

Der Übergang von Film zu digital und die Revision der ISO 17636-2 zur Schweissnahtprüfung mit digitaler Radiographie

Uwe ZSCHERPEL¹, Uwe EWERT², Franziska BÄNSCH³

¹ BAM, Berlin

² Kowotest, Langenfeld

³ DIN, Berlin

Kontakt E-Mail: uwe.zscherpel@bam.de

Kurzfassung

Die ersten Normen zur digitalen Radiographie wurden in 2005 veröffentlicht, da dominierte noch die Filmradiographie. ISO 17636-2 "Durchstrahlungsprüfung-Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren" erschien 2013 erstmalig.

In 2017 startete ISO TC44 SC5 WG1 "Radiographic testing of welds" die offizielle Revision von ISO 17636. Mehr als 450 Kommentare wurden während der Umfrage gesammelt und bearbeitet. Erstmals wurden auch Kommentare aus China empfangen, speziell zu den Abbildungen. Im Ergebnis dessen wurden die ISO 17636-1:2022 (Film) und ISO 17636-2:2022 (Digital) veröffentlicht. Fast alle Bilder wurden aktualisiert. Die hohe Zahl an Kommentaren führte zu einer Feinabstimmung besonders im Teil 2 der Norm. Der Ansatz mit den 3 Kompensationsprinzipien für digitale Detektoren, die erstmalig 2013 eingeführt wurden, hat sich mittlerweile bewährt. Erweiterungen für das automatische Prüfen und photonenzählende Detektoren wurden ergänzt. Die Anforderungen für die Prüfung von Rohren mit ebenen Detektoren sowie an das normierte SNR dabei wurden modifiziert. Die untere Wanddickengrenze für Se-75 Quellen wurde gestrichen als Kompromiss einer ausführlichen Diskussion mit unseren französischen Kollegen.

Details und Konsequenzen der Normänderungen werden im Beitrag diskutiert.



BAM
Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung

Sicherheit in Technik und Chemie

16.05.2023

**DER ÜBERGANG VON FILM ZU DIGITAL UND
DIE REVISION DER ISO 17636-2 ZUR
SCHWEIßNAHTPRÜFUNG MIT DIGITALER
RADIOGRAPHIE**

Uwe Zscherpel¹, Uwe Ewert², Franziska Bänsch³

¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
² Kowotest GmbH, Lengenfeld
³ DIN e.V., Berlin

DGZfP Jahrestagung Friedrichshafen 2023

uwez@bam.de

16.05.2023 Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung 1

**Anfänge der mobilen
Schweißnahtprüfung
in Deutschland**

Reichsbahn um 1930



Bild 10: Reichsbahn-Messzug bei einer Brückenprüfung; frei aufgeständerte Hochspannungsleitungen



Berthold, Röntgenstelle Berlin, seit 1933

16.05.2023 Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung 2

1933: Röntgenstelle am staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem



Rudolf Berthold (1898 – 1960)



Bildqualitätsprüfkörper

BPK "DIN-Drahtsteg":
Drähte unterschiedlichen Durchmessers aus Material des untersuchten Objektes

Kontrastanforderung 1935:

1,5% Wanddicke bis zu 50 mm, 2% bis zu 100 mm, 3% darüber

Bildunschärfe durch minimalen Abstand:

Abstand > 6x Abstand
Quelle - Objekt Objekt - Film

Bildunschärfe < 1/6 * Brennfleckgröße

DK 621.791:620176152 Deutsche Normen August 1935

Prüfung von Schweißverbindungen mit Röntgen- und Gammastrahlen

DIN 1914

Vorbemerkung

Durch die Röntgenstrahlung einwirkende Durchstrahlungsbilder gleichzeitiger Größe erreicht werden, darüber hinaus sollen sie den Grundzügen des Prüfungsgegenstandes entsprechen, der die Bestrahlung zulassen. Durchstrahlungsbild und seiner gezielten Bestrahlung entsprechen sollen.

Werkstoffdicke beziehen sich auf die verschweißte Teile und auf die Durchstrahlungsbildung in der Mitte des Aufnahmefeldes. Die Röntgenstrahlung, welche Teile verschweißte oder nicht verschweißte, so ist der Mittelwert der verschweißten Dicken maßgebend.

1. Durchleuchtung

Die unmittelbare Röntgenuntersuchung mit Hilfe des Leuchtschirmes wird wegen ihrer geringen Fallstrahlendichte zur Abnahmeprüfung nicht empfohlen, ausgenommen bei der Untersuchung dünnwandiger Aluminiumverbindungen. Durchleuchtung mit Gammastrahlen ist wegen der geringen Strahlendichte unmöglich.

2. Photographische Aufnahmen

Um einwandfreie Untersuchungsgebilde zu erzielen und festzuhalten, sind Aufnahmen auf Röntgenfilm oder -papier vorzuziehen. Zur Abklärung der Belichtungsbedingungen sind möglichst Strahlendosen zu erheben.

a) Auf den erhaltenen Schwärzungsabbildern müssen mindestens die in nachstehender Tabelle festgelegten Unterschiede in % der Werkstoffdicke nach erkennbar sein:

Werkstoffdicke in mm	bis 50	über 50 bis 100	über 100 bis 150
Dickenunterschied in % mindestens	1,5	2	3

b) Wenn die Durchleuchtung einer Schweißnaht nur durch möglichst in der vorgelagerten Becke mit erkennbar sein, so ist für die verbleibende Werkstoffdicke die Summe der durchstrahlten Werkstoffdicke maßgebend.

c) Bei kleinen und mittleren Werkstoffdicken kann bei Aufnahmen mit Gammastrahlen die unter 2a) festgelegte Fallstrahlendichte nicht erreicht werden. In solchen Fällen sind solche Aufnahmen als Abnahmeprüfung zulässig, wenn die Prüfung mit Röntgenstrahlen technisch möglich ist und die erkennbaren Unterschiede nicht mehr als 1/3 der Werkstoffdicke betragen.

d) Um feststellen zu können, ob die verbleibende Fallstrahlendichte erreicht ist, müssen an beiden Enden der bestrahlten Teile der Schweißnaht Drahtsteg aus Kupfer, Stahl oder Aluminium in noch dem Werkstoff der zu prüfenden Schweißnaht entsprechend sein. Die Drahtsteg sind auf der der Strahlungsquelle gegenüberliegenden Seite der Schweißnaht quer zur Übergangsrichtung der Schweißnaht zu befestigen.

Für die Prüfung von Schweißverbindungen von mehr als 20 mm Dicke sind nachfolgendes anzuwenden, einen dünnen Drahtsteg auf der der photographischen Schicht gegenüberliegenden Seite der Schweißnaht anzubringen (Bild 1).

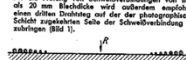


Bild 1



Bild 2

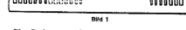


Bild 3

Die Drahtsteg sollen in folgenden Gruppen verwendet werden:

Gruppe	Werkstoffdicke mm	Drahtdurchmesser mm
1	bis 50	0,1
		0,2
		0,4
		0,6
		0,7
2	über 50 bis 100	0,8
		1
		1,2
3	über 100 bis 150	1,4
		1,6
		1,8
		2
		2,5

3. Allgemeine Richtlinien für die Durchleuchtung

Die vorgeschriebenen Maßnahmen zur Sicherung der Bildgröße gewährleisten nicht allein die durch die Durchleuchtung erzielbare Nachweise von Bindefehlern. Deshalb ist auch die Befindlichkeit folgender Richtlinien zu beachten:

a) Die Strahlendosis R soll möglichst so gewählt werden, daß sie in die Ebene von verbleibenden Bindefehlern fällt.

Seite 2 DIN 1914

b) Die Röntgen- oder Gammastrahlen sollen die photographische Schicht möglichst senkrecht treffen.

c) Die Aufnahmeanordnung soll so gewählt werden, daß die photographische Schicht möglichst nahe an die zu untersuchende Werkstoffdicke herangebracht werden kann.

d) Um die bildverschärfende Streustrahlung herabzusetzen, soll das Aufnahmefeld auf den kleinstmöglichen Querschnitt eingeschränkt werden.

e) Zu achten ist auf den Schutz der photographischen Schicht gegen seitliche und rückwärtige Streustrahlung, die von bestrahlten Gegenständen außerhalb des Aufnahmefeldes ausgeht. Insbesondere die Fremdstrahlung, seitliche und rückwärtige Abdeckung der photographischen Schicht u. dgl.

Um Unschärfen und Verzerrungen des Schwärzungsabbildes in angemessenen Grenzen zu halten, wird empfohlen, das Verhältnis

Abstand der Strahlungsquelle von der ihr zugekehrten Seite der Schweißnaht zu

Abstand dieser Seite von der photographischen Schicht

nicht kleiner als 6:1 zu wählen.

4. Besondere Richtlinien für die Durchleuchtung von Schweißverbindungen

R = Strahlendosis, P = photographische Schicht

a) K- und U-Nähte sollen möglichst senkrecht zur Blechebene durchstrahlt werden (Bild 2 und 3).

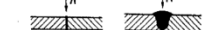


Bild 2

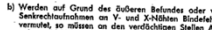


Bild 3

b) Werden auf Grund des äußeren Befindens oder von Senkrechtaufnahmen an V- und X-Nähten Bindefehler vermutet, so müssen an den verdächtigen Stellen Aufnahmen in Richtung der Bindeflächen gemacht werden. Allgemein wird empfohlen, bei der Prüfung von V- und X-Nähten obige Aufnahmen parallel zu den Bindeflächen anzufertigen (Bild 4 und 5).



Bild 4

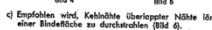


Bild 5

c) Empfohlen wird, Kahlhöhlen Überlappung Nähte längs einer Bindefläche zu durchstrahlen (Bild 6).



Bild 6

d) Kahlhöhlen von T-Verbindungen können unter beliebigen Winkel zur Schweißnahtfläche durchstrahlt werden; weil aber die Wahrscheinlichkeit, daß Bindefehler auftreten, größer ist als bei V- und X-Nähten, wird die Durchleuchtung längs einer Bindefläche besonders empfohlen (Bild 7).



Bild 7

e) Für alle Kahlhohlaufnahmen wird die Anwendung eines der Dickenunterschied im durchstrahlten Feld verändernden Schwärzungsmaßes K empfohlen (Bild 8 und 9).

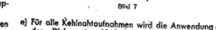


Bild 8



Bild 9

f) Überlappende Freischweißungen sollen senkrecht zur Bindefläche durchstrahlt werden. Gleichgültig und an verschiedenen Stellen sollen Ergänzungsaufnahmen möglichst in Richtung der Bindeflächen angefertigt werden (Bild 10).



Bild 10

g) Vor den Aufnahmen ist der auf den Blechoberflächen vorhandene Zunder so weitgehend wie möglich zu entfernen (Sandstrahlblöße, Abschleifen, Drahtbürsten).

5. Aufnahmeangaben

Folgende Aufnahmeangaben sollen vermerkt werden:

a) Anordnung von Strahlungsquelle, Prüfkörper und photographischer Schicht.

b) Abstände von der Strahlungsquelle zu der ihr zugekehrten (Vorder-) Seite des Prüfkörpers und von ihr zur photographischen Schicht.

c) Werkstoff und Dicke des Prüfkörpers.

d) Blendenöffnung, Blendenart, Schichtung und Belichtungsgröße (mAs) bei der Röntgenaufnahme.

e) Art und Menge des reduktiven Stoffs bei Aufnahmen mit Gammastrahlen.

f) Photographische Aufnahmehilfsmittel und Vertrieferlöse.

Bildgüteprüfkörper linear gestuft

1937: Überblick über die Entwicklungsaufgaben der Reichs-Röntgenstelle BAM

1. DGZfP Seminar

Von Dr. R. BERTHOLD

Leiter der Reichs-Röntgenstelle beim Staatl. Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Ausschnitt:

Der einheitlichen Auswertung des Röntgenbildes stand die unkontrollierbare Bildgüte der an den verschiedensten Stellen angefertigten Filme entgegen. Die Voraussetzung für eine einheitliche Beurteilung des Röntgenbefundes war also die Kontrollmöglichkeit der Bildgüte. Dies wurde erreicht in engster Zusammenarbeit zwischen Reichs-Röntgenstelle und den zuständigen Verbänden durch die Einführung von Testkörpern in Form von Drahtstegen, wie dies in den DIN 1914 verankert ist.

Im großen und ganzen kann man die methodische Entwicklung auf dem Gebiet der Röntgendurchstrahlung als abgeschlossen betrachten. Apparativ wären noch weiter gehende Vereinfachungen, insbesondere die Herabsetzung der Gewichte im Interesse der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens außerhalb der Laboratorien erwünscht.

Normentwicklung in der Durchstrahlungsprüfung von Schweißnähten



1935	DIN 1914 (2 Seiten), Berthold/Vaupel
1954 - 1988	DIN 54 111 (von 3 auf 16 Seiten), Vaupel/Mundry/Schnitger
1997 - 2004	DIN EN 1435 (32 Seiten), Schnitger/Heidt/Ewert, nur Film!
2013	DIN EN ISO 17636 (Teil1 Film 39 S., Teil 2 Digital 63 S.) Ewert/Zscherpel
2022	DIN EN ISO 17636 Rev. 2 (Teil 1 Film 44 S., Teil 2 Digital 68 S.) Ewert/Zscherpel

Problem bei Ausbildung:

100 Seiten nicht in einer Woche zu schaffen, Aufteilung der Techniken in:

- RT-F (Film) Stufe 1 und 2
- RT-D (Digital) Stufe 1 und 2 aber RT Stufe 3: Film & Digital

Bildqualität in der Durchstrahlungsprüfung: BZ



Kontrast durch Mindest-Bildgütezahl des Drahtsteges in Klasse A & B:

DIN 54109-2:1964 → EN 462-3:1996

Geom. Unschärfe durch Mindest-Abstand (AG "zweckmäßige Prüftechnik" im FA D der DGZfP):
DIN 54 111-1:1973 (8 Seiten) :
Kein Strahlensatz mehr!

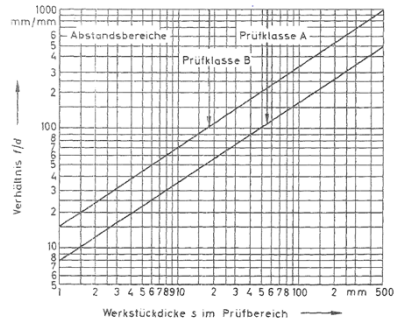
Prüfklasse A : $u_g = 1/7,5$ (s/mm)^{1/3}

Prüfklasse B : $u_g = 1/15$ (s/mm)^{1/3}

Image quality class A			Image quality class B		
Nominal thickness t mm	IQI value ¹⁾		Nominal thickness t mm	IQI value ¹⁾	
above 1,2 to 2	W 18		above 1,5 to 2,5	W 19	
above 2 to 3,5	W 17		above 2,5 to 4	W 18	
above 3,5 to 5	W 16		above 4 to 6	W 17	
above 5 to 7	W 15		above 6 to 8	W 16	
above 7 to 10	W 14		above 8 to 12	W 15	
above 10 to 15	W 13		above 12 to 20	W 14	
above 15 to 25	W 12		above 20 to 30	W 13	
above 25 to 32	W 11		above 30 to 35	W 12	
above 32 to 40	W 10		above 35 to 45	W 11	
above 40 to 55	W 9		above 45 to 65	W 10	
above 55 to 85	W 8		above 65 to 120	W 9	
above 85 to 150	W 7		above 120 to 200	W 8	
above 150 to 250	W 6		above 200 to 350	W 7	
above 250	W 5		above 350	W 6	
	W 4			W 5	

¹⁾ When using Ir 192 sources, IQI values worse than listed values may be accepted as follows:
10 mm to 24 mm: up to 2 values above 24 mm to 30 mm: up to 1 value.

¹⁾ When using Ir 192 sources, IQI values worse than listed values may be accepted as follows:
12 mm to 40 mm: up to 1 value.



BZ-Anforderungen nach EN 1435:1997 und ISO 17636:2013 übertragen, bis heute gültig!

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 Ersetzt für DIN EN 1435:2002-09 und DIN EN 1435 Berichtigung 1:2004-05		ICS 25.160.40 Mit DIN EN ISO 17636-1:2013-05 Ersetzt 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		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 1: X- and gamma-ray techniques with film (ISO 17636-1:2013); German version EN ISO 17636-1:2013		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 1: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de film (ISO 17636-1:2013); Version allemande EN ISO 17636-1:2013		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	
Erstmalig Mai 2013: Ersatz der EN 1435 durch ISO 17636 -1 & -2 !			
Teil 1: analoger Film		Teil 2: digitaler Detektor	
Gesamtumfang 39 Seiten		Gesamtumfang 63 Seiten	
Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS) im DIN		Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS) im DIN	
16.05.2023	Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung	8	

Revision von DIN EN ISO 17636 ab 2020



Revision zur Berücksichtigung aller Kommentare, die seit 2013 gesammelt wurden (ca. 450 Stück, Mehrzahl aus China)
 ISO 17636:2013 durch CEN TC121 SC5 WG 1 (mittlerweile aufgelöst) in Kooperation mit ISO TC44 SC5 WG1 durchgeführt (Sekretariat DIN, F. Bansch, Convenor U. Ewert)

ISO 17636-1:2013

Gegenüber DIN EN 1435:2002-09 und DIN EN 1435 Berichtigung 1:2004-05 wurden vorgenommen:

- Normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- Dokument wurde in 2 Teile aufgeteilt wobei der vorliegende Teil für Durch-Anwendung von Filmen anwendbar ist;
- Röntgenröhren bis zu einer Spannung von 1 000 kV wurden aufgenommen;
- Dokument wurde redaktionell überarbeitet;
- ISO-Normen von CEN übernommen.

ISO 17636-1:2023 Änderungen zur Vorgängerversion:

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 17636-1:2013), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- die Bilder wurden aktualisiert;
- die Verweisungen auf Bild 1 bis Bild 19 im gesamten Dokument wurden aktualisiert;
- in 6.7 wurde die Verwendung von ASTM-Drähten und anderen Bildgüteprüfkörpern (BPK) nach Vereinbarung der Vertragspartner hinzugefügt;
- in 6.7 a) wurde die Akzeptanz einer sichtbaren Drahtlänge, die kürzer als 10 mm ist, für Rohre mit einem äußeren Durchmesser < 50 mm hinzugefügt;
- in 6.7, 6.8 und 6.9 wurde eine Klarstellung zur Verwendung von BPK für die Doppelwand-Doppelbild-Durchstrahlungstechnik (DWDI) hinzugefügt;
- in 6.9 und 7.2.2 wurde die untere Dickengrenze für Se-75-Anwendungen gestrichen;

16.05.2023

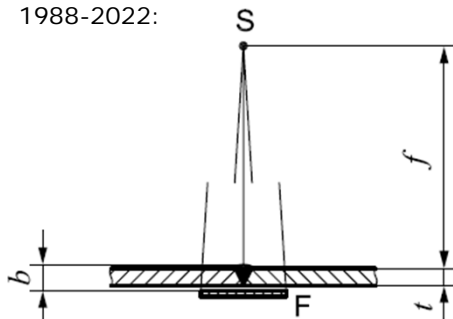
Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

9

Aktualisierung der Bilder, z.B. Bild 1 in Teil 1 & 2

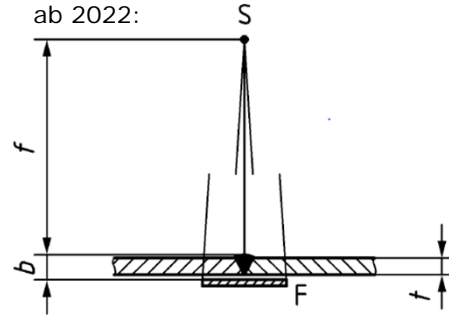
ISO 17636:2013

1988-2022:



ISO 17636:2022

ab 2022:



16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

10

Röntgenspannung versus Dicke (Anhang)

1988 – 2013 nur als Kurven:

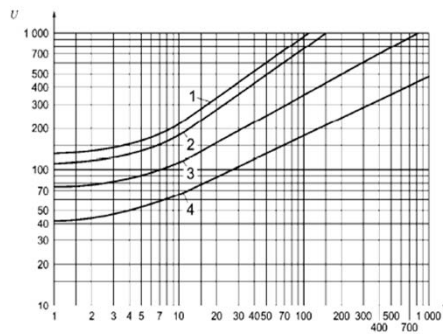
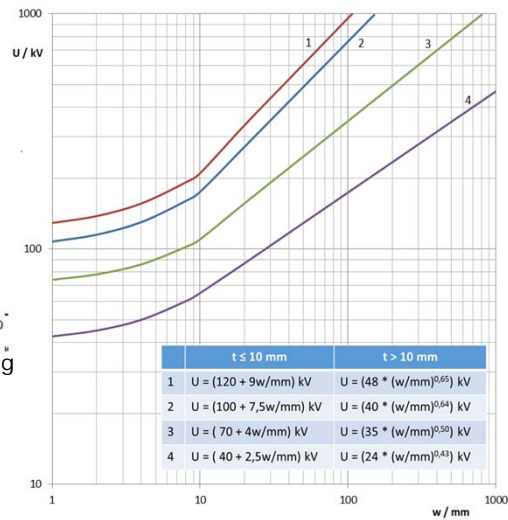


Bild 20: maximale Röntgenspannung

- 1 - Kupfer
- 2 - Stahl
- 3 - Titan
- 4 - Aluminium

16.05.2023

Ab 2022 auch Interpolationsformeln:



Filmersatz durch digitale Detektoren

- Seit über 2 Jahrzehnten werden in der Photographie fast ausschließlich digitale Kameras eingesetzt.
- In der Radiographie haben sich digitale Detektoren in der Medizin durchgesetzt; die ZfP braucht wesentlich länger.
- Gründe für den zögerlichen Einsatz digitaler Detektoren sind:
 - *Fehlende Normen (zu Beginn!),*
 - *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 ihre Leuchtkraft nicht mit Lichtkästen vergleichbar ist.
- Geschulte Filmauswerter können auch nach kurzer Einweisung Radiographien am Monitor auswerten.
- Die korrekte radiographische Belichtung vor Ort erfordert allerdings Training!

16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

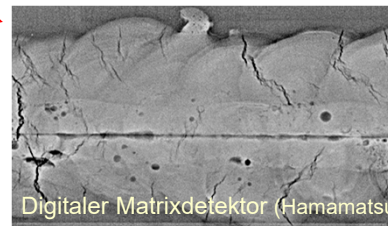
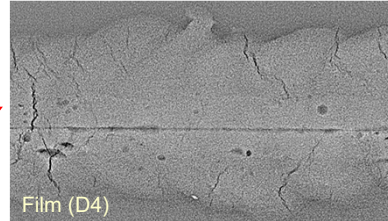
12

Motivation für Filmersatz durch Speicherfolien und Flachdetektoren



- Kürzere Prüf- und Auswertezeiten (P+A)
- Neue Einsatzgebiete durch höhere Prüfqualität und Objektumfang
- „more green“: Keine Chemikalien und gefährlichen Stoffe
- Kein Verbrauchsmaterial, dadurch Kostenersparnis

nach Hochpass-Filterung:



16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

13

DIN EN ISO 17636-2: Auswahlkriterien digitaler Filmersatz-Systeme



Beispiele:



Speicherfoliensysteme (CR) und digitale Matrixdetektoren (DDA)

16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

14

DIN EN ISO 17636-2

digitale Radiographie von Schweißnähten



Wichtigste Inhalte dieses Normteils (unverändert durch Revision):

- I. Zu erreichende Bildgütezahlen für Draht- und Stufe-Loch-Bildgütetestkörper (wie mit Film)
- II. Maximal zulässige Bild-/Detektorunschärfen (mit Doppeldraht-BPK)
- III. Wahl der Röhrenspannung oder des Gammastrahlers in Abhängigkeit von Material, Materialdicke und Detektor (als Empfehlung)
- IV. Mögliche Durchstrahlungsgeometrien (auch für ebene Detektoren)
- V. Mindestwerte für das normierte Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR_N)
- VI. Metallfolienmaterial und -dicke
- VII. **Neue Kompensationsprinzipie**

16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

15

Auswahl des geeigneten Detektors



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

Bildgüteklasse A, Doppeldraht-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
$w \leq 1,0$	D 13 0,10	0,05
$1,0 < w \leq 1,5$	D 12 0,125	0,063
$1,5 < w \leq 2$	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 Nenn Dicke t anzusetzen.
^b Die BPK-Auswertung für die Systemauswahl (siehe Anhang C) gilt für die Kontakt radiographie. Vergrößerungstechnik (siehe 7.7) angewendet, muss die BPK-Auswertung in den entsprechenden Referenz-Durchstrahlungsbildern erfolgen.

ISO 17636-2

16.05.2023

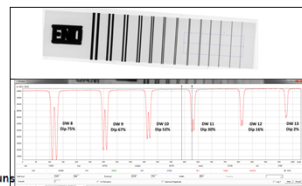
Revision c

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 Nenn Dicke 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.



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



Kompensiere fehlende Ortsauflösung durch erhöhte Einzeldraht-Erkennbarkeit:

Eine geringere Ortsauflösung, z.B. ein zu geringer Doppeldrahtwert (Dxx), kann durch einen größeren Wert bei der Drahterkennbarkeit (Wxx) kompensiert werden.

Maximal drei (**neu in 2023**) Bildgütewerte dürfen einander kompensieren:

Prüfklasse B
10 mm Wanddicke

Doppeldrahtwert
Einzeldrahtwert

Nicht
OK
D12
W13

Gefordert:
D11
W14

OK:
D10
W15

OK
D 9
W16

OK
D8
W17

16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

17

Änderungen in der ISO 17636-2:2022 gegenüber 2013, Kurzfassung



- **Gamma- und Hochenergie-Radiographie**
 - Änderungen der **Ausnahmeregeln für Ir-192, Se-75 (Teil 1 & 2)** nur noch im Text, in Tabellen nur noch Verweis auf 6.9!
- Fehlende Info zu Zentralaufnahme mit BPK außen. → **Referenzaufnahme**
- **Berechnung des SOD (f_{min}) zu kompliziert**
 - **Grafik** eingefügt für $b>t$ bei ebenen Detektoren
 - Unschärfen u_D vs. u_G → **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 Bild 20 (Grenzenergiediagramm)
- Nutzung von **ASTM-Draht BPKs** erlaubt
- **Anhang C gekürzt** nach Revision von **ISO 19232-5** (Messung der Basisortsauflösung SR_b)
 - Konsequente Nutzung von SR_b^{image} und $SR_b^{detector}$ (u_{im} u_D u_G u_T) im Text
- Anhang D: GV vs. SNR_N ; **Note zu Fading** hinzugefügt (PSL Abklingen nach Stunden bis Tage)

16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

18

Zusammenfassung



- Filmsatz durch die digitale Radiographie erfordert eine unterschiedliche Arbeitsweise im Vergleich zur Filmradiographie, um die gleiche oder eine bessere Bildqualität zu erhalten.
- **Die DIN EN ISO 17636 hat die DIN EN 1435 seit 2013 abgelöst!**
- DIN EN ISO 17636-2 beschreibt die Arbeitsweise zum Filmsatz durch Speicherfolien (CR) oder digitale Matrixdetektoren (DDA).
- DIN EN ISO 17636-1 ist äquivalent zur DIN EN 1435 mit einigen Änderungen (Gamma-Strahler).
- Neue Anforderungen zur Auswahl digitaler Detektoren für die Schweißnahtprüfung auf Basis der Detektor- bzw. Bildunschärfe sind tabelliert, in DIN EN ISO 17636-2:2023 wurden diese nicht geändert!
- Die essentiellen Parameter „spezifischer Kontrast“ (μ_{eff}) „Signal zu Rausch-Verhältnis“ (SNR) und „Basisortsauflösung“ (SR_b) beeinflussen die Bildqualität im digitalen Röntgenbild. Die Zusammenhänge sind in die Ausbildungsunterlagen der DGZfP eingegangen.
- Ein gefordertes minimales SNR_N oder ein geforderter minimaler Grauwert (nur bei CR) ersetzen die Anforderungen an die zu erreichende minimale optische Dichte der Filmradiographie.
- Neue Belichtungsanordnungen gestatten den Einsatz von flachen Matrixdetektoren oder Kassetten anstatt von Filmen, die an gekrümmten Objekten angelegt werden. ISO 17636-2:2023 hat hier nachgebessert und bietet neue Diagramme für eine vereinfachte Benutzung.
- Matrixdetektoren können eine bessere Bildqualität als Röntgenfilme erreichen.
- Matrixdetektoren können mit deutlich geringerer Dosis als Filme belichtet werden.
- Digitale Detektoren ermöglichen die Prüfung mit einem deutlich höheren Objektumfang.

16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

19



Sicherheit in Technik und Chemie

ENDE

Fragen... ?



16.05.2023

Revision der ISO 17636 zur Schweißnahtprüfung

20