

**DIN EN ISO 17636-2**

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

Gesamtumfang 63 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN  
Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS) im DIN

## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 17636-2:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen“, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-08-22 AA „Durchstrahlungsprüfung und Strahlenschutz“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

|             |                          |
|-------------|--------------------------|
| ISO 9712    | siehe DIN EN ISO 9712    |
| ISO 16371-1 | siehe DIN EN 14784-1     |
| ISO 17636-1 | siehe DIN EN ISO 17636-1 |
| ISO 19232-1 | siehe DIN EN ISO 19232-1 |
| ISO 19232-2 | siehe DIN EN ISO 19232-2 |
| ISO 19232-4 | siehe DIN EN ISO 19232-4 |
| ISO 19232-5 | siehe DIN EN ISO 19232-5 |

## **Änderungen**

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

- a) Normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) Dokument wurde in 2 Teile aufgeteilt wobei der vorliegende Teil für Durchstrahlungsprüfungen unter Anwendung von digitalen Detektoren anwendbar ist;
- c) Röntgenröhren bis zu einer Spannung von 1 000 kV wurden aufgenommen;
- d) Normativer Anhang C zur Bestimmung der Basis-Ortsauflösung wurde aufgenommen;
- e) Normativer Anhang D zur Bestimmung der Mindest-Grauwerte für die praktische Anwendung der Computer-Radiographie wurde aufgenommen;
- f) Informativer Anhang E mit allgemeinen Anmerkungen zu Grauwerten wurde aufgenommen;
- g) Dokument wurde redaktionell überarbeitet;
- h) ISO-Norm von CEN übernommen.

## **Frühere Ausgaben**

DIN 1914: 1935-08  
DIN 54111: 1954x-08  
DIN 54111-1: 1973-11, 1977-03, 1988-05  
DIN EN 1435: 1997-10, 2002-09  
DIN EN 1435 Berichtigung 1: 2004-05

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN 14784-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Computer-Radiographie mit Phosphor-Speicherfolien — Teil 1: Klassifizierung der Systeme*

DIN EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung*

DIN EN ISO 17636-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken unter Anwendung von Filmen*

DIN EN ISO 19232-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Bildgüteprüfkörper (Drahtsteg) — Ermittlung der Bildgütezahl*

DIN EN ISO 19232-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 2: Bildgüteprüfkörper (Stufe/Loch Typ) — Ermittlung der Bildgütezahl*

DIN EN ISO 19232-4, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 4: Experimentelle Ermittlung von Bildgütezahlen und Bildgütetabellen*

DIN EN ISO 19232-5, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 5: Bildgüteprüfkörper (Doppel-Drahtsteg) — Ermittlung der Bildunschärfe*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen -  
Durchstrahlungsprüfung - Teil 2: Röntgen- und  
Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (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)

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)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 14. Dezember 2012 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

**Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel**

## Inhalt

|                                                                                                                         | Seite     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort .....</b>                                                                                                    | <b>4</b>  |
| <b>Einleitung.....</b>                                                                                                  | <b>5</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich .....</b>                                                                                        | <b>6</b>  |
| <b>2 Normative Verweisungen .....</b>                                                                                   | <b>6</b>  |
| <b>3 Begriffe .....</b>                                                                                                 | <b>7</b>  |
| <b>4 Symbole und Bezeichnungen.....</b>                                                                                 | <b>10</b> |
| <b>5 Klassifizierung der radiographischen Techniken und Kompensationsprinzip.....</b>                                   | <b>11</b> |
| 5.1 Klassifizierung .....                                                                                               | 11        |
| 5.2 Kompensationsprinzip CP I, CP II oder CP III .....                                                                  | 11        |
| <b>6 Allgemeine Vorbereitungen und Anforderungen .....</b>                                                              | <b>12</b> |
| 6.1 Schutz vor ionisierender Strahlung .....                                                                            | 12        |
| 6.2 Oberflächenvorbehandlung und Herstellungsstufe.....                                                                 | 12        |
| 6.3 Lage der Schweißnaht auf dem Durchstrahlungsbild .....                                                              | 12        |
| 6.4 Zuordnung von Durchstrahlungsbildern .....                                                                          | 12        |
| 6.5 Kennzeichnung .....                                                                                                 | 12        |
| 6.6 Überlappung der digitalen Durchstrahlungsbilder .....                                                               | 13        |
| 6.7 Typ und Lage der Bildgüteprüfkörper (BPK) .....                                                                     | 13        |
| 6.8 Mindestbildgütezahlen .....                                                                                         | 14        |
| 6.9 Personalqualifizierung .....                                                                                        | 15        |
| <b>7 Empfohlene Vorgehensweise für die Aufnahme von digitalen Durchstrahlungsbildern.....</b>                           | <b>15</b> |
| 7.1 Aufnahmeanordnungen .....                                                                                           | 15        |
| 7.1.1 Allgemeines .....                                                                                                 | 15        |
| 7.1.2 Strahlenquelle vor dem Prüfgegenstand und Detektor auf der gegenüberliegenden Seite<br>(siehe Bild 1) .....       | 16        |
| 7.1.3 Strahlenquelle außerhalb und Detektor innerhalb des Prüfgegenstands (siehe Bilder 2 bis<br>4) .....               | 16        |
| 7.1.4 Strahlenquelle innerhalb und zentrisch, Detektor außerhalb des Prüfgegenstands (siehe<br>Bilder 5 bis 7) .....    | 17        |
| 7.1.5 Strahlenquelle innerhalb und exzentrisch, Detektor außerhalb des Prüfgegenstands (siehe<br>Bilder 8 bis 10) ..... | 18        |
| 7.1.6 Ellipsentechnik (siehe Bild 11) .....                                                                             | 19        |
| 7.1.7 Senkrechtechnik (siehe Bild 12).....                                                                              | 19        |
| 7.1.8 Strahlenquelle außerhalb des Prüfgegenstands und Detektor auf der anderen Seite (siehe<br>Bilder 13 bis 18) ..... | 20        |
| 7.1.9 Technik für unterschiedliche Werkstoffdicken (siehe Bild 19) .....                                                | 22        |
| <b>7.2 Auswahl der Röhrenspannung und der Strahlenquelle .....</b>                                                      | <b>22</b> |
| 7.2.1 Röntgenstrahler für bis zu 1 000 kV.....                                                                          | 22        |
| 7.2.2 Andere Strahlenquellen .....                                                                                      | 23        |
| <b>7.3 Detektorsysteme und Metallfolien .....</b>                                                                       | <b>24</b> |
| 7.3.1 Normiertes Mindest-Signal-Rausch-Verhältnis .....                                                                 | 24        |
| 7.3.2 Kompensationsprinzip CP II.....                                                                                   | 25        |
| 7.3.3 Aufnahmefolien für IP und Abschirmung .....                                                                       | 26        |
| <b>7.4 Ausrichtung des Strahlers .....</b>                                                                              | <b>26</b> |
| <b>7.5 Verminderung der Streustrahlung .....</b>                                                                        | <b>26</b> |
| 7.5.1 Metallfilter und Kollimatoren (Blenden) .....                                                                     | 26        |
| 7.5.2 Abschirmung von rückgestreuter Strahlung .....                                                                    | 28        |

|                                                                                                                             | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 7.6 Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand.....                                                                            | 28    |
| 7.7 Geometrische Vergrößerungstechnik.....                                                                                  | 32    |
| 7.8 Maximaler Bereich für eine einzelne Aufnahme.....                                                                       | 33    |
| 7.9 Verarbeitung.....                                                                                                       | 33    |
| 7.9.1 Abtasten und Auslesen der Bilder.....                                                                                 | 33    |
| 7.9.2 Kalibrierung der DDA.....                                                                                             | 33    |
| 7.9.3 Interpolation der Bad-Pixel.....                                                                                      | 34    |
| 7.9.4 Bildverarbeitung.....                                                                                                 | 34    |
| 7.10 Betrachtungsbedingungen am Monitor und Speicherung der digitalen<br>Durchstrahlungsbilder.....                         | 35    |
| 8 Prüfbericht .....                                                                                                         | 35    |
| Anhang A (normativ) Empfohlene Anzahl der Aufnahmen für eine ausreichende Prüfung einer<br>stumpfgeschweißten Rundnaht..... | 37    |
| Anhang B (normativ) Mindestbildgütezahlen (BZ oder Mindest-BPK-Werte) .....                                                 | 42    |
| B.1 Einwandige Durchstrahlung; BPK strahlerseitig .....                                                                     | 43    |
| B.2 Doppelwandige Durchstrahlung; Doppelbild; BPK strahlerseitig .....                                                      | 44    |
| B.3 Doppelwandige Durchstrahlung; Ein- oder Doppelbild; BPK detektorseitig.....                                             | 45    |
| B.4 Unschärfe .....                                                                                                         | 46    |
| Anhang C (normativ) Bestimmung der Basis-Ortsauflösung .....                                                                | 48    |
| Anhang D (normativ) Bestimmung der Mindest-Grauwerte für die Anwendung der Computer-<br>Radiographie.....                   | 52    |
| D.1 Bestimmung des normierten $SNR_N$ aus dem $SNR_{measured}$ .....                                                        | 52    |
| D.2 Bestimmung der Mindest-Grauwerte .....                                                                                  | 53    |
| Anhang E (informativ) Grauwerte, allgemeine Anmerkungen .....                                                               | 57    |
| E.1 Einführung .....                                                                                                        | 57    |
| E.2 Rauschkontrolle .....                                                                                                   | 57    |
| Literaturhinweise.....                                                                                                      | 59    |

## Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 17636-2:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen“, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juli 2013, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juli 2013 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1435:1997.

Die wichtigsten Änderungen sind:

- Normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- Dokument wurde in 2 Teile aufgeteilt wobei der vorliegende Teil für Durchstrahlungsprüfungen mit digitalen Detektoren anwendbar ist;
- Röntgenröhren bis zu einer Spannung von 1 000 kV wurden aufgenommen;
- Normativer Anhang C zur Bestimmung der Basis-Ortsauflösung wurde aufgenommen;
- Normativer Anhang D zur Bestimmung der Mindest-Grauwerte für die praktische Anwendung der Computer-Radiographie wurde aufgenommen;
- Informativer Anhang E mit allgemeinen Anmerkungen zu Grauwerten wurde aufgenommen;
- Dokument wurde redaktionell überarbeitet;
- ISO-Norm von CEN übernommen.

ISO 17636 besteht aus den folgenden Teilen unter dem Haupttitel *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung*:

- *Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken unter Anwendung von Filmen*;
- *Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken unter Anwendung digitaler Detektoren*.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## Einleitung

Diese Internationale Norm legt grundlegende Techniken der Durchstrahlungsprüfung mit dem Ziel fest, zufriedenstellende und wiederholbare Ergebnisse in wirtschaftlicher Weise zu erreichen. Die Techniken beruhen auf allgemein anerkannten Vorgehensweisen und den grundlegenden Theorien zum Thema, d. h. der Untersuchung von Schmelzschweißverbindungen unter Anwendung digitaler radiographischer Detektoren.

Digitale Detektoren liefern ein digitales Grauwertbild, das nur mit einem Rechner betrachtet und ausgewertet werden kann. Beschrieben wird das empfohlene Verfahren für die Auswahl des Detektors und der Durchstrahlungstechnik. Die Auswahl von Rechner, Software, Monitor, Drucker und Betrachtungsbedingungen ist von Bedeutung, bildet jedoch nicht den Schwerpunkt von diesem Teil von ISO 17636.

Das in diesem Teil von ISO 17636 festgelegte Verfahren enthält die Mindestanforderungen an das Durchstrahlungsverfahren zur Gewinnung digitaler Durchstrahlungsbilder mit einer Empfindlichkeit für den Nachweis von Unregelmäßigkeiten, die der in ISO 17636-1 festgelegten Radiographie mit Filmen gleichwertig ist.

## **1 Anwendungsbereich**

Dieser Teil von ISO 17636 legt grundlegende Techniken der digitalen Durchstrahlungsprüfung mit dem Ziel fest, zufriedenstellende und wiederholbare Ergebnisse in wirtschaftlicher Weise zu erreichen. Die Techniken beruhen auf allgemein anerkannten Vorgehensweisen und den grundlegenden Theorien zum Thema.

Dieser Teil von ISO 17636 gilt für die digitale Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen in metallischen Werkstoffen. Sie gilt für Schweißverbindungen von Platten und Rohren. Neben der konventionellen Bedeutung sollten in dieser Norm unter der Benennung „Rohr“ auch andere zylindrische Körper wie Druckleitungen, Kesseltrommeln und Druckbehälter verstanden werden.

**ANMERKUNG** Diese Norm steht im Einklang mit EN 14784-2 [6].

Dieser Teil von ISO 17636 legt die Anforderungen an die digitale Durchstrahlungsprüfung von Schweißverbindungen an Metallplatten und -rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen unter Anwendung entweder der Computer-Radiographie (CR) oder der Radiographie mit digitalen Matrixdetektoren (DDA, en: Digital Detector Arrays) fest, die dem Nachweis von Unregelmäßigkeiten dient.

Digitale Detektoren liefern ein Bild mit digitalen Grauwerten (GV), das nur mit einem Rechner betrachtet und ausgewertet werden kann. Dieser Teil von ISO 17636 legt das empfohlene Verfahren für die Auswahl des Detektors und die Durchstrahlungsprüfung fest. Die Auswahl von Rechner, Software, Monitor, Drucker und Betrachtungsbedingungen ist von Bedeutung, bildet jedoch nicht den Schwerpunkt von diesem Teil von ISO 17636. Das in diesem Teil von ISO 17636 festgelegte Verfahren enthält die Mindestanforderungen an das Durchstrahlungsverfahren zur Gewinnung digitaler Durchstrahlungsbilder mit einer Empfindlichkeit für den Nachweis von Unregelmäßigkeiten, die der in ISO 17636-1 festgelegten Radiographie mit Filmen gleichwertig ist.

Dieser Teil von ISO 17636 legt keine Zulässigkeitsgrenzen für Anzeigen in den digitalen Durchstrahlungsbildern fest.

Wenn die Vertragspartner niedrigere Prüfkriterien verwenden, kann die erreichte Güte deutlich niedriger sein als bei strikter Anwendung von diesem Teil von ISO 17636.

## **2 Normative Verweisungen**

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 5576, *Non-destructive testing — Industrial X-ray and gamma-ray radiology — Vocabulary*

ISO 9712, *Non-destructive testing — Qualification and certification of personnel*

ISO 16371-1, *Non-destructive testing — Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates — Part 1: Classification of systems*

ISO 19232-1, *Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 1: Image quality indicators (wire type) — Determination of image quality value*

ISO 19232-2, *Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 2: Image quality indicators (step/hole type) — Determination of image quality value*

ISO 19232-4, *Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 4: Experimental evaluation of image quality values and image quality tables*

ISO 19232-5, *Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 5: Image quality indicators (duplex wire type) — Determination of image unsharpness value*

EN 12543 (alle Teile), *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung*

EN 12679, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bestimmung der Strahlergrößen von industriell genutzten Radio-Nukliden — Durchstrahlungsverfahren*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5576 und die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **Computer-Radiographie**

##### **CR (en: Computed Radiography)**

##### **Phosphor-Speicherfolien-System**

vollständiges System, das aus einer Phosphor-Speicherfolie (IP) und der zugehörigen Ausleseseinheit (Abtastsystem bzw. Scanner) besteht, mit der die Informationen aus der IP in ein digitales Bild umgewandelt werden

#### 3.2

##### **Phosphor-Speicherfolie**

##### **IP (en: Imaging Plate)**

photo-stimulierbares lumineszierendes Material, das in der Lage ist, ein latentes Durchstrahlungsbild des untersuchten Werkstoffs zu speichern, und das bei Anregung mit einer roten Lichtquelle geeigneter Wellenlänge blaues Lumineszenzlicht proportional zur absorbierten Röntgenstrahlung erzeugt

**ANMERKUNG** Bei der Computer-Radiographie wird anstelle eines Films eine IP verwendet. Bei der Festlegung von Techniken im Zusammenhang mit der Strahlergröße oder Aufnahmegeometrien wird die IP als Detektor bezeichnet (d. h. Abstand Strahlenquelle – Detektor bzw. FDA).

#### 3.3

##### **digitales Matrixdetektor-System**

##### **DDA-System (en: Digital Detector Array System)**

elektronisches Gerät, das ionisierende oder durchdringende Strahlung in eine diskrete Matrix analoger Signale umwandelt, die anschließend digitalisiert und an einen Rechner übertragen werden, um dort als digitales Bild angezeigt zu werden, das der örtlichen radiologischen Energieverteilung entspricht, die auf die strahlungsempfindliche Fläche des Geräts wirkt

#### 3.4

##### **Strukturrauschen der Speicherfolie**

##### **Strukturrauschen der IP**

Störmuster, verursacht durch Inhomogenitäten in der empfindlichen Schicht (Körnigkeit) und der Oberfläche einer Speicherfolie

**ANMERKUNG 1** Nach dem Abtasten der bestrahlten Speicherfolie erscheinen diese Inhomogenitäten als festes Störmuster im digitalen Bild.

**ANMERKUNG 2** Dieses Rauschen begrenzt die maximal erreichbare Bildgüte von digitalen CR-Bildern und ist mit der Körnigkeit in Filmbildern vergleichbar.

#### 3.5

##### **Strukturrauschen des digitalen Matrixdetektor-Systems**

##### **Strukturrauschen des DDA**

Störmuster, verursacht durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Detektorelemente (Pixel)

**ANMERKUNG** Nach dem Auslesen des bestrahlten, nicht kalibrierten DDA erscheinen diese Inhomogenitäten des DDA als festes Störmuster (Strukturrauschen) im digitalen Bild. Deshalb erfordern sämtliche DDA nach dem Auslesen eine softwarebasierte Kalibrierung (Software und Anleitung werden durch den Hersteller bereitgestellt). Ein geeignetes Kalibrierverfahren verringert dieses Strukturrauschen.

#### 3.6

##### **Grauwert**

##### **GV (en: Grey Value)**

numerischer Wert eines Pixels in einem digitalen Bild

**ANMERKUNG** Dieser Begriff wird auch als Pixelwert, Detektorantwort, Analog-Digital-Wandlerwert oder Detektorsignal bezeichnet und ist mit ihnen austauschbar.

### 3.7

#### linearisierter Grauwert

$GV_{lin}$

numerischer Wert eines Pixels, der direkt proportional zur Bestrahlungsdosis des Detektors ist und den Wert *Null* aufweist, wenn der Detektor nicht bestrahlt wurde

ANMERKUNG Dieser Begriff wird auch als linearisierter Pixelwert oder linearisiertes Detektorsignal bezeichnet und ist mit ihnen austauschbar.

### 3.8

#### Basis-Ortsauflösung eines digitalen Detektors

$SR_b^{detector}$  (en: **Basic Spatial Resolution**)

Hälfte der gemessenen Bildunschärfe in einem digitalen Bild, entspricht der effektiven Pixelgröße und gibt das kleinste geometrische Detail an, das mit dem digitalen Detektor ohne Vergrößerung ( $V=1$ ) aufgelöst werden kann

ANMERKUNG 1 Für diese Messung ist der Doppeldraht-BPK direkt auf den DDA oder die Speicherfolie zu legen.

ANMERKUNG 2 Die Messung der Unschärfe ist in ISO 19232-5 beschrieben, siehe auch ASTM E 2736 [13] und ASTM E 1000 [8].

### 3.9

#### Basis-Ortsauflösung eines digitalen Bildes

$SR_b^{image}$

Hälfte der gemessenen Bildunschärfe in einem digitalen Bild, entspricht der effektiven Pixelgröße und gibt das kleinste geometrische Detail an, das in einem digitalen Bild aufgelöst werden kann. Für diese Messung ist der Doppeldraht-BPK direkt auf die der Strahlenquelle zugewandten Seite des Prüfgegenstandes zu legen.

ANMERKUNG Die Messung der Unschärfe ist in ISO 19232-5 beschrieben, siehe auch ASTM E 2736 [13] und ASTM E 1000 [8].

### 3.10

#### Signal-Rausch-Verhältnis

$SNR$  (en: **Signal-to-Noise Ratio**)

Quotient aus dem Mittelwert der linearisierten Grauwerte und der Standardabweichung der linearisierten Grauwerte (Rauschen) in einem bestimmten interessierenden Objektbereich auf einem digitalen Bild

### 3.11

#### normiertes Signal-Rausch-Verhältnis

$SNR_N$  (en: **Normalized Signal-to-Noise Ratio**)

$SNR$ , normiert mit der Basis-Ortsauflösung,  $SR_b$ , entweder direkt im digitalen Bild gemessen und/oder aus dem im Bild gemessenen  $SNR_{measured}$  wie folgt berechnet

$$SNR_N = SNR_{measured} \times (88,6 \mu m / SR_b)$$

### 3.12

#### Kontrast-Rausch-Verhältnis

$CNR$  (en: **Contrast-to-Noise Ratio**)

Quotient aus der Differenz der mittleren Grauwerte von zwei Bildbereichen und der gemittelten Standardabweichung der Grauwerte

ANMERKUNG Das  $CNR$  beschreibt eine Komponente der Bildgüte und hängt näherungsweise vom Produkt aus radiographischem Schwächungskoeffizienten und  $SNR$  ab. Zusätzlich zu einem angemessenen  $CNR$  muss ein digitales Durchstrahlungsbild auch eine angemessene Unschärfe bzw. Basis-Ortsauflösung aufweisen, um die gewünschten interessierenden Merkmale aufzulösen.

### 3.13

#### normiertes Kontrast-Rausch-Verhältnis

$CNR_N$

$CNR$ , normiert mit der Basis-Ortsauflösung,  $SR_b$ , entweder direkt im Bild gemessen und/oder aus dem im Bild gemessenen  $CNR$  wie folgt berechnet

$$CNR_N = CNR \times (88,6 \mu m / SR_b)$$

### 3.14

#### **Aliasing**

Artefakte, die im Bild erscheinen, wenn die Ortsfrequenz am Eingang des digitalen Systems die am Ausgang reproduzierbare Ortsfrequenz überschreitet

ANMERKUNG Aliasing erscheint häufig in Form von gezackten oder stufigen Abschnitten in einer Zeile oder als Moiré-Muster.

### 3.15

#### **Cluster-Kernel-Pixel**

##### **CKP (en: Cluster Kernel Pixel)**

Bad-Pixel, das nicht mindestens fünf korrekt funktionierende Nachbapixel aufweisen

ANMERKUNG Siehe ASTM E 2597 [11] für Details bezüglich Bad-Pixel und CKP-Beschreibung.

### 3.16

#### **Nenndicke**

$t$

Dicke des Grundwerkstoffs nur für Fälle, in denen Herstellungsabweichungen nicht berücksichtigt werden müssen

### 3.17

#### **Änderung der durchstrahlten Dicke**

$\Delta t$

Änderung der durchstrahlten Dicke bezogen auf die Nenndicke aufgrund des Strahlwinkels

### 3.18

#### **durchstrahlte Dicke**

$w$

Dicke des Werkstoffs in Strahlungsrichtung, berechnet aus der Nenndicke aller durchstrahlten Wände

### 3.19

#### **Abstand Prüfgegenstand – Detektor**

$b$

größter (maximaler) Abstand zwischen der der Strahlenquelle zugewandten Seite des durchstrahlten Bereiches des Prüfgegenstands und der strahlungsempfindlichen Detektorschicht in Richtung des Zentralstrahles

### 3.20

#### **Größe der Strahlenquelle**

$d$

Strahler- oder Brennfleckgröße der eingesetzten Strahlenquelle

ANMERKUNG Siehe EN 12679 oder EN 12543

### 3.21

#### **Abstand Strahlenquelle – Detektor**

##### **FDA, SDD (en: Source-to-Detector Distance)**

Abstand zwischen der Strahlenquelle und dem Detektor in Strahlungsrichtung (Fokus-Detektor-Abstand)

ANMERKUNG  $FDA = f + b$

Dabei ist

$f$  der Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand;

$b$  der Abstand Prüfgegenstand – Detektor.

### 3.22

#### **Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand**

$f$

Abstand zwischen der Strahlenquelle und der der Strahlenquelle zugewandten und am weitesten vom Detektor entfernten Seite des Prüfgegenstands in Richtung des Zentralstrahles

### 3.23

#### Durchmesser

$D_e$

äußerer Nenndurchmesser des Rohres

### 3.24

#### geometrische Vergrößerung

$v$

Quotient aus dem Abstand Strahlenquelle - Detektor  $FDA$  und dem Abstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand  $f$

## 4 Symbole und Bezeichnungen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in Tabelle 1 aufgeführten Symbole.

**Tabelle 1 — Symbole und Bezeichnungen**

| Symbol             | Bezeichnung                                                                                                                                                               |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $b$                | Abstand Prüfgegenstand - Detektor                                                                                                                                         |
| $b'$               | Abstand Prüfgegenstand – Detektor, senkrecht zur Prüfgegenstandsoberfläche                                                                                                |
| $d$                | Größe der Strahlenquelle, Brennfleckgröße                                                                                                                                 |
| $D_e$              | äußerer Durchmesser                                                                                                                                                       |
| $f$                | Abstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand                                                                                                                                   |
| $f'$               | Abstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand, senkrecht zur Prüfgegenstandsoberfläche                                                                                          |
| $t$                | Nenndicke                                                                                                                                                                 |
| $\Delta t$         | Änderung der durchstrahlten Dicke                                                                                                                                         |
| $u_G$              | geometrische Bildunschärfe                                                                                                                                                |
| $u_I$              | innere Bildunschärfe des Detektorsystems ohne geometrische Bildunschärfe, gemessen im Digitalbild mit einem Doppeldraht-BPK direkt am Detektor                            |
| $u_{Im}$           | geforderte Bildunschärfe, gemessen im Digitalbild mit einem Doppeldraht-BPK in der Prüfgegenstandsebene                                                                   |
| $u_T$              | Gesamt-Bildunschärfe (einschließlich der geometrischen Bildunschärfe), gemessen im Digitalbild in der Detektorebene mit einem Doppeldraht-BPK in der Prüfgegenstandsebene |
| $v$                | geometrische Vergrößerung                                                                                                                                                 |
| $w$                | durchstrahlte Dicke                                                                                                                                                       |
| BPK                | Bildgüteprüfkörper                                                                                                                                                        |
| CKP                | Cluster-Kernel-Pixel                                                                                                                                                      |
| CNR                | Kontrast-Rausch-Verhältnis                                                                                                                                                |
| $CNR_N$            | normiertes Kontrast-Rausch-Verhältnis                                                                                                                                     |
| CR                 | Computer-Radiographie mit Speicherfolien                                                                                                                                  |
| D                  | Detektor                                                                                                                                                                  |
| DDA                | digitaler Matrixdetektor                                                                                                                                                  |
| $FDA, SDD$         | Abstand Strahlenquelle - Detektor                                                                                                                                         |
| IP                 | Phosphor-Speicherfolie                                                                                                                                                    |
| S                  | Strahlenquelle                                                                                                                                                            |
| SNR                | Signal-Rausch-Verhältnis                                                                                                                                                  |
| $SNR_N$            | Normiertes Signal-Rausch-Verhältnis                                                                                                                                       |
| $SR_b$             | Basis-Ortsauflösung, bestimmt mit dem Doppeldraht-BPK direkt am Detektor                                                                                                  |
| $SR_{b\_detector}$ | Basis-Ortsauflösung des digitalen Detektors                                                                                                                               |
| $SR_{b\_image}$    | Basis-Ortsauflösung, bestimmt mit dem Doppeldraht-BPK auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite des Prüfgegenstandes                                                   |

## 5 Klassifizierung der radiographischen Techniken und Kompensationsprinzipie

### 5.1 Klassifizierung

Die radiographischen Techniken werden in zwei Klassen eingeteilt:

- Klasse A: Grundtechniken;
- Klasse B: verbesserte Prüftechniken.

Die Techniken der Klasse B werden angewendet, wenn Klasse A zu unempfindlich sein könnte.

Bessere Prüftechniken im Vergleich zur Klasse B sind möglich und dürfen zwischen den Vertragspartnern unter Festlegung aller geeigneten Prüfparameter vereinbart werden.

Die Wahl der digitalen radiographischen Technik ist zwischen den Vertragspartnern zu vereinbaren.

Die Erkennbarkeit von Fehlern in der digitale Radiographie ist äquivalent zur Filmradiographie, wenn die jeweilige Technik der Klasse A bzw. der Klasse B eingesetzt wird.. Die Erkennbarkeit ist durch Einsatz von BPK nach ISO 19232-1 oder ISO 19232-2 und ISO 19232-5 nachzuweisen.

Wenn es technisch nicht möglich ist, eine der für die Klasse B festgelegten Prüfbedingungen, wie den Typ der Strahlenquelle oder den Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand  $f$ , einzuhalten, darf zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden, dass die jeweilige Prüfbedingung nach Klasse A gewählt wird. Der Verlust an Empfindlichkeit muss durch eine Erhöhung des Mindest-Grauwerts (GV) und des  $SNR_N$  für die CR bzw. des  $SNR_N$  für die DDA-Technik kompensiert werden (empfohlene Erhöhung des  $SNR_N$  um einen Faktor von 1,4). Aufgrund der gegenüber Klasse A höheren Prüfempfindlichkeit dürfen die Prüfabschnitte als nach Klasse B geprüft angesehen werden, wenn die ordnungsgemäße BPK-Empfindlichkeit erreicht wird. Dies gilt nicht, wenn die besonderen FDA-Verringerungen nach 7.6 für die Aufnahmeanordnungen 7.1.4 und 7.1.5 verwendet werden.

### 5.2 Kompensationsprinzipie CP I, CP II oder CP III

**5.2.1 Allgemeines.** Drei Kompensationsprinzipie (CP I, CP II oder CP III) können nach diesem Teil von ISO 17636 benutzt werden, um eine ausreichende Kontrastempfindlichkeit zu erzielen.

Das erfordert ein Mindest-Kontrast-Rausch-Verhältnis ( $CNR_N$ ), normiert auf die Basis-Ortsauflösung des Detektors pro detektierbarer Material-Dickendifferenz  $\Delta w$ , zu erzielen. Wenn das geforderte normierte Kontrast-Rausch-Verhältnis ( $CNR_N$  pro  $\Delta w$ ) nicht erreicht werden kann aufgrund eines ungenügenden Wertes von einem der folgenden Parameter, kann dieses durch ein erhöhtes Signal-Rausch-Verhältnis kompensiert werden:

**5.2.2 CP I.** Kompensation des reduzierten Kontrasts (z. B. durch erhöhte Röntgenröhren-Spannung) durch erhöhtes SNR (z. B. durch erhöhten Röntgenröhrenstrom oder Belichtungszeit).

**5.2.3 CP II.** Kompensation ungenügender Abbildungsschärfe des Detektors (der Wert der Basis-Ortsauflösung im Bild ist höher als gefordert) durch erhöhtes SNR (d. h. eine Verbesserung der Bildgütezahl um jeweils 1 am Draht- oder Stufe/Loch-BPK für jeden fehlenden Doppeldraht-BPK-Wert).

**5.2.4 CP III.** Kompensation einer erhöhten lokalen Interpolationsunschärfe aufgrund der Bad-Pixel-Korrektur für DDAs durch ein erhöhtes SNR.

**5.2.5 Theoretischer Hintergrund.** Diese Kompensationsprinzipie basieren auf der folgenden Näherung für kleine Fehler ( $\Delta w \ll w$ ):

$$\frac{\text{CNR}_N}{\Delta w} = c \cdot \frac{\mu_{\text{eff}} \cdot \text{SNR}}{\text{SR}_b}$$

Dabei ist

- $c$  Konstante;
- $\mu_{\text{eff}}$  effektiver Schwächungskoeffizient, äquivalent zum spezifischen Kontrast des Materials;
- $\text{CNR}_N$  normiertes CNR, wie im Digitalbild gemessen.

## 6 Allgemeine Vorbereitungen und Anforderungen

### 6.1 Schutz vor ionisierender Strahlung

**WARNUNG — Die Exposition jeglicher Teile des menschlichen Körpers gegenüber Röntgen- oder Gammastrahlen kann hochgefährlich für die Gesundheit sein. Bei der Anwendung von Röntgenstrahlung oder radioaktiven Strahlenquellen müssen die zutreffenden gesetzlichen Anforderungen beachtet werden.**

Lokale, nationale oder internationale Sicherheitsvorschriften müssen strikt befolgt werden, wenn ionisierende Strahlung angewendet wird.

### 6.2 Oberflächenvorbehandlung und Herstellungsstufe

Im Allgemeinen ist eine Oberflächenvorbehandlung nicht notwendig; wenn jedoch Unregelmäßigkeiten der Oberfläche oder Beschichtungen Schwierigkeiten beim Nachweis von Fehlern verursachen könnten, muss/müssen die Oberfläche geglättet oder die Beschichtungen entfernt werden.

Sofern nicht anders festgelegt, muss die digitale Durchstrahlungsprüfung nach der letzten Herstellungsstufe, z. B. Schleifen oder Wärmebehandlung, durchgeführt werden.

### 6.3 Lage der Schweißnaht auf dem Durchstrahlungsbild

Wenn das digitale Durchstrahlungsbild die Schweißnaht nicht zeigt, müssen auf jede Seite der Schweißnaht hochdichte Marker (Identifizierungszeichen) gelegt werden.

### 6.4 Zuordnung von Durchstrahlungsbildern

Auf jedem Bereich des Prüfgegenstands, der digital zu durchstrahlen ist, müssen Zeichen angebracht werden. Wenn möglich, müssen die Abbildungen dieser Zeichen auf dem digitalen Durchstrahlungsbild außerhalb des interessierenden Objektbereichs erscheinen und eine eindeutige Zuordnung des Bereichs sicherstellen.

### 6.5 Kennzeichnung

Zur genauen Lokalisierung jeder digitalen Durchstrahlungsaufnahme muss eine dauerhafte Kennzeichnung auf dem zu untersuchenden Prüfgegenstand angebracht werden (z.B. Nullpunkt, Richtung, Identifizierung, Positionierung).

Wenn die Art des Werkstoffs und/oder dessen Betriebsbedingungen eine dauerhafte Kennzeichnung nicht zulassen, darf die Lage mit Hilfe genauer Skizzen oder Photographien aufgezeichnet werden.

## 6.6 Überlappung der digitalen Durchstrahlungsbilder

Wird ein Bereich mit zwei oder mehr separaten digitalen Detektoren (Speicherfolien) durchstrahlt, müssen die Detektoren sich gegenseitig ausreichend überlappen um sicherzustellen, dass der gesamte interessierende Objektbereich durchstrahlt wird. Dies muss durch einen hochdichten Marker auf der Oberfläche des Prüfgegenstands nachgewiesen werden, der auf jedem digitalen Bild erscheint. Werden die Durchstrahlungsbilder sequentiell aufgenommen, müssen die hochdichten Marker auf jedem der Durchstrahlungsbilder sichtbar sein.

## 6.7 Typ und Lage der Bildgüteprüfkörper (BPK)

Die Bildgüte muss durch Anwendung von Bildgüteprüfkörper (BPK) nach ISO 19232-5 und ISO 19232-1 oder ISO 19232-2 nachgewiesen werden.

Die Basis-Ortsauflösung des digitalen Detektorsystems,  $SR_b^{\text{detector}}$ , muss nach dem im Anhang C beschriebenen Verfahren anhand eines Referenzbildes überprüft werden. Die Basis-Ortsauflösung  $SR_b$  oder der Doppeldraht-BPK-Wert muss bestimmt werden um zu überprüfen, ob die eingesetzte Gerätetechnik die Anforderungen nach den Tabellen B.13 und B.14 in Abhängigkeit der durchstrahlten Materialdicke erfüllt. Für diesen Fall muss der Doppeldraht-BPK direkt auf dem digitalen Detektor positioniert werden. Die Verwendung des Doppeldraht-BPK (nach ISO 19232-5) für Durchstrahlungsaufnahmen in der Routineprüfung ist nicht obligatorisch. Die Forderung zur Verwendung eines Doppeldraht-BPK zusätzlich zum Draht-BPK in der Routineprüfung kann Teil einer Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern sein. Bei der Routineprüfung muss sich der Doppeldraht-BPK auf dem Prüfgegenstand befinden. Die gemessene Basisortsauflösung des Digitalbildes ( $SR_b^{\text{image}}$ ) (siehe Anhang C) darf nicht die geforderten Maximalwerte in Abhängigkeit der durchstrahlten Materialdicke überschreiten (siehe Tabellen B.13 oder B.14). Für die Einbild-Auswertung wird die einfache Wanddicke als durchstrahlte Materialdicke verwendet. Für eine Doppelwand-/Doppelbild-Auswertung (Bilder 11 und 12) mit dem Doppeldraht-BPK auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite des Rohres wird der äußere Rohrdurchmesser als durchstrahlte Materialdicke für die Bestimmung der notwendigen Basis-Ortsauflösung ( $SR_b^{\text{image}}$ ) aus Tabellen B.13 und B.14 verwendet. Die Basis-Ortsauflösung des Detektors ( $SR_b^{\text{detector}}$ ) für eine Doppelwand-/Doppelbild-Auswertung soll den Werten aus Tabelle B.13 oder B.14 basierend auf der doppelten Nenndicke als durchstrahlte Materialdicke entsprechen.

Wenn die Vergrößerungstechnik (siehe 7.7) mit  $\nu > 1,2$  verwendet wird, dann muss der Doppeldraht-BPK für alle Durchstrahlungsaufnahmen in der Routineprüfung verwendet werden.

Der Doppeldraht-BPK ist mit einer Neigung von einigen Grad ( $2^\circ$  bis  $5^\circ$ ) gegenüber den Zeilen oder Spalten des digitalen Bildes anzuordnen. Wird der BPK mit einem Winkel von  $45^\circ$  zu den digitalen Zeilen oder Spalten angeordnet, muss der erhaltene BPK-Wert um einen Wert von eins reduziert werden.

Die Kontrastempfindlichkeit der digitalen Bilder ist durch Anwendung der BPK entsprechend der jeweiligen Anwendung nach den Tabellen B.1 bis B.12 (siehe auch ISO 19232-1 oder ISO 19232-2) nachzuweisen.

Die eingesetzten Draht- oder Stufe/Loch-BPK sind vorzugsweise auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite des Prüfgegenstands, im Zentrum des interessierenden Objektbereichs, auf dem Grundwerkstoff neben der Schweißnaht anzuordnen. Die BPK müssen sich in engem Kontakt zur Oberfläche des Prüfgegenstands befinden. Sie müssen in einem Bereich gleichmäßiger Dicke liegen, der durch einen gleichmäßigen Grauwert (Mittelwert) im digitalen Bild charakterisiert ist.

Je nach verwendetem BPK-Typ müssen die Fälle a) und b) betrachtet werden:

- a) Wenn ein Draht-BPK verwendet wird, müssen die Drähte senkrecht zur Schweißnaht ausgerichtet werden, und durch seine Lage muss sichergestellt sein, dass mindestens 10 mm der Drahtlänge in einem Bereich mit gleichmäßigem Grauwert GV oder  $SNR_N$  liegen, wobei dieser Bereich üblicherweise im der Schweißnaht benachbarten Grundwerkstoff liegt. Bei Durchstrahlungsaufnahmen nach 7.1.6 und 7.1.7 kann der BPK mit den Drähten quer zur Rohrachse gelegt werden; die Projektion der Drähte sollte nicht in das Bild der Schweißnaht hineinragen.
- b) Wenn ein Stufe/Loch-BPK verwendet wird, muss er so gelegt werden, dass sich die geforderte Lochnummer dicht an der Schweißnaht befindet.

Bei Durchstrahlungsaufnahmen nach 7.1.6 und 7.1.7 kann der verwendete BPK entweder auf die der Strahlenquelle oder die dem Detektor zugewandte Seite gelegt werden. Wenn die BPK nicht entsprechend den vorstehend genannten Bedingungen angeordnet werden können, werden sie auf die dem Detektor zugewandte Seite gelegt, und die Bildgüte muss mindestens einmal unter den gleichen Bedingungen durch eine Vergleichsaufnahme mit einem BPK auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite und einem zweiten BPK auf der dem Detektor zugewandten Seite bestimmt werden.

Bei Doppelwanddurchstrahlungsaufnahmen, wenn der BPK auf die dem Detektor zugewandte Seite gelegt wurde, ist die vorstehend genannte Prüfung nicht erforderlich. In diesem Fall sollte auf die entsprechenden Tabellen (Tabelle B.1 bis B.12) Bezug genommen werden.

Wenn der BPK auf die dem Detektor zugewandte Seite gelegt wird, muss der Buchstabe „F“ nahe an den BPK gelegt und dies im Prüfbericht angegeben werden.

Die Aufnahmekennzeichnung und der Bleibuchstabe „F“, falls verwendet, dürfen nicht in den auszuwertenden Bereich projiziert werden, es sei denn, eine solche geometrische Anordnung ist unpraktisch.

Wenn sichergestellt wurde, dass digitale Durchstrahlungsbilder von gleichartigen Prüfgegenständen und -bereichen mit identischer Aufnahme- und Verarbeitungstechnik hergestellt werden und keine Unterschiede in der Bildgütezahl wahrscheinlich sind, ist es nicht erforderlich, die Bildgüte für jede digitale Aufnahme nachzuweisen; in diesem Falle ist der Umfang des Bildgütenachweises zwischen den Vertragspartnern zu vereinbaren.

Bei Durchstrahlungsaufnahmen von Rohren mit einem Durchmesser von mindestens 200 mm und einer zentral angeordneten Strahlenquelle sollten mindestens drei BPK gleichmäßig auf dem Umfang verteilt werden. Die Bilder der BPK werden dann als repräsentativ für den gesamten Umfang angesehen.

## **6.8 Mindestbildgütezahlen**

Die Tabellen B.1 bis B.14 zeigen die Mindestbildgütezahlen BZ für metallische Werkstoffe. Für andere Werkstoffe dürfen diese oder entsprechende andere Anforderungen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden. Die Anforderungen müssen nach ISO 19232-4 bestimmt werden.

Falls Ir 192 oder Se 75 als Strahlenquellen verwendet werden, dürfen Bildgütezahlen schlechter als jene in den Tabellen B.1 bis B.12 durch Vereinbarung der Vertragspartner wie folgt akzeptiert werden:

Doppelwand/Doppelbild-Techniken, sowohl Klasse A als auch B ( $w = 2t$ ):

- $10 \text{ mm} < w \leq 25 \text{ mm}$ : 1 Draht- oder Stufe/Loch-Zahl schlechter für Ir 192
- $5 \text{ mm} < w \leq 12 \text{ mm}$ : 1 Draht- oder Stufe/Loch-Zahl schlechter für Se 75

Einwand/Einbild- und Doppelwand/Einbild-Techniken, Klasse A:

- $10 \text{ mm} < w \leq 24 \text{ mm}$ : 2 Draht- oder Stufe/Loch-Zahlen schlechter für Ir 192
- $24 \text{ mm} < w \leq 30 \text{ mm}$ : 1 Draht- oder Stufe/Loch-Zahl schlechter für Ir 192
- $5 \text{ mm} < w \leq 24 \text{ mm}$ : 1 Draht- oder Stufe/Loch-Zahl schlechter für Se 75

Einwand/Einbild- und Doppelwand/Einbild-Techniken, Klasse B:

- $10 \text{ mm} < w \leq 40 \text{ mm}$ : 1 Draht- oder Stufe/Loch-Zahl schlechter für Ir 192
- $5 \text{ mm} < w \leq 20 \text{ mm}$ : 1 Draht- oder Stufe/Loch-Zahl schlechter für Se 75

## 6.9 Personalqualifizierung

Personal, das zerstörungsfreie Prüfungen nach diesem Teil von ISO 17636 durchführt, muss nach ISO 9712 oder einem gleichwertigen Dokument auf einer geeigneten Stufe für den relevanten Industriesektor qualifiziert sein. Das Personal muss einen Nachweis über eine zusätzliche Ausbildung und Qualifizierung in digitaler industrieller Radiologie erbringen.

## 7 Empfohlene Vorgehensweise für die Aufnahme von digitalen Durchstrahlungsbildern

ANMERKUNG Wenn nicht anderweitig erklärt, sind die Definitionen und Symbole, die in den Bildern 1 bis 21 verwendet werden, im Abschnitt 4 zu finden.

### 7.1 Aufnahmeanordnungen

#### 7.1.1 Allgemeines

Üblicherweise sind digitale Durchstrahlungstechniken nach 7.1.2 bis 7.1.9 anzuwenden.

Die Ellipsentechnik (Doppelwand/Doppelbild) nach Bild 11 sollte nicht für äußere Durchmesser  $D_e > 100 \text{ mm}$  oder Wanddicken  $t > 8 \text{ mm}$  oder Schweißnahtbreiten  $> D_e/4$  angewendet werden. Zwei um  $90^\circ$  versetzte Aufnahmen sind ausreichend für  $t/D_e < 0,12$ , anderenfalls werden 3 Aufnahmen benötigt. Der Abstand zwischen den beiden Schweißnahtabbildungen muss ungefähr einer Schweißnahtbreite entsprechen.

Wenn es schwierig ist, bei  $D_e \leq 100 \text{ mm}$  eine Ellipsentechnik durchzuführen, darf die Senkrechtechniken nach 7.1.7 (siehe Bild 12) angewendet werden. In diesem Fall sind drei um  $120^\circ$  oder  $60^\circ$  gegeneinander versetzte Aufnahmen erforderlich.

Bei den Aufnahmeanordnungen nach den Bildern 11, 13 und 14 muss die Neigung des Strahls so gering wie möglich und so gerichtet sein, dass eine Überlagerung der beiden Abbildungen vermieden wird. Der Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand,  $f$ , für die Technik nach Bild 13 muss entsprechend 7.6 so klein wie möglich sein. Der BPK muss zusammen mit einem Bleibuchstaben „F“ nahe an den Detektor gelegt werden.

Andere digitale radiographische Techniken dürfen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden, wenn dies sinnvoll ist, zum Beispiel aus Gründen der Geometrie des Prüfgegenstands oder der Unterschiede in der Materialdicke. In 7.1.9 wird ein Beispiel für einen solchen Fall gegeben. Zusätzlich darf ein Dickenausgleich mit dem gleichen Material eingesetzt werden.

ANMERKUNG In Anhang A wird die Mindestanzahl von digitalen Durchstrahlungsbildern angegeben, die erforderlich ist, um eine ausreichend vollständige Durchstrahlungsprüfung über den gesamten Umfang einer Stumpfnah in einem Rohr zu erhalten.

Wenn keine geometrische Vergrößerungstechnik eingesetzt wird, muss der Detektor so dicht wie möglich am Prüfgegenstand positioniert werden.

Können keine flexiblen Kassetten angewendet werden und werden starre Kassetten oder ebene digitale Matrixdetektoren entsprechend den Bildern 2b, 8b, 13b und 14b eingesetzt, muss der Abstand Strahlenquelle – Detektor nach 7.6, Gleichungen (3) und (4), aus der Wanddicke  $t$ , dem größten Abstand zwischen Detektor und der der Strahlenquelle zugewandten Oberfläche des Prüfgegenstands  $b$  sowie der Größe des Brennflecks oder der jeweiligen Strahlenquelle berechnet werden.