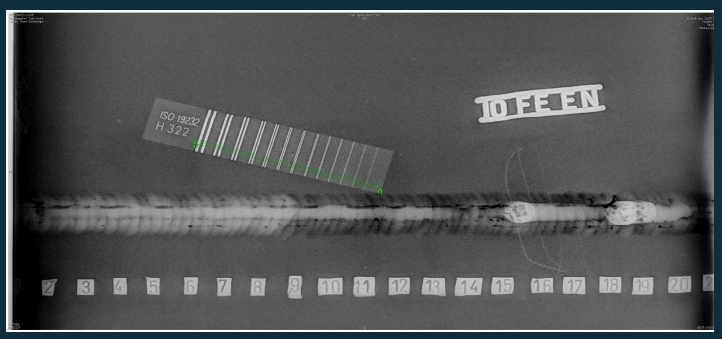
METAL CHECK Group / RT-CR

METAL CHECK GROUP

Durchstrahlungsprüfung mit Speicherfolien

Erfahrungen aus der Praxis
Möglichkeiten und Einsatzgrenzen



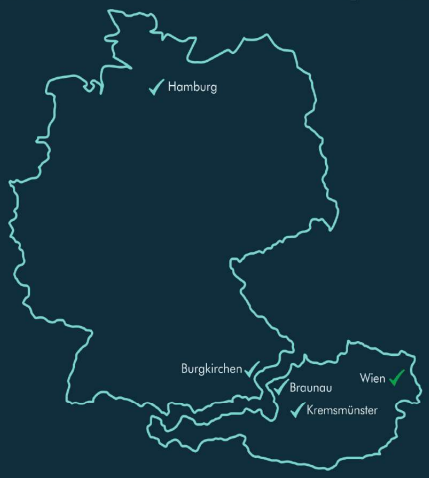
Ing. Alexander Wienerroither
Metal Check GmbH · Burgkirchen an der Alz

1

METAL CHECK Group / ÖGfZP

METAL CHECK GROUP

Fünf Standorte. Ein Prüfspektrum.



Hamburg · Burgkirchen · Braunau · Kremsmünster · Wien

Unsere Leistungen

Zerstörungsfreie Prüfung
VT · PT · MT · UT · RT einschließlich digitaler Radiographie – Akkreditiertes Prüflabor nach EN ISO/IEC 17025 (MCD)

Advanced NDT
Phased Array (PAUT) und TOFD

Inspektion & Abnahme
Fertigungs- und Schweißüberwachung, Druckgeräte

Software & Schulung
Prüfdokumentation und Ausbildung in der ZfP

2

METAL CHECK Group

METAL CHECK GROUP

Ing. Alexander Wienerroither

Geschäftsführender Gesellschafter · Technischer Leiter

2005 in der ZfP tätig

2015 Geschäftsführender Gesellschafter

2010 Mitglied beim DVS BV Chiemgau

PRÜFLABOR & PRÜFAUFSICHT

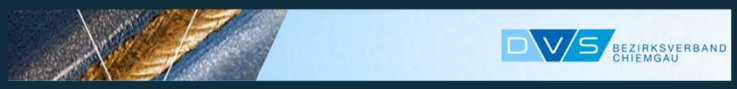
Technischer Leiter des akkreditierten Prüflabors nach DIN EN ISO/IEC 17025 (DAkkS)

Prüfaufsicht und fachliche Verantwortung für die Durchstrahlungsprüfung

QUALIFIKATIONEN

Stufe 3 nach EN ISO 9712, teilweise EN 4179
VT · PT · MT · UT · RT · LT

Advanced NDT: PAUT, TOFD, RFA, HT
International Welding Engineer (IWE)



3

RT-CR / EINSTIEG 04 / 51

Worum es heute geht

Vier Fragen entlang des realen Prüfprozesses

01 Verfahren

Wie wird aus der Belichtung ein digitales Bild?

02 Bildgüte

Welche Parameter entscheiden über die Fehlererkennbarkeit?

03 Praxis

Wo spart CR Zeit, und wo entsteht neuer Aufwand?

04 Grenzen

Welche Bauteile, Geometrien und Abläufe passen nicht gut?

Ein belastbares Bild entsteht im Prüfprozess und nicht erst am Monitor.

Einordnung auf Basis von ISO 17636-2 und praktischen RT-CR-Erfahrungen

4

Film, CR und DDA

Drei Detektorkonzepte mit unterschiedlichen Arbeitsabläufen

FILM

Flexible Kassette = Verpackung
Chemische Entwicklung
Einmalige Nutzung
Bewertung am Betrachter

Stark bei ungewöhnlichen Formaten, aber mit hohem laufendem Prozessaufwand

HINWEIS:
DIGITALISIERUNG von FILMEN

CR · SPEICHERFOLIE

Flexible Speicherfolie
Latentes Bild nach der Belichtung
Auslesen im Scanner
Wiederverwendbar, aber verschleißabhängig

Digitales Bild nach einem zusätzlichen Scanprozess

DDA

Starres oder teilflexibles Panel
Bild unmittelbar nach der Belichtung
Hohe Automatisierbarkeit
Kalibrierung und Pixelkorrektur

Stark bei Serie und schneller Prozessrückmeldung

Speicherfolien sind digitale Radiographie, aber keine Direktaufnahme.

Quelle: ISO 17636-2:2022; ISO 16371-2:2017

5

Funktionsprinzip der Speicherfolie

Belichten, auslesen, digitalisieren und vollständig löschen

01	**Belichten**	Strahlung erzeugt ein latentes Bild im Speicherphosphor.
02	**Auslesen**	Der Scanner regt die Folie optisch an und misst die Lumineszenz.
03	**Digitalisieren**	Software linearisiert das Signal und erzeugt die Bilddaten.
04	**Löschen**	Eine vollständige Löschung bereitet die unbeschädigte Folie für den nächsten Einsatz vor.



Folie, Scanner, Software und Scanparameter bilden gemeinsam das CR-System.

Quelle: ISO 16371-2:2017

6

RT-CR / PROZESS

07 / 51

Der CR-Prüfprozess

Von der Prüfaufgabe bis zur nachvollziehbaren Archivierung

01 Auftrag
Bauteil, Umfang, Norm

02 Belichten
Quelle, Geometrie, IQI

03 Scannen
Folie, Modus, Parameter

04 Bewerten
IQI, SNR_n, Anzeigen

05 Freigeben
Prüfer, Prüfaufsicht

06 Archivieren
Original, Metadaten, Bericht

Der Scan ist nur ein Schritt. Auftrag, Aufnahme und Bewertung müssen verbunden bleiben.

Adaptiert aus dem ZfP4-Prozessmodell; Quelle: ZfP4_MCB_Vortrag.pdf, S. 5 und 7

7

RT-CR / PRAXIS

08 / 51

Mobile Prüfung und Auswertung

Der Laborwagen verbindet Aufnahme, Scan und fachliche Bewertung vor Ort



VOR ORT

Aufnahmen können ohne chemische Entwicklung gescannt und bewertet werden. Daten und Prüfbericht lassen sich digital bereitstellen.

PLANUNG

Folienhandling, Scanzeit, Arbeitsplatz und Datenübergabe gehören in die Einsatzplanung. Bei hohem Durchsatz kann der Scanner zum Engpass werden.

Mobilität bleibt eine Stärke von CR. Der Scanner wird zum planbaren Prozessschritt.

Bildquelle: Metal Check, Mobile Prüfungen

8

RT-CR / SYSTEM

09 / 51

Die Systemkonfiguration bestimmt die Leistung

Eine CR-Klasse gehört zur geprüften Kombination und nicht zur Folie allein

SYSTEMKONFIGURATION

Speicherfolientyp
Metallfolien und Kassette
Scanner und Optik
Scanmodus, Gain und Pixelabstand
Software und Grauwertlinearität
Belichtungsbereich

KENNGRÖSSEN

Normiertes Signal-Rausch-Verhältnis SNR_n
Interpolierte Basisortsauflösung iSRb
Äquivalente Penetrameterempfindlichkeit aEPS

Die geplante zweite Ausgabe der ISO 16371-1 verbindet diese Größen mit der Langzeitstabilität des Systems.

Ein Folien- oder Scannerwechsel kann eine erneute Systembewertung erforderlich machen.

Quelle: ISO 16371-1:2011; ISO/DIS 16371-1, Entwurf 2026

RT-CR / NORMEN

10 / 51

Normative Kette der Schweißnahtprüfung

Prüfauftrag, Aufnahmetechnik und Annahmebewertung stammen aus unterschiedlichen Regelwerken

01

Produktregelwerk

Prüfumfang, Qualitätsniveau und Zulässigkeit

02

ISO 17635

Auswahl und allgemeine Anwendung der ZfP

03

ISO 17636-2

Aufnahmetechnik und Bildgüte für CR und DDA

04

ISO 10675 / Produktregel

Bewertung und Annahme der Anzeigen

Eine normgerechte Aufnahme ist erst die Grundlage für die anschließende Annahmebewertung.

Quelle: ISO 17635:2025 · ISO 17636-2:2022 · ISO 10675-1/-2

Anwendungsnormen und Bauteilgruppen

Die Zulässigkeit digitaler Radiographie ergibt sich aus der gesamten Normenkette

ROHRLEITUNGEN

EN 13480 für metallische industrielle Rohrleitungen

DRUCKGERÄTE

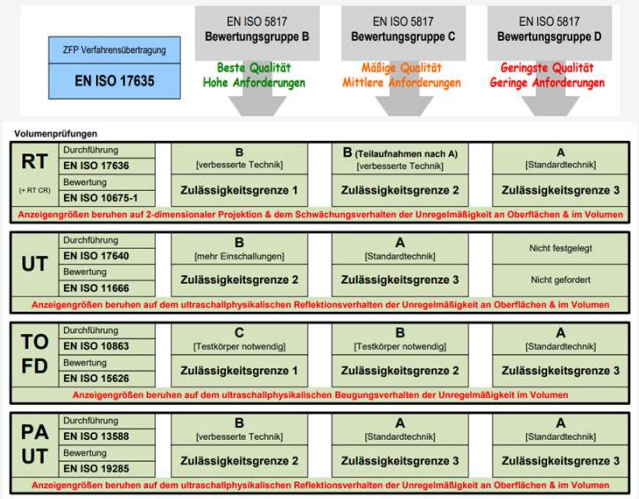
EN 13445 für unbefeuerte Druckbehälter
EN 12952 und EN 12953 für Kessel
EN 14276 für Kälteanlagen

BAU UND SONDERREGELN

EN 1090 für Stahl- und Aluminiumbau
Weitere Produktnormen und Zulassungen
Vertraglich festgelegter Normenstand

Produktregelwerk, Kundenvorgabe und Prüfanweisung müssen CR für die konkrete Aufgabe gemeinsam abdecken.

11



ISO 5817 – Bewertungsgruppen und ihre Zulässigkeitsgrenzen / Abdeckung Volumen

12

RT-CR / NORMEN

13 / 51

Veröffentlichter Stand und laufende Revisionen

Der Entwurf von 2021 ist heute ein historischer Meilenstein

NORM-ENTWURF

DIN EN ISO 17636-2:2021-06 - Entwurf

Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Durchstrahlungsprüfung - Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO/DIS 17636-2:2021); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 17636-2:2021

2021

Entwurf DIN EN ISO 17636-2:2021-06. Er markierte die Überarbeitung der Anforderungen für digitale Detektoren.

2022 BIS 2026

ISO 17636-2:2022, korrigiert 2023-02, Stufe 90.92. Ausgabe 3 seit 23.09.2026 in Stufe 20.00. ISO/DIS 16371-1 Ausgabe 2: FDIS zugestimmt, Stufe 40.99.

Für Prüfanweisung und Bericht gilt die veröffentlichte, vertraglich festgelegte Ausgabe.

Quelle: ISO und DIN Media, Abruf 06.11.2026

RT-CR / NORMEN

14 / 51

Prüfklasse, Systemklasse und Zulässigkeitsstufe

Drei Begriffe beantworten drei verschiedene Fragen

Begriff	Beantwortet die Frage	Typischer Normbezug
Prüfklasse A oder B	Welche Aufnahmetechnik und Mindestbildgüte gelten?	ISO 17636-2
CR-Systemklasse	Welche Leistung erreicht die konkrete Systemkonfiguration?	ISO 16371-1
Zulässigkeitsstufe	Welche Anzeigen sind für das Bauteil zulässig?	ISO 10675 oder Produktregelwerk

Eine normgerechte Aufnahme ist noch keine Annahmeentscheidung.

Quelle: ISO 17636-2, ISO 16371-1 und ISO 10675

Detailerkennbarkeit

Kontrast, Unschärfe und Rauschen bestimmen gemeinsam die Sichtbarkeit kleiner Anzeigen

K

Kontrast

Signalunterschied zwischen Anzeige und Umfeld

U

Unschärfe

Verbreiterung der Kontur durch Geometrie und System

K

Körnigkeit / Rauschen

Überlagerung schwacher Signale durch statistische und strukturelle Schwankungen

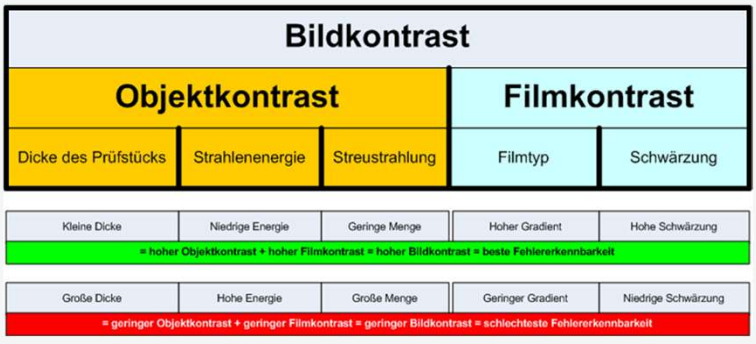
K-U-K bleibt als Denkmodell nützlich. Bei CR entspricht die Körnigkeit vor allem dem Bildrauschen.

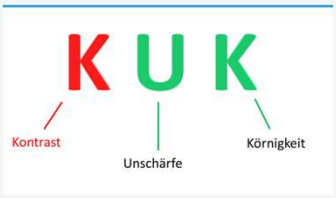
Adaptiert aus DVS 2021, Folie 6 · Quelle: ISO 17636-2 und ISO 16371-2

15

Objekt- und Detektorkontrast

Kontrast entsteht vor dem Detektor und im Abbildungssystem





Objektkontrast

Dicke, Strahlenenergie und Streustrahlung

Windowing kann vorhandenen Kontrast sichtbar machen. Es erzeugt keinen zusätzlichen Objektkontrast.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

16

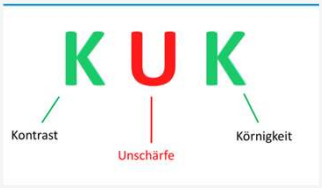
RT-CR / BILDGÜTE

17 / 51

Gesamtunschärfe

Geometrie, Detektor und Bewegung wirken als Unschärfekette

Gesamtunschärfe		
Innere Unschärfe	Geometrische Unschärfe	Bewegungsunschärfe
u_i	u_g	Vermeidbar !
Film – Folien – Abstand so gering wie möglich	Geometrie Bedingungen	Film bewegt sich



Uges Zusammenwirken statt Einzelwert

Der Scanpixel ist nur ein Abtastwert. Die tatsächlich erreichbare Bildauflösung muss nachgewiesen werden.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

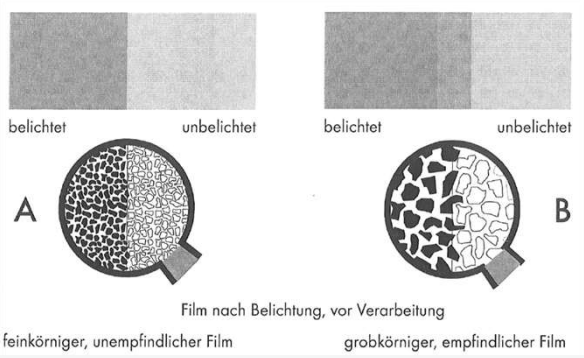
17

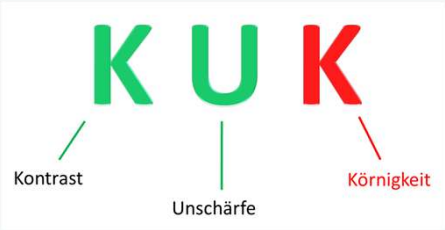
RT-CR / BILDGÜTE

18 / 51

Filmkorn und digitales Rauschen

Film und CR begrenzen schwache Anzeigen auf unterschiedliche Weise





CR

Quantentrauschen, Phosphorstruktur und Scanner bestimmen die Bildruhe.

Mehr Dosis verbessert das SNR nur bis zur systembedingten Grenze.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2 · Quelle: ISO 16371-2

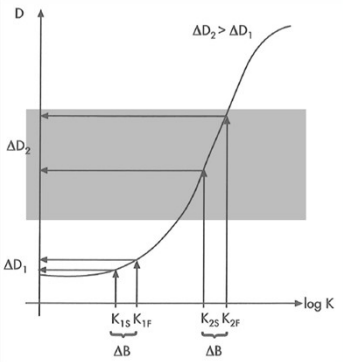
18

RT-CR / VERGLEICH

19 / 51

Gradationskurve und digitale Signaldynamik

Film legt die Darstellung bei der Entwicklung fest, CR erhält die Originaldaten digital



FILM

Belichtung und Entwicklung legen Schwärzung und Gradation fest. Nach der Entwicklung bleibt die Darstellung unverändert.

CR

Linearisierte Originaldaten bleiben erhalten. Windowing wählt einen sichtbaren Bereich, ohne Dosis oder SNR zu erhöhen.

Der Filmgradient bestimmt den nutzbaren Filmkontrast. Bei CR wird der relevante Bereich kontrolliert gefenstert.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

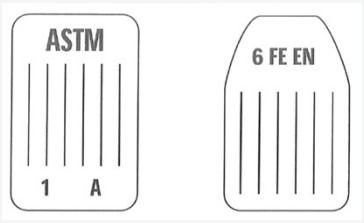
19

RT-CR / BILDGÜTE

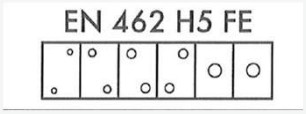
20 / 51

Einzeldraht-IQI und Kontrastempfindlichkeit

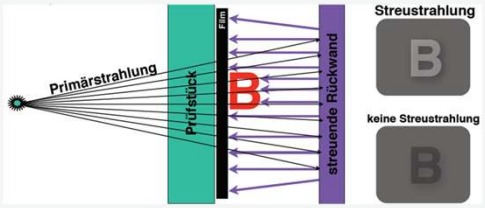
Draht-, Stufenloch- und Rückstrahlzeichen erfüllen unterschiedliche Aufgaben



Kontrastempfindlichkeit



Alternative IQI-Form



Rückstrahlkontrolle

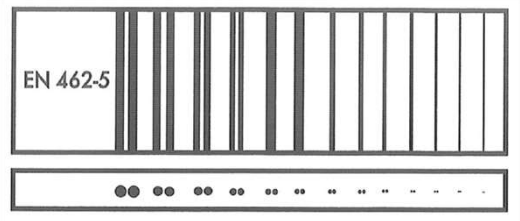
Ein IQI-Nachweis gilt nur für die Qualitätsfrage, für die der jeweilige Prüfkörper vorgesehen ist.

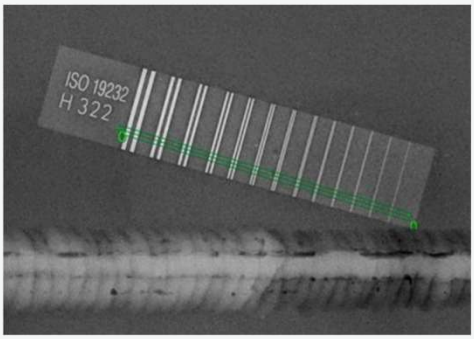
Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2 · Quelle: ISO 19232

20

Duplexdraht und Basisortsauflösung

Detektorauflösung und tatsächliche Bildauflösung sind nicht identisch





SRb detector

Systemnachweis ohne Prüfobjekt

SRb image

Auflösungsnachweis im konkreten Bild

Der Duplexdraht bestimmt die trennbare Struktur. Ein kleiner Scanpixel beweist diese Auflösung nicht.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2 · Quelle: ISO 19232-5

21

Geometrische Unschärfe in der Praxis

Quelle, Quellengröße, Abstand und Vergrößerung wirken direkt auf die Detailerkennbarkeit

QUALITATIVE ANALYSE

Referenzstück DN50x2,0 60,3x2,0		EN ISO 17636-1	IST											
			Röntgenröhre				Selen 75						Iridium 192	
		Prüfklasse A	Filmsystem		Filmsystem		Filmsystem		Filmsystem		Filmsystem		Filmsystem	
		Anforderungen	Class C5		Class C4		Class C5		Class C4		Class C3		Class C4	
		an die Bildgüte	Variante A		Variante B		Variante C		Variante D		Variante E		Variante F	
Bild 11	Naht 3	W15	W16	D9	W16/17	D9	W14	D6	W14/15	D6	W15/16	D6	W13	D5/6
Bild 12	Naht 4	W15	W16	D10	W16/17	D10/11	W14	D6	W14/15	D6	W15/16	D6	W13	D5/6
Bild 11	Naht 5	W15	W16	D10	W16/17	D10/11	W14	D6	W14/15	D6	W15/16	D6	W13	D5/6

Einfluss	Wirkung	Praxismaßnahme
größerer Brennfleck	mehr geometrische Unschärfe	Quelle und Abstand passend wählen
kleinerer Abstand	mehr geometrische Unschärfe	Mindestabstand einhalten
Vergrößerung	kann Auflösung verbessern oder verschlechtern	Geometrie mit SRb image nachweisen

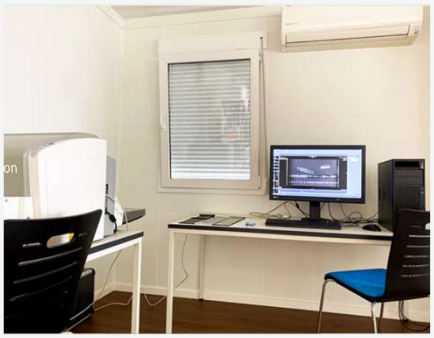
Der Duplexdraht macht sichtbar, ob die gewählte Aufnahmegeometrie die geforderte Auflösung erreicht.

Bildquelle : Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2 · neutrale Zusammenfassung nach ISO 17636

22

Aufbau und mobiles Equipment

Scanner, Rechner, Folienhandling und Arbeitsumgebung bilden gemeinsam den mobilen Prüfplatz





CHECK

Sauberkeit
Scanmodus
Löschung
Datensicherung
Prüfbericht

Der Feldeinsatz braucht einen sauberen Scanplatz, stabile Parameter und eine gesicherte Datenübergabe.

Bildquelle : Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

Dosis und Signal-Rausch-Verhältnis

Eine helle Anzeige (invertiert = dunkle Anzeige) ist kein Nachweis ausreichender statistischer Bildqualität

SNR ∝ √Dosis

Dosis × 2 / SNR × 1,41
Dosis × 4 / SNR × 2

PHOTONENRAUSCHEN

Zu wenig Dosis begrenzt die Sichtbarkeit schwacher Anzeigen. Windowing kann dieses Defizit nicht ausgleichen.

SYSTEMGRENZE

Strukturrauschen, Folie und Scanner setzen eine Grenze, ab der zusätzliche Dosis nur wenig Nutzen bringt.

Eine Verdopplung des SNR benötigt im photonendominierten Bereich ungefähr die vierfache Dosis.

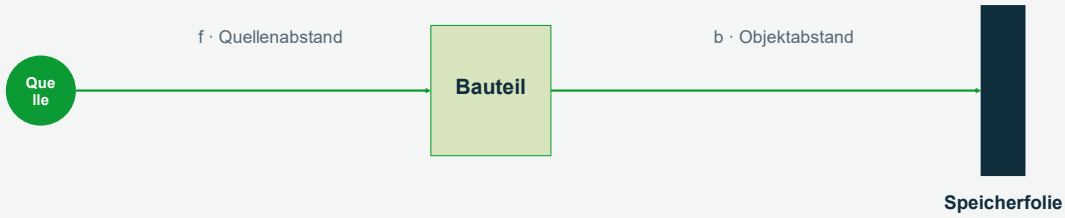
Quelle: ISO 17636-2:2022 · ISO 16371-2:2017

RT-CR / AUFNAHME

25 / 51

Geometrie, Energie und Streustrahlung

Die digitale Auswertung kann Aufnahmefehler nicht nachträglich beseitigen



UNSCHÄRFE

Kleiner Fokus, ausreichender Abstand und geringer Objekt-Folien-Abstand.

ENERGIE

Röhrenspannung oder Isotop passend zu Werkstoff, Dicke und Prüfklasse.

STREUSTRAHLUNG

Kollimation, Abschirmung, Metallfolien und Rückstrahlkontrolle.

Fokus, Abstand und Strahlrichtung bleiben die Grundlage jeder belastbaren Radiographie.

Quelle: ISO 17636-2:2022

RT-CR / NORMEN

26 / 51

Kompensationsprinzipien der ISO 17636-2

Für CR sind Prinzip I und II relevant. Prinzip III betrifft DDA-Systeme

KOMPENSATIONSPRINZIP I

Ein geringerer spezifischer Kontrast, etwa durch höhere Röhrenspannung, wird durch ein **höheres SNR** kompensiert.

Separat erlaubt die Ausgabe 2022 unter festgelegten Bedingungen ein Mindest-SNR_n von 80 %, wenn die Röhrenspannung unter 80 % des Grenzwerts liegt oder ein energieauflösender Detektor eingesetzt wird.

Die übrigen Anforderungen bleiben bestehen.

KOMPENSATIONSPRINZIP II

Ein zu großes SRb wird durch eine **bessere Sichtbarkeit des Einzeldraht**- oder Stufenloch-IQI kompensiert.

Pro fehlendem Duplexdrahtpaar ist ein zusätzlicher IQI-Wert erforderlich. Bis zu drei Paare sind ohne gesonderte Vereinbarung möglich.

Prinzip III betrifft lokale Unschärfe durch Bad-Pixel-Interpolation bei DDA.

Die geforderte IQI-Bildgüte bleibt auch bei einer Kompensation nachzuweisen.

Quelle: ISO 17636-2:2022; BAM, Revision of ISO 17636 radiographic weld inspection, 2023

RT-CR / QUALITÄTSSICHERUNG

27 / 51

Qualitätssicherung im Arbeitsablauf

Die Aufnahme wird vor, während und nach der Belichtung abgesichert

VOR DER AUFNAHME

Arbeitsanweisung und Prüfklasse
Systemkonfiguration freigegeben
Folie sauber und unbeschädigt
Scannerprüfung gültig
Prüfmittel und Personal geeignet

BEI DER AUFNAHME

Quelle, Energie und Geometrie
IQI und Kennzeichnung
Rückstrahlkontrolle
Belichtungsdaten
Schutzbereich und Dosimetrie

NACH DER AUFNAHME

Festgelegter Scanmodus
IQI, SNR_n und SRb prüfen
Artefakte beurteilen
Originaldaten erhalten
Bewertung und Freigabe dokumentieren

Konstante Parameter und dokumentierte Prüfungen verhindern schleichende Qualitätsverluste.

Quelle: ISO 17636-2; ISO 16371-1 und -2

RT-CR / HANDHABUNG

28 / 51

Folienhandling und Fading

Speicherfolien sind wiederverwendbar, aber empfindlich und zeitabhängig

SAUBERKEIT

Staub, Fingerabdrücke und Kratzer erzeugen Artefakte. Kassetten und Arbeitsflächen müssen sauber bleiben.

ZEIT

Das latente Bild nimmt mit der Zeit ab. Belichtung, Scan und zulässige Wartezeit gehören in die Prüfanweisung.

LÖSCHUNG

Unvollständiges Löschen kann Restbilder hinterlassen. Folien mit bleibenden Schäden werden ausgesondert.

Wiederverwendbar bedeutet nicht verschleißfrei.

Quelle: ISO 17636-2:2022 · Herstellerhinweise zu Speicherfolien

RT-CR / ARTEFAKTE

29 / 51

Typische Artefakte bei CR

Fehlerbilder entstehen an der Folie, im Scanner oder im Ablauf

FOLIENBEDINGT

Kratzer und Abrieb
Knicke, Risse und beschädigte Kanten
Staub, Schmutz und Bleipartikel
Feuchtigkeit oder ungeeignete Reinigung
Vorbelichtung und Restbilder
Strukturrauschen der Phosphorschicht

SCANNER UND PROZESS

Unvollständiges Löschen und Ghosting
Fading zwischen Belichtung und Scan
Lichteinfall bei der Handhabung
Transport-Schlupf und horizontale Bänder
Laserjitter oder verschmutzter Laserschlitz
Falscher Scanmodus, Gain oder Randmaskierung

Ein Artefakt ist spätestens dann kritisch, wenn es eine relevante Anzeige verdecken kann.

Quelle: ISO/DIS 16371-1; Carestream und DÜRR NDT, Handhabungs- und Fehlerhinweise

RT-CR / AUSWERTUNG

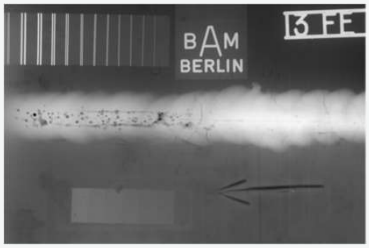
30 / 51

Fensterung ohne Veränderung der Originaldaten

Drei Darstellungen zeigen verschiedene Aspekte desselben Datensatzes



Fenster 1



Fenster 2



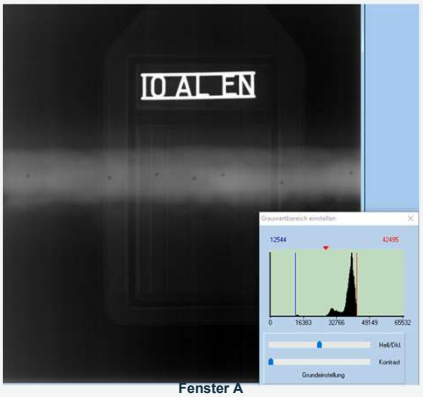
Profil

Windowing macht vorhandene Information sichtbar. Es ersetzt keine ausreichende Aufnahmequalität.

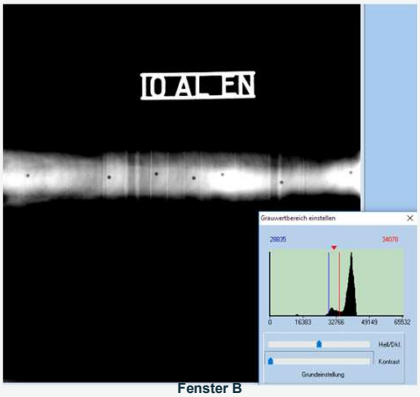
Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

Histogramm und Graustufenbereich

Das Histogramm unterstützt die Wahl des für die Bewertung relevanten Fensters



Fenster A



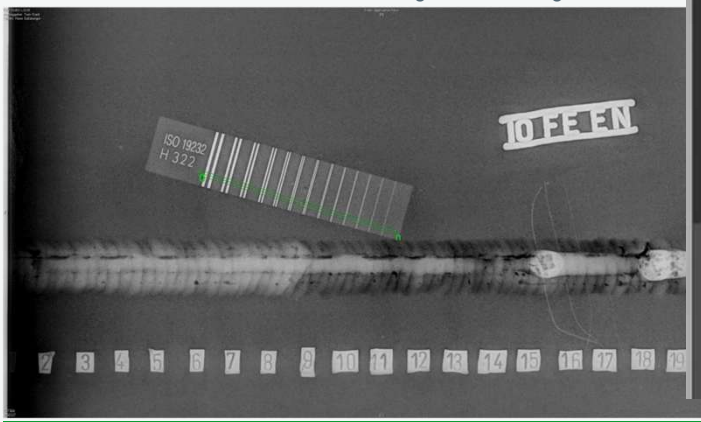
Fenster B

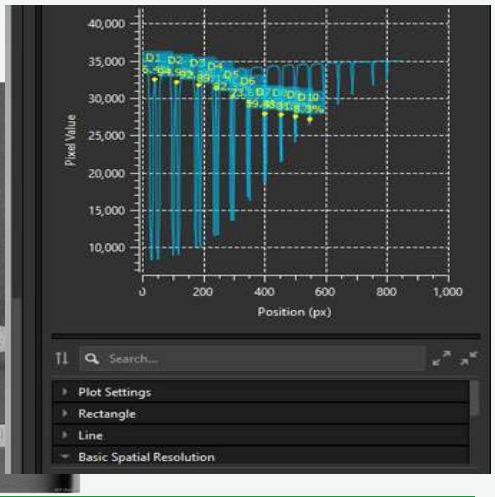
Eine hellere Darstellung verändert weder die gespeicherten Werte noch die Aufnahmequalität.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

Schweißnahtbild mit Duplexdraht

Das reale Bild verbindet Naht, Kennzeichnung und Auflösungsnachweis





Die Messlinie zeigt den Nachweis der trennbaren Drahtpaare im konkreten Bild.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

Film und CR: Nachweise je Aufnahme

Die Bildgüte wird mit mehreren unabhängigen Prüfgrößen abgesichert

Nachweis	Film	CR-Speicherfolie
Belichtung	Filmschwärzung	SNR und normiertes SNR
Kontrastempfindlichkeit	Einzeldraht-IQI	Einzeldraht-IQI
Basisortsauflösung	bei Film nicht generell gefordert	Duplexdraht, SRb detector oder SRb image
Systemleistung	Filmklasse und Verarbeitung	qualifizierte Folie-Scanner-Konfiguration
Rückstrahlung	Rückstrahlzeichen B	Rückstrahlzeichen B

Kontrastempfindlichkeit, Auflösung und Rückstrahlung beantworten unterschiedliche Qualitätsfragen.

Modernisiert nach Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2 · Quelle: ISO 17636-1/-2 und ISO 19232

Kompensationsmöglichkeiten

Die Norm erlaubt definierte Ausgleichswege, die geforderte Bildgüte bleibt nachzuweisen

Tabelle B.13 — Maximale Bildunschärfe für alle Techniken der Klasse B

Bildgüteklasse B, Doppel-Draht-BPK nach ISO 19232-5		
Durchstrahlte Dicke w[a] mm	**Mindest-BPK-Wert und maximale Unschärfe** (ISO 19232-5)[b,c] mm	**Maximale Basis-Ortsauflösung (äquivalent zur Drahtstärke und zum Drahtabstand)**[b,c] SR_b^{image} mm
$w \leq 1{,}5$	D 13+ 0,08	0,04
$1{,}5 < w \leq 4$	D 13 0,10	0,05
$4 < w \leq 8$	D 12 0,125	0,063
$8 < w \leq 12$	D 11 0,16	0,08
$12 < w \leq 40$	D 10 0,20	0,10
$40 < w \leq 120$	D 9 0,26	0,13
$120 < w \leq 200$	D 8 0,32	0,16
$w > 200$	D 7 0,40	0,20

[a] Für die Doppelwandtechnik, Einbild, ist anstelle der durchstrahlten Dicke w die Nenndicke t anzusetzen.

[b] Die BPK-Auswertung für die Systemauswahl (siehe Anhang C) gilt für die Kontrastradiographie. Wird die geometrische Vergrößerungstechnik (siehe 7.7) angewendet, muss die BPK-Auswertung in den entsprechenden Referenz-Durchstrahlungsaufnahmen erfolgen.

[c] Wenn die Vergrößerung $v \geq 1{,}2$ ist, kann $SR_b^{detector}$ anstelle von SR_b^{image} verwendet werden.

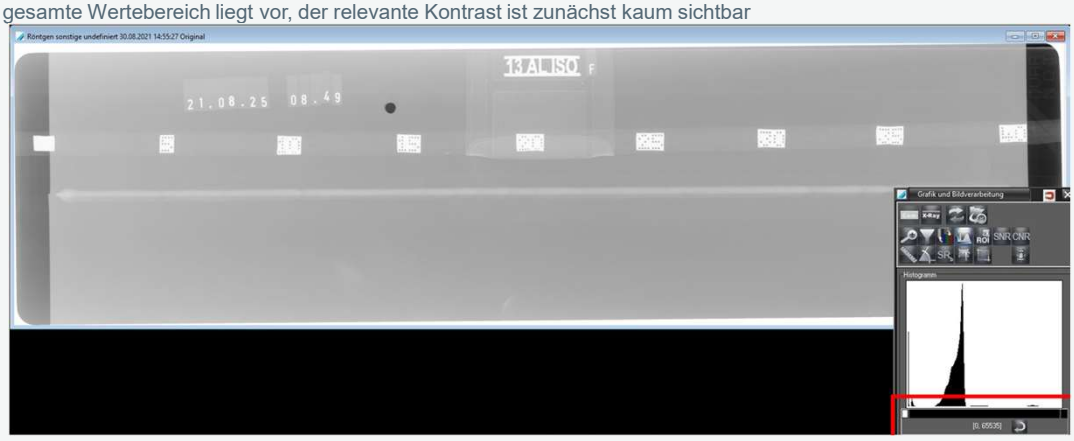
Prinzip	Ausgleich	Nachweis
I	höheres SNR bei begrenzter Unschärfe	IQI und geforderte Bildgüte
II	geringere Unschärfe bei begrenztem SNR	IQI und geforderte Bildgüte
Projekt	nur vertraglich und normativ zulässig	dokumentierte Prüfanweisung

Kompensation ersetzt keine beliebige Parameterabweichung. Voraussetzungen und Nachweise gehören in die Prüfanweisung.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2 · Quelle: ISO 17636-2:2022

Originaldarstellung eines unoptimierten Datensatzes

Der gesamte Wertebereich liegt vor, der relevante Kontrast ist zunächst kaum sichtbar

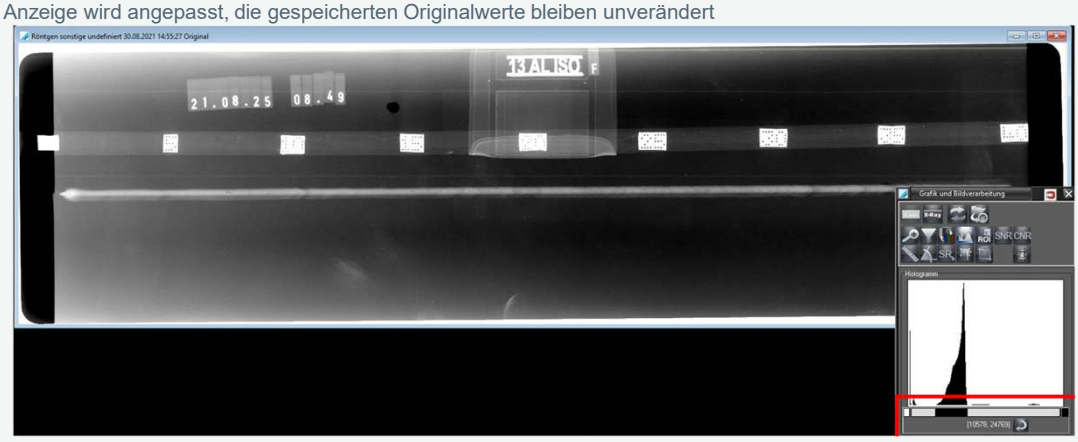


Eine ungünstige Erstansicht sagt wenig über den Informationsgehalt des gespeicherten Datensatzes aus.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

Fensterung des relevanten Graustufenbereichs

Die Anzeige wird angepasst, die gespeicherten Originalwerte bleiben unverändert



Fensterung nutzt vorhandene Information. Sie erzeugt weder zusätzliche Dosis noch ein höheres SNR.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

Filter bei Suche und Bewertung

Bildverarbeitung darf unterstützen, wenn Verfahren und Parameter festgelegt sind

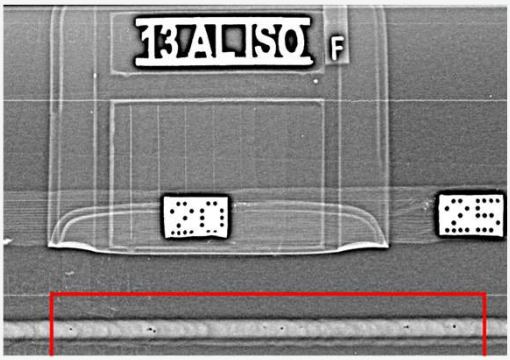


Ein Filter darf Anzeigen nicht erzeugen, verdecken oder uneinheitlich bewerten lassen.

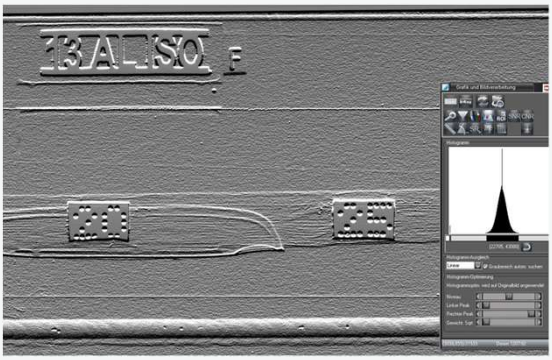
Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2 · Quelle: ISO 17636-2:2022

Zoom und Messwerkzeuge

Vergrößerung erleichtert die Orientierung, erhöht aber nicht die physikalische Auflösung



Übersicht



Vergrößerter Ausschnitt

Zoom und Messung unterstützen die Befundbeschreibung. Der Auflösungsnachweis bleibt unverändert erforderlich.

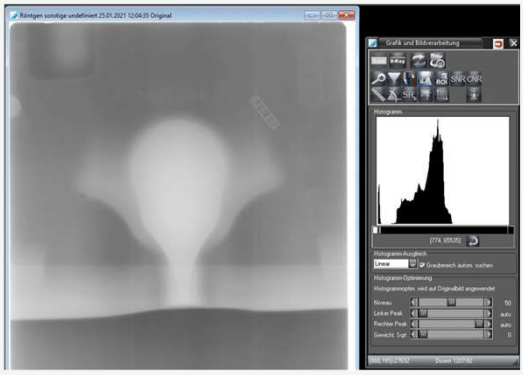
Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

RT-CR / DYNAMIK

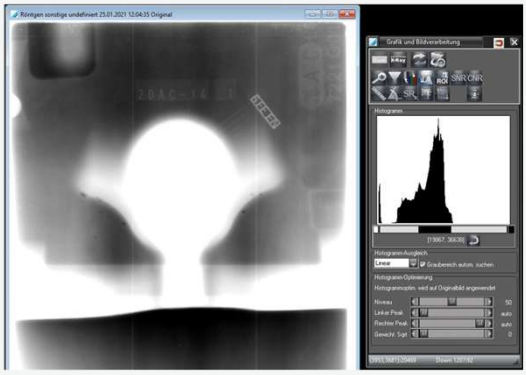
39 / 51

Dynamikbereich bei wechselnden Wandstärken

Ein Datensatz kann mehrere sinnvolle Darstellungsfenster enthalten



Gesamter Dickenbereich



Fenster auf die dünnere Wandung

Der große Dynamikbereich hilft bei Dickenübergängen, ersetzt aber keine passende Belichtung.

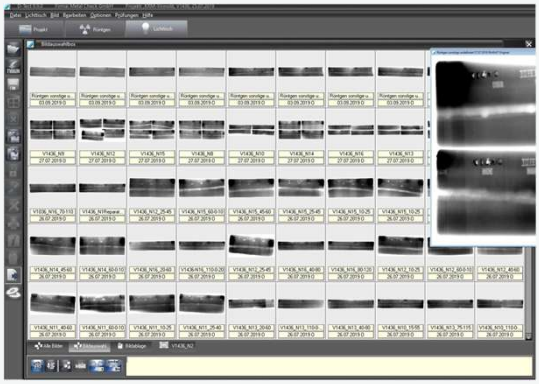
Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

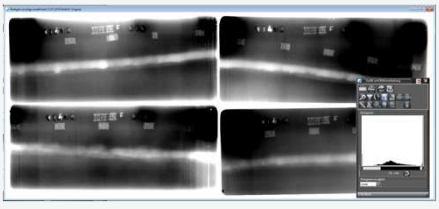
RT-CR / PRAXISFALL

40 / 51

Vier Teilaufnahmen je Rohrschweißnaht

Digitale Ablage erleichtert Vollständigkeitskontrolle und Wiederauffinden





ZUORDNUNG

Projekt, Naht, Position, Datum, Prüfer und Bericht bleiben gemeinsam auffindbar.

Der Nutzen entsteht durch vollständige Bilddaten und eindeutige Zuordnung zur Schweißnaht.

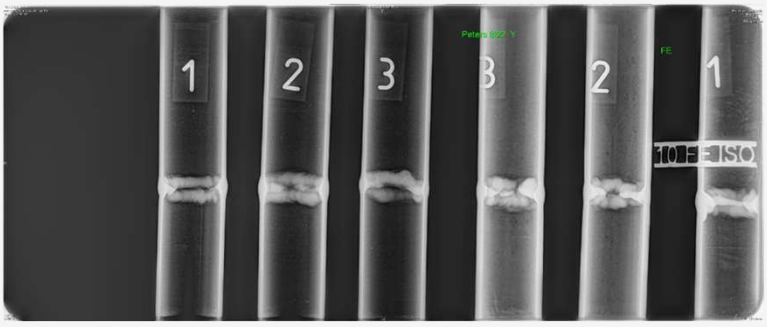
Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

RT-CR / PRAXISFALL

41 / 51

Messen, dokumentieren und wiederfinden

Messwerkzeuge ergänzen die fachliche Bewertung und erleichtern die Kommunikation



Positionszuordnung



Histogramm und ROI

SNR, Maße und Annotationen sind Befundhilfen und kein Ersatz für die normgerechte Aufnahme.

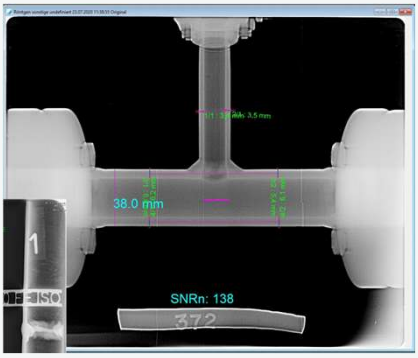
Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

RT-CR / PRAXISFALL

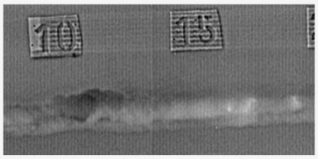
42 / 51

Messen, dokumentieren und wiederfinden

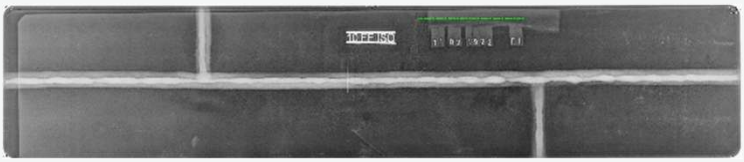
Messwerkzeuge ergänzen die fachliche Bewertung und erleichtern die Kommunikation



Längenmessung



Nahtdetail



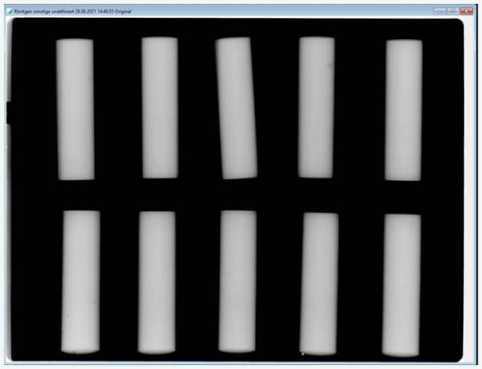
Profil

SNR, Maße und Annotationen sind Befundhilfen und kein Ersatz für die normgerechte Aufnahme.

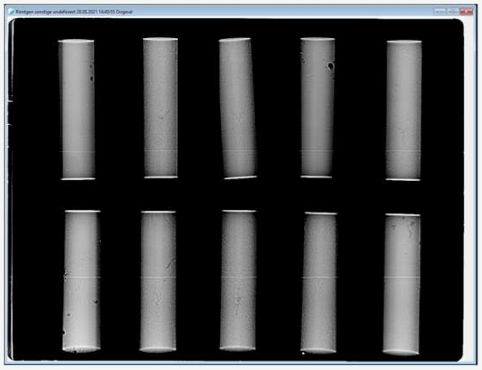
Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

Optimierungsbeispiel Bolzen

Unterschiedliche Fenster zeigen verschiedene Dickenbereiche desselben Datensatzes



Fenster 1



Fenster 2

Fensterung nutzt vorhandene Information. Sie erzeugt keine zusätzliche Auflösung und kein höheres SNR.

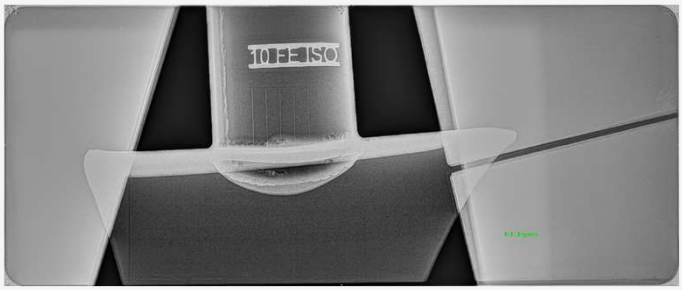
Bildquelle: DVS 2021, Folie 28

Weitere Anwendungsbeispiele

CR verbindet flexible Geometrie mit digitaler Auswertung und Dokumentation



Rohr und Kennzeichnung



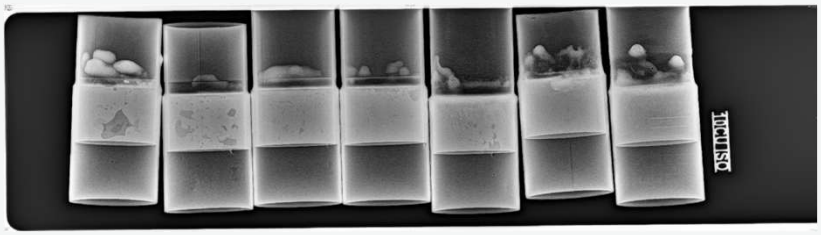
Geometrie und Messung

Der Nutzen hängt von der Prüfaufgabe, der Geometrie und dem beherrschten Prozess ab.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

Weitere Anwendungsbeispiele

CR verbindet flexible Geometrie mit digitaler Auswertung und Dokumentation



Serienübersicht



Digitale Anzeige

Der Nutzen hängt von der Prüfaufgabe, der Geometrie und dem beherrschten Prozess ab.

Bildquelle: Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

DICONDE, Archivierung und KI als Zweitblick

Nachvollziehbare Originaldaten schaffen die Grundlage für Austausch und unterstützende Auswertung

ORIGINAL UND METADATEN

Bilddaten in voller Auflösung erhalten. Bauteil, Naht, Technik, Belichtung, Prüfer, Gerät und Normstand mit dem Bild verknüpfen.

DICONDE UND INTEGRITÄT

Standardisierte Strukturen erleichtern Austausch und spätere Lesbarkeit. Freigabestatus, Zugriffsrechte und Backups sichern die Daten.

KI ALS ZWEITBLICK

Modelle können Auffälligkeiten markieren. Übertragbarkeit auf andere Bauteile, Detektoren und Fehlerklassen bleibt die zentrale Grenze.

KI kann Hinweise liefern. Die qualifizierte Prüfperson verantwortet die Bewertung.

Quelle: ASTM E2738-23 · Heliyon 2024, DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e30590

RT-CR / VERGLEICH

47 / 51

Film, CR und DDA im Praxisvergleich

Die passende Detektorart hängt von Geometrie, Takt und geforderter Bildgüte ab

Aspekt	Film	CR-Speicherfolie	DDA
Rohrgeometrie	sehr flexibel	sehr flexibel	bei starren Panels begrenzt
Bildverfügbarkeit	nach Entwicklung	nach Scan	unmittelbar
Wiederverwendung	nein	ja, verschleißabhängig	ja
Typische Artefakte	Entwicklung	Folie, Löschen, Scanner	Pixel und Kalibrierung
Digitaler Workflow	nach Digitalisierung	nativ digital	nativ digital
Durchsatz	prozessabhängig	Scanner kann Engpass sein	bei Serie meist hoch
Investitionsprofil	geringe Geräte-, hohe laufende Kosten	mittlere Investition	meist höchste Investition

CR schließt die Lücke zwischen flexibler Filmgeometrie und digitalem Workflow.

Zusammenfassung aus ISO 17636-2, ISO 16371 und praktischer Anwendung

RT-CR / EINSATZGRENZEN

48 / 51

Einsatzfelder und Grenzen

CR ist stark, wenn Flexibilität wichtiger ist als unmittelbare Bildverfügbarkeit

CR PASST GUT

Mobile Einzelprüfungen
Rohrleitungen und gekrümmte Bauteile
Große oder ungewöhnliche Formate
Schrittweise Ablösung von Film
Digitale Archivierung und Fernbewertung

IM EINZELFALL PRÜFEN

Rauer, feuchter oder staubiger Einsatz
Häufig wechselnde Geometrien
Sehr kurze Taktzeiten
Scannerkapazität und Datenvolumen
Kunden- und Produktvorgaben

HEUTIGE HEMMNISSE

Qualifikation und Erfahrung
Freigabe der Systemkonfiguration
Empfindliches Folienhandling
Archivierungsanforderungen
Vertrauen in neue Arbeitsabläufe

Die beste Detektorart ergibt sich aus Prüfaufgabe, Geometrie und Prozessziel.

Aktualisiert nach Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

OPTION FILM+DIGITAL

Vorteile von Filmen nutzen und anschließend digitalisieren (und Vorteile von digitalen Aufnahmen nutzen)?

- ✓ NORMGERECHTE ARCHIVIERUNG
- ✓ PRÄZISIONS-SCANS
- ✓ REVISIONSSICHER (DICONDE)
- ✓ DATENBEREITSTELLUNG ÜBER EIGENE CLOUD
- ✓ ALLE ÜBLICHEN FILMGRÖSSEN



Für die Digitalisierung Ihrer Röntgenfilme setzen wir auf den High-End-Scanner KOWOSCAN X50, entwickelt
für die höchsten Anforderungen der industriellen ZfP.

- Zertifizierte Präzision nach DIN EN ISO 14096, Teil 1 und 2 & ASME
- Maximale Detailgenauigkeit
- Großer Dichteumfang
- Multi-Film-Scan
- Filmgrößen - alle üblichen Filmgrößen und -formate möglich

+ **ARCHIVIERUNG**
ohne Lager, ohne Brandgefahr und leichte Wiederauffindbarkeit

Für überschaubare Kosten Filme digitalisieren und somit digital verfügbar machen. Ohne Digitalisierung keine Nutzung von KI möglich.

Aktualisiert nach Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

49

Qualifikation, Organisation und Kosten

Wirtschaftlichkeit entsteht im Gesamtprozess und nicht durch eine pauschale Preisformel

QUALIFIKATION	System, Regelwerk und Aufgabenbereich bestimmen den Schulungs- und Erfahrungsbedarf.
ZYKLUSZEIT	Belichtung, Handling, Scan, Bewertung, Dokumentation und Wiederholungen gehören zur Rechnung.
ORGANISATION	Klare Rollen zwischen Aufnahme, Scan und Bewertung erhöhen den Durchsatz.
KOSTEN	Auslastung, Folienverschleiß, Scannerkapazität, Archivierung und Kundenvorgaben wirken zusammen.

Die Detektorwahl folgt der Prüfaufgabe. Durchsatz, Kompetenz und Datenprozess bestimmen die Gesamtkosten.

Aktualisiert nach Metal Check ISO 9712 Skripte RT Kurs Stufe 1/2

50

Fünf Erfahrungen aus der Praxis

Die häufigsten Fehlannahmen lassen sich klar trennen

01	**Digital**	Digitale Radiographie bedeutet nicht automatisch bessere Bildqualität.
02	**Scanpixel**	Der nominelle Pixelabstand ist nicht gleich der erreichbaren Bildauflösung.
03	**Helligkeit (Graustufen)**	Eine helle (oder dunkle) Darstellung ersetzt keine ausreichende Dosis und kein ausreichendes SNR.
04	**Wiederverwendung**	Speicherfolien sind wiederverwendbar, aber nicht verschleißfrei.
05	**Geschwindigkeit**	Ein schneller Scan macht den gesamten Prüfprozess nicht automatisch schneller.

Die Prozessbeherrschung entscheidet über die Qualität und nicht das Dateiformat.

Zusammenfassung des Vortrags

METAL CHECK GROUP

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen und Erfahrungsaustausch

Keine Sorge: Die Fragerunde bleibt zerstörungsfrei.

LinkedIn Alexander

Website METAL CHECK

Downloads - Vorträge

Google Maps & Bewertung

Ing. Alexander Wienerroither · Metal Check GmbH · Burgkirchen an der Alz · metal-check.group