

Regelwerke für die Ausbildung Durchstrahlungsprüfung analog und digital, RT-FD Stufe 2 nach DIN EN ISO 9712:09-2022

Tag	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag
UE 1	5.1 T Einführung, Geschichte, Begriffe	5.2 T Physikalische Grundlagen	5.4 T Ausrüstung (IP, DDA, LDA)	5.4 T Ausrüstung (Röntgenfilme)	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken
UE 2	5.9 T ISO 9712	5.2 T Physikalische Grundlagen	5.4 T Ausrüstung (IP, DDA, LDA)	5.4 T Ausrüstung (Röntgenfilme)	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken
UE 3	5.2 T Physikalische Grundlagen	5.2 T Physikalische Grundlagen	5.4 T Ausrüstung (IP, DDA, LDA)	5.4 T Ausrüstung (Röntgenfilme)	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken
UE 4	5.2 T Physikalische Grundlagen	5.2 T Physikalische Grundlagen	5.4 T Ausrüstung (IP, DDA, LDA)	5.4 T Ausrüstung (Filmentwicklung)	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken
UE 5	5.2 T Physikalische Grundlagen	5.4 T Ausrüstung (Isotope)	5.4 T Ausrüstung (Zubehör)	5.4 T Ausrüstung (Filmentwicklung)	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken
UE 6	5.2 T Physikalische Grundlagen	5.4 T Ausrüstung (Isotope)	5.4 P <i>Arbeiten mit Geräten und Zubehör</i>	5.4 T Ausrüstung (Filmentwicklung)	5.4 P <i>Arbeiten mit Geräten und Zubehör</i>
UE 7	5.4 T Ausrüstung (Röntgenröhren)	5.4 P <i>Ausrüstung (Isotope)</i>	5.4 P <i>Arbeiten mit Isotop</i>	5.4 P <i>Arbeiten mit Geräten und Zubehör</i>	5.4 P <i>Arbeiten mit Geräten und Zubehör</i>
UE 8	5.4 T Ausrüstung (Röntgenröhren)	5.4 P <i>Arbeiten mit Isotop</i>	5.4 P <i>Arbeiten mit Geräten und Zubehör</i>	5.4 P <i>Arbeiten mit Geräten und Zubehör</i>	5.4 P <i>Arbeiten mit Geräten und Zubehör</i>

!!! Die zeitliche Abfolge der Themen kann bei den verschiedenen Schulungsstätten und / oder aufgrund unterschiedlicher Dozenten von dem abgebildeten Stundenplan abweichen!
 UE = Unterrichtseinheiten (60 min), Schrift gerade = Theorie, *Schrift kursiv = Praxis*

Regelwerke für die Ausbildung Durchstrahlungsprüfung analog und digital, RT-FD Stufe 2 nach DIN EN ISO 9712:09-2022

Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag
UE 1	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken	5.5 T Prüfungsinformationen	5.5 T Prüfungsinformationen	5.7 T Berichterstellung, Bildinterpretation	5.8 T Anzeigenklassifizierung und Beurteilung
UE 2	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken	5.5 T Prüfungsinformationen	5.5 T Prüfungsinformationen	5.7 T Berichterstellung, Bildinterpretation	5.8 T Anzeigenklassifizierung und Beurteilung
UE 3	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken	5.5 T Prüfungsinformationen	5.5 T Prüfungsinformationen	5.7 T Berichterstellung, Bildinterpretation	5.8 T Anzeigenklassifizierung und Beurteilung
UE 4	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken	5.5 T Prüfungsinformationen	5.5 T Prüfungsinformationen	5.7 T Berichterstellung, Bildinterpretation	5.8 T Anzeigenklassifizierung und Beurteilung
UE 5	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>
UE 6	5.4 P <i>Ausrüstung (Röntgenröhren)</i>	5.3 + 5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.7 P <i>Bildgüte, Bildinterpretation</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>
UE 7	5.3 + 5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.3 P <i>Objektumfang</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.7 P <i>Bildgüte, Bildinterpretation</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>
UE 8	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.7 P <i>Bildgüte, Bildinterpretation</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>

!!! Die zeitliche Abfolge der Themen kann bei den verschiedenen Schulungsstätten und / oder aufgrund unterschiedlicher Dozenten von dem abgebildeten Stundenplan abweichen!
 UE = Unterrichtseinheiten (60 min), Schrift gerade = Theorie, *Schrift kursiv = Praxis*

Regelwerke für die Ausbildung Durchstrahlungsprüfung analog und digital, RT-FD Stufe 2 nach DIN EN ISO 9712:09-2022

Tag	11. Tag	12. Tag	13. Tag	14. Tag	15. Tag
UE 1	5.9 T Prüfanweisung	5.7 T Berichterstellung, Bildinterpretation	5.7 T Berichterstellung, Bildinterpretation	5.7 T Berichterstellung, Bildinterpretation	Qualifikationsprüfung
UE 2	5.9 T Prüfanweisung	5.5 T Prüfungsinformationen	5.5 T Prüfungsinformationen	5.7 T Berichterstellung, Bildinterpretation	
UE 3	5.9 T Prüfanweisung	5.5 T Prüfungsinformationen	5.5 T Prüfungsinformationen	5.7 P <i>Bildgüte, Bildinterpretation</i>	
UE 4	5.10 T Sondertechniken	5.3 T Produktkenntnisse / Arbeitstechniken	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.7 P <i>Bildgüte, Bildinterpretation</i>	
UE 5	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	
UE 6	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	
UE 7	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	
UE 8	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	5.6 P <i>Arbeiten nach Prüfanweisung</i>	

!!! Die zeitliche Abfolge der Themen kann bei den verschiedenen Schulungsstätten und / oder aufgrund unterschiedlicher Dozenten von dem abgebildeten Stundenplan abweichen!
 UE = Unterrichtseinheiten (60 min), Schrift gerade = Theorie, *Schrift kursiv = Praxis*

Regelwerke für die Ausbildung Durchstrahlungsprüfung analog und digital, RT-FD Stufe 2 nach DIN EN ISO 9712:09-2022

Legende Digitale Durchstrahlungsprüfung Ausbildung RT-FD 2, multisektoriell			
Nr.	Thema	UE	
		T	P
5.1	<p>Einführung in die Geschichte, Entwicklung und Anwendung der ZfP: <u>Ziele der ZfP:</u> Aufgaben der ZfP, Zeitpunkte der Prüfung an einem Produkt, Prüfer, Übersicht der wichtigsten Prüfverfahren, Welchen Mehrwert liefert die ZfP? <u>Digitale Radiographie:</u> Definition, Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen <u>Begriffe:</u> Elektromagnetische Strahlung, Energie, Dosis, Dosisleistung, Wellenlänge, Intensität, Dosisleistungskonstante, Aktivität <u>Regelwerke:</u> Produkt- und Durchführungsnormen, Bildgütenormen, Bewertungsnormen</p>	1	-
5.2	<p>Physikalische Prinzipien des Verfahrens: <u>Grundlagen:</u> Atomaufbau, Elektromagnetisches Spektrum, Strahlenquellen und ihre Merkmale (Röntgenröhren, radioaktive Isotope), Röntgenspektrum von Röntgenröhren und Isotopen, Wichtige Einstellparameter (Spannung, Strom und Aktivität), Brennfleck, Dosis, Dosisleistung und Dosisleistungskonstante, Vorfilter <u>Strahlenschwächung:</u> Photoelektrischer Effekt, Compton-Effekt, Paarbildung; Halbwerts- und Zehntelwertsschicht, Schwächungsgesetz, Strahlenaufhärtung, Streustrahlung und Aufbaufaktor, Filterfunktionen und Maskierung <u>Strahlenkontrast und Rauschen:</u> Kontrast, spezifischer Kontrast, Rauschen, Auflösung, Einfluss von Streustrahlung, Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) und Normalisiertes SNR_n, Kontrast-Rausch-Verhältnis (CNR), Basisortsauflösung, Pixelgröße <u>Bilddoptimierung /-bearbeitung:</u> Schutzmaßnahmen gegen Streustrahlung, Kompensationsprinzipien (CP I bis CP III), maximale / optimale Röntgenspannung <u>Geometrische Einflussgrößen:</u> Innere und geometrische Unschärfe, Vergrößerungseffekte, geometrische Vergrößerung, Optimale Vergrößerung, Abstandsquadratgesetz, Unterschiede zwischen Radiographie und Radioskopie <u>Bildgüteprüfkörper:</u></p>	8	-

Legende Digitale Durchstrahlungsprüfung Ausbildung RT-FD 2, multisektoriell			
Nr.	Thema	UE	
		T	P
	Draht-Typ, Stufe-Loch-Typ, Doppel-Draht-Typ, ASTM-Bildgüteprüfkörper, Bestimmung der Basisortsauflösung, Bestimmung der Unschärfe über Linienpaare		
5.3	<p>Produktkenntnis und Anwendungsmöglichkeiten verschiedener Arbeitstechniken: Fehlerarten, Fehlergröße, Orientierung des Fehlers, Einfluss der Einstrahlrichtung auf die Fehlerauffindwahrscheinlichkeit</p> <p><u>Übersicht über Produktherstellungsmethoden:</u> Gießen, Schmieden, Schweißen, Rohre und Rohrleitungen, Walzerzeugnisse, Verbundwerkstoffe</p> <p>Materialeigenschaften, Ursprung von Defekten, Auswertung</p> <p><u>Einflüsse auf Fehlernachweis:</u> Anzahl der Aufnahmen, Wanddickenzunahme, Objektumfang für Röhre und Isotope, Einstrahlwinkel bei Rohren</p>	11	2
5.4	<p>Ausrüstung:</p> <p><u>Röntgenröhren:</u> Bauarten stationär und mobil, Aufbau von Röntgenröhren und deren Funktionsweise, Kühlvorrichtungen, Bedienung von Anlagen, Einstellparameter (Strom, Spannung, Brennfleckgröße), Einpol- oder Zweipolröhren, Hochvoltanlagen, Parametermessung / Bestimmung</p> <p><u>Radioaktive Isotope:</u> Transportbehälter und der Umgang/Transport, Aufbauordnung und Kollimatoren, Parameter (Isotopentypen, Spektrum, Energie, Aktivität, Strahlergröße, Halbwertszeit), Konstruktion von Behältern und Besonderheiten</p> <p><u>Speicherfolien:</u> Aufbau und Funktion, Scanner Systeme und Ihre Klassifizierung, Qualitätskontrollen (CR-Phantom), Belichtungsbedingungen, Belichtungsdiagramme, Pflege und Lagerung, Systemauswahl</p> <p><u>Digitale Flächendetektoren (DDA):</u> Aufbau und Funktionsprinzip (direkte-, Indirekte Methode, CCD, amorphes Silizium, Szintillator), Bedienung, Kontrastumwandlung (Negatives o. Positives Bild), Detektoreinstellungen, Qualitätskontrolle, Aufnahmebedingungen</p> <p><u>Digitale Zeilendetektoren (LDA):</u> Aufbau und Funktionsprinzip, Bedienung, Anwendungsbereiche, Vergleich mit DDAs, Qualitätskontrolle, Aufnahmebedingungen</p> <p><u>Röntgenfilme:</u></p>	15	11

Legende Digitale Durchstrahlungsprüfung Ausbildung RT-FD 2, multisektoriell			
Nr.	Thema	UE	
		T	P
	<p>Aufbau (Trägerfolie, Silberbromidschicht, Korngröße, Kornform), latente Bildinformationen, Filmverarbeitung (Filmsysteme und ihre Eigenschaften, Schwärzungskurven, Filmgradient, Kontrast, Geschwindigkeit, Detailerkennbarkeit, Einfluss der Filmentwicklung, Empfindlichkeit, Körnung) Einteilung der Filmsystemklassen, PMC-Streifen, Filmfolien (innere Unschärfe, Verstärkerwirkung, Filterfunktion, Folien für Co60 und Linearbeschleuniger), Belichtungsdiagramme und deren Anwendung</p> <p><u>Filmentwicklung und Dunkelräume:</u> Aufbau und Anforderungen an eine Dunkelkammer, manuelle und automatische Filmentwicklung, Entwicklungschemie, Entwicklungsprozess (Grundlagen der Filmentwicklung, Zubehör und Anforderungen, Prüfung des Prozesses, Lagerung von unbelichteten Röntgenfilmen, Test der Dunkelkammerbeleuchtung, Schleierschwärzung überprüfen, Anwendung von PMC-Streifen, Klärzeit bestimmen, Checklisten)</p> <p><u>Zubehör:</u> Bleibuchstaben und Bleimaßbänder, Haltemagnete, Bleiabschirmung, Blenden und Masken, Strahlenschutzzubehör, Gummibänder</p> <p><u>Datenerfassung und Detektoreinstellungen:</u> A/D-Schnittstelle, Computeraufbau (Prozessor, Speicher, BUS, Festplatte), Laden und Speichern von Daten, Bildformate, Bildintegration über Zeit oder Anzahl von Einzelbildern, optimale Detektoreinstellungen / Optimierung, Einfluss der Anzahl von Bildern oder Zeit bei der Integration</p> <p>Klassifizierung der Filmdigitalisierung</p>		
5.5	<p>Informationen vor einer Prüfung: <u>Informationen über das Prüfobjekt:</u> Prüfgegenstand, Herstellungsverfahren, Prüfumfang, Bewertungsanforderungen, Fehlerkatalog</p> <p><u>Prüfbedingungen und Anwendung von Regelwerken:</u> Zugänglichkeit, örtliche Gegebenheiten, Prüfen unter besonderen Bedingungen, Anwendungsnormen, Fertigungszustand bei Prüfung, Produktnormen, Anforderungen an das Prüfpersonal, Zulässigkeitsgrenzen</p> <p><u>Prüftechniken und Prüfablauf:</u> Oberflächenzustand, Vorbereitung der Oberfläche, Dokumentation nach der Prüfung</p> <p><u>Prüfanweisungen:</u> Erstellen einer Prüfanweisung</p>	12	-
5.6	Prüfung:	-	30

Legende Digitale Durchstrahlungsprüfung Ausbildung RT-FD 2, multisektoriell			
Nr.	Thema	UE	
		T	P
	<u>Technikauswahl:</u> Unterschiedliche Aufnahmeanordnungen, Bildinterpretation, Auswertung von Anzeigen, Umgang mit Normen und Regelwerken sowie Fehlerkatalogen, Vermessen von Unregelmäßigkeiten, Arbeiten nach einer schriftlichen Prüfanweisung		
5.7	Auswertung und Berichterstellung: <u>Grundlagen der Bewertung:</u> Betrachtungsbedingungen (Umgebungsbedingungen, Betrachtungszeit, verstrichene Zeit nach Blendung, Helligkeit, Messen der optischen Dichte, Mach 'scher Effekt) Filmbetrachtung (minimale Leuchtdichte, Gleichmäßigkeitsfaktor) <u>Physikalische Faktoren:</u> Sehvermögen, Adaption vor der Betrachtung <u>Auswertung von Röntgenbildern:</u> Überprüfen der Bildqualität, Dokumentation von Unregelmäßigkeiten <u>Prüfbericht / Dokumentation:</u> Erfüllung der normativen Anforderungen, Ermittlung / Überprüfung der geforderten Bildqualität, Prüfung des Erreichens der Prüfklasse und des Prüfumfanges <u>Digitale Bildverarbeitung:</u> Scanmodus, Integrationszeit, Grauwerte, Kontrast, Schärfe, Bildkorrekturen (digitale Filter), Arbeiten mit Histogramm und LUT, Filterfunktion (Hochpass, Kantenextraktion, Median), Glätten und Verbessern des SNR, Vermessungstools der Software (Einstellungen, Linienprofil, Messen von Längen, Breiten und Tiefen, Flächenmessung), Rohdatenkorrekturen (Grundlagen) <u>Automatischen Bildauswertung:</u> Funktionsprinzip, Messung von Anzeigen	8	5
5.8	Beurteilung: <u>Fehlereinteilung:</u> Art /Typ der Anzeige, Größe, Lage, Häufigkeit, Einfluss von Material und Herstellung	4	-
5.9	Qualitätsaspekte: <u>Personalqualifikation:</u>	4	-

Legende Digitale Durchstrahlungsprüfung Ausbildung RT-FD 2, multisektoriell			
Nr.	Thema	UE	
		T	P
	ISO 9712 <u>Dokumentation:</u> Entwicklung einer Prüfanweisungen, Rückverfolgbarkeit von Dokumenten, Überprüfung von Messergebnissen <u>Kenntnis der anwendbaren NDT- Anwendungs- und Produktstandards:</u> Korrekte Auswahl der Prüftechnik, Anwendung der korrekten Prüfparameter, objektbezogene Ausbildung, Überprüfung der Ausrüstung		
5.10	<u>Entwicklungen:</u> <u>Sondertechniken:</u> Stereoaufnahmen, Computertomographie (Einführung, Aufnahmetechniken, Zubehör), Vergleich Filmtechnik mit Digitaler Technik	1	-
Summe Unterrichtseinheiten (UE)		64	48
Gesamtsumme Unterrichtseinheiten (UE)		112	

Regelwerke für die Ausbildung Durchstrahlungsprüfung analog und digital, RT-FD Stufe 2 nach DIN EN ISO 9712:09-2022

Regelwerke

DIN EN ISO 9712 – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der ZfP

DIN EN ISO 5579 – Zerstörungsfreie Prüfung - Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Film und Röntgen- oder Gammastrahlen – Grundlagen

DIN EN ISO 17635 – ZfP – Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe

DIN EN ISO 17636-1 – Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen

DIN EN ISO 17636-2 – ZfP von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlentechniken mit digitalen Detektoren

DIN EN 12681-1 – Gießereiwesen - Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Filmtechniken

DIN EN 12681-2 – Gießereiwesen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 2: Technik mit digitalen Detektoren

DIN EN ISO 11699-1 – Zerstörungsfreie Prüfung - Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Klassifizierung von Filmsystemen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung

DIN EN ISO 11669-2 – Zerstörungsfreie Prüfung - Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 2: Kontrolle der Filmverarbeitung mit Hilfe von Referenzwerten

DIN EN ISO 19232-1 – ZfP – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 1: Ermittlung der Bildgütezahl mit Draht-Typ-Bildgüteprüfkörper

DIN EN ISO 19232-2 – ZfP – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 2: Ermittlung der Bildgütezahl mit Stufe/Loch-Typ-Bildgüteprüfkörper

DIN EN ISO 19232-3 – ZfP – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 3: Bildgüteklassen

DIN EN ISO 19232-4 – ZfP – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 4: Experimentelle Ermittlung von Bildgütezahlen und Bildgütetabellen

DIN EN ISO 19232-5 – ZfP – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 5: Bestimmung der Bildunschärfezahl mit Doppeldraht-Typ-Bildgüteprüfkörpern

DIN EN ISO 10675-1 – Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Zulässigkeitsgrenzen für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen

DIN EN ISO 10675-2 – Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Zulässigkeitsgrenzen für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 2: Aluminium und seine Legierungen

DIN EN ISO 6520-1 – Schweißen und verwandte Prozesse - Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen - Teil 1: Schmelzschweißen

DIN EN 25580 – Zerstörungsfreie Prüfung; Betrachtungsgeräte für die industrielle Radiographie; Minimale Anforderungen

ASTM E 446 – Standard Reference Radiographs for Steel Castings Up to 2 in. (50.8 mm) in Thickness

ASTM E 155 – Bezugsdurchstrahlungsbilder für die Prüfung von Gussstücken aus Aluminium und Magnesium

AD 2000-Merkblatt HP 0 – Herstellung und Prüfung von Druckbehältern - Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundene Prüfungen

AD 2000-Merkblatt HP 5/3 – Herstellung und Prüfung von Druckbehältern - ZfP der Schweißverbindungen