

Aktuelle Entwicklungen in der Normung

Uwe EWERT¹, Uwe ZSCHERPEL²

¹ X-Ray-Net, Teltow

² Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Kontakt E-Mail: uwe@ewert-net.de

Kurzfassung

Es wird über die neuen Anforderungen ausgewählter Normen bzw. Normrevisionen informiert und insbesondere auch über die veränderten Parameter, die bei der Prüfpraxis, der Qualitätssicherung in der digitalen Radiographie und bei der Klassifizierung zu berücksichtigen sind. Das wichtigste Projekt ist die Revision der DIN EN ISO 17636-1, -2, RT von Schweißverbindungen, in ISO TC 44 SC 5 WG 1. Hauptaktivität bei ASTM ist gegenwärtig die Überarbeitung der CT-Standards und die Berücksichtigung der Anforderungen an das dimensionelle Messen. Der „Standard Guide for Computed Tomography“, ASTM E 1441, zur Bestimmung von MTF, Kontrast-Detail-Funktion (CDF) und Kontrast-Diskrimination-Diagramm (CDD) wurde revidiert und veröffentlicht. Die Mehrzahl der Hersteller von CT-Anlagen bietet entsprechende Software-Tools an. Weiterhin werden neue Testkörperentwürfe zur Charakterisierung von CT-Anlagen vorgestellt. Die folgenden Revisionen sind bei ASTM derzeit in Bearbeitung: ASTM E 2445, „CR Long Term Stability“ nach einem Round Robin-Test und für DDAs der Standard zur System-Charakterisierung, ASTM E2597/E2597M-14, und zur „DDA Long Term Stability“. Das Spider-Net-Diagramm zur Klassifizierung von DDAs wird um die Position „ISO Material Thickness limit“ erweitert. Der Standard EN 12679 zur Messung der Größe von Gammastrahlern wurde nach Revision unter Berücksichtigung von digitalen Messverfahren veröffentlicht. Die Revision der Standardserie EN 12543 zur Messung der Brennfleckgröße ist mit Verzögerung in Überarbeitung, um die digitalen Detektoren und Messmöglichkeiten mit Bildverarbeitungsprogrammen zu berücksichtigen. Die Messprozedur für Lochkamas wurde grundlegend revidiert und ist harmonisiert mit ASTM E 1165-12(2017). Die gemessenen Brennflecke unterscheiden sich und passen besser zu den Unschärfe-Messungen mit Doppeldraht BPKs (ISO 19232-5:2018) bei Vergrößerung. Ein Entwurf zur Messung der Brennfleckgröße von nano-Fokusröhren und Mikro-Fokusröhren (< 5 µm) wird derzeit vom Europäischen Metrologie-Programm EMPIR gefördert. Es wird über erste Ergebnisse informiert.

23.03.2021

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN IN DER RT-NORMUNG

Uwe Ewert¹, Uwe Zscherpel²

¹X-Ray-Net, Fachausschuss Durchstrahlungsverfahren, DGZfP, DIN, Berlin, Germany

²Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Germany

Aktuelle Entwicklungen zu RT Normen

RT-Standards werden vorrangig in den folgenden Komitees entwickelt:

➤ **ISO**

- **TC 135 SC 5** (RT), *Zscherpel*
- **TC 44** (Welding), **SC 5** (Testing and inspection), **WG 1** (RT), *Ewert*
- ~~**TC 85** (Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection)~~
- **TC 213** (dimensional and geometrical product specification), *Kasperl*

➤ **VDI/VDE** for dimensional measurement, *Kasperl, Herold*

➤ **ASTM E 07.01** (NDT, radiographic methods), *Zscherpel, Ewert, Herold, Roth and others*

➤ **CEN TC 138** (NDT), **WG 1** (RT), *Ewert*

➤ **CEN TC 190** (castings) **WG 10** (Innere Ungängen) *Zscherpel, Ewert*

➤ **DIN**

- NA 062-07-47 AA (Zerstörungsfreie Prüfung in der Kerntechnik, Strahlenschutz), *Ahlers, Kaps*
- NA 062-08-22 AA (Industrielle Durchstrahlungsprüfung), *Ewert*

➤ **IEC TC 45**, DKE/K 967 (Mess-, Steuer- und Regelungstechnik im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung), *Zscherpel*

➤ **IIW** (International Institute of Welding) **C-V A** (RT based weld inspection), *Zscherpel*

Norm-Titel-Sammlung der DGZfP unter DGZfP > Normung > Titelsammlung

23.03.2021 Ewert et al. Aktuelle Normung in der Radiographie X-Ray-Net 3

Revision der ISO 17636 – ISO DIS 17636:2021 NDT of Welds – Radiographic Testing

RT-Prüfpraxis für Schweißnähte

- **Film: Teil 1**
- **CR (Speicherfolien) und DDAs (Matrixdetektoren): Teil 2**

Viele Kommentare und Bemerkungen wurden seit 2013 gesammelt

Die Revisionsitzungen fanden Anfang 2019 und 2020 statt und DIS-Versionen für Teil 1 und 2 werden in den nächsten Tagen zur Abstimmung veröffentlicht durch ISO TC 44 SC 5 (WG 1)

- Ca. 150 Einsprüche wurden verhandelt.
- **Achtung: Letzte Chance für Änderungen!**

Teil I

- Überarbeitung der Referenzen zu den Strahl-Geometrien (Fig. 1-18)
- Update zu Fig. 1, 2, 13, 14 ($f \rightarrow f'$ in 13, 14)
- Verbesserte Erklärungen zu BPKs und ihrer Positionierung
- Neue Ausnahmeregeln für Gammastrahler (Frankreich)
- Referenz zu ASTM-Drähten wegen der feineren Unterteilung in Materialgruppen
- Reduzierung auf < 10 mm Drahterkennbarkeit für Rohre < 50 mm Durchmesser
- Referenzaufnahme für Zentralaufnahme
- Kein Durchmesserlimit für Zentralaufnahme

Teil I + Teil 2

Französischer Vorschlag für Se-75-Anwendungen

- Keine **untere Wanddicken-Grenze für Se-75** Anwendungen **o.k.**
- **Ausnahmeregeln** für Se-75 erweitert **o.k.**
- **Klasse A kann als Klasse B** für Se-75-Anwendungen < 10 mm durchstrahlte Dicke anerkannt werden. **Nicht zu empfehlen!**

Class A

$w \leq 24$ mm: 1 wire value less for Se 75, 1 step hole more **o.k.**

Class B

$w \leq 10$ mm: **2 wire values** less for Se 75, 2 step holes more. **Das ist Klasse A!**

Kritischer Text:

... dann dürfen die... Mindestbildgütezahlen der Klasse A (siehe Anhang B) als Prüfqualität der Klasse B für Se 75 und $w < 10$ mm angesehen werden.

ISO 17636-2 Schweißnahtprüfung

- **Gamma-Radiographie**
 - Änderungen bei den Tabellen der **Ausnahmeregeln für Ir-192, Se-75** (Teil-1, -2)
- Fehlende Info zu Zentralaufnahme mit BPK außen. → **Referenzaufnahme**
- **Berechnung des SOD (FOA) zu kompliziert**
 - **Grafik** eingefügt für $b > t$ bei flachen Detektoren
 - Diskussion zu „ $U_{inherent}$ vs. $U_{geometric}$ “ → **verschoben nach ANNEX F**
 - Aktuelle Formeln werden nicht von Praktikern verwendet → **Grafiken oder Tabellen eingefügt**
- **Änderung für SNR_N -Anforderungen** bei Berücksichtigung des Kompensationsprinzips I
 - 80% SNR_N , wenn $U_{max} < 80\%$ der Werte von Fig. 20 (Grenzenergiediagramm)
- Nutzung von **ASTM-Draht BPKs**
- **Anhang C gekürzt** nach Revision von **ISO 19232-5**
 - Konsequente Nutzung von SR_b^{image} , $SR_b^{detector}$, U_{total} , U_{image} im Text
- Annex D: GV vs. SNR_N ; **Note zu Fading** hinzugefügt

Berechnung of f_{min} wenn $b > t$ ($b > 1,2 t$)

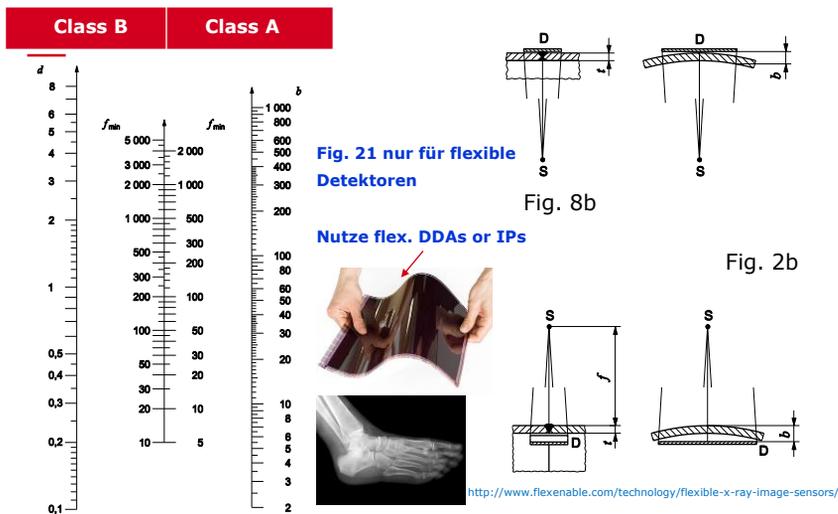
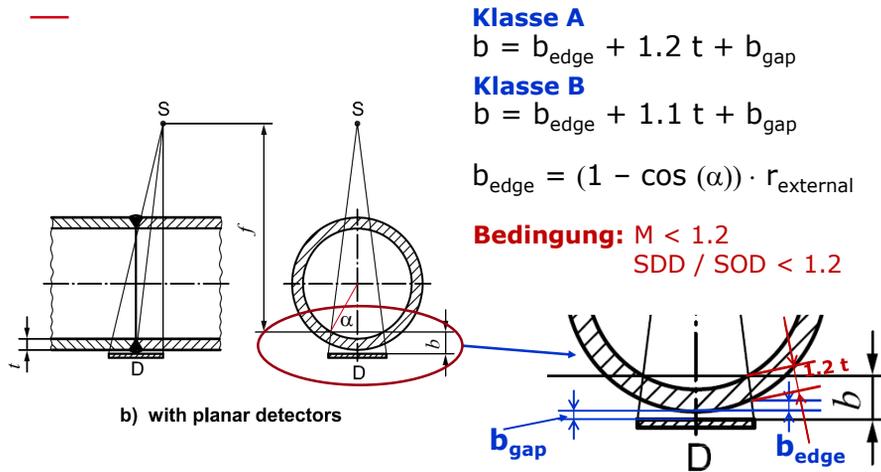


Figure 21 — Nomogram for the determination of minimum source-to-object distance f_{min} in relation to object-to-detector distance b and the source size d for planar objects and curved objects using flexible IPs as shown in **Figure 2a, 8a, 13a, 14a.**

Berechnung von b für Fig. 13b bei ISO 17636-2



Berechnung von f_{min} if $b > t$ ($b > 1,2 t$)

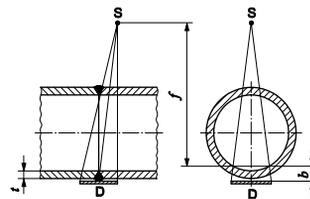
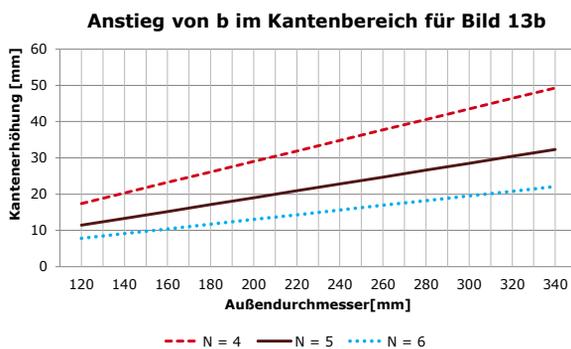
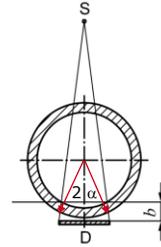
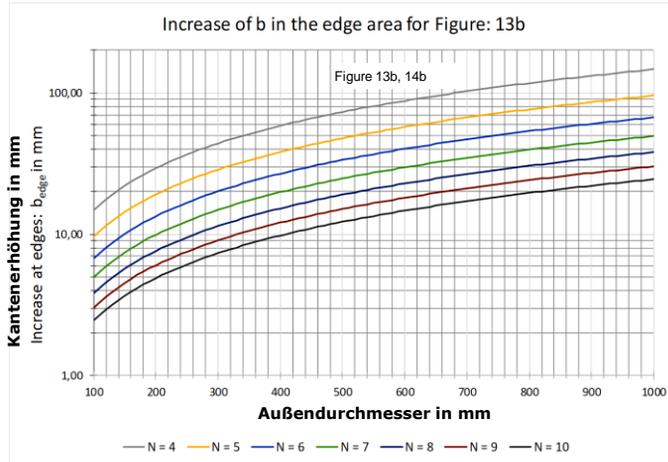


Fig. 13b

Vorschlag von Herrn Pittlik, DGZfP

Berechnung von f_{\min} if $b > t$ ($b > 1,2 t$)

Neue Graphik für die nächste Revision der ISO 17636-2



Class A

$$b = b_{\text{edge}} + 1.2 t + b_{\text{gap}}$$

Class B

$$b = b_{\text{edge}} + 1.1 t + b_{\text{gap}}$$

$$b_{\text{edge}} = (1 - \cos(\alpha)) \cdot r_{\text{external}}$$

Berechnung von f_{\min} if $b > t$ ($b > 1,2 t$)

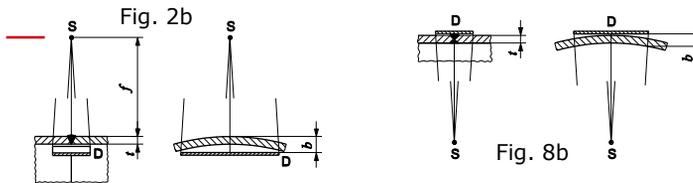
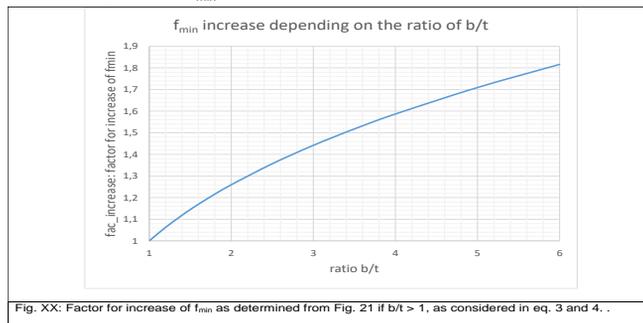
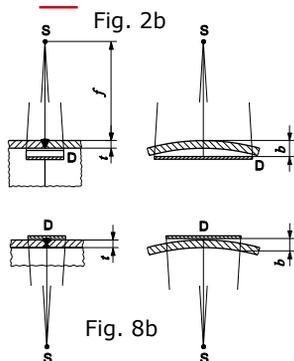


Fig. XX: Zuschlagfaktor zu f_{\min} , für b , bestimmt aus Fig. 21, wenn $b/t > 1$, (berechnet aus Gleichung 3 and 4).



$$fac_{\text{increase}} = \left(\frac{b}{t}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Numerische Berechnung von f_{\min} wenn $b > t$ ($b > 1,2 t$)



Moderne Standards für digitale Applikationen sollten von elektronischen Rechenprogrammen begleitet werden.

23.03.2021 Ewert et al.

Excel spreadsheet titled "DWI_focust_1_DG21P_2021_03catx - Excel" showing calculations for DWI exposure. The spreadsheet includes input values, detector parameters, and calculated results for different exposure classes.

Calculation of relevant data for DWI exposure							
Input values	Detector width	Overlap					
	150	50					
7	Alfa detector	23,68	N=	7,60	N rounded =	8,00	alfa rounded =
8	Alfa (approx.)	25,13	N=	7,46	N rounded =	8,00	alfa rounded =
9							
10	Input values	alfa	diameter D ₀	t	b_obj det	d (focus)	
11		22,50	168	5	30	1	
12	Minimum number of exposures N (approx.) of Annex A						
14	Class A (20%)	U/D ₀	D ₀ /SDD	SDD (mm)	alfa _{norm}	alfa _{norm}	N _{min}
15	Class B (10%)	0,030	0,168	1000	32,4	70,8	5,1
16					23,8	52,0	6,9
17	b _{edge}	6,39					
18							
19	*1,1	5,50					
20	*1,2	6,00					
21							
22	b class B	42,39					
23	b class A	41,89					
24							
25	f _{increase B}	2,04					
26	f _{increase A}	2,03					
27							
28	f _{min (b) without increase class B}	182,37			f _{min (b) with increase class B}		371,85
29							
30							
31	f _{min (b) without increase class AB (for China)}	121,58			f _{min (b) with increase class AB}		247,90
32							
33							
34	f _{min (b) without increase class A}	91,19			f _{min (b) with increase class A}		185,93
35							
36							

Revision der DIN EN ISO 10675

DIN EN ISO/DIS 10675-1:2021-03 - Entwurf

Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Zulässigkeitsgrenzen für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 1: Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen

DIN EN ISO/DIS 10675-2:2021-04 - Entwurf

Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Zulässigkeitsgrenzen für die Durchstrahlungsprüfung - Teil 2: Aluminium und seine Legierungen

Die Änderungen waren erforderlich, um die Änderungen der letzten Revisionen der DIN EN ISO 5817 und DIN EN ISO 10042 zu berücksichtigen.

**Letzte Einspruchsmöglichkeiten beim DIN
05.04.2021 für Teil 1 und
26.04.2021 für Teil 2!**

23.03.2021 Ewert et al.

Aktuelle Normung in der Radiographie

X-Ray-Net

14

Neue Standards für die Gussteilprüfung: EN 12681-1&2; veröffentlicht 2018

- Die RT-Technik für den Filmersatz ist in zwei Klassen unterteilt:
 - Klasse A: Grundtechniken;
 - Klasse B: Verbesserte Prüftechniken.

- Bildqualität entsprechend ISO 19232-3, Tabellen 1 – 4
- Reduktion der Anforderungen an Klasse B
- BPK detektornah nur bei Vereinbarung mit Vertragspartner
- Ausnahmen für Serienprüfung

Neue Standards für die Gussteilprüfung: EN 12681-1&2

- Revision der DIN EN 12681, RT von **Gussteilen: Publikation in 2018**
- Part 1: Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Filmtechniken
- Part 2: Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Technik mit digitalen
- Detektoren
 - Neue Prüfklassen für die digitale Radiographie
 - Klasse A_A: automatisierte Grundtechniken.
 - Klasse B_A: verbesserte automatisierte Prüftechniken.

Falls nicht anders im Auftrag festgelegt, wird empfohlen, die Prüfung nach Klasse A oder A_A durchzuführen;

Prüfungen nach Klasse B oder B_A werden angewendet, wenn Klasse A oder A_A zu unempfindlich sein könnte.

ANMERKUNG: In der Industrie werden automatisierte DDA-Techniken für die schnelle Prüfung von Gusstücken hauptsächlich in der Serienproduktion angewendet. Diese automatisierten Techniken gelten nicht als Ersatz für die Filmtechnik.

ASTM E2698 – 18: Standard Practice Radiographic Examination Using DDAs, in Revision

Table 2, Maximum Total Image Unsharpness (U_{IT})

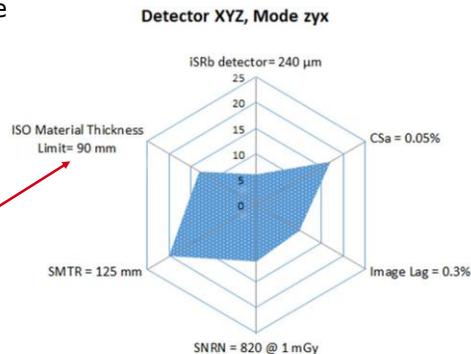
Material Thickness Of Product	Maximum Allowable Total Image Unsharpness (U_{IT}) (a)	Corresponding Basic Spatial Resolution (equal to $\frac{1}{2} U_{IT}$)
≤ 0.5 Inch (≤ 12.7mm)	0.010 inch (0.254 mm)	0.005 Inch (0.127 mm)
> 0.5 through 1.0 Inch (>12.7 through 25.4 mm)	0.015 inch (0.381 mm)	0.0075 Inch (0.190 mm)
> 1.0 Inch through 2 Inches (> 25.4 through 50.8 mm)	0.020 inch (0.508 mm)	0.010 Inch (0.254 mm)
>2.0 Inches through 4.0 Inches (>50.8 through 101.6 mm)	0.030 inch (0.762 mm)	0.015 Inch (0.381 mm)
> 4.0 Inches (> 101.6 mm)	0.040 inch (1.016 mm)	0.020 Inch (0.508 mm)

(a): If the required total image unsharpness value cannot be achieved with adjustment of the exposure geometry or the focal spot, the compensation principle may be applied if approved by the CEO. (see 10.15.2.5).
Note: Use of the compensation principle may impact the ability to accurately size small indications.

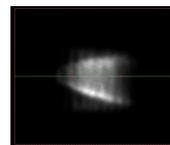
ASTM E2597 – 14: Hersteller-Charakterisierung von DDAs, in Revision, Ballot läuft

Neues Spidernet-Diagramm Beispiel:

- Reduktion auf 2 Stufenkeile für die DDA-Charakterisierung (Al 7022 und Stahl 316L): kein Ti, kein Inconel (Mottling, Preis)
- „Detektor-Korrektur“ anstatt „Detektor-Kalibrierung“,
- Effektive Belichtungszeit eingeführt
- Neu: **ISO Material Thickness Limit**



Messung von Brennflecken



EN 12543 – ZfP - **Charakterisierung von Brennflecken** in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung:

EN 12543 - Teil 1: Radiographisches **Scanverfahren** **Wird gelöscht**

EN 12543 - Teil 2: Radiographisches **Lochkamera-Verfahren**
Endabstimmung laufend, harmonisiert mit ASTM E 1165: 2021

EN 12543 - Teil 3: Radiographisches **Schlitzkamera-Verfahren** **Wird gelöscht**

EN 12543 - Teil 4: Radiographisches **Kanten-Verfahren**
Wird voraussichtlich durch Annex A von ASTM E 1165: 2012 ersetzt

EN 12543 - Teil 5: Messung der effektiven Brennfleckgröße von **Mini- und Mikrofokus-Röntgenröhren**
Wird revidiert und harmonisiert mit ASTM E 2903:2013

Neuer Entwurf: EN 12543 - Teil 6:

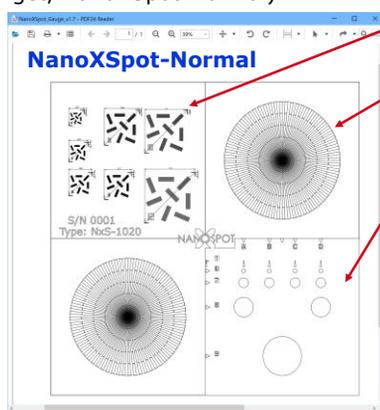
Measurement of the effective focal spot size of **micro focus X-ray tubes below 5 μ m** (nano-focus tubes)

EMPIR Projekt zur Erstellung des Standards in Bearbeitung!

Messung von Brennflecken

Neuer Entwurf: EN 12543 - Teil 6:

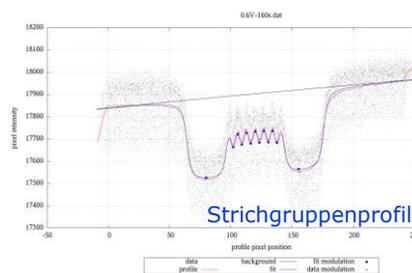
- Messung der effektiven Brennfleckgröße von Mikro- und Nanofokus-Röhren mit Brennflecken < 5 μ m. → **EMPIR-Projekt NanoXSpot**
- Messung der Brennfleckform und -größe mit Hilfe von **Strichgruppen-Normalen** und **Lochnormalen** sowie **Siemenssternen** (YXLON-Hochkontrast-Normal, JIMA-Target, NanoXSpot-Normal)



Strichgruppen-Normale

Siemensstern

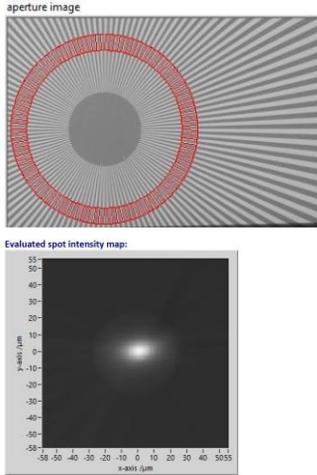
Loch-Normale für Brennfleck-CT



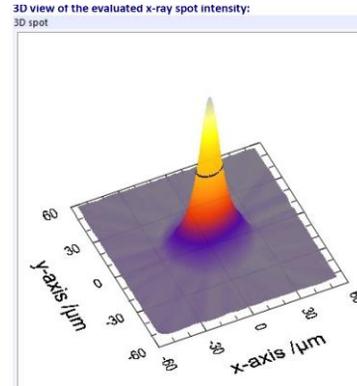
Messung von Brennflecken mit Brennfleck-CT

Neuer Entwurf: EN 12543 - Teil 6:

- Brennfleck CT (METAS: Meli, Bircher et al.)

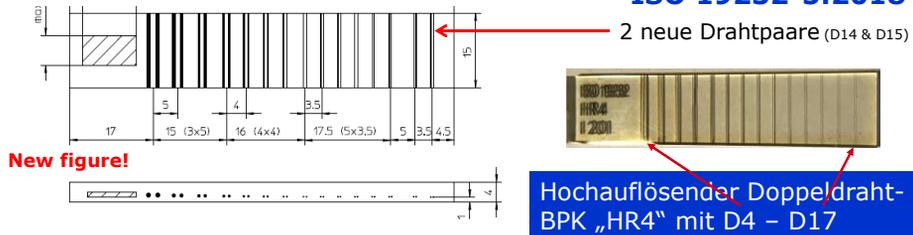


Rekonstruierter Brennfleck von einer Siemenssternaufnahme



Hochauflösender Doppeldraht BPK (Duplex Wire IQI)

ASTM E 2002-15
ISO 19232-5:2018

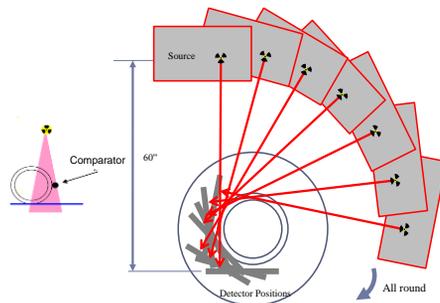


Hochauflösender Doppeldraht-BPK „HR4“ mit D4 – D17

Wire Material	Duplex Wire Number	Corresponding Unsharpness value U_r (mm)	Corresponding Basic Spatial Resolution SR_b value (mm) ^g	Corresponding linepair value (lp/mm)	Wire Diameter and Spacing, d (mm)	Tolerance of Wire Diameter and Wire Spacing (mm)
Pt ^h	D 18	0.032	0.016	31.3	0.016	
Pt	D 17	0.040	0.020	25.0	0.020	
Pt	D 16	0.050	0.025	20.0	0.025	±15%
Pt	D 15	0.063	0.032	15.9	0.032	
Pt	D 14	0.080	0.040	12.5	0.040	

Bestimmung der minimalen Wanddicke von Rohren

DIN EN ISO 20769-1:2018 – ZfP - Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen - Teil 1: Tangentiale Durchstrahlungsprüfung



Scan des kompletten Umfangs,

- Bild: McNab, Oceaneering
- Wording: S. Burch, HOIS

ISO 20769-2:2018 ZfP - Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen - Teil 2: Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung

Computed Tomography

ISO 15708-1-4:2017 ersetzt EN 16016-1 – 4 in 2018/2019

- **EN 16016 Teil 1 – 4 wurde gelöscht!**

Revision des ASTM Guide E 1441 (2019)

- Standard Guide for Computed Tomography (CT) Imaging

Revision der ASTM Practice E 1695 (2020)

- Test Method for Measurement of Computed Tomography (CT) System Performance

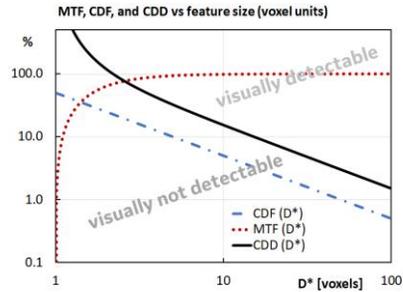
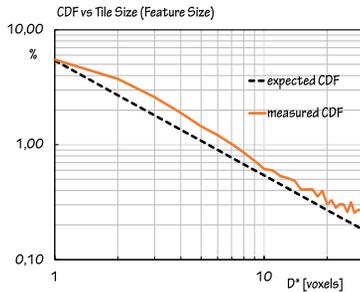
- Messung der „presampled MTF¹“ (Modulation Transfer Function)
- Messung der CDF¹ (Contrast Discrimination Function)
- Bestimmung des CDD¹ (Contrast Detail Diagram)
- Bestimmung des CNR_r¹ (frequency corrected Contrast-to-Noise Ratio function)
- Neue Artefakt-Bilder (siehe auch DGZfP D6: Anforderungen und Rahmenbedingungen für den Einsatz der Röntgencomputertomographie in der Industrie, Revision 2019)

¹Wird in **DGZfP D7-Richtlinie beschrieben werden.**

Computer-Tomographie ASTM E1441-19 und E 1695-20

- Messung der CDF (Contrast Discrimination Function)
- Berechnung des CDD (Contrast Detail Diagram) aus MTF und CDF

$$CDD(D^*) = c \cdot \frac{CDF(D^*)}{MTF\left(\frac{1}{2D^*}\right)}$$

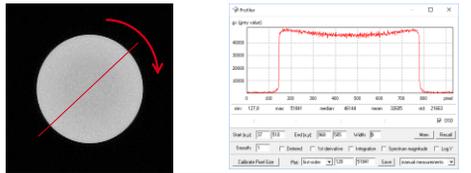


CDD gibt den Kontrast $\Delta\mu_f$ an, oberhalb dessen eine Struktur mit einem Durchmesser von D^* in einem Schichtbild für einen Beobachter sichtbar ist.

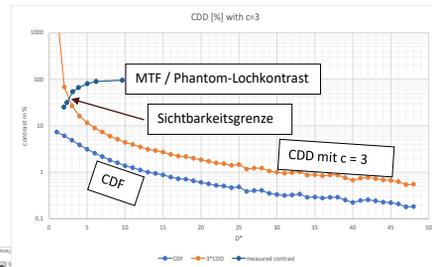
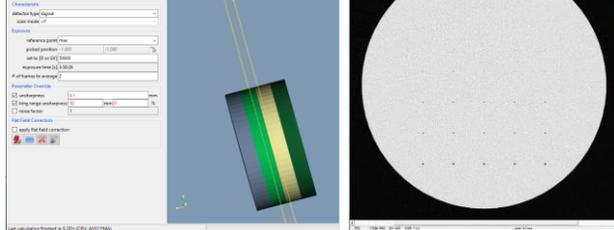
Computer-Tomographie

- Messung der Erkennbarkeit von Löchern in CT-Schnittbildern
- (Round Robin III, Ewert)

Rotierende Profil-Funktion



Modellierung von 4 CT-Testphantomen



Aus dem Schnittpunkt der MTF-Kurve und der CDD kann der Durchmesser der noch sicher erkennbaren Löcher bei gegebenem SNR (CDF) abgelesen werden.

Wird in Richtlinie D7 beschrieben.

Zusammenfassung

- **Revision der Normen zur RT-Schweißnahtprüfung und Bewertung**
 - **DIN EN ISO 10675 und DIN EN ISO 17636 (Ewert)**
- **Digitale Gussteilprüfung mit neuen Prüfklassen für Serienprüfung in EN 12681-2 seit 2018**
- **ASTM E2698 – 18: „Standard Practice for RT Using DDAs“ mit kombinierter Unschärfe aus geometrischer und Detektorunschärfe in Revision**
- **Hersteller-Charakterisierung von DDAs (ASTM E 2597) in Revision mit neuem Diagramm (Zscherpel)**
- **Brennflecknormen (EN 12543) in Revision und neues Norm-Projekt für Mikro- und Nanofokus-Röhren (EMPIR - NanoXSpot)**
- **Neuer Hochauflösender Doppeldraht-BPK (bis $SR_b < 20 \mu\text{m}$) verfügbar**
- **Neue (aktualisierte) Normen bei ASTM zur Charakterisierung der Leistungsfähigkeit von CT-Anlagen (ASTM E 1441, E 1695) und geplanter Round Robin III (Ewert) für die DGZfP-Richtlinie D7.**

ENDE

Fragen... ?



uwe@ewert-net.de