Messen der Ausdehnung	Size determination by measuring the extent
4.5	Bestimmung der Form des Reflektors	Determining the shape of the reflector
4.6	Klassifizierung nach echodynamischen Mustern.	Classification according to echodynamic patterns.
4.6.1	Aufnahme von Echodynamik-Kurven	Recording of echo-dynamic curves
4.6.2	Deutung der Grundmuster	Interpretation of the basic patterns
4.7	Häufigkeit und Anordnung der Reflektoren	Frequency and arrangement of the reflectors
4.8	Bewertung nach Anzeigenbild	Assessment according to indication image
4.8.1	Anwendungsbereich	Extent of application
4.8.2	Kennziffersystem	Use of indicators
4.9	Wissensabfrage	Discussions
5	Eigenschaften und Kontrolle der Ultraschall-Prüfausrüstung	Properties and control of ultrasonic testing equipment
5.1	Lernziele	Objectives
5.2	Allgemeines	General
5.2.1	Vorbemerkung	Preliminary notes
5.2.2	Senderseitige Eigenschaften.	Transmitter side properties
5.2.3	Empfängerseitige Eigenschaften	Receiver side properties
5.3	Eigenschaften von Ultraschall-Prüfköpfen	Properties of ultrasonic testing probes
5.3.1	Allgemeines	General
5.3.2	Messgrößen im Datenblatt	Measured variables in the data sheet
5.4	Eigenschaften des Ultraschall-Prüfsystems	Properties of the ultrasonic testing system
5.4.1	Überblick	Overview

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 3	Ultrasonic Testing (UT) Level 3
Nr./No	Themen	Subjects
5.4.2	Linearität	Linearity
5.4.3	Auflösungsvermögen	Resolution
5.4.4	Empfindlichkeit und Signal-Rausch-Abstand	Sensitivity and signal-to-noise ratio
5.5	Anwenderkontrollen	User controls
5.5.1	Allgemeines	General
5.5.2	Kontrollen des Ultraschallgerätes	Ultrasonic testing equipment checks
5.5.3	Kontrollen des Prüfkopfs	Probe checks
5.5.4	Gesamtüberprüfung	System checks
5.6	Wissensabfrage	Discussions
6	Besondere Techniken und Applikationen	Special techniques and applications
6.1	Lernziele	Objectives
6.2	Messung von Werkstoffeigenschaften	Measurement of material properties
6.2.1	Messung der Schallgeschwindigkeit	Measurement of the velocity of sound
6.2.1.1	Allgemeines	General
6.2.1.2	Messtechnik	Measuring technique
6.2.1.3	Bestimmung von Eigenspannungen	Determination of residual stresses
6.2.1.4	Graphitbildung in Gusseisen	Graphite formation in cast iron
6.2.1.5	Nachweis von Zeitstands Schäden	Proof of creep damage
6.2.2	Messung der Schallschwächung	Measurement of sound attenuation
6.2.2.1	Messprinzip	Measuring principle
6.2.2.2	Korngrößenbestimmung	Grain size determination
6.2.2.3	Messung von Einhärtetiefen	Measurement of hardening depths
6.3	Wanddickenmessung mit Ultraschall	Wall thickness measurement with ultrasound
6.3.1	Einführung	Introduction
6.3.1.1	Messprinzip	Measuring principle
6.3.1.2	Messgerät	Equipment
6.3.1.3	Messtechnik	Technique
6.3.1.4	Prüfkopf	Probe
6.3.1.5	Justierung	Adjustment
6.3.2	Verfahrensarten	Methods
6.3.3	Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit	Influencing factors on the measuring accuracy
6.4	Prüfung von Widerstandspunkt-schweißverbindungen	Testing of resistance spot welded joints
6.4.1	Widerstandspunktschweißen	Resistance spot welding
6.4.2	Prüfung von Punktschweißungen	Testing of spot welds
6.4.3	Prüftechnik mit Ultraschall	Testing technique with ultrasound
6.4.4	Entwicklungen	Developments
6.5	Prüfung von Werkstoffen mit hoher Schallschwächung.	Testing of materials with high sound attenuation.
6.5.1	Einleitung	Introduction
6.5.2	Frequenzerniedrigung	Frequency reduction
6.5.3	Einsatz von hochgedämpften Prüfköpfen	Use of highly damped probes
6.5.4	Longitudinalwellen-Winkelprüfkopf	Longitudinal waves - angle beam probe
6.5.5	SE-Winkelprüfköpfe	TR angle beam probes
6.6	Bindungsprüfung	Bond testing
6.6.1	Übersicht	Overview
6.6.2	Verbundgleitlager	Composite plain bearings
6.6.3	Plattierungsprüfung	Testing of plating
6.6.4	Schrumpfsitzprüfung	Shrink Fit Testing
6.7	Wissensabfrage	Discussions

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 3	Ultrasonic Testing (UT) Level 3
Nr./No	Themen	Subjects
7	Regelwerke für die Ultraschall-prüfung von Guss-,Schmiede-und Stabmaterial	Standards for the ultrasonic testing of castings, forging and bar stock
7.1	Zielsetzung Kapitel 8	Objectives of Chapter 8
7.2	Einleitung	Introduction
7.3	Hierarchie der Normen	Hierarchy of standards
7.3.1	Personalzertifizierungsnormen	Personnel certification standards
7.3.2	Begriffstechnische Normen	Terminology standards
7.3.3	Prüftechnische Normen	Testing standards
7.3.4	Objektbezogene Normen	Object-related standards
7.3.5	Übersicht der Normen	Overview of standards
7.4	Verfahrensbeschreibung	Procedures
7.5	DIN EN 12680-1 Ultraschallprüfung Teil 1: Stahlgussstücke für allgemeine Verwendung	DIN EN 12680-1 Ultrasonic examination Part 1: Steel castings for general purposes
7.5.1	Anwendungsbereich	Scope of application
7.5.2	Personalqualifizierung	Personnel qualification
7.5.3	Gütestufeneinteilung	Severity levels
7.5.4	Vereinbarung über zusätzliche Anforderungen	Agreement on additional requirements
7.5.5	Anforderungen an die Oberflächengüte	Requirements for the surface quality
7.5.6	Zoneneinteilung	Wall section zones
7.5.7	Ermittlung der Prüfbarkeit	Determination of the testability
7.5.8	Beurteilungsschema	Evaluation schema
7.5.8.1	Reflektortypen	Reflector types
7.5.8.2	Registrierung	Recording
7.5.8.3	Anzeigenmerkmale von Reflektoren	Indication features of reflectors
7.5.8.4	Rechenbeispiel Tabelle 1 der DIN EN 12680-1	Calculation example Table 1 of DIN EN 12680-1
7.5.9	Besonderheiten hoch beanspruchter Bauteile – zur Info	Special features of highly stressed components –for information
7.5.10	Besonderheiten bei der Prüfung von Sphärogussstücken	Special features of the testing of spheroidal graphite cast iron castings
7.6	Ultraschallprüfung von Schmiedestücken nach DIN EN 10228-3	Ultrasonic testing of forgings according to DIN EN 10228-3
7.6.1	Geltungsbereich der DIN EN 10228-3	Scope of DIN EN 10228-3
7.6.2	Vereinbarungen	Agreements
7.6.3	Prüfeinrichtung	Test equipment
7.6.4	Justierung	Adjustment
7.6.5	Oberflächenbeschaffenheit	Surface finish
7.6.6	Typen von Schmiedestücken und Prüfumfang	Types of forgings and extent of testing
7.6.6.1	Typen von Schmiedestücken	Types of forgings
7.6.6.2	Prüfumfang.	Extent of testing
7.6.6.3	Prüfrichtungen	Testing directions
7.6.7	Anzeigenklassen	Indication classes
7.6.7.1	Arten von Anzeigentypen (Inhomogenitäten).	Forms of indication types (discontinuities)
7.6.7.2	Schwächung des Rückwandechos	Weakening of the back wall echo
7.6.8	Zulässigkeitsgrenzen	Acceptance levels
7.6.8.1	AVG-Technik	DGS technique
7.6.8.2	Bezugsliementchnik	DAC technique
7.6.8.3	Größenbestimmung	Sizing
7.6.8.4	Rechenbeispiel Tabelle 5 der DIN EN 10228-3	Calculation example Table 5 of DIN EN 10228-3
7.7	Ultraschallprüfung von Stäben aus Stahl nach DIN EN 10308	Ultrasonic testing of steel bars according to DIN EN 10308
7.8	Schmiedestücke aus austenitischem Stahl nach DIN EN 10228-4	Forgings made of austenitic steel according to DIN EN 10228-4
7.9	Fragen zu Kapitel 8	Questions for Chapter 8

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 3	Ultrasonic Testing (UT) Level 3
Nr./No	Themen	Subjects
8	Regelwerke für die Ultraschall-prüfung von Schweißnähten	Standards for ultrasonic testing of welds
8.1	Zielsetzung	Objective
8.2	Einleitung	Introduction
8.3	Schweißnahtprüfung nach AD 2000-Merkblatt 5/3	Testing of welds according to AD 2000-Merkblatt 5/3
8.3.1	Vorwort	Foreword
8.3.2	Umfang und Zeitpunkt der Ultraschallprüfung	Time and extent of ultrasonic testing
8.3.3	Anwendungsbeispiel zur Tafel 1 der HP 5/3	Application example of Table 1 of HP 5/3
8.3.4	Prüftechnik	Testing technique
8.3.5	Beurteilung der Prüfbefunde	Assessment of the test findings
8.3.6	Protokollierung	Reporting
8.4	Ultraschallprüfung von Schweißnähten nach DIN EN ISO 11666, 17640 und 23279	Ultrasonic testing of welds according to DIN EN ISO 11666, 17640 and 23279
8.4.1	Einführung	Introduction
8.4.2	Durchführung nach DIN EN ISO 17640	Testing according to DIN EN ISO 17640
8.4.2.1	Geltungsbereich	Scope
8.4.2.2	Vereinbarungen	Agreements
8.4.2.3	Prüfumfang: Prüfvolumen und Prüfklasse	Extent of testing: testing volume and levels
8.4.2.4	Technik der Empfindlichkeitseinstellung	Technique of sensitivity adjustment
8.4.2.5	Kontrolle der Entfernungs- und Empfindlichkeitseinstellung	Checking of the distance and sensitivity adjustment
8.4.3	Bewertung der Anzeigen nach DIN EN ISO 11666	Evaluation of the indications according to DIN EN ISO 11666
8.4.3.1	Zuordnung der Bewertungsgruppen / Zulässigkeitsgrenzen	Assignment of the quality levels to the testing and acceptance levels
8.4.3.2	Bewertung entsprechend Zulässigkeitsgrenze	Evaluation according to acceptance levels
8.4.3.3	Zusätzliche Prüfungen	Additional tests
8.4.3.4	Zusammenfassen von Anzeigen	Grouping of indications
9	Regelwerke für die Ultraschallprüfung von Blechen und Rohren	Ultrasonic testing of sheets and tubes
9.1	Zielsetzung	Objective
9.2	Einleitung	Introduction
9.3	Ultraschallprüfung im Blechwerk.	Ultrasonic testing in the rolling mills
9.3.1	Anwendungsbereich der DIN EN 10160	Scope of DIN EN 10160
9.3.2	Prüfarten	Types of tests
9.3.3	Qualitätsklassen	Quality classes
9.3.4	Anforderungen an das Prüfsystem	Requirements for the testing system
9.3.5	Einstellung des Prüfsystems.	Setting the testing system
9.3.6	Abtasten des Prüfgegenstandes	Scanning the test object
9.3.7	Beurteilung bei Flächenprüfung.	Evaluation for flat product body
9.3.8	Beurteilung bei der Randzonenprüfung	Evaluation for flat product edges
9.4	Ultraschallprüfung im Rohrwerk	Ultrasonic testing in the pipe mill
9.4.1	Technische Lieferbedingungen –am Beispiel der DIN EN ISO 3183	Technical delivery conditions - an example of DIN EN ISO 3183
9.4.2	Personalqualifikation	Personnel qualification
9.4.3	Anzuwendende Prüfvorschriften für die Ultraschallprüfung	Applicable test specifications for ultrasonic testing
9.4.4	Prüfverfahren	Testing methods
9.4.5	Prüfeinrichtungen / automatisierte Prüfanlagen	Testing equipment / automated testing equipment
9.4.6	Reparatur und Nachprüfung	Repair and retesting

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 3	Ultrasonic Testing (UT) Level 3
Nr./No	Themen	Subjects
9.5	Ultraschallprüfung auf Dopplungen	Ultrasonic testing for lamination
9.5.1	Prüftechniken	Testing techniques
9.5.2	Prüfumfang	Extent of testing
9.5.3	Einstellung der Prüfempfindlichkeit	Setting the test sensitivity
9.5.4	Bestimmung der Zulässigkeit.	Determination of acceptance
9.6	Ultraschallprüfung von Rohren auf Fehler	Ultrasonic testing of pipes for defects
9.6.1	Prüftechniken	Testing techniques
9.6.2	Bezugsstandards	Reference standards
9.6.3	Empfindlichkeitsjustierung	Sensitivity adjustment
9.6.4	Bestimmung der Zulässigkeit	Determination of acceptance
9.7	Ultraschallprüfung von Druckbehältern	Ultrasonic testing of pressure vessels
9.7.1	Sichtprüfung	Visual inspection
9.7.2	Prüfumfang	Extent of testing
9.7.3	Prüfverfahren	Testing methods
9.8	Fragen zu Kapitel 10.	Questions for Chapter 10
10	Leitfaden zur Erstellung von Verfahrensbeschreibungen	Guidelines for the preparation of procedures
10.1	Zielsetzung Kapitel 11	Objective
10.2	Einleitung	Introduction
10.3	Teil 1: Allgemeines	Part 1: General
10.4	Teil 2: ZfP-Personal	Part 2: NDT personnel
10.5	Teil 3: Prüfausrüstung –Geräte und zusätzliche Ausrüstung	Part 3: Materials and equipment
10.6	Teil 4: Prüfgegenstand	Part 4: Test piece
10.7	Teil 5: Durchführung der Prüfung	Part 5: Performance of the test
10.8	Teil 6: Zulässigkeitskriterien	Part 6: Acceptance criteria
10.9	Teil 7: Nachbereitung der Prüfung	Part 7: Post test procedure
10.10	Teil 8: Erstellen des Prüfberichtes	Part 8: Production of the test report
10.11	Teil 9: Gesamteindruck	Part 9: Overall presentation
10.12	Testaufgabe zur Erstellung einer Verfahrensbeschreibung	Exercise task for the preparation of a procedure
11	Pflichtliteratur	Required reading *
11.1	FBV02-05-21-Rev.1.0 - Formelsammlung	FBV02-05-21-EN-Rev.1.0 – Collection of formulas
11.2	DIN EN ISO 16810:2014-07	EN ISO 16810:2014
11.3	DIN EN ISO 16811:2014-06	EN ISO 16811:2014
11.4	DIN EN ISO 16823:2014-07	EN ISO 16823:2014
11.5	DIN EN ISO 16826:2014-06	EN ISO 16826:2014
11.6	DIN EN ISO 16827:2014-06	EN ISO 16827:2014
11.7	DIN EN ISO 22232-1:2021-09	EN ISO 22232-1:2020
11.8	DIN EN ISO 22232-2:2021-09	EN ISO 22232-2:2020
11.9	DIN EN ISO 22232-3:2021-09	EN ISO 22232-3:2020
11.10	DIN EN 1559-2:2014-12	EN 1559-2:2014
11.11	DIN EN 12680-1:2003-06	EN 12680-1:2003
11.12	DIN EN 10228-3:2016-10	EN 10228-3:2016
11.13	DIN EN 10228-4:2016-10	EN 10228-4:2016
11.14	DIN EN ISO 17635:2017-04	EN ISO 17635:2016
11.15	DIN EN ISO 17640:2019-02	EN ISO 17640:2018
11.16	DIN EN ISO 11666:2018-05	EN ISO 11666:2018
11.17	DIN EN ISO 23279:2017-12	EN ISO 23279:2017
11.18		

	Ultraschallprüfung (UT) Stufe 3	Ultrasonic Testing (UT) Level 3
Nr./No	Themen	Subjects
11.19		
11.20	DIN EN 13445-5:2021-12	EN 13445-5:2021
11.21	DIN EN 10160:1999-09	EN 10160:1999
11.22	DIN EN 10308:2002-03	EN 10308:2001
11.23		
11.24	DIN EN ISO 10893-8:2020-10	EN ISO 10893-8:2011+A1:2020
11.25	DIN EN ISO 10893-9: 2020-10	EN ISO 10893-9:2011+A1:2020
11.26	DIN EN ISO 10893-10: 2020-10	EN ISO 10893-10:2011+A1:2020
11.27	DIN EN ISO 10893-11: 2020-10	EN ISO 10893-11:2011+A1:2020
11.28	DIN EN ISO 10893-12: 2020-10	EN ISO 10893-12:2011+A1:2020
11.29	DIN EN ISO 16828:2014-06	EN ISO 16828:2014
12	Referenzliteratur	Recommended reading *
12.1	DIN EN 1330-1:2015-05	DIN EN 1330-1:2015-05
12.2	DIN EN 1330-2:1998-12	EN 1330-2:1998
12.3	DIN EN ISO 5577:2017-05	EN ISO 5577:2017
12.4	DIN EN ISO 3183:2020-02	EN ISO 3183:2019
12.6	AD 2000-Merkblatt HP 5/3:2020-12	AD 2000-Merkblatt HP 5/3:2020-12
12.7	AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Anlage 1:2020-12	AD 2000-Merkblatt HP 5/3 Appendix 1:2020-12
12.8	DIN EN ISO 2400:2013-01	EN ISO 2400:2012
12.9	DIN EN ISO 7963:2023-02	EN ISO 7963:2022
		* or national equivalent of the cited standards

Syllabus UT erfüllt ISO/TS 25107 und ANSI/ASNT CP-105
Syllabus UT fulfils ISO/TS 25107 und ANSI/ASNT CP-105