

Neue Standards zur Digitalen Radiographie und zum Filmersatz - von der Schweißtechnik bis zu Faserkompositen

Uwe EWERT *

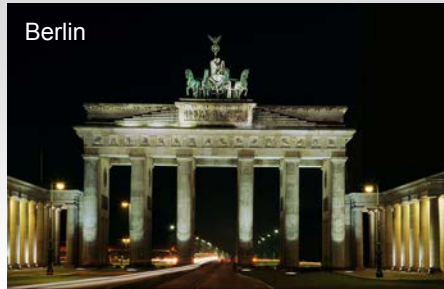
* BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Kurzfassung

Seit einigen Jahrzehnten werden in der Fotografie fast ausschließlich digitale Kameras eingesetzt. In der Radiographie setzen sich digitale Detektoren in der Medizin durch; die ZfP braucht wesentlich länger, um den Film abzulösen. Gründe für den zögerlichen Einsatz digitaler Detektoren sind: Fehlende Normen, konservative Gutachter und ZfP-Manager und nicht ausgebildetes Personal. Daher wird gegenwärtig an einem neuen Training-Syllabus für die digitale Radiographie (TR/25107) und an neuen Standards für den Übergang von der Film-Radiographie zur digitalen Nachweisteknik gearbeitet. Die ersten Standards zur Computer Radiographie wurden bei CEN 2005 entwickelt und veröffentlicht. ASTM hat bis 2010 die ersten Standards für die Anwendung von Matrixdetektoren entwickelt. Die erste Norm zur Anwendung von Speicherfolien und Matrixdetektoren, DIN EN ISO 17636-2, wurde 2013 veröffentlicht und ersetzt die EN 1435. Ein ähnlicher Normentwurf liegt zur Gussteilprüfung bei CEN vor. ASTM hat darüber hinaus digitale Gussfehlerkataloge entwickelt, um besser mit digitalen Radiographien vergleichen zu können. Es werden erstmals in DIN EN ISO 17636-2 Mindestanforderungen zur Auswahl geeigneter Detektoren spezifiziert. Waddickenabhängig ist eine Mindest-Basis-Ortsauflösung gefordert. Unscharfe Detektoren sind nur akzeptabel, wenn die zu geringe Unschärfe über eine erhöhte Bildgüte kompensiert wird. Weitere Normen wurden zur Waddickenmessung und Korrosionsbewertung isolierter Rohrleitungen fertiggestellt. Dem steigenden Einsatz von Faserkompositen in der Luftfahrtindustrie wird durch neue Normen bei ASTM zur ZfP an Kompositen Rechnung getragen.



BAM



Berlin

Neue Standards zur Digitalen Radiographie und zum Filmersatz - von der Schweißtechnik bis zu Faserkompositen -

Uwe Ewert

www.bam.de
uwe.ewert@bam.de

1

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Filmersatz durch digitale Detektoren

- Seit einigen Jahrzehnten werden in der Fotografie fast ausschließlich digitale Kameras eingesetzt.
- In der Radiographie setzen sich digitale Detektoren in der Medizin durch; die ZfP braucht wesentlich länger.
- Gründe für den zögerlichen Einsatz digitaler Detektoren sind:
 - *Fehlende Normen,*
 - *Konservative Gutachter und ZfP-Manager,*
 - *Nicht ausgebildetes Personal,*
 - *Geringere Bildschärfe digitaler Detektoren im Vergleich zum Film.*
- Einige ZfP-Prüfer sind immer noch der Meinung, dass Filme eine bessere Bildqualität ergeben als digitale Detektoren. Das ist nicht richtig!
- Die Auswertung von Radiographien auf dem Monitor ist allgemein akzeptiert, auch wenn die Leuchtkraft nicht mit Lichtkästen vergleichbar ist.
- Geschulte Filmauswerter können auch nach kurzer Einweisung Radiographien am Monitor auswerten.
- Die korrekte radiologische Belichtung vor Ort und die korrekte Anwendung der Bildverarbeitung erfordert allerdings Training.

2

8.3

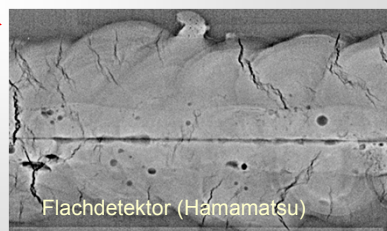
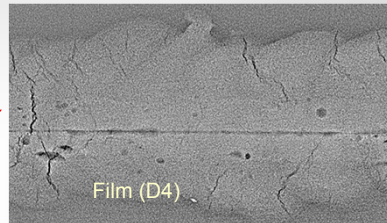
Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Motivation für Filmersatz durch Speicherfolien und Flachdetektoren

- Kürzere Prüf- und Auswertezeiten (P+A)
- Neue Einsatzgebiete durch höhere Prüfqualität und Objektumfang
- Keine Chemikalien und gefährlichen Stoffe
- Weniger Verbrauchsmaterial



8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Tests mit Film und Matrixdetektor mit BAM 5 - Schweißnaht.



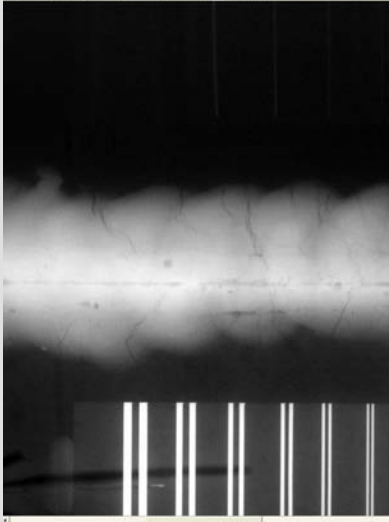
BAM 5 ist eine handgeschweißte Stahlplatte (ST 35), 8 mm dick. Die Schweißnaht ist maximal 10 mm dick. Sie enthält fast alle Typen von Schweißfehlern, insbesondere fein verästelte Risse in der Schweißdecklage.

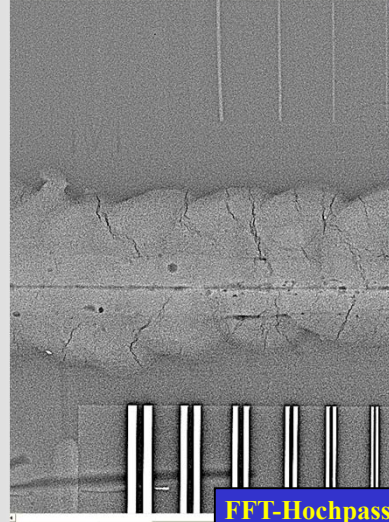
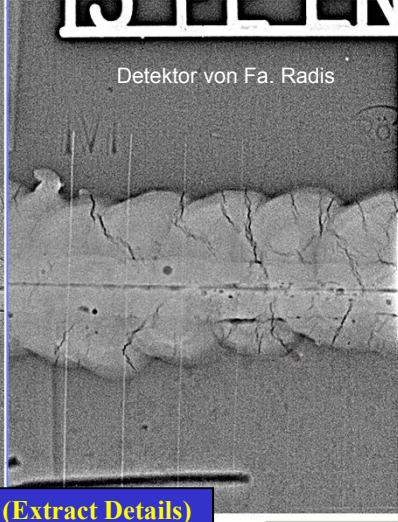
8.3

Radiological
Methods

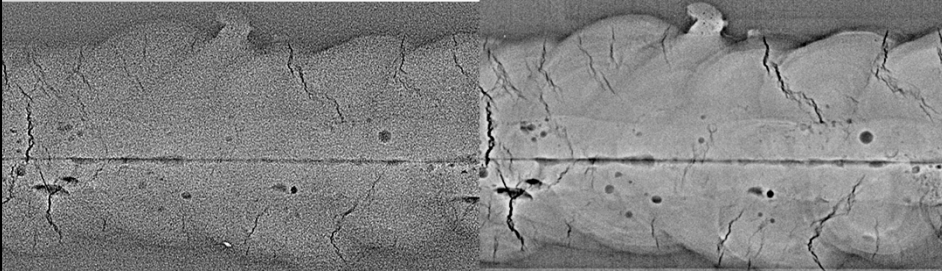
Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

BAM 5 (8mm St), D4 Film 50 µm Scan, D = 3,5 Grundmat. 150 kV, 10 mA, 1.9 min, FFA800	CMOS Hamamatsu C 7942 CA 50 µm Pixel, 12 Bit, 0,47s / Bild 120 kV, 22 mA, 1 min, FFA800
	 Detektor von Fa. Radis
8.3 Radiological Methods <i>Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke</i> BAM Ewert – April. 2014	

BAM 5 (8mm St), D4 Film 50 µm Scan, D = 3,5 Grundmat. 150 kV, 10 mA, 1.9 min, FFA800	CMOS Hamamatsu C 7942 CA 50 µm Pixel, 12 Bit, 0,47s / Bild 120 kV, 22 mA, 1 min, FFA800
	 Detektor von Fa. Radis
8.3 Radiological Methods <i>Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke</i> BAM Ewert – April. 2014	

FFT-Hochpass (Extract Details)

BAM 5 (8mm St), D4 Film 50 µm Scan, D = 3,5 Grundmat. 150 kV, 10 mA, 1.9 min, FFA800	CMOS Hamamatsu C 7942 CA 50 µm Pixel, 12 Bit, 0,47s / Bild 160 kV, 6,3 mA, 8 min , FFA800
Detektor von Fa. Radis Software von Yxlon Prüfklasse B Prüfklasse „C“	
	
SNR _{norm} ~ 83 SR _b 50 µm gescannt	DDA Technologie ermöglicht eine bessere Bildqualität als Film!
FFT-Hochpass (Extract Details) SNR _{norm} ~ 550 SR _b 83 µm	
8.3 Radiological Methods Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke  Ewert – April. 2014	

Einsatz digitaler Filmersatz-Systeme vor Ort





Schiffsbau:
Meyerwerft Papenburg
Ablösung von UT-Prüfung
durch digitale Radiographie



8.3 Radiological Methods

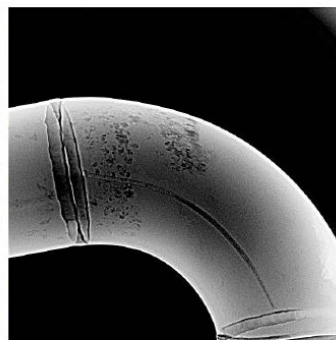
Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke


Ewert – April. 2014

Einsatz digitaler Filmersatz-Systeme vor Ort



Matrixdetektor „foX-Rayzor“ in einer Raffinerie



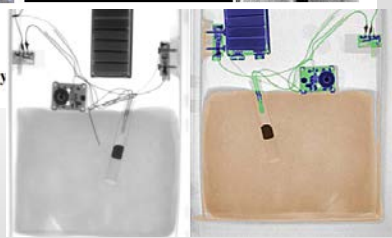
17th World Conference on Nondestructive Testing, 25-28 Oct 2008, Shanghai, China

Digital Radiography and its Advantages in Field NDT Inspections Today

Ron PINCU

A Review Digital Radiography in the Service of Security

Ron PINCU¹, Ofra KLEINBERGER-RIEDRICH¹



9

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM

Ewert – April. 2014

Standards für die Digitale Radiographie

10

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM

Ewert – April. 2014

DEUTSCHE NORM		Mai 2013	DEUTSCHE NORM		Mai 2013
DIN EN ISO 17636-1		DIN	DIN EN ISO 17636-2		DIN
ICS 25.160.40 Mit DIN EN ISO 17636-2:2013-05 Ersatz für DIN EN 1435:2002-09 und DIN EN 1435 Berichtigung 1:2004-05 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen (ISO 17636-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 17636-1:2013 Non-destructive testing of welds – Radiographic testing – Part 1: X- and gamma-ray techniques with film (ISO 17636-1:2013); German version EN ISO 17636-1:2013 Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par radiographie – Partie 1: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de film (ISO 17636-1:2013); Version allemande EN ISO 17636-1:2013			ICS 25.160.40 Mit DIN EN ISO 17636-1:2013-05 Ersatz für DIN EN 1435:2002-09 und DIN EN 1435 Berichtigung 1:2004-05 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO 17636-2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 17636-2:2013 Non-destructive testing of welds – Radiographic testing – Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors (ISO 17636-2:2013); German version EN ISO 17636-2:2013 Contrôle non destructif des assemblages soudés – Contrôle par radiographie – Partie 2: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de détecteurs numériques (ISO 17636-2:2013); Version allemande EN ISO 17636-2:2013		
NEU Mai 2013: Ersatz der EN 1435 durch ISO 17636 -1 & -2 !					
Teil 1: analoger Film Gesamtumfang 39 Seiten Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS) im DIN			Teil 2: digitaler Detektor Gesamtumfang 83 Seiten Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS) im DIN		11

8.3 Radiological Methods *Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke* **BAM**
Ewert – April. 2014

CEN/TC 190
Date: 2013-10
prEN 12681-2:2013

Founding Radiographic testing Part 2: Techniques with digital detectors
Gießereiwesen Durchstrahlungsprüfung Teil 2: XXXXXXXXXXXXXXXXX
Fonderie Contrôle par radiographie Partie 2 : Techniques à l'aide de détecteurs numériques

ICS:
Descriptors:

CEN/TC 190
Secretariat: DIN
Document type: European Standard Document subtype:
Document stage: Working Document

**NEU Okt. 2013: Neuer Normteil zur
digitalen Radiographie**

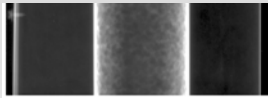
Teil 1: analoger Film **Teil 2: digitaler Detektor**

12

8.3 Radiological Methods *Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke* **BAM**
Ewert – April. 2014

Norm-Entwurf

DIN EN 16407-1:2012-04



Titel (deutsch): Zerstörungsfreie Prüfung - Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen - Teil 1: **Tangentiale Durchstrahlungsprüfung**; Deutsche Fassung prEN 16407-1:2012

DIN EN 16407-2:2012-04

Titel (deutsch): Zerstörungsfreie Prüfung - Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen - Teil 2: **Doppelwand Durchstrahlungsprüfung**; Deutsche Fassung prEN 16407-2:2012

NEU Nov. 2013: Normteile positiv
abgestimmt

Analoger Film

Digitaler Detektor

13

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

• *ASTM Composites und COPVs*

• **ASTM TASK GROUP ON NDE FOR AEROSPACE COMPOSITES** George Matzkanin, Chairman

E07.04

“Standard Practice for Determining Damage Based Design Criteria for Fiberglass Reinforced Plastics (FRP) Materials”

- **ASTM E2580-07** “Standard Practice for **Ultrasonic Testing** of Flat Panel Composites and Sandwich Core Materials Used in Aerospace Applications” – Task Group Chair, Steve James, Pratt Whitney
- **ASTM E2581-07** “Standard Practice for **Shearography** of Polymer Matrix Composites, Sandwich Core Materials and Filament-Wound Pressure Vessels Used in Aerospace Applications” – Task Group Chair, John Newman, Laser Technologies
- **ASTM E2582-07** “Standard Practice for Infrared **Flash Thermography** of Composite Panels and Repair Patches Used in Aerospace Applications” – Task Group Chair, Steve Shepard, Thermal Wave Imaging
- **ASTM E 2533-09** “**Standard Guide for Nondestructive Testing of Polymer Matrix Composites** Used in Aerospace Applications” – Task Group Chair, Jess Waller, GeoControl Systems, NASA WSTF
- **ASTM E 2662-09** “**Standard Practice for Radiologic Testing of Flat Panel Composites and Sandwich Core Materials Used in Aerospace Applications**” – Task Group Chair John Ellegood, Lockheed Martin
- **WK 12759** “Standard Practice for **Acoustic Emission Qualification** of Plate-like and Flat Panel Composites Used in Aerospace Applications” – Task Group Chair, Mark Carlos, Physical Acoustics

COPVs – Composite Overwrapped Pressure Vessels 14

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

- **ASTM Composites und COPVs**

- **Standards for Composite Overwrapped Pressure Vessels (COPVs) and Preliminary Writing Groups Standards (Regor Saulsberry, NASA WSTF)**
- 1. **“Standard Practice for Detecting Flaws and Defects in Metallic Pressure Vessels and Metallic Liners for COPVs Used in Aerospace Applications by Nondestructive Testing”** – Task Group Chair, Jess Waller, NASA-WSTF
- 2. **“Standard Practice for Detecting Flaws, Defects, and Accumulated Damage in Filament Wound Pressure Vessels Used in Aerospace Applications by Nondestructive Testing”** – Task Group Chair, Jess Waller, NASA-WSTF

15

8.3

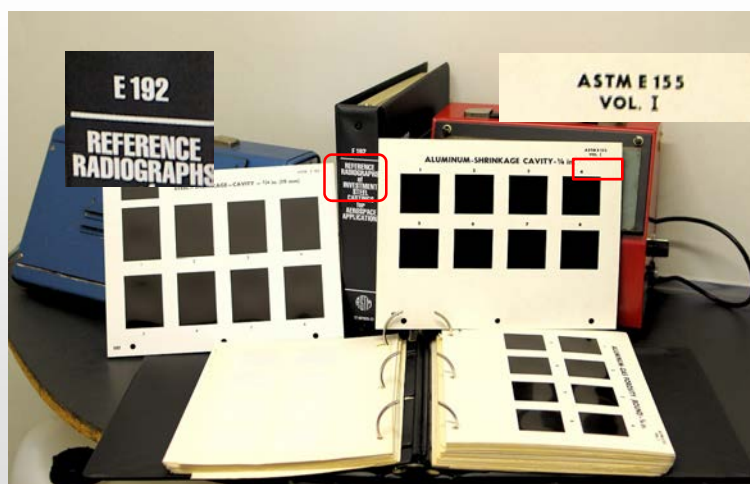
Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

ASTM Referenz Bilder zur Definition von Fehlerklassen

- ASTM Referenz Bilder – ursprünglich Filme



16

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

ASTM Referenz Bilder zur Definition von Fehlerklassen

Standard Digital Reference Images für

- E2422-11 Inspection of Aluminum Castings
- E2660-11 Investment Steel Castings for Aerospace Applications
- E2669-11 Titanium Castings
- E2868-13 Steel Castings up to 2 in. (50.8 mm) in Thickness (Film: E446)
- E2869-13 Inspection of Magnesium Castings (Film: E155 – Magnesium)

In Arbeit:

- Aluminum and Magnesium Die Castings (E505)



17

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

ASTM Referenz Bilder zur Definition von Fehlerklassen

- Aufbau der ASTM Referenz Bilder am Beispiel E155 (Aluminium)

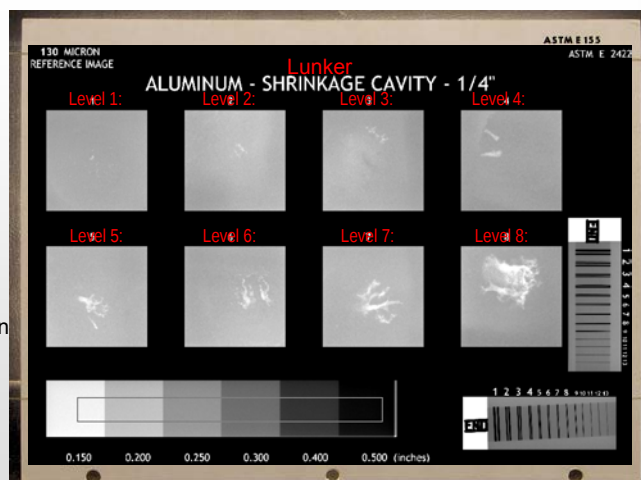
8 Level pro Fehler

2 Material Dicken
(1/4" und 3/4")

7 Fehler Arten

Digitale Auflösung kann
vom Anwender
bestimmt werden
(Software); Original
Filme sind 10µm.

(K. Bavendiek)



18

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

MAI - Metals Affordability Initiative

- MAI Initiative um DR für Luftfahrt-Gußteile

Teilnehmer:

US-Regierung und Industrie-Experten (Ausschluss "Non-US Citizens")

Team Mitglieder aus der Industrie:

3 Aufgabengebiete:

1. Erstellung von Digitalen Referenzbild Katalogen für Stahl und Titan (E2660/E2669)
2. Vereinheitlichung mit den Referenzbild Katalog für Aluminium (E2442)
3. Erstellung eines neuen Aerospace Industrie Standards für Casting Inspection



Date: November 9thth 2010
WK30625

Practice for the Use of Digital Detector Arrays and Computed Radiology for Aerospace Casting Inspections

Hinweis:
Bis heute (2014) kein
gültiger ASTM Standard

19

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

DIN EN ISO 17636:2013 Radiographische Schweißnahtprüfung

Teil 1:

Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen —
Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken
unter Anwendung von **Filmen**.

Teil 2:

Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen —
Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken
unter Anwendung **digitaler Detektoren**

20

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Prüftechniken und opt. Dichte DIN EN ISO 17636-1 / pr EN 12681-1

Die radiographischen Techniken werden in zwei Klassen eingeteilt:

- Klasse A: Grundtechnik; *Gilt für Teil 1 and 2*
- Klasse B: verbesserte Prüftechnik.

Tabelle 5 — optische Dichte der Durchstrahlungsbilder

Klasse	Optische Dichte des Filmes ^a
A	$\geq 2,0$ ^b
B	$\geq 2,3$ ^c

^a Messtoleranzen von $\pm 0,1$ sind zulässig.

^b Darf nach besonderer Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern auf 1,5 verringert werden.

^c Darf nach besonderer Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern auf 2,0 verringert werden.

21

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Auswahl des geeigneten Detektors

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

Bildgüteklasse A, Doppel-Draht-BPK nach ISO 19232-5		
Durchstrahlte Dicke w ^a mm	Mindest-BPK-Wert und maximale Unschärfe (ISO 19232-5) mm	Maximale Basis-Ortsauflösung (ISO 19232-5) mm
$w \leq 1,0$	D 13 0,10	
$1,0 < w \leq 1,5$	D 12 0,125	
$1,5 < w \leq 2$	D 11 0,16	
$2 < w \leq 5$	D 10 0,20	
$5 < w \leq 10$	D 9 0,26	
$10 < w \leq 25$	D 8 0,32	
$25 < w \leq 55$	D 7 0,40	
$55 < w \leq 150$	D 6 0,50	
$150 < w \leq 250$	D 5 0,64	
$w > 250$	D 4 0,80	

^a Für die Doppelwandtechnik, Einbild, ist anstelle der durchstrahlten Dicke w die Nennstärke t anzusetzen.

^b Die BPK-Auswertung für die Systemauswahl (siehe Anhang C) gilt für die Vergrößerungstechnik (siehe 7.7) angewendet, muss die BPK-Auswertung in den entsprechenden Referenz-Durchstrahlungsbildern erfolgen.

ISO 17636-2

Tabelle B.14 — 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 mm	Maximale Basis-Ortsauflösung in mm (äquivalent zur Drahtstärke und zum Drahtabstand) ^b
$w \leq 1,5$	D 13+ 0,08	0,04
$1,5 < w \leq 4$	D 13 0,10	0,050
$4 < w \leq 8$	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 Nennstärke t anzusetzen.

^b Die BPK-Auswertung für die Systemauswahl (siehe Anhang C) gilt für die Kontakt-Radiographie. Wird die geometrische Vergrößerungstechnik (siehe 7.7) angewendet, muss die BPK-Auswertung in den entsprechenden Referenz-Durchstrahlungsbildern erfolgen.

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Detektorklassifizierung: Beispiel YXLON/PerkinElmer

Parameter:

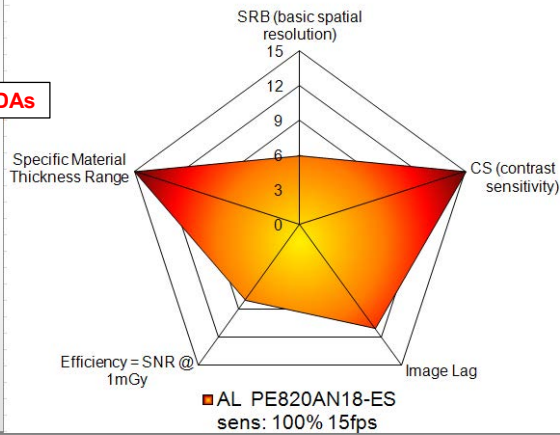
- SR_b
- SM Dickenbereich
- Effizienz
- „Image Lag“
- Kontrastempfindlichkeit

AL PE820AN18-ES sens: 100% 15fps				high: 15; low: 0
Parameter	unit	Quality	measured	
SRB (basic spatial resolution)	μm	6	238.48	
CS (contrast sensitivity)	%	15	0.058	
Image Lag	%	11	0.26	
Efficiency = SNR @ 1mGy	-	8	648	
Specific Material Thickness Range	mm	15	135	

ASTM E 2597 Qualifizierung von DDAs

Effizienz:
Prüfgeschwindigkeit

SR_b : effektive Pixelgröße,
zur Auswahl des
Wanddickenbereiches
nach ISO 17636



8.3

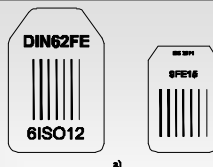
Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

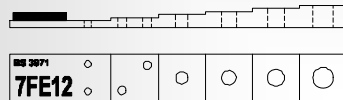
23

EN ISO 17636: Bildgüteprüfkörper (IQI)

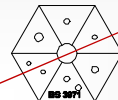


a)

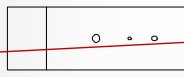
Wires / Drähte
(EN 462-1)
EN ISO 19232-1



b)



Step holes / Stufe-Loch
(EN 462-2)
EN ISO 19232-2



c)

Lochplättchen /
~~Hole plates (USA)~~
ASME, ASTM E 1025



d)

Duplex wire for part 2 /
Doppeldraht BPK für Teil 2
(EN 462-5)
EN ISO 19232-5

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

24

Geforderte Draht und Stufe-Loch BPK-Erkennbarkeit

Bildgütezahlen wurden von EN1435 und EN 462 übernommen

Tabellen B.1 und B.2 — Einwandige Durchstrahlung; BPK strahlerseitig

Tabelle B.1 — Draht-BPK

Tabelle B.2 — Stufe/Loch-BPK

Eckpunkte in ISO 17636:

- **Gleiche Bildgüteanforderungen** wie in EN 1435 und ISO 19232-3
- **Neue Ausnahmeregeln für Isotope bei Doppelwandprüfung:**
 - $10 \text{ mm} < w < 25 \text{ mm}$:
1 Draht oder Stufe-Lochwert weniger für Ir-192
 - $5 \text{ mm} < w < 12 \text{ mm}$:
1 Draht oder Stufe-Lochwert weniger für Se-75

Bildgüteklasse A			Bildgüteklasse A		
Tabellen B.3 und B.4 — Einwandige Durchstrahlung; BPK strahlerseitig			Tabellen B.3 und B.4 — Einwandige Durchstrahlung; BPK strahlerseitig		
Table B.3 — Draht-BPK			Table B.4 — Stufe/Loch-BPK		
Bildgüteklasse B		BZ	Bildgüteklasse B		BZ
Nennstärke	f mm		Nennstärke	f mm	
über 1,5 bis 1,5		W 19	über 2,5 bis 2,5		H 2
über 1,5 bis 2,5		W 18	über 2,5 bis 4		H 3
über 2,5 bis 4		W 17	über 4 bis 8		H 4
über 4 bis 6		W 16	über 8 bis 12		H 5
über 6 bis 8		W 15	über 12 bis 20		H 6
über 8 bis 12		W 14	über 20 bis 30		H 7
über 12 bis 20		W 13	über 30 bis 40		H 8
über 20 bis 30		W 12	über 40 bis 60		H 9
über 30 bis 35		W 11	über 60 bis 80		H 10
über 35 bis 45		W 10	über 80 bis 100		H 11
über 45 bis 65		W 9	über 100 bis 150		H 12
über 65 bis 120		W 8	über 150 bis 200		H 13
über 120 bis 200		W 7	über 200 bis 250		H 14
über 200 bis 350		W 6			
über 350		W 5			

8.3

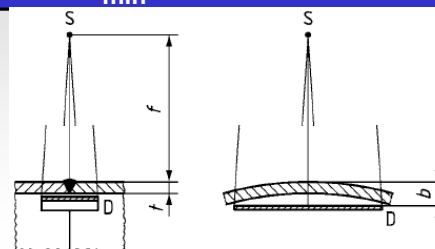
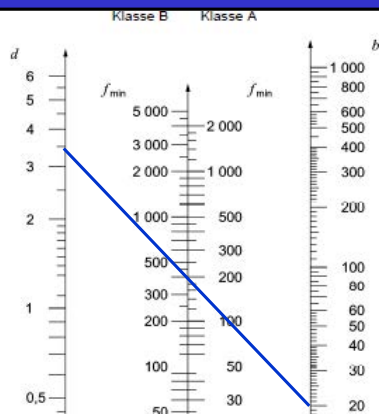
Radiological Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM

Ewert – April. 2014

Neue Durchstrahlungsgeometrien und Mindestabstand $f_{\min}$



b) with planar detectors

$$\text{Klasse A: } a = 7,5 \quad \frac{f}{d} = a \cdot \frac{b}{t^{1/3}}$$

$$\text{Klasse B: } a = 15$$

d Größe des Brennflecks bzw. der jeweiligen Strahlenquelle, in mm
 b maximaler Abstand zwischen Detektor und der der Strahlenquelle zugewandten Seite des Prüfgegenstands, in mm

Bild 21 — Leiterdiagramm zur Ermittlung des Mindestabstands Strahlenquelle – Prüfgegenstand $f_{\min}$ in Bezug auf den Abstand Prüfgegenstand – Detektor und die Größe der Strahlenquelle

8.3

Radiological Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM

Ewert – April. 2014

Kompensationsprinzip (II) in ISO 17636-2

Kompensation von zu hoher Detektorunschärfe durch erhöhtes SNR.

Die Anwendung ist erforderlich, wenn Detektoren mit zu hoher Unschärfe nach Tabelle B.13 oder B.14 eingesetzt werden sollen!

27

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Kompensationsprinzip (II) in ISO 17636-2 falls Detektor-Unschärfe zu hoch ist

Kompensiere fehlende Ortsauflösung durch erhöhte Einzeldraht-Erkennbarkeit:

- Eine geringere Ortsauflösung, z.B. ein zu geringer Doppeldrahtwert (D) kann durch einen größeren Wert bei der Drahterkennbarkeit (W) kompensiert werden.
- Maximal zwei (oder drei) Bildgütewerte dürfen gegeneinander kompensiert werden.

Prüfklasse B
10 mm Wanddicke

Doppeldrahtwert
Einzeldrahtwert

Nicht
OK
D12
W13

Gefordert:
D11
W14

OK:
D10
W15

OK
D 9
W16

Bedingt
OK
D8
W17

28

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Zusammenfassung

- Neue ZfP-Standards für Faserkomposite und Composite-umwickelte Druckbehälter wurden bei ASTM (USA) entwickelt und veröffentlicht.
- DIN EN ISO 17636-2 und ISO 10893-7 beschreiben die Arbeitsweise zum Filmersatz durch Speicherfolien oder Matrixdetektoren für Schweißnähte. Ein ähnlicher Gussstandard liegt als Entwurf vor.
- Die **DIN EN ISO 17636** hat die **DIN EN 1435** seit 2013 ersetzt!
- Neu ist der Standard **EN 16407** zur Prüfung auf Korrosion und Messung der Wanddicke mit Film und digitalen Detektoren.
- Neue Anforderungen sind tabelliert zur **Auswahl digitaler Detektoren** für die Schweißnahtprüfung auf Basis der Detektor- bzw. Bildunschärfe.
- **Neue Belichtungsanordnungen** gestatten den Einsatz von flachen Matrixdetektoren oder Kassetten anstatt von Filmen, die an gekrümmten Objekten angelegt werden.
- **Digitale Guss-Referenzkataloge** wurden bei ASTM entwickelt, um eine bessere Bewertung von Gussfehlern in digitalen Radiographien zu ermöglichen.
- Ausgewählte neue Standards können der angehängten Tabelle entnommen werden.
- *Matrixdetektoren erreichen eine bessere Bildqualität als Röntgenfilme.*
- *Matrixdetektoren können mit deutlich geringerer Dosis als Filme belichtet werden.*
- *Digitale Detektoren ermögliche die Prüfung mit einem deutlich höheren Objektumfang.*

29

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Neue Standards zur Digitalen Industriellen Radiologie

EN 13068	Radioscopy
EN 14096, ISO 14096	Film Digitisation
EN 14784 CR (2005) <i>Goes to ISO, revision required</i>	Part 1: Classification of Systems, Part 2: General principles, becomes ISO 16371
ISO 10893-7 (2010)	Steel tubes – NDT of welds with DDA and (CR)
ISO 17636-1,-2 (2013)	NDT of welds: CR and DDA to substitute Film and to substitute EN 1435
EN 16407 (2013): corrosion and wall thickness	Practice with film, CR and DDA for double wall (DWRT) and tangential technique (TRT)
ASME (BPVC, S.V, Article 2)	Radiography (film , CR , DDA and more)
ASTM CR (2005) <i>Under Revision</i>	Classification (E 2446-05), Long term stability (E2445-05), Guide (E 2007-10), Practice (E 2033-06)
ASTM DDA (2010) <i>Under Revision</i>	Characterisation (E 2597-07), Guide (E 2736-10), Practice (E 2698-10), Long Term Stability (E 2737-10)
ASTM DICONDE (2010) (data format)	Standard Practice for Digital Imaging and Communication Nondestructive Evaluation (DICONDE) (E 2663-08, E 2699-10, E 2669-10, E 2738-10, E 2767-10)
ASTM E 2422-05, E 2660-10, E 2669-10, E2422-11, E2868-13, E2869-13	Digital reference image catalogues , light alloy, titanium and steel castings

8.3

Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

BAM
Ewert – April. 2014

Ende

uwe.ewert@bam.de
www.bam.de

Danksagung

- U. Zscherpel
- K. Bavendiek
- B. Redmer
- A. Pittlik

31

8.3 Radiological
Methods

Digitale Radiographie zum Filmersatz, neue Regelwerke

 **BAM**
Ewert – April. 2014