DIN EN ISO 17636-2

DIN

ICS 25.160.40

Entwurf

Einsprüche bis 2021-07-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 17636-2:2013-05

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

Non-destructive testing of welds –
Radiographic testing –
Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors (ISO/DIS 17636-2:2021);
German and English version prEN ISO 17636-2:2021

Contrôle non destructif des assemblages soudés –
Contrôle par radiographie –
Partie 2: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de détecteurs numériques (ISO/DIS 17636-2:2021);
Version allemande et anglaise prEN ISO 17636-2:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-05-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 153 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 17636-2:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 5579	siehe	DIN EN ISO 5579
ISO 5580	siehe	DIN EN 25580
ISO 9712	siehe	DIN EN ISO 9712
ISO 16371-2:2017	siehe	DIN EN ISO 16371-2:2018-02
ISO 19232-1	siehe	DIN EN ISO 19232-1
ISO 19232-2	siehe	DIN EN ISO 19232-2
ISO 19232-3	siehe	DIN EN ISO 19232-3
ISO 19232-4	siehe	DIN EN ISO 19232-4
ISO 19232-5	siehe	DIN EN ISO 19232-5

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 17636-2:2013-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;

b) die Bilder wurden im gesamten Dokument aktualisiert;

c) „Auswertung der Bildgüte“ wurde für die digitale Durchstrahlungsprüfung als 6.8 hinzugefügt;

d) in 6.9 wurden die unteren Dickengrenze für Se 75 Anwendungen entfernt; in 7.2.2 wurde die untere Dickengrenze für Se 75 durch Vereinbarung der Vertragspartner entfernt;

e) in 6.9 wurde die Erlaubnis der „Klasse A“ der Sichtbarkeit der Draht-BPK für „Klasse B“ nach dem Test mit Se 75 wenn w < 10 mm hinzugefügt;

f) Verweisungen auf Bild 1 bis Bild 19 wurden in allen relevanten Abschnitten hinzugefügt;

g) in 6.8, 6.9 und 7.3.1 wurde die Klärung der BPK-Nutzung für DWDI-Technik hinzugefügt;

h) die Erlaubnis das normierte Signal-Rausch-Verhältnis zu verringern, wenn die Röhrenspannung auf < 80 % der Werte in Bild 20 in 7.3.1 verringert wird, wurde hinzugefügt;

i) in 6.7.1 wurde die Verwendung von Drähten nach ASTM und anderen BPKs durch Vereinbarung der Vertragspartner hinzugefügt;

j) in 7.3.2 wurde das Kompensationsprinzip 2 (CP 2) auf drei Drahtpaare ohne Vereinbarung der Vertragspartner ausgeweitet;

k) Anhang C „Bestimmung der Basis-Ortsauflösung“ wurde überarbeitet und teilweise entfernt mit Verweisung auf ISO 19232-5;

l) in D.2 wurde eine Anmerkung sowie eine Empfehlung zum Verblassen hinzugefügt;

m) ein neuer Anhang F „Berücksichtigung der Detektorunschärfe für f_{min}“ wurde hinzugefügt;

n) ein neuer Anhang G „Höchstwerte der Röhrenspannung in Bild 20“ wurde hinzugefügt;

o) das Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 25580, *Zerstörungfreie Prüfung; Betrachtungsgeräte für die industrielle Radiographie; Minimale Anforderungen (ISO 5580:1985)*

DIN EN ISO 5579, *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Film und Röntgen- oder Gammastrahlen — Grundlagen (ISO 5579:2013)*

DIN EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2012)*

DIN EN ISO 16371-2:2018-02, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Computer-Radiographie mit Phosphor-Speicherfolien — Teil 2: Grundlagen für die Prüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen (ISO 16371-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 16371-2:2017*

DIN EN ISO 19232-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Ermittlung der Bildgütezahl mit Draht-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-1:2013)*

DIN EN ISO 19232-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 2: Ermittlung der Bildgütezahl mit Stufe/Loch-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-2:2013)*

DIN EN ISO 19232-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 3: Bildgüteklassen (ISO 19232-3:2013)*

DIN EN ISO 19232-4, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 4: Experimentelle Ermittlung von Bildgütezahlen und Bildgütetabellen (ISO 19232-4:2013)*

DIN EN ISO 19232-5, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 5: Bestimmung der Bildunschärfezahl mit Doppeldraht-Typ-Bildgüteprüfkörpern (ISO 19232-5:2018)*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

– Entwurf –

2021-05

prEN ISO 17636-2:2021

Titel de:	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO/DIS 17636-2:2021)
Titel en:	Non-destructive testing of welds — Radiographic testing — Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors (ISO/DIS 17636-2:2021)
Titel fr:	Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par radiographie — Partie 2: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de détecteurs numériques (ISO/DIS 17636-2:2021)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 4

Vorwort 5

Einleitung 7

1 Anwendungsbereich 8

2 Normative Verweisungen 8

3 Begriffe 9

4 Symbole und Abkürzungen 13

5 Klassifizierung der radiographischen Techniken und Kompensationsprinzipe 14
5.1 Klassifizierung 14
5.2 Kompensationsprinzipe CP I, CP II oder CP III 15

6 Allgemeine Vorbereitungen und Anforderungen 16
6.1 Schutz vor ionisierender Strahlung 16
6.2 Oberflächenvorbehandlung und Herstellungsstufe 16
6.3 Lage der Schweißnaht auf der Durchstrahlungsaufnahme 16
6.4 Zuordnung von Durchstrahlungsbildern 16
6.5 Kennzeichnung 16
6.6 Überlappung der digitalen Durchstrahlungsaufnahmen 16
6.7 Typ und Lage der Bildgüteprüfkörper 17
6.7.1 Allgemeines 17
6.7.2 Doppeldraht-BPK 17
6.7.3 Draht- oder Stufe/Loch-BPK 17
6.8 Auswertung der Bildgüte 19
6.9 Mindestbildgütezahlen 19
6.10 Personalqualifizierung 20

7 Empfohlene Vorgehensweise für die Aufnahme von digitalen Durchstrahlungsaufnahmen 20
7.1 Aufnahmeanordnungen 20
7.1.1 Allgemeines 20
7.1.2 Strahlenquelle vor dem Prüfgegenstand und Detektor auf der gegenüberliegenden Seite (siehe Bild 1) 21
7.1.3 Strahlenquelle außerhalb und Detektor innerhalb des Prüfgegenstands (siehe Bild 2 bis Bild 4) 21
7.1.4 Strahlenquelle innerhalb und zentrisch, Detektor außerhalb des Prüfgegenstands (siehe Bild 5 bis Bild 7) 22
7.1.5 Strahlenquelle innerhalb und exzentrisch, Detektor außerhalb des Prüfgegenstands (siehe Bild 8 bis Bild 10) 23
7.1.6 Ellipsentechnik (siehe Bild 11) 24
7.1.7 Senkrechttechnik (siehe Bild 12) 25
7.1.8 Strahlenquelle außerhalb des Prüfgegenstands und Detektor auf der anderen Seite (siehe Bild 13 bis Bild 18) 25
7.1.9 Technik für unterschiedliche Werkstoffdicken (siehe Bild 19) 27
7.2 Auswahl der Röhrenspannung und der Strahlenquelle 27
7.2.1 Röntgenstrahler für bis zu 1 000 kV 27
7.2.2 Andere Strahlenquellen 28

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

7.3 Detektorsysteme und metallische Aufnahmefolien 29
7.3.1 Normiertes Mindest-Signal-Rausch-Verhältnis 29
7.3.2 Kompensationsprinzip CP II 32
7.3.3 Metallische Aufnahmefolien für IP und Abschirmung 33
7.4 Ausrichtung des Strahlers 33
7.5 Verminderung der Streustrahlung 34
7.5.1 Metallfilter und Kollimatoren (Blenden) 34
7.5.2 Abschirmung von rückgestreuter Strahlung 34
7.6 Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand 34
7.7 Geometrische Vergrößerungstechnik 40
7.8 Maximaler Bereich für eine einzelne Aufnahme 41
7.9 Verarbeitung 42
7.9.1 Abtasten und Auslesen der Bilder 42
7.9.2 Korrektur der aufgenommenen DDA-Bilder 42
7.9.3 Interpolation der Bad-Pixel 42
7.9.4 Bildverarbeitung 43
7.10 Betrachtungsbedingungen am Monitor und Speicherung der digitalen Durchstrahlungsaufnahmen 43

8 Prüfbericht 44

Anhang A (normativ) Anzahl der Aufnahmen für eine ausreichende Prüfung einer stumpfgeschweißten Rundnaht 46

Anhang B (normativ) Mindestbildgütezahlen (BZ oder Mindest-BPK-Werte) 51
B.1 Einwandige Durchstrahlung; BPK strahlerseitig 51
B.2 Doppelwandige Durchstrahlung; Doppelbild-Auswertung; BPK strahlerseitig 55
B.3 Doppelwandige Durchstrahlung; Ein- oder Doppelbild-Auswertung; BPK detektorseitig 58
B.4 Unschärfe 61

Anhang C (normativ) Bestimmung der Basis-Ortsauflösung 63

Anhang D (normativ) Bestimmung der Mindest-Grauwerte für die Anwendung der Computer-Radiographie 65
D.1 Bestimmung des normierten SNR_N aus dem $SNR_{measured}$ 65
D.2 Bestimmung der Mindest-Grauwerte 66

Anhang E (informativ) Grauwerte, allgemeine Anmerkungen 70
E.1 Einleitung 70
E.2 Rauschkontrolle 70

Anhang F (normativ) Berücksichtigung der Detektorunschärfe für f_{min} 72

Anhang G (informativ) Höchstwerte der Röhrenspannung in Bild 20 76

Literaturhinweise 77

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 17636-2:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 17636-2:2013 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 17636-2:2021 wurde von CEN als prEN ISO 17636-2:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44, *Welding and allied processes*, Unterkomitee SC 5, *Testing and inspection of welds*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 121, *Schweißen und verwandte Verfahren*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 17636-2:2013), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

— die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;

— die Abbildungen in diesem Dokument wurden aktualisiert;

— „Auswertung der Bildgüte“ für die digitale Radiographie wurde als 6.8 hinzugefügt;

— in 6.9 wurde die untere Dickengrenze für Se-75-Anwendungen gestrichen und in 7.2.2 wurde die „Vereinbarung der Vertragspartner“ gestrichen;

— in 6.9 wurde die Zulässigkeit der BPK-Sichtbarkeit für Klasse A für die Prüfung nach Klasse B mit Se-75 für $w < 10$ mm hinzugefügt;

— in allen relevanten Abschnitten wurden die Verweisungen auf Bild 1 bis Bild 19 hinzugefügt;

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

— in 6.8, 6.9 und 7.3.1 wurde die Verwendung der BPK für DWDI-Technik präziser formuliert;

— in 7.3.1 wurde die Erlaubnis zur Reduzierung des SNR_N, wenn die Röhrenspannung auf < 80 % der in Bild 20 angegebenen Werte reduziert wird, hinzugefügt;

— in 6.7.1 wurde die Verwendung von ASTM-Drähten und anderen BPK nach Vereinbarung der Vertragspartner hinzugefügt;

— in 7.3.2 wurde das Kompensationsprinzip 2 (CP 2) auf drei Drahtpaare ohne Vereinbarung der Vertragspartner erweitert;

— der Anhang C „Bestimmung der Basis-Ortsauflösung“ wurde mit Verweisung auf ISO 19232-5 überarbeitet und teilweise gestrichen;

— in Anhang D.2 wurde eine neue Anmerkung mit einer Empfehlung zum „Fading“ hinzugefügt;

— ein neuer Anhang F „Berücksichtigung der Detektor-Unschärfe für f_{min}“ wurde hinzugefügt;

— ein neuer Anhang G „Höchstwerte der Röhrenspannung in Bild 20“ wurde hinzugefügt;

— das Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 17636 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Offizielle Auslegungen der Dokumente vom TC 44, sofern vorhanden, sind verfügbar unter https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Einleitung

Dieses Dokument legt grundlegende Techniken der Durchstrahlungsprüfung mit dem Ziel fest, zufriedenstellende und wiederholbare Ergebnisse 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.

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument 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.

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

ANMERKUNG Dieses Dokument erfüllt die meisten Anforderungen der ISO 16371-2 [3].

Dieses Dokument 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, en: Grey Value), das nur mit einem Rechner betrachtet und ausgewertet werden kann. Dieses Dokument legt die empfohlenen Verfahren für die Auswahl des Detektors und der Durchstrahlungstechnik fest. Die Auswahl von Rechner, Software, Monitor, Drucker und Betrachtungsbedingungen ist von Bedeutung, bildet jedoch nicht den Schwerpunkt von diesem Dokument. Das in diesem Dokument festgelegte Verfahren enthält die Mindestanforderungen an das Durchstrahlungsverfahren zur Gewinnung digitaler Durchstrahlungsaufnahmen mit einer Empfindlichkeit für den Nachweis von Unregelmäßigkeiten, die der in ISO 17636-1 festgelegten Radiographie mit Filmen gleichwertig ist.

Dieses Dokument legt keine Zulässigkeitsgrenzen für Anzeigen in den digitalen Durchstrahlungsaufnahmen fest. ISO 10675 enthält Informationen über Zulässigkeitsgrenzen.

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

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 NDT personnel*

ISO 16371-1:2011, 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*

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

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 — Durchstrahlungsprüfung — Bestimmung der Strahlergrößen von industriell genutzten Radio-Nukliden*

3 Begriffe

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

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter http://www.iso.org/obp

— IEC Electropedia: verfügbar unter http://www.electropedia.org/

3.1
Computer-Radiographie mit Speicherfolien
CR, en: Computed Radiography
Phosphor-Speicherfolien-System
vollständiges System, das aus einer Phosphor-Speicherfolie (IP) und der zugehörigen Ausleseeinheit (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, eine latente Durchstrahlungsaufnahme des untersuchten Werkstoffs zu speichern, und das bei Anregung mit einer roten Lichtquelle geeigneter Wellenlänge blaues Lumineszenzlicht proportional zur absorbierten Röntgenstrahlung erzeugt

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 (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 zum Begriff: Nach dem Abtasten der bestrahlten Speicherfolie erscheinen diese Inhomogenitäten als festes Störmuster im digitalen Bild.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieses Rauschen begrenzt die höchste 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 1 zum Begriff: Nach dem Auslesen des bestrahlten, nicht korrigierten DDA-Bildes erscheinen diese Inhomogenitäten des DDA als festes Störmuster (Strukturrauschen) im digitalen Bild. Deshalb erfordern sämtliche DDA nach dem Auslesen eine softwarebasierte Bildkorrektur (Software und Anleitung werden durch den Hersteller bereitgestellt). Ein geeignetes Korrekturverfahren verringert dieses Strukturrauschen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Bildkorrektur wird in anderen Dokumenten auch als Kalibrierung bezeichnet.

3.6
Grauwert
GV, en: Grey Value
numerischer Wert eines Pixels in einem digitalen Bild

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 1 zum Begriff: Dieser Begriff wird auch als linerarisierter Pixelwert oder linearisiertes Detektorsignal bezeichnet und ist mit ihnen austauschbar.

3.8
Basis-Ortsauflösung des digitalen Detektors
$SR_b^{detector}$
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 zum Begriff: Für diese Messung ist der Doppeldraht-BPK direkt auf den DDA oder die Speicherfolie zu legen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Messung der Unschärfe ist in ISO 19232-5 beschrieben, siehe auch ASTM E2736 [13] und ASTM E1000 [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.

Anmerkung 1 zum Begriff: Für diese Messung ist der Doppeldraht-BPK direkt auf die der Strahlenquelle zugewandte Seite des Prüfgegenstandes zu legen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Messung der Unschärfe ist in ISO 19232-5 beschrieben, siehe auch ASTM E2736 [13] und ASTM E1000 [8].

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

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, die SR_b^{image} oder $SR_b^{detector}$ sein kann, und aus dem gemessenen SNR, $SNR_{measured}$, wie folgt berechnet

$$SNR_N = SNR_{measured} \frac{88{,}6\mu m}{SR_b}$$

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 1 zum Begriff: Das CNR beschreibt eine Komponente der Bildgüte und hängt näherungsweise vom Produkt aus radiographischem Schwächungskoeffizienten und SNR ab. Zusätzlich zu einem angemessenen CNR muss eine digitale Durchstrahlungsaufnahme 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^{image}, wie direkt im digitalen Bild mit dem Doppeldraht-BPK auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite gemessen und aus dem gemessenen CNR berechnet, d. h.

$$CNR_N = CNR \cdot \frac{88{,}6\mu m}{SR_b{}^{image}}$$

3.14
Aliasing
Artefakte, die im Bild erscheinen, wenn die Ortsfrequenz am Eingang des digitalen Systems die am Ausgang reproduzierbare Ortsfrequenz überschreitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Aliasing erscheint häufig in Form von gezackten oder stufigen Abschnitten in einer Zeile oder als Moiré-Muster.

3.15
Cluster-Kernel-Pixel
CKP
Bad-Pixel, das nicht mindestens fünf korrekt funktionierende Nachbarpixel aufweisen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ASTM E2597 [13] 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

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

3.17
Änderung der durchstrahlten Dicke
Δt
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 1 zum Begriff: 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 1 zum Begriff: $SDD = f + b$

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, gemessen in Richtung des Zentralstrahles

3.23
äußerer 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

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

3.25
Prüfbereich
RoI, en: Region of Interest
Mindestbereich, der auf der Durchstrahlungsaufnahme sichtbar sein sollte und die Schweißnaht und die Wärmeeinflusszone (WEZ) auf beiden Seiten enthält

3.26
auszuwertender Bereich
AoI, en: Area of Interest
Mindestbereich, der auf der Durchstrahlungsaufnahme sichtbar sein sollte und die Schweißnaht, die Wärmeeinflusszone (WEZ) auf beiden Seiten und alle BPK enthält

3.27
Rohbild
mit DDAs oder CR-Systemen aufgenommene Bilder nach einer Bildkorrektur, wenn eine Korrektur durchgeführt wurde

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in Tabelle 1 aufgeführten Symbole.

Tabelle 1 — Symbole und Bezeichnungen

Symbol	Bezeichnung
b	Abstand Prüfgegenstand - Detektor
b'	Abstand Prüfgegenstand – Detektor, senkrecht zum Prüfgegenstand
b_{gap}	Abstand zwischen der strahlungsempfindlichen Detektorschicht und der äußeren Rohroberfläche (siehe Bild 22)
b_{edge}	Abstand der dem ebenen Detektor nächstgelegenen Oberfläche des Prüfgegenstands zur Sekante durch den äußeren Auswertebereich des Rohres (siehe Bild 22)
C_i	Faktor zur Korrektur von f_{min} bei Verwendung ebener Detektoren für gekrümmte Prüfgegenstände, wenn $b > t$
d	Größe der Strahlenquelle, Brennfleckgröße
D_e	äußerer Durchmesser
f	Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand
f_{min}	Mindestabstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand
f^*_{min}	Mindestabstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand für die Prüfung gekrümmter Prüfgegenstände mit ebenen Detektoren
f'	Abstand Strahlenquelle - Prüfgegenstand, senkrecht zur Prüfgegenstandsoberfläche
$r_{external}$	äußerer Radius
r_{inner}	innerer Radius
t	Nenndicke
Δt	Änderung der durchstrahlten Dicke
u_G	geometrische Bildunschärfe
$u_{detector}$	innere Bildunschärfe des Detektorsystems ohne geometrische Bildunschärfe, gemessen im Digitalbild mit einem Doppeldraht-BPK direkt am Detektor

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Symbol	Bezeichnung
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
CKP (en: Cluster Kernel Pixel)	Cluster-Kernel-Pixel
CNR (en: Contrast-to-Noise Ratio)	Kontrast-Rausch-Verhältnis
CNR_N	normiertes Kontrast-Rausch-Verhältnis
CR (en: Computed Radiography)	Computer-Radiographie mit Speicherfolien
D	Detektor
FDA, DDA (en: Source-to-Detector Distance)	digitaler Matrixdetektor
IP (en: Imaging Plate)	Phosphor-Speicherfolie
FDA, IQI (en: Source-to-Detector Distance)	Bildgüteprüfkörper
S	Strahlenquelle
FDA, SDD (en: Source-to-Detector Distance)	Abstand Strahlenquelle - Detektor
SNR (en: Signal-to-Noise Ratio)	Signal-Rausch-Verhältnis
SNR_N (en: Normalized Signal-to-Noise Ratio)	Normiertes Signal-Rausch-Verhältnis
SR_b	Basis-Ortsauflösung, die SR_b^{image} oder $SR_b^{detector}$ sein kann
$SR_b^{detector}$	Basis-Ortsauflösung eines digitalen Detektors, bestimmt mit dem Doppeldraht-BPK direkt am Detektor
SR_b^{image}	Basis-Ortsauflösung, bestimmt mit dem Doppeldraht-BPK auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite des Prüfgegenstandes

5 Klassifizierung der radiographischen Techniken und Kompensationsprinzipe

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 Techniken der Klasse A zu unempfindlich sein könnten.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Bessere Durchstrahlungstechniken 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 muss zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden.

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

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 (Bild 5 bis Bild 10) verwendet werden.

5.2 Kompensationsprinzipe CP I, CP II oder CP III

5.2.1 Allgemeines. Drei Kompensationsprinzipe (siehe 5.2.2 bis 5.2.4) können nach diesem Dokument benutzt werden, um eine ausreichende Kontrastempfindlichkeit zu erzielen.

Das erfordert ein Mindest-Kontrast-Rausch-Verhältnis (CNR_N), normiert auf die Basis-Ortsauflösung des Detektors je detektierbare Material-Dickendifferenz Δw, zu erzielen. Wenn das geforderte normierte Kontrast-Rausch-Verhältnis (CNR_N je Δw) 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-Orts-auflösung 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). SR_b ist $SR_b^{detector}$ für die Auswahl des Detektors oder SR_b^{image} für die Auswertung der Bildgüte einer Durchstrahlungsaufnahme.

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 Kompensationsprinzipe basieren auf der folgenden Näherung für kleine Fehler ($\Delta w << w$):

$$\frac{CNR_N}{\Delta w} = c \cdot \frac{\mu_{eff} \cdot SNR}{SR_b^{image}}$$

Dabei ist

c eine Konstante (88,6 µm);

μ_{eff} der effektive Schwächungskoeffizient, äquivalent zum spezifischen Kontrast des Materials;

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

CNR_N das normierte 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 und/oder nationale und/oder internationale Vorschriften und Sicherheitsvorkehrungen 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 können, 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 der Durchstrahlungsaufnahme

Wenn die digitale Durchstrahlungsaufnahme die Schweißnaht nicht zeigt, müssen auf beiden Seiten der Schweißnaht am Rand des Prüfbereichs (RoI) Marker (Identifizierungszeichen) von hoher Materialdichte 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 der digitalen Durchstrahlungsaufnahme außerhalb des interessierenden Prüfbereiches (RoI) erscheinen und müssen eine eindeutige Zuordnung des Bereichs sicherstellen. Ein anderes Identifikationssystem darf Teil der Vertragsvereinbarung sein.

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, Positionsmarker (z.B. Maßband)).

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

6.6 Überlappung der digitalen Durchstrahlungsaufnahmen

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

AVA Documents Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

6.7 Typ und Lage der Bildgüteprüfkörper

6.7.1 Allgemeines

Die Güte von Durchstrahlungsaufnahmen muss durch Anwendung von Bildgüteprüfkörper (BPK) nach ISO 19232-5 und ISO 19232-1 oder ISO 19232-2 nachgewiesen werden. BPK nach ASTM E747 dürfen verwendet werden, wenn die Werkstoffgruppe dieses Dokuments besser zur Prüfaufgabe passt. Tabellen zur Umrechnung von Drahtnummern aus den Dokumenten ASTM E747 und ISO 19232-1 können beiden Dokumenten entnommen werden. Nach Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern dürfen auch andere Bildgüteprüfkörper mit der gleichen Durchstrahlungsdämpfung wie der Prüfgegenstand und den gleichen Maßen, wie sie in ISO 19232-1 oder ISO 19232-2 festgelegt sind, verwendet werden.

6.7.2 Doppeldraht-BPK

Die Basis-Ortsauflösung des digitalen Detektorsystems ($SR_b^{detector}$) muss nach dem im Anhang C beschriebenen Verfahren anhand eines Referenzbildes überprüft werden. Für diesen Fall muss der Doppeldraht-BPK (ISO 19232-5) direkt auf dem digitalen Detektor positioniert werden. Die Basis-Ortsauflösung oder der Doppeldraht-BPK-Wert muss bestimmt werden, um zu überprüfen, ob die eingesetzte Gerätetechnik die Anforderungen nach Tabelle B.13 und Tabelle B.14 in Abhängigkeit der durchstrahlten Materialdicke erfüllt. Für eine Doppelwand-/Doppelbild-Auswertung muss die Basis-Ortsauflösung des Detektors ($SR_b^{detector}$) den Werten aus Tabelle B.13 und Tabelle B.14 basierend auf der doppelten Nenndicke als durchstrahle Materialdicke entsprechen.

Die Verwendung eines Doppeldraht-BPK (ISO 19232-5) auf dem Prüfgegenstand für Durchstrahlungsaufnahmen ist erforderlich, wenn die geometrische Vergrößerungstechnik (siehe 7.7) mit $v > 1{,}2$ angewendet wird.

Wird die Basis-Ortsauflösung im digitalen Bild (SR_b^{image}) gemessen (siehe Anhang C), so darf sie die in Tabelle B.13 oder Tabelle B.14 in Abhängigkeit der durchstrahlten Materialdicke angegebenen Höchstwerte nicht überschreiten.

Für die Einbild-Auswertung wird die einfache Wanddicke als durchstrahlte Werkstoffdicke verwendet. Für eine Doppelwand-/Doppelbild-Auswertung (Bild 11 oder Bild 12) mit dem Doppeldraht-BPK auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite des Rohres wird der Rohrdurchmesser als Wert *b* für die Bestimmung von f_{min} und für die Bestimmung der notwendigen Basis-Ortsauflösung (SR_b^{image}) aus Tabelle B.13 und Tabelle B.14 verwendet. Die Basis-Ortsauflösung des Detektors ($SR_b^{detector}$) für eine Doppelwand-/Doppelbild-Auswertung muss den Werten aus Tabelle B.13 und Tabelle B.14 basierend auf der doppelten Nenndicke als durchstrahle Werkstoffdicke entsprechen.

Der Doppeldraht-BPK ist mit einer Neigung von einigen Grad (2° bis 5°) gegenüber den Zeilen oder Spalten des digitalen Bildes anzuordnen.

In historischen Fällen, in denen der BPK mit einem Winkel von 45° zu den digitalen Zeilen oder Spalten angeordnet wurde, muss der erhaltene BPK-Wert um einen Wert von eins reduziert werden.

6.7.3 Draht- oder Stufe/Loch-BPK

Die Kontrastempfindlichkeit der digitalen Bilder muss durch Anwendung der BPK entsprechend der jeweiligen Anwendung nach Tabelle B.1 bis Tabelle B.12 (siehe auch ISO 19232-1 oder ISO 19232-2) nachgewiesen werden.

Die eingesetzten Draht- oder Stufe/Loch-BPK sind auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite des Prüfgegenstands, im Zentrum des Prüfbereichs, auf dem Grundwerkstoff neben der Schweißnaht anzuordnen. Die BPK müssen sich in engem Kontakt zur Oberfläche des Prüfgegenstands befinden. Sie

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

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 (Bild 11 und Bild 12) sollte der BPK mit den Drähten quer zur Rohrachse gelegt werden; die Projektion der Drähte sollte nicht in das Bild der Schweißnaht hineinragen. Bei äußeren Durchmessern des Rohres kleiner als 50 mm kann die sichtbare Drahtlänge kürzer als 10 mm sein. In diesem Fall muss die sichtbare Drahtlänge ≥ 20 % des äußeren Durchmessers des Rohres betragen.

b) Wenn ein Stufe/Loch-BPK verwendet wird, muss er so gelegt werden, dass sich die geforderte Lochnummer dicht an der Schweißnaht befindet.

Bei Einwanddurchstrahlungsaufnahmen nach 7.1.4 und 7.1.5 (Bild 5 bis Bild 10) kann der verwendete BPK entweder auf die der Strahlenquelle (Tabelle B.1 bis Tabelle B.4 verwenden) oder die dem Detektor zugewandte Seite gelegt werden. Wenn die BPK nicht auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite 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. Werden Filter vor dem Detektor verwendet, muss der BPK vor dem Filter angeordnet werden.

Bei Doppelwanddurchstrahlungsaufnahmen nach 7.1.6 und 7.1.7 (Bild 11 und Bild 12) muss der verwendete BPK auf die der Strahlenquelle zugewandte Seite gelegt werden (Tabelle B.5 bis Tabelle B.8 verwenden). Nach Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern darf der BPK auf der dem Detektor zugewandten Seite angeordnet werden (Tabelle B.9 bis Tabelle B.12 verwenden).

Bei Doppelwanddurchstrahlungsaufnahmen nach 7.1.8 (Bild 13 bis Bild 16) kann der verwendete BPK auf der dem Detektor zugewandten Seite angeordnet werden. Wenn der BPK auf der dem Detektor zugewandten Seite gelegt wird, ist auf Tabelle B.9 bis Tabelle B.12 Bezug zu nehmen.

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

Die Identifizierungszeichen und, falls benutzt, das Bleizeichen „F“ dürfen nicht im Prüfbereich liegen, es sei denn, die geometrische Konfiguration lässt nichts anderes zu.

Wenn sichergestellt wurde, dass digitale Durchstrahlungsaufnahmen 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 sollte der Umfang des Bildgütenachweises zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden.

Bei Durchstrahlungsaufnahmen von Rohren mit 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.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

6.8 Auswertung der Bildgüte

Die digitalen Bilder müssen auf einem Monitor ausgewertet werden. Der Monitor und die Betrachtungsbedingungen müssen die Anforderungen von 7.10 erfüllen.

Bei der Auswertung der Abbildung des Draht- oder Stufe/Loch-BPK auf der Durchstrahlungsaufnahme muss die Nummer des kleinsten unterscheidbaren Drahtes oder Loches bestimmt werden. Die Abbildung eines Drahtes gilt als zulässig, wenn dieser in einem Bereich gleichmäßiger optischer Dichte auf mindestens 10 mm Länge zusammenhängend eindeutig sichtbar ist, üblicherweise in der WEZ nahe der Schweißnaht. Wenn beim Stufe/Loch-BPK zwei Löcher mit gleichem Durchmesser vorliegen, müssen beide unterscheidbar sein, damit die Stufe als sichtbar angesehen werden kann. Siehe auch 6.7.3 a), für die Ausnahme der DWDI-Auswertung von kleinen Rohren.

Die Auswertung des Doppeldraht-BPK muss mit der Profilfunktion des Bildverarbeitungssystems im linearen oder linearisierten GV-Bild erfolgen, wie in Anhang C und ISO 19232-5 angegeben.

Die Bildgüte muss im unbearbeiteten Bild, das auch Rohbild genannt wird, bestimmt werden. Als unbearbeitetes (Roh-)Bild wird das aufgenommene Bild nach Bildkorrektur (Kalibrierung) durch Offset- und „Weiß“-Bilder und/oder Firmware-Korrekturen betrachtet. Werden die Bilder nach Anwendung von digitalen Filtern ausgewertet, müssen die Draht- oder Stufe/Loch-BPK bewertet werden, und die erzielten Werte müssen die Anforderungen der entsprechenden Tabellen in Anhang B erfüllen.

Die erhaltene Bildgütezahl muss im Prüfbericht der Durchstrahlungsprüfung angegeben werden. In jedem Fall muss der Typ des verwendeten Prüfkörpers deutlich angegeben werden, wie er auf dem BPK sichtbar ist.

6.9 Mindestbildgütezahlen

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

Falls Ir 192 oder Se 75 als Strahlenquellen für Kupfer, Stahl oder Nickel-Basis-Legierungen verwendet werden, dürfen Bildgütezahlen schlechter als jene in Tabelle B.1 bis Tabelle B.12 in Ausnahmefällen akzeptiert werden. Dies muss im Bericht vermerkt werden.

Doppelwand/Doppelbild-Techniken (en: double wall, double image, DWDI, Tabelle B.5 bis Tabelle B.8), sowohl Klasse A als auch Klasse B ($w = 2t$):

— $10\ \text{mm} < w \leq 25\ \text{mm}$: 1 Draht-Zahl weniger oder 1 Stufe/Loch-Zahl mehr für Ir 192;

— $w \leq 12\ \text{mm}$: 1 Draht-Zahl weniger oder 1 Stufe/Loch-Zahl mehr für Se 75.

Einwand/Einbild- und Doppelwand($w = 2t$)/Einbild-Techniken (Tabelle B.1 bis Tabelle B.2, Tabelle B.9 bis Tabelle B.10), Klasse A:

— $10\ \text{mm} < w \leq 24\ \text{mm}$: 2 Draht-Zahlen weniger oder 2 Stufe/Loch-Zahlen mehr für Ir 192;

— $24\ \text{mm} < w \leq 30\ \text{mm}$: 1 Draht-Zahl weniger oder 1 Stufe/Loch-Zahl mehr für Ir 192;

— $w \leq 24\ \text{mm}$: 1 Draht-Zahl weniger oder 1 Stufe/Loch-Zahl mehr für Se 75.

Einwand/Einbild- und Doppelwand/Einbild-Techniken (Tabelle B.3 bis Tabelle B.4, Tabelle B.11 bis Tabelle B.12), Klasse B:

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

— 10 mm < w ≤ 40 mm: 1 Draht-Zahl weniger oder 1 Stufe/Loch-Zahl mehr für Ir 192;

— w ≤ 20 mm: 1 Draht-Zahl weniger oder 1 Stufe/Loch-Zahl mehr für Se 75.

Bei Se 75 und durchstrahlten Dicken unter 10 mm kann es schwierig sein, die für die Klasse B geforderten Bildgütezahlen zu erreichen. Der Verlust der Prüfempfindlichkeit muss durch eine Erhöhung des Mindest-Grauwerts und des SNR_N für CR oder des SNR_N für die DDA-Technik kompensiert werden. Die Erhöhung des SNR_N muss > 1,4 sein.

Wenn die Verwendung von Röntgenstrahlen nicht möglich ist und die Prüfbedingungen der Klasse B erfüllt sind und das SNR_N um mindestens 1,4 erhöht wird, dann dürfen durch Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern die Mindestbildgütezahlen der Klasse A (siehe Anhang B) als Prüfqualität der Klasse B für Se 75 und w < 10 mm angesehen werden.

6.10 Personalqualifizierung

Personal, das zerstörungsfreie Prüfungen nach diesem Dokument 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 (siehe Syllabus ISO/TS 25107:2019).

7 Empfohlene Vorgehensweise für die Aufnahme von digitalen Durchstrahlungsaufnahmen

7.1 Aufnahmeanordnungen

7.1.1 Allgemeines

Üblicherweise müssen Durchstrahlungstechniken nach 7.1.2 bis 7.1.9 (Bild 1 bis Bild 19) angewendet werden.

Die Ellipsentechnik (Doppelwand/Doppelbild) nach Bild 11 sollte nur für äußere Durchmesser D_e ≤ 100 mm oder Wanddicken t ≤ 8 mm oder Schweißnahtbreiten ≤ D_e / 4 angewendet werden. Zwei um 90° versetzte Aufnahmen sind ausreichend für t/D_e < 0,12, anderenfalls werden drei Ellipsenaufnahmen benötigt. Der Abstand zwischen den beiden abgebildeten Schweißnähten muss ungefähr einer Schweißnahtbreite entsprechen. Aufgrund des höheren Dynamikbereichs digitaler Detektoren im Vergleich zur Film-radiographie, können D_e und t die zuvor angegebenen Werte um 10 % überschreiten.

Wenn es nicht möglich ist, bei D_e ≤ 100 mm eine Ellipsentechnik durchzuführen, darf die Senkrechttechnik nach 7.1.7 (Bild 12) angewendet werden. In diesem Fall sind drei um 120° oder 60° gegeneinander versetzte Aufnahmen erforderlich.

Bei den Aufnahmeanordnungen nach Bild 13 und Bild 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 und Bild 14 muss nach 7.6 so klein wie möglich sein. Der BPK muss zusammen mit einem Bleibuchstaben „F“ auf die dem Detektor zugewandte Seite nahe an den Detektor gelegt werden.

Andere digitale radiographische Techniken als in 7.1.2 bis 7.1.8 (Bild 1 bis Bild 18) beschrieben dürfen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden, wenn dies sinnvoll ist, zum Beispiel aus Gründen der Geometrie des Prüfgegenstands oder der Unterschiede in der Werkstoffdicke. In 7.1.9 (Bild 19) wird ein Beispiel für einen solchen Fall gegeben. Zusätzlich darf ein Dickenausgleich mit dem gleichen Werkstoff eingesetzt werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

ANMERKUNG In Anhang A wird die Mindestanzahl von digitalen Durchstrahlungsaufnahmen angegeben, die erforderlich ist, um eine ausreichend vollständige Durchstrahlungsprüfung über den gesamten Umfang einer Stumpfnaht 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 Bild 2b), Bild 8b), Bild 13b) und Bild 14b) eingesetzt, muss SDD nach 7.6, Gleichung (3) und Gleichung (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 *d* berechnet werden.

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

7.1.2 Strahlenquelle vor dem Prüfgegenstand und Detektor auf der gegenüberliegenden Seite (siehe Bild 1)

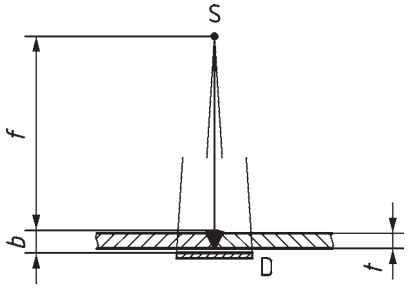
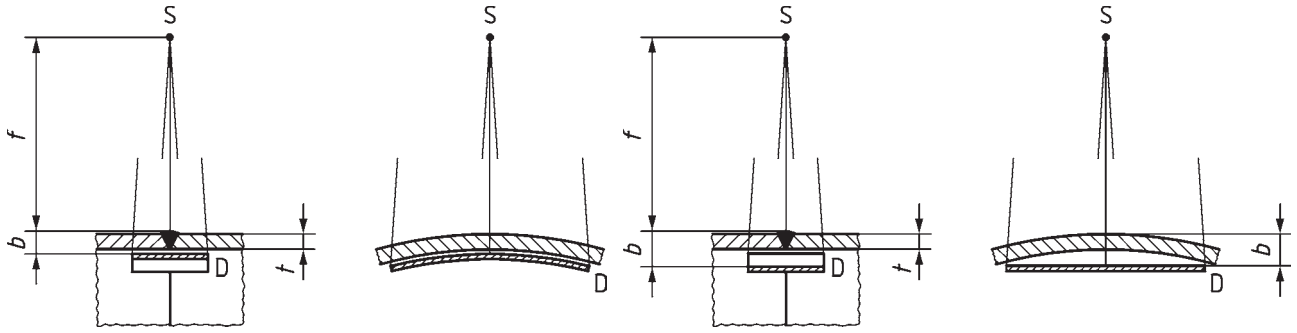


Bild 1 — Aufnahmeanordnung für ebene Schweißnähte und einwandige Durchstrahlung

7.1.3 Strahlenquelle außerhalb und Detektor innerhalb des Prüfgegenstands (siehe Bild 2 bis Bild 4)



a) mit gekrümmten Detektoren **b) mit ebenen Detektoren**

Bild 2 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände

Wenn der Abstand *b* in Bild 2 kleiner als 1,2*t* ist, dann kann die Nenndicke *t* für *b* verwendet werden und *f* kann als der Abstand von der Strahlenquelle zur Oberfläche des Grundwerkstoffs betrachtet werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

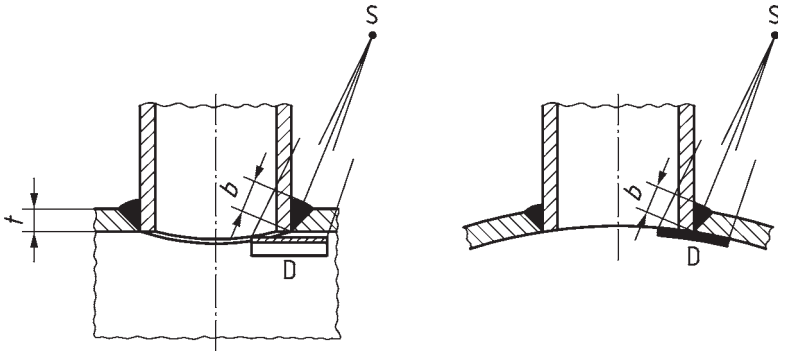


Bild 3 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände (eingesetzte Schweißnaht)

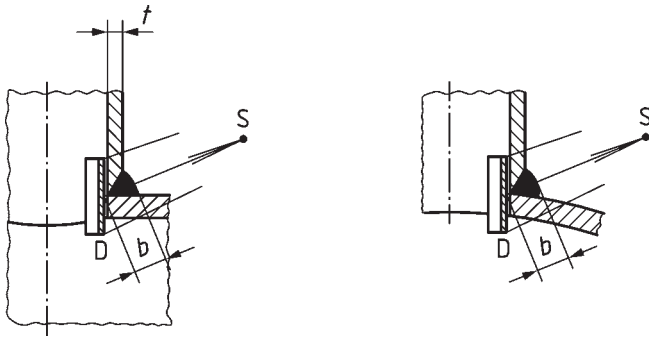
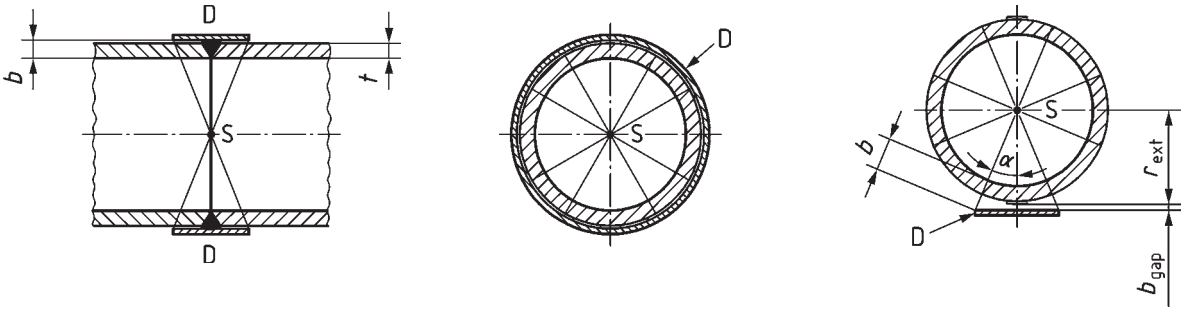


Bild 4 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände (aufgesetzte Schweißnaht)

7.1.4 Strahlenquelle innerhalb und zentrisch, Detektor außerhalb des Prüfgegenstands (siehe Bild 5 bis Bild 7)



a) mit gekrümmten Detektoren **b) mit ebenen Detektoren**

Bild 5 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

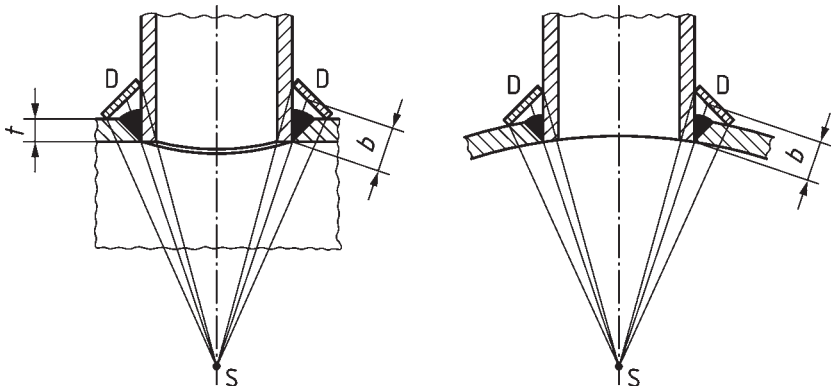


Bild 6 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände (eingesetzte Schweißnaht)

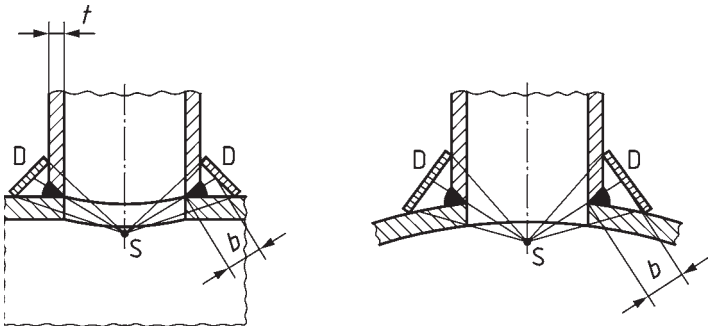
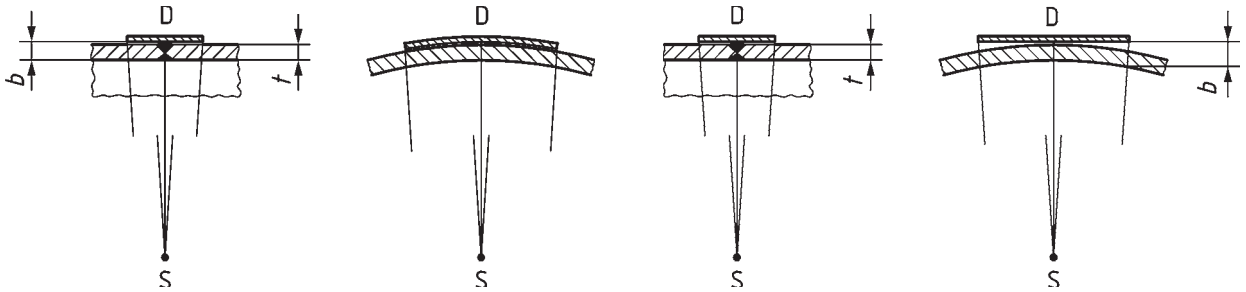


Bild 7 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände (aufgesetzte Schweißnaht)

7.1.5 Strahlenquelle innerhalb und exzentrisch, Detektor außerhalb des Prüfgegenstands (siehe Bild 8 bis Bild 10)



a) mit gekrümmten Detektoren **b) mit ebenen Detektoren**

Bild 8 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände

Wenn der Abstand b in Bild 8 kleiner als $1{,}2t$ ist, dann kann die Nenndicke t für b verwendet werden und f kann als der Abstand von der Strahlenquelle zur Oberfläche des Grundwerkstoffs betrachtet werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

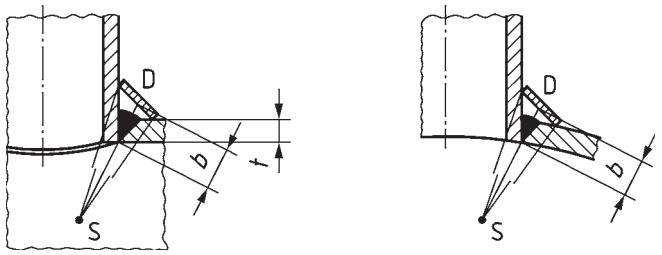


Bild 9 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände (eingesetzte Schweißnaht)

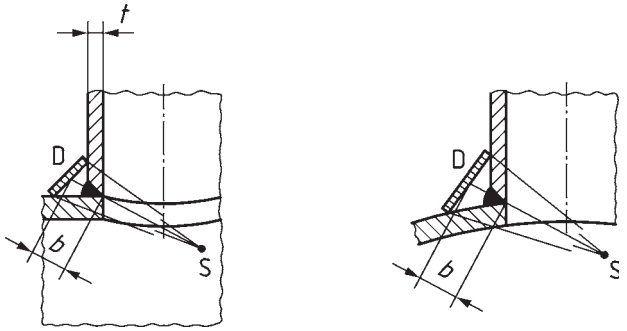


Bild 10 — Aufnahmeanordnung für einwandige Durchstrahlung gekrümmter Prüfgegenstände (aufgesetzte Schweißnaht)

7.1.6 Ellipsentechnik (siehe Bild 11)

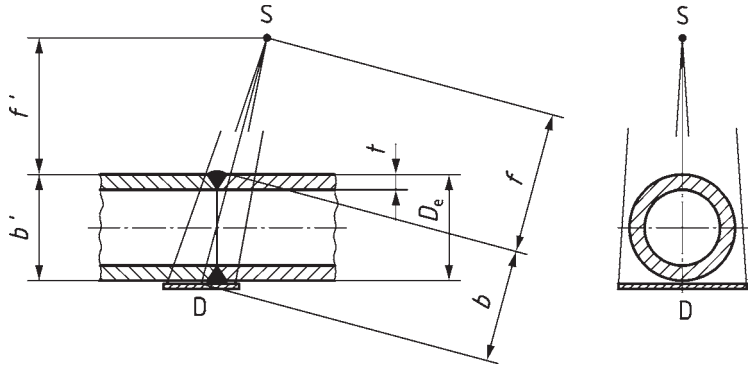


Bild 11 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Doppelbild) gekrümmter Prüfgegenstände zur Auswertung beider Wände (Strahlenquelle und Detektor außerhalb des Prüfgegenstands)

ANMERKUNG Der Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand kann auf der Grundlage des senkrechten Abstands *f*', berechnet aus *b*', bestimmt werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

7.1.7 Senkrechttechnik (siehe Bild 12)

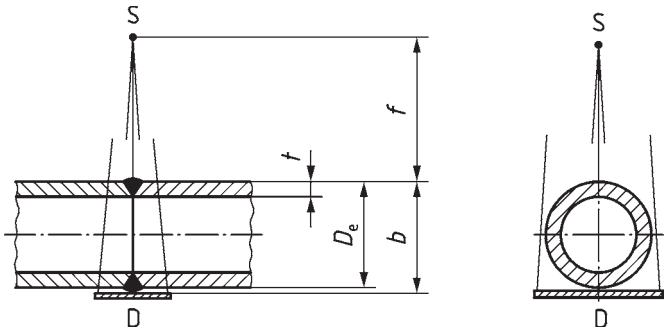
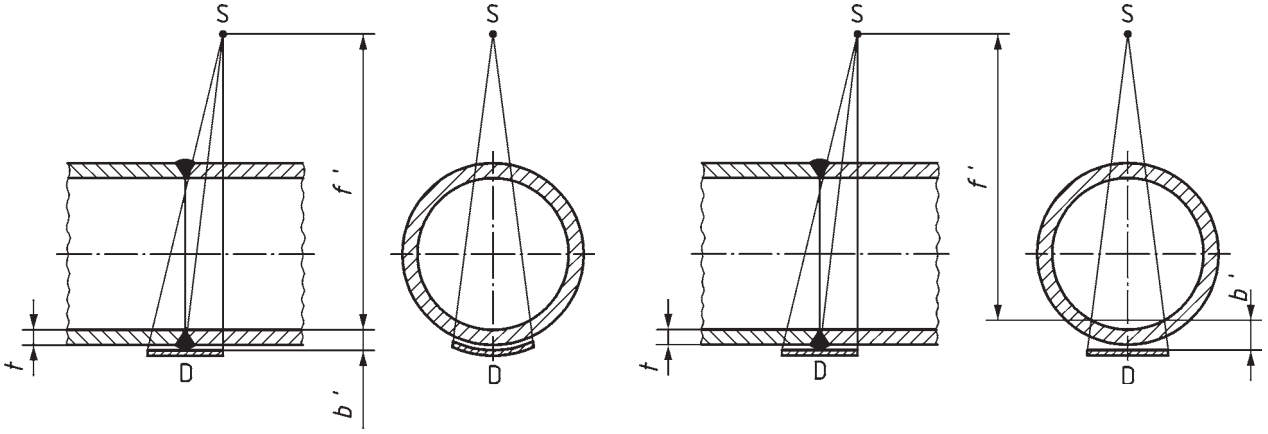


Bild 12 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Doppelbild) gekrümmter Prüfgegenstände zur Auswertung beider Wände (Strahlenquelle und Detektor außerhalb des Prüfgegenstands)

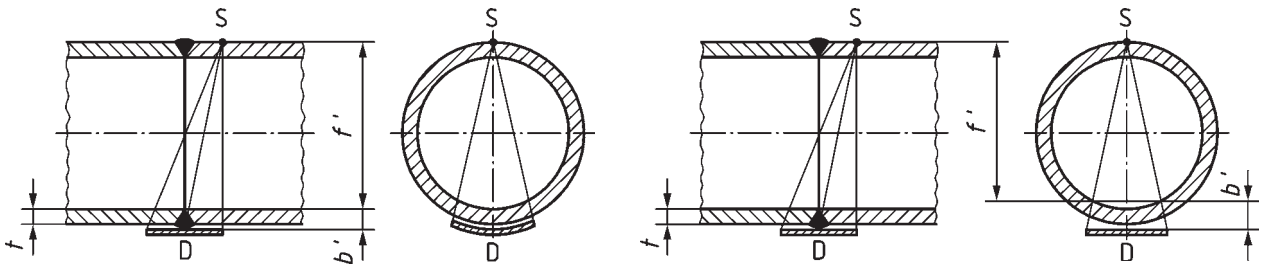
7.1.8 Strahlenquelle außerhalb des Prüfgegenstands und Detektor auf der anderen Seite (siehe Bild 13 bis Bild 18)



a) mit gekrümmten Detektoren **b) mit ebenen Detektoren**

Bild 13 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Einbild) gekrümmter Prüfgegenstände zur Auswertung der detektornahen Wand bei detektornah angelegtem BPK

Wenn der Abstand *b* in Bild 13 kleiner als 1,2*t* ist, dann kann die Nenndicke *t* für *b* verwendet werden und *f* kann als der Abstand von der Strahlenquelle zur Oberfläche des Grundwerkstoffs betrachtet werden.



a) mit gekrümmten Detektoren **b) mit ebenen Detektoren**

Bild 14 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Einbild)

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Wenn der Abstand *b* in Bild 14 kleiner als 1,2*t* ist, dann kann die Nenndicke *t* für *b* verwendet werden und *f* kann als der Abstand von der Strahlenquelle zur Oberfläche des Grundwerkstoffs betrachtet werden.

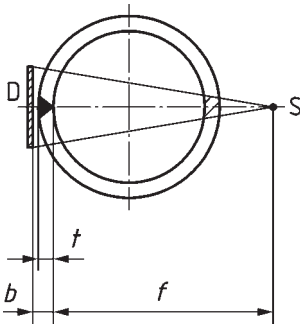


Bild 15 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Einbild) von Längsschweißnähten

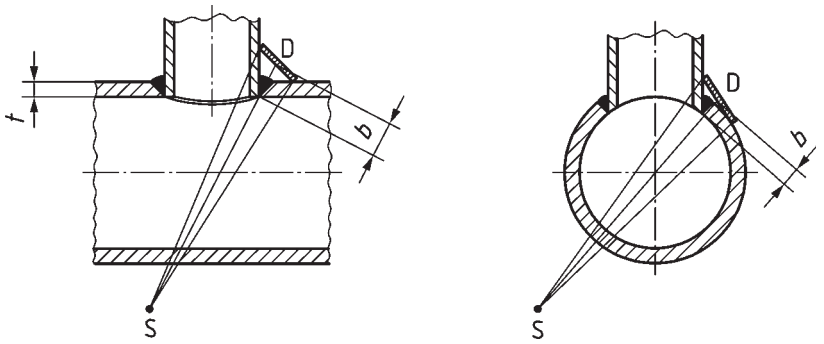


Bild 16 — Aufnahmeanordnung für doppelwandige Durchstrahlung (Einbild) gekrümmter Prüfgegenstände zur Auswertung der detektornahen Wand

a) Aufnahmeanordnung ohne Wanddickenausgleich

b) Aufnahmeanordnung mit Wanddickenausgleich

Legende
Wanddickenausgleich

Bild 17 — Aufnahmeanordnung für die Durchstrahlung von Kehlnähten

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

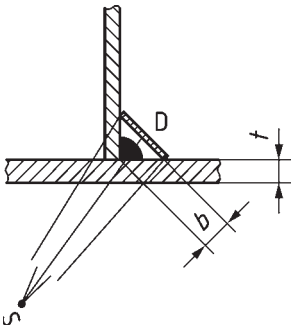


Bild 18 — Aufnahmeanordnung für die Durchstrahlung von Kehlnähten

7.1.9 Technik für unterschiedliche Werkstoffdicken (siehe Bild 19)

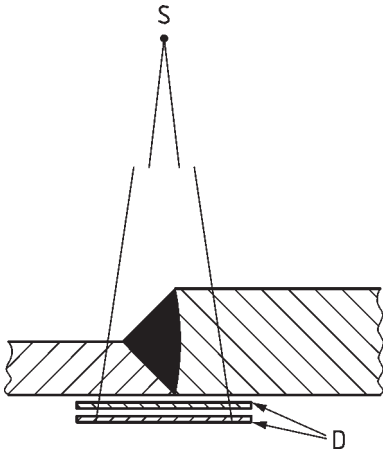


Bild 19 — Mehrfach-Detektortechnik, für CR anwendbar

7.2 Auswahl der Röhrenspannung und der Strahlenquelle

7.2.1 Röntgenstrahler für bis zu 1 000 kV

Um eine gute Anzeigeempfindlichkeit aufrechtzuerhalten, sollte die Röntgen-Röhrenspannung so niedrig wie möglich und das SNR_N im digitalen Bild so hoch wie möglich sein. Die empfohlenen Höchstwerte der Röhrenspannung in Abhängigkeit der Dicke sind in Bild 20 angegeben. Bei diesen Höchstwerten handelt es sich um bewährte Praxiswerte für die Filmradiographie.

DDAs liefern nach einer genauen Detektor-Bildkorrektur (Kalibrierung) auch bei wesentlich höheren Röntgen-Röhrenspannungen als in Bild 20 gezeigt eine ausreichende Bildgüte.

Speicherfolien mit hohem Strukturrauschen in der empfindlichen IP-Schicht (grobkörnig) sollten für die Prüfung nach Klasse B mit einer gegenüber Bild 20 um etwa 20 % geringeren Röntgen-Röhrenspannung eingesetzt werden. Hochauflösende Speicherfolien, die ähnlich wie Röntgenfilme belichtet werden und ein niedriges Strukturrauschen aufweisen (feinkörnig), können mit den Röntgen-Röhrenspannungen nach Bild 20 oder, sofern das SNR_N ausreichend erhöht wird, mit wesentlich höheren Spannungen eingesetzt werden.

ANMERKUNG Kompensationsprinzip CP I:

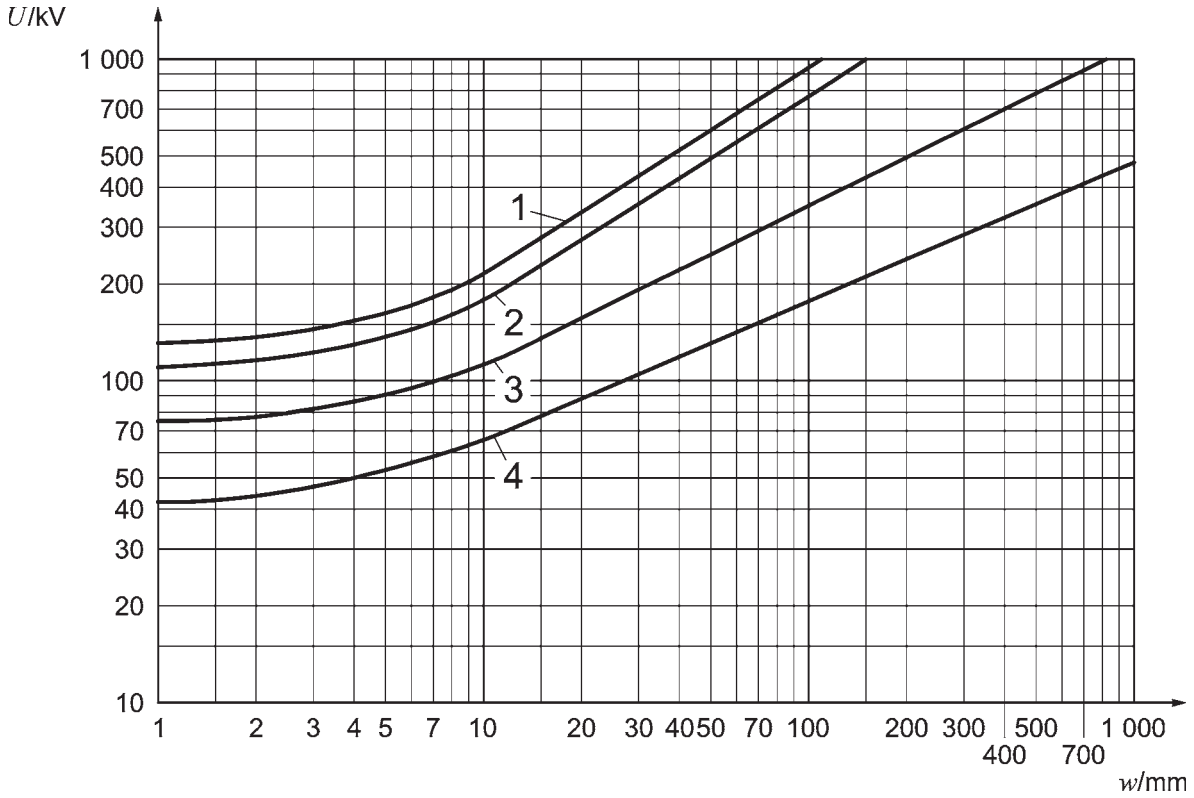
— eine Verbesserung der Kontrastempfindlichkeit kann durch Erhöhung des Kontrasts bei einem konstanten SNR_N durch Verringerung der Röhrenspannung und Kompensation durch eine höhere Belichtung (z. B. mA·min) erreicht werden; oder

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

— eine Verbesserung der Kontrastempfindlichkeit kann durch Erhöhung des SNR_N bei konstantem Kontrast (konstanter kV-Wert) durch Erhöhung der Belichtung (z. B. mA·min) erreicht werden;

— eine erhöhte Röhrenspannung bei gegebener Belichtung (z. B. mA·min) verringert den Kontrast und erhöht das SNR_N. Die Kontrastempfindlichkeit nimmt zu, wenn die Erhöhung des SNR_N größer ist als die Kontrastverringerung durch die höhere Energie.



Legende

U Spannung des Röntgenstrahlers
w durchstrahlte Dicke

1 Kupfer/Nickel und deren Legierungen
2 Stahl
3 Titan und dessen Legierungen
4 Aluminium und dessen Legierungen

Bild 20 — Röhrenspannung von Röntgenstrahlern bis 1 000 kV in Abhängigkeit von der durchstrahlten Dicke und vom Werkstoff

ANMERKUNG Die Kurven in Bild 20 können wie im informativen Anhang G beschrieben berechnet werden.

Für einige Anwendungen, bei denen eine Änderung der Dicke über den durchstrahlten Bereich des Prüfgegenstands auftritt, darf eine Änderung der Vorgehensweise vorgenommen werden, indem eine höhere Spannung verwendet wird; es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass eine übermäßig hohe Röhrenspannung zu einem Verlust der Fehlernachweisempfindlichkeit führt.

7.2.2 Andere Strahlenquellen

Die empfohlenen Bereiche der durchstrahlten Dicke für Gammastrahlenquellen und Röntgengeräte über 1 MeV sind in Tabelle 2 angegeben.

Bei einem dünnwandigen Prüfgegenstand aus Stahl erzeugen Gammastrahlen von Se 75, Ir 192 und Co 60 digitale Durchstrahlungsaufnahmen mit einer geringeren Fehlernachweisempfindlichkeit als solche, die unter Anwendung von Röntgenstrahlung mit geeigneter Technik gewonnen wurden. Wegen der Vorteile von

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Gammastrahlenquellen bezüglich Handhabbarkeit und Zugänglichkeit gibt Tabelle 2 jedoch einen Dickenbereich für jede dieser Gammastrahlenquellen an, der zulässig ist, wenn der Einsatz von Röntgenstrahlen nicht möglich ist und im Bericht vermerkt werden muss.

Für bestimmte Anwendungen dürfen größere Werkstoffdickenbereiche gestattet werden, wenn eine ausreichende Bildgüte erreicht werden kann.

In den Fällen, in denen digitale Durchstrahlungsaufnahmen mit CR und Gammastrahlen erzeugt werden, darf die Gesamtzeit für die Bewegung zur und von der Position der Strahlenquelle 10 % der gesamten Belichtungszeit nicht überschreiten. Bei Anwendung von DDA muss die Belichtungszeit beginnen, sobald sich die Strahlenquelle in ihrer Position befindet, und enden, bevor die Quelle von dieser Position wegbewegt wird.

Tabelle 2 — Bereich der durchstrahlten Dicke für Gammastrahler und Röntgenstrahler mit einer Energie über 1 MeV für Stahl, Kupfer und Nickel-Basislegierungen

Strahlenquelle	Durchstrahlte Dicke w mm	
	Klasse A	Klasse B
Tm 170	$w \leq 5$	$w \leq 5$
Yb 169[a]	$1 \leq w \leq 15$	$2 \leq w \leq 12$
Se 75[b]	$10 \leq w \leq 40$	$14 \leq w \leq 40$
Ir 192	$20 \leq w \leq 100$	$20 \leq w \leq 90$
Co 60	$40 \leq w \leq 200$	$60 \leq w \leq 150$
Röntgenstrahler mit Energien von 1 MeV bis 4 MeV	$30 \leq w \leq 200$	$50 \leq w \leq 180$
Röntgenstrahler mit Energien von 4 MeV bis 12 MeV	$w \geq 50$	$w \geq 80$
Röntgenstrahler mit Energien über 12 MeV	$w \geq 80$	$w \geq 100$

[a] Für Aluminium und Titan ist die durchstrahlte Dicke des Werkstoffs 10 mm $\leq w \leq$ 70 mm für Klasse A und 25 mm $\leq w \leq$ 55 mm für Klasse B.

[b] Für Aluminium und Titan ist die durchstrahlte Dicke des Werkstoffs 35 mm $\leq w \leq$ 120 mm für Klasse A.

Nach Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern darf die durchstrahlte Dicke für Ir 192 für Klasse A oder Klasse B weiter auf 10 mm reduziert werden, sofern die erforderliche Bildgüte nach 6.9 erreicht wird.

Nach Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern darf die durchstrahlte Dicke für Se 75 für Klasse A und Klasse B weiter reduziert werden, sofern die erforderliche Bildgüte nach 6.9 erreicht wird.

Es wird empfohlen, für die Prüfung von durchstrahlten Dicken unter 10 mm mit Se 75 höhere SNR_N zu verwenden als in Tabelle 3 und Tabelle 4 gefordert.

7.3 Detektorsysteme und metallische Aufnahmefolien

7.3.1 Normiertes Mindest-Signal-Rausch-Verhältnis

SNR_N wird aus $SR_b^{detector}$ oder SR_b^{image} berechnet.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

— SNR_N wird aus $SR_b^{detector}$ bestimmt, wenn die Vergrößerung ≤ 1,2 ist. Dazu gehören die Aufnahmeanordnungen, die in Bild 11 und Bild 12 (DWDI) dargestellt sind.

— SNR_N wird aus SR_b^{image} bestimmt, wenn die Vergrößerung > 1,2 ist.

Für die digitale Durchstrahlungsprüfung müssen Mindest-SNR_N-Werte nach Tabelle 3 und Tabelle 4 oder Mindest-Grauwerte (nur bei CR) erreicht werden. Anhang D beschreibt das Verfahren für die Messung des SNR_N und liefert eine Umwandlungstabelle für die Anwender, die es vorziehen, anstelle des SNR_N unnormierte, gemessene SNR-Werte anzusetzen.

Anstelle der Mindest-SNR_N-Werte dürfen äquivalente Mindest-Grauwerte GV für die CR genutzt werden, vorausgesetzt sie werden entsprechend dem Verfahren nach Anhang D für die eingesetzten IP, das verwendete Abtastsystem und dessen Einstellungen sowie das erforderliche SNR_N nach Tabelle 3 und Tabelle 4 bestimmt.

Die SNR_N-Werte sind vorzugsweise neben der Schweißnaht nahe dem Draht- bzw. Stufe/Loch-BPK im dickeren Teil des geschweißten Grundwerkstoffs, in einem Bereich mit homogener Wanddicke und konstanten Grauwerten zu bestimmen. Alternativ kann das SNR_N auch in der Schweißnahtwurzel bestimmt werden, wenn dort homogene Bereiche vorhanden sind. Die Grauwerte (nur bei CR) sind im Prüfereich in der Schweißnaht nahe dem Draht- oder Stufe/Loch-BPK zu messen.

ANMERKUNG 1 Wenn das SNR_N in der Schweißnahtwurzel gemessen wird, wird es üblicherweise im Bereich der mittleren Wurzeldicke gemessen.

Ausnahmsweise darf das ermittelte SNR_N die geforderten Werte der Tabelle 3 oder Tabelle 4 um bis zu 20 % unterschreiten, sofern die in Anhang B geforderte Bildgüte erreicht und die Röhrenspannung auf 80 % oder weniger der Werte nach Bild 20 (CP I) reduziert wird. Die Ausnahme darf aufgrund möglicher Rauheit (z. B. Korrosion) oder geometrischer Verformungen des Materials, die das Bildrauschen und das erreichbare SNR_N beeinflussen, angewendet werden.

Sofern die Messung des SNR_N nicht im Schweißnahtbereich, sondern neben der Schweißnaht in der Wärmeeinflusszone oder dem Grundwerkstoff erfolgt, müssen die SNR_N-Werte im Vergleich zu Tabelle 3 und Tabelle 4 um den Faktor 1,4 erhöht werden, falls die Schweißnaht nicht rohreben ist. Wenn die SNR_N-Messung in der Schweißnaht ausreichende Werte nach Tabelle 3 oder Tabelle 4 liefert, ist keine Messung in der Wärmeeinflusszone oder im Grundwerkstoff erforderlich.

ANMERKUNG 2 Bei der Filmradiographie beträgt die optische Filmdichte bei Messung in der Wärmeeinflusszone/im Grundmaterial üblicherweise zwischen 3,5 und 4. Dies entspricht einem SNR_N, das im Vergleich zum Zentrum der Schweißnaht, das üblicherweise eine optische Dichte von 2 oder mehr aufweist, um etwa 1,4 höher liegt.

Es wird dringend empfohlen, dass das SNR_N in der Wärmeeinflusszone gemessen werden sollte, da es sich dabei üblicherweise um einen Bereich mit konstantem Grauwert handelt, der genaue Messungen des SNR_N zulässt.

In Anhang D wird das Verfahren beschrieben, mit dem anstelle des erforderlichen SNR_N die äquivalenten Mindest-Grauwerte (nur für CR) bestimmt werden.

Anhang D liefert auch eine Umwandlungstabelle für die Anwender, die es vorziehen, anstelle des SNR_N unnormierte SNR-Werte zu messen. Das unnormierte Mindest-SNR wird in Abhängigkeit von der Basis-Ortsauflösung, die $SR_b^{detector}$ oder SR_b^{image} sein darf, und dem erforderlichen SNR_N nach Tabelle 3 und Tabelle 4 bestimmt.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Zur Akzeptanz der digitalen Bilder muss der Anwender die Mindest-Grau- oder SNR_N-Werte bzw. SNR-Werte für die CR (siehe Anhang D) definieren. In Analogie zur optischen Mindestfilmdichte in der Filmradiographie muss der Anwender für die Radiographie mit DDAs zur Akzeptanz der digitalen Bilder die Mindest-SNR_N- bzw. SNR-Werte (siehe Anhang D) definieren. Sind keine speziellen Werte definiert, müssen die Werte nach Tabelle 3 und Tabelle 4 erreicht werden. Die Mindest-SNR_N-Werte sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 für verschiedene Strahlenquellen und Werkstoffdicken angegeben.

ANMERKUNG 3 Analog zu Anhang D für die CR können auch für DDAs minimale GV × FN-Werte (Grauwerte × Anzahl der Bildintegrationen) als Referenz für die Mindestbildgüte, definiert durch SNR_N, festgelegt werden. Dies ist aber nur anwendbar, wenn es nach jeder DDA-Bildkorrektur (Kalibrierung) wiederholt wird.

ANMERKUNG 4 Zu Einzelheiten der SNR_N-Messung siehe ISO 16371-1, ASTM E2446 [12] (für CR) oder ASTM E2597 [13] (für DDAs) und Anhang D.

Tabelle 3 — Mindest-SNR_N-Werte (CR und DDA) und Vorderfolien aus Metall (Aufnahmefolien nur für CR) für die digitale Durchstrahlungsprüfung von Stahl, Kupfer und Nickel-Basis-Legierungen

Strahlenquelle	Durchstrahlte Werkstoffdicke w mm	Mindest-SNR_N[c]		Art und Dicke der Vorderfolien aus Metall mm
		Klasse A	Klasse B	
Spannung des Röntgenstrahlers ≤ 50 kV		100	150	keine
Spannung des Röntgenstrahlers[d] > 50 kV bis 150 kV		70	120	0 bis 0,1 (Pb)
Spannung des Röntgenstrahlers[d] > 150 kV bis 250 kV		70	100	0 bis 0,1 (Pb)
Spannung des Röntgenstrahlers[d] > 250 kV bis 350 kV	≤ 50	70	100	0 bis 0,3 (Pb)
	> 50	70	70	0 bis 0,3 (Pb)
Spannung des Röntgenstrahlers[d] > 350 kV bis 1 000 kV	≤ 50	70	100	0 bis 0,3 (Pb)
	> 50	70	70	0 bis 0,3 (Pb)
Yb 169[d]	≤ 5	70	120	0 bis 0,1 (Pb)
	> 5	70	100	0 bis 0,1 (Pb)
Ir 192d, Se 75[d]	≤ 50	70	100	0 bis 0,3 (Pb)
	> 50	70	70	0,1 bis 0,4 (Pb)
Co 60[a, b] Spannung des Röntgenstrahlers[a, b] > 1 MV bis 5 MV	≤ 100	70	100	0,3 bis 0,8 (Fe oder Cu) + 0,6 bis 2 (Pb)
	> 100	70	70	0,3 bis 0,8 (Fe oder Cu) + 0,6 bis 2 (Pb)
Spannung des Röntgenstrahlers[a, b] > 5 MV	≤ 100	70	100	0,6 bis 4 (Fe, Cu oder Pb)
	> 100	70	70	0,6 bis 4 (Fe, Cu oder Pb)

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Strahlenquelle	Durchstrahlte Werkstoffdicke *w* mm	Mindest-SNR_N[c]		Art und Dicke der Vorderfolien aus Metall mm
		Klasse A	Klasse B	

[a] Bei Mehrfachfolien (Fe + Pb) ist die Stahlfolie zwischen IP und Bleifolie anzuordnen.

[b] Anstelle von Fe oder Fe + Pb dürfen auch Folien aus Kupfer, Tantal oder Wolfram eingesetzt werden, vorausgesetzt die Bildgüte kann nachgewiesen werden.

[c] Wenn das SNR_N in der Wärmeeinflusszone/im Grundwerkstoff gemessen wird, müssen diese Werte mit 1,4 multipliziert werden. Eine Multiplikation ist nicht erforderlich, falls die Schweißnaht rohreben ist oder wenn im Zentrum der Schweißnaht ein ausreichendes SNR_N gemessen wird.

[d] Bleifolien dürfen komplett oder teilweise durch Aufnahmefolien aus Fe oder Cu ersetzt werden. Die äquivalente Dicke für Fe- oder Cu-Folien ist 3x die Bleidicke.

Tabelle 4 — Mindest-SNR_N-Werte (CR und DDA) und Vorderfolien aus Metall (Folien nur für CR) für die digitale Durchstrahlungsprüfung von Aluminium und Titan

Strahlenquelle	Mindest-SNR_N[b]		Art und Dicke der Vorderfolien aus Metall mm
	Klasse A	Klasse B	
Spannung des Röntgenstrahlers ≤ 150 kV	70	120	≤ 0,03 (Pb)
Spannung des Röntgenstrahlers > 150 kV bis 0 kV	70	100	≤ 0,2 (Pb)[a]
Spannung des Röntgenstrahlers > 250 kV bis 500 kV	70	100	≤ 0,2 (Pb)[a]
Yb 169	70	100	≤ 0,2 (Pb)[a]
Se 75	70	100	≤ 0,3 (Pb)[a]

[a] Anstelle einer 0,2-mm-Bleifolie darf eine 0,1-mm-Aufnahmefolie mit einem zusätzlichen 0,1 mm dicken Filter außerhalb der Kassette eingesetzt werden.

[b] Wenn das SNR_N in der Wärmeeinflusszone/im Grundwerkstoff gemessen wird, müssen diese Werte mit 1,4 multipliziert werden. Eine Multiplikation ist nicht erforderlich, falls die Schweißnaht rohreben ist oder wenn im Zentrum der Schweißnaht ein ausreichendes SNR_N gemessen wird.

7.3.2 Kompensationsprinzip CP II

Wenn die erforderliche Doppeldraht-BPK-Empfindlichkeit nach Tabelle B.13 oder Tabelle B.14 mit Hilfe des verwendeten Detektorsystems und den eingesetzten Durchstrahlungsbedingungen nicht erreicht werden kann, muss mit einer Erhöhung der Sichtbarkeit des Einzel-Draht-BPK oder des Stufe/Loch-BPK die Überschreitung der Unschärfewerte (oder die Überschreitung der SR_b-Werte, entweder $SR_b^{detector}$ oder SR_b^{image}) kompensiert werden.

Werden beispielsweise die erforderlichen Werte D12 und W16 (für eine Dicke von 5 mm, Klasse B, siehe Tabelle B.3 und Tabelle B.14) für einen bestimmten Detektoraufbau nicht gleichzeitig erreicht, so liefern die Werte D11 und W17 eine äquivalente Nachweisempfindlichkeit. Diese Kompensation muss auf eine maximale Erhöhung von drei Einzeldrähten für drei nichtaufgelöste Doppel-Drahtpaare beschränkt bleiben.

Die Kontrastempfindlichkeit hängt bei digitalen Matrixdetektoren (DDA) von der verwendeten Einzelbild-Belichtungszeit, der Anzahl der Bildintegrationen und dem Röhrenstrom (mA) bei der Aufnahme von

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Durchstrahlungsaufnahmen für einen gegebenen Abstand und eine gegebene Röhrenspannung ab, daher kann die Sichtbarkeit der Draht-BPK oder Stufe/Loch-BPK durch eine erhöhte Belichtungszeit und/oder höherem Röhrenstrom verbessert werden. Dies gilt ebenso für die CR, wobei jedoch aufgrund des Strukturrauschens der empfindlichen PSL-Schicht der Speicherfolien eine Begrenzung durch das maximal erreichbare SNR_N gegeben ist. Das maximal erreichbare SNR_N für die Radiographie mit DDA wird durch die Qualität der Bildkorrektur (Kalibrierung) begrenzt.

Die Basis-Ortsauflösung des digitalen Matrixdetektors $SR_b^{detector}$ ist durch die Konstruktion und Hardwareparameter festgelegt.

Wird die Vergrößerungstechnik verwendet, muss die Basis-Ortsauflösung des Bildes SR_b^{image} auf der Grundlage des vergrößerten Bildes bei am Prüfgegenstand liegendem Doppeldraht-BPK bestimmt werden (siehe 7.7).

7.3.3 Metallische Aufnahmefolien für IP und Abschirmung

Wenn Vorderfolien aus Metall für die CR verwendet werden, muss ein guter Kontakt zwischen der empfindlichen Detektorschicht und den Aufnahmefolien gegeben sein. Dies kann entweder durch Verwendung von vakuumverpackten IP oder durch Anpressdruck erreicht werden. Bleifolien, die sich nicht in engem Kontakt mit den IP befinden, können zur Bildunschärfe beitragen. Die durch die Verwendung von Bleifolien im Kontakt mit den IP erreichbare Verstärkung ist wesentlich geringer als bei der Filmradiographie.

Viele IP sind sehr empfindlich gegenüber niederenergetischer Rückstreuung und Röntgenfluoreszenzstrahlung, die von der als Schutz gegen Rückstreuung verwendeten Bleiabschirmung ausgeht. Dieser Effekt trägt signifikant zur Kantenunschärfe und einem verringerten CNR bei und sollte minimiert werden. Es wird empfohlen, dass direkt hinter der IP eine Folie aus Stahl oder Kupfer verwendet wird. Auch eine Stahl- oder Kupferfolie zwischen Rückstreu-Bleiabschirmung und IP kann die Bildgüte verbessern. Moderne Kassetten- und Detektorkonstruktionen berücksichtigen diesen Effekt und können so aufgebaut sein, dass keine zusätzliche Abschirmung aus Stahl oder Kupfer außerhalb der Kassette erforderlich ist.

ANMERKUNG Aufgrund der Schutzschicht zwischen dem Blei und der empfindlichen Schicht einer IP wird die Verstärkungswirkung durch Elektronen wesentlich verringert und tritt erst bei höheren Energien auf. In Abhängigkeit von der Strahlungsenergie und der Auslegung der Schutzschicht beträgt die Verstärkung der Aufnahmefolien bei typischen Röntgenenergien zwischen 20 % und 100 % (im Vergleich zur Belichtung ohne Aufnahmefolie).

Der geringe Verstärkungseffekt durch Blei-Aufnahmefolien im Kontakt mit der IP kann kompensiert verwendet werden, indem ohne Aufnahmefolien eine längere Belichtungszeit oder ein höherer mA·min-Wert benutzt wird. Da in Kontakt mit den IP stehende Bleifolien Kratzer auf den IP verursachen können, wenn sie vor dem Abtastvorgang unachtsam entfernt werden, sollten Bleifolien für die Zwischenfilterung der Streustrahlung nur außerhalb der Kassetten eingesetzt werden. Für die Untersuchung von Prüfgegenständen aus Stahl mit einer Dicke < 12 mm wird keine Zwischenfilterung empfohlen.

In Tabelle 3 und Tabelle 4 werden die empfohlenen Materialien und Dicken der Aufnahmefolien für verschiedene Strahlenquellen und CR angegeben. Andere Foliendicken dürfen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden, vorausgesetzt die erforderliche Bildgüte wird erreicht. Die Verwendung von Aufnahmefolien als Vorderfolien für IP wird empfohlen, beim Einsatz mit DDA können sie auch den Einfluss von Streustrahlung reduzieren.

7.4 Ausrichtung des Strahlers

Der Strahl muss auf das Zentrum des Prüfbereichs gerichtet sein und sollte an dieser Stelle senkrecht auf der Oberfläche des Prüfgegenstands stehen, außer wenn gezeigt werden kann, dass bestimmte Unregelmäßigkeiten am besten durch eine andere Strahlerausrichtung detektiert werden. In diesem Fall kann eine

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

geeignete andere Strahlerausrichtung zugelassen werden. Andere Möglichkeiten der digitalen Durchstrahlung dürfen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden.

BEISPIEL Für eine bessere Detektion eines Flankenbindefehlers sollte die Richtung des Strahls parallel zu den Winkeln der Schweißnahtvorbereitung ausgerichtet werden.

7.5 Verminderung der Streustrahlung

7.5.1 Metallfilter und Kollimatoren (Blenden)

Um die Wirkung von Streustrahlung zu reduzieren, muss die direkte Strahlung durch Kollimatoren soweit wie möglich auf den Prüfbereich begrenzt werden.

Bei Se 75-, Ir 192-, Co 60-Strahlenquellen oder Röntgenquellen über 1 MV oder bei Randüberstrahlung kann eine Bleifolie als Filter für energiearme Streustrahlung zwischen Prüfgegenstand und Kassette oder DDA verwendet werden. Die Dicke dieser Folie beträgt in Abhängigkeit von der durchstrahlten Werkstoffdicke 0,5 mm bis 2 mm. Andere Materialien als Blei, z. B. Zinn, Kupfer oder Stahl, können auch als Filter benutzt werden. Zwischen Bleifolie und Detektor sollte eine dünne Stahl- oder Kupferfolie angeordnet werden.

7.5.2 Abschirmung von rückgestreuter Strahlung

Das Vorliegen von rückgestreuter Strahlung muss bei jeder neuen Aufnahmeanordnung für CR mit einem direkt hinter der Kassette angeordneten Bleibuchstaben B (mit einer Mindesthöhe von 10 mm und einer Mindestdicke von 1,5 mm) geprüft werden. Dieser muss außerhalb des Bildes der Schweißnaht und der WEZ im auszuwertenden Bereich (AoI) liegen. Wenn die Abbildung dieses Symbols als helleres Bild auf der digitalen Durchstrahlungsaufnahme erscheint (negative Darstellung, d. h. reduzierter linearisierter GV), muss dieses verworfen werden. Ist das Symbol dunkler (erhöhter linearisierter GV) oder unsichtbar, ist die digitale Durchstrahlungsaufnahme zulässig und weist einen guten Schutz gegen rückgestreute Strahlung nach.

Wenn erforderlich, muss der Detektor mit einer Platte aus Blei von mindestens 1 mm oder Zinn von mindestens 1,5 mm gegen rückgestreute Strahlung abgeschirmt werden, wobei diese Platte hinter dem Detektor angeordnet wird. Eine zusätzliche Abschirmung aus Stahl oder Kupfer (etwa 0,5 mm dick) muss zwischen Bleifilter und Detektor angeordnet werden, um den Einfluss der Röntgenfluoreszenzstrahlung des Bleis zu verringern. Oberhalb von 80 keV dürfen keine Bleifilter im Kontakt mit der Rückseite des Detektors angewendet werden.

7.6 Abstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand

Der Mindestabstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand $f_{\min}$ hängt von der Strahler- oder Brennfleckgröße d und vom Abstand Prüfgegenstand – Detektor b (gemessen von der der Strahlenquelle zugewandten Seite zur empfindlichen Detektorschicht) ab. Die Strahler- oder Brennfleckgröße d muss mit EN 12543 oder EN 12679 übereinstimmen.

Herstellerwerte dürfen verwendet werden, wenn sie mit diesen Dokumenten übereinstimmen.

Wenn die Größe der Strahlenquelle oder Brennfleckgröße durch zwei Maße beschrieben ist, ist das größere der beiden anzusetzen.

Bei anderen als den in Bild 2 b), Bild 8 b), Bild 13 b) und Bild 14 b) dargestellten Durchstrahlungsgeometrien muss der Abstand f so gewählt werden, dass das Verhältnis dieses Abstands zur Strahler- oder Brennfleckgröße d, d. h. f/d, nicht die Werte unterschreitet, die durch Gleichung (1) und Gleichung (2) gegeben sind:

ANMERKUNG Zur Vereinfachung werden in den folgenden Gleichungen nur f und b verwendet. Die Gleichungen gelten auch für f' und b', wie in Bild 11, Bild 13 und Bild 14 dargestellt.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

$$\frac{f}{d} \geq 7{,}5b^{2/3} \quad (1)$$

für Klasse A und für Klasse B

$$\frac{f}{d} \geq 15b^{2/3} \quad (2)$$

Dabei ist

b in Millimeter (mm) angegeben.

Wenn der Abstand $b < 1{,}2t$ ist, muss das Maß b in Gleichung (1) und Gleichung (2) und in Bild 21 durch die Nenndicke t ersetzt werden.

Zur Bestimmung des Abstands Strahlenquelle – Prüfgegenstand $f_{\min}$ darf das Leiterdiagramm in Bild 21 verwendet werden. Das Leiterdiagramm beruht auf Gleichung (1) und Gleichung (2).

Bei den Aufnahmeanordnungen nach Bild 2 b), Bild 8 b), Bild 13 b) und Bild 14 b) (mit Vergrößerung $M \leq 1{,}2$) muss der Abstand f' so gewählt werden, dass das Verhältnis dieses Abstands zur Größe d der Strahlenquelle, d. h. f'/d, nicht die Werte unterschreitet, die durch Gleichung (3) und Gleichung (4) gegeben sind, wenn b/t > 1,2:

$$\frac{f'}{d} \geq 7{,}5\frac{b}{\sqrt[3]{t}} \quad (3)$$

für Klasse A und für Klasse B

$$\frac{f'}{d} \geq 15\frac{b}{\sqrt[3]{t}} \quad (4)$$

Dabei ist

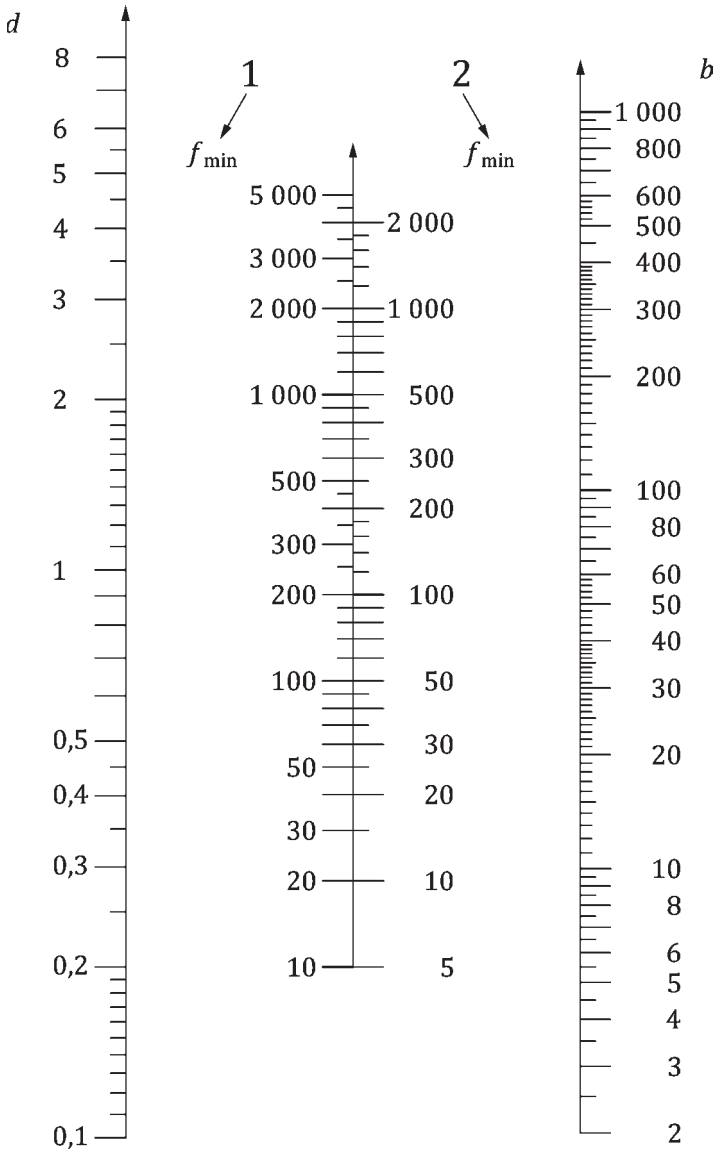
t die zu untersuchende Nenndicke, in Millimeter;

b der Abstand Prüfgegenstand – Detektor, in Millimeter.

Müssen mit Klasse A flächige Unregelmäßigkeiten nachgewiesen werden, muss der Mindestabstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand $f_{\min}$ derselbe wie für Klasse B sein, um so die geometrische Unschärfe um einen Faktor von 2 zu verringern. In kritischen technischen Anwendungen an rissempfindlichen Werkstoffen muss eine empfindlichere Durchstrahlungstechnik als Klasse B angewendet werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06



Legende

f_{min} der Mindestabstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand
d Größe der Strahlenquelle
b Abstand Prüfgegenstand – Film
1 Klasse B
2 Klasse A

Bild 21 — Leiterdiagramm zur Ermittlung des Mindestabstands Strahlenquelle – Prüfgegenstand f_{min} in Bezug auf den Abstand Prüfgegenstand – Detektor b und die Größe der Strahlenquelle d außer für die Aufnahmeanordnungen in Bild 2 b), Bild 8 b), Bild 13 b) und Bild 14 b)

In Tabelle B.13 und Tabelle B.14 sind die Höchstwerte für SR_b^{image} mit dem Doppeldraht-BPK im Bild oder dem $SR_b^{detector}$-Wert einer Referenzaufnahme (wenn $M < 1{,}2$) für ausreichende Bildgüte für Klasse A bzw. Klasse B angegeben.

Die Berechnung von b für die Geometrie in Bild 8 b), Bild 13 b) und Bild 14 b) ist abhängig vom Abstand des ebenen Detektors am Rand (b_{edge}) der RoI, dem Spalt zwischen Detektor und äußerer Rohroberfläche (b_{gap}) und der Wanddicke am Rand der RoI. Der Wert b muss wie in Bild 22 gezeigt auf der Grundlage von Gleichung (5) bis Gleichung (7) berechnet werden:

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Klasse A

$$b = b_{edge} + 1{,}2 \cdot t + b_{gap} \tag{5}$$

Klasse B

$$b = b_{edge} + 1{,}1 \cdot t + b_{gap} \tag{6}$$

mit

$$b_{edge} = (1 - cos(\alpha)) \cdot r_{external} \tag{7}$$

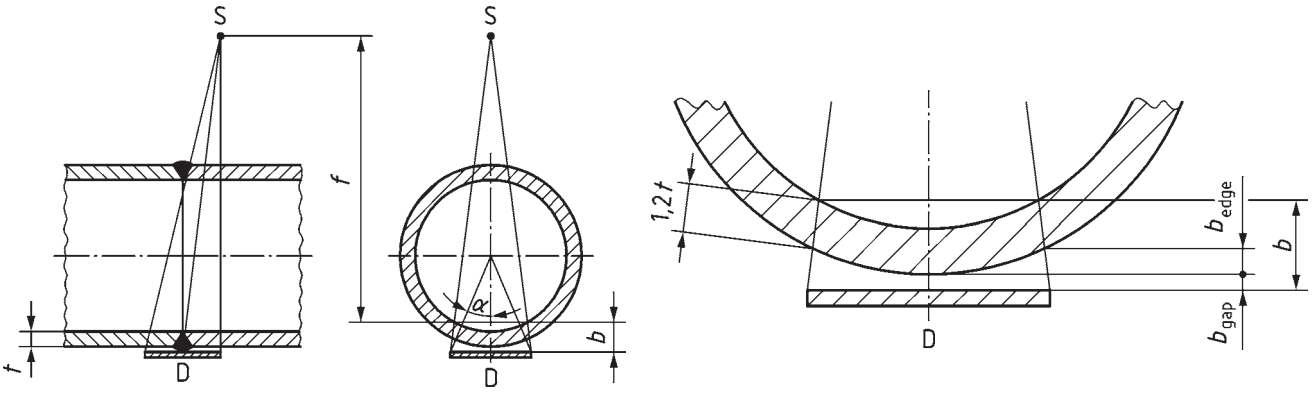


Bild 22 — Schema zur Bestimmung von b für DWSI-Aufnahmen mit starren Kassetten oder starren DDAs (Bild 13 und Bild 14), dargestellt für Bild 13 b) und Prüfung nach Klasse A.

ANMERKUNG Der Wert b_{edge} wird in Bild 2b im Zentrum des RoI gemessen.

Die Berechnung von b für die Anwendung von DDAs für die Panoramaprüfung nach Bild 5 b) (Zentralprojektion) ist abhängig vom Abstand des ebenen Detektors am Rand (b_{edge}) der RoI, dem Spalt zwischen Detektor und äußerer Rohroberfläche (b_{gap}) und der Wanddicke am Rand der RoI. Der Wert b muss nach Gleichung (8) bis Gleichung (9) berechnet werden:

Klasse A und Klasse B

$$b = b_{edge} + \mathrm{t} + b_{gap} \tag{8}$$

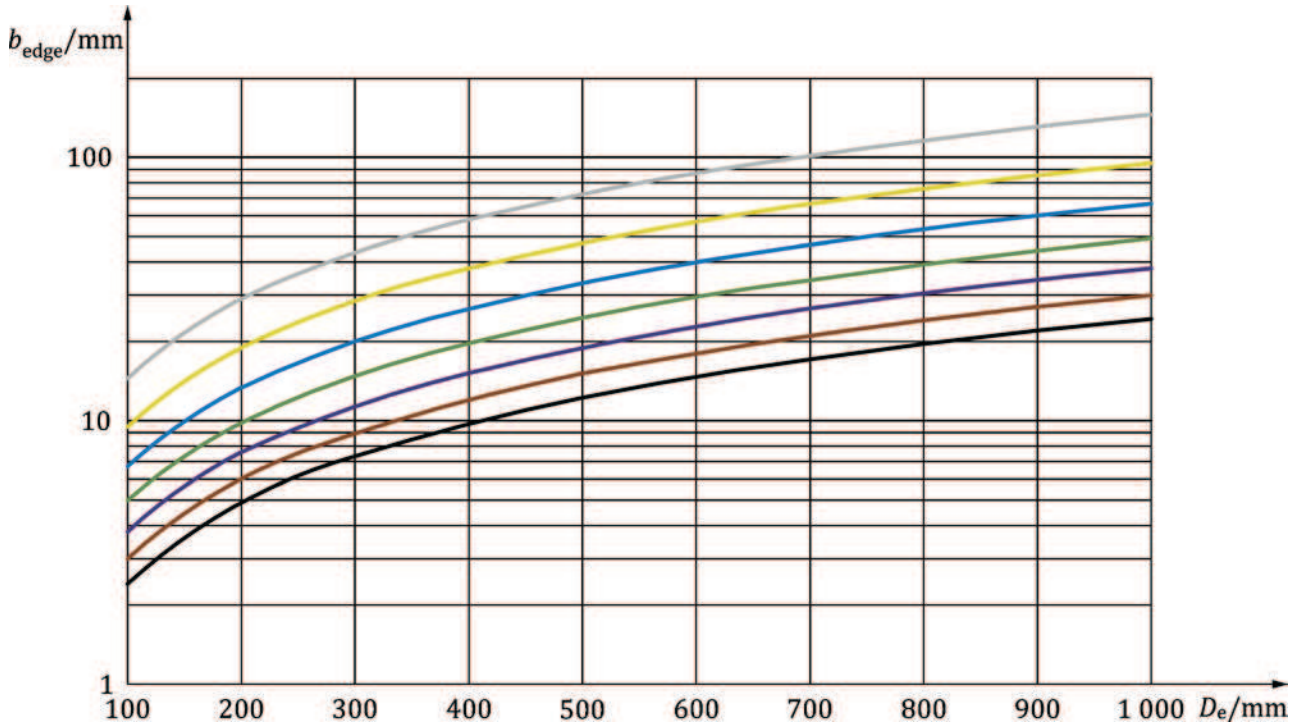
mit

$$b_{edge} = \frac{1}{\cos\alpha} \cdot \left(r_{external} + b_{gap}\right) - r_{inner} \tag{9}$$

Da Gleichung (7) für den Praktiker schwer zu handhaben ist, darf Bild 23 zur Bestimmung von b_{edge} in Abhängigkeit von der Anzahl der Aufnahmen (N) und dem äußeren Durchmesser (D_e) des zu prüfenden Rohres nach Bild 2 b), Bild 8 b), Bild 13 b) und Bild 14 b) verwendet werden. Siehe Anhang A für die Bestimmung der erforderlichen Anzahl der Aufnahmen (N).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06



Legende

$N = 4$ $N = 5$ $N = 6$ $N = 7$ $N = 8$ $N = 9$ $N = 10$

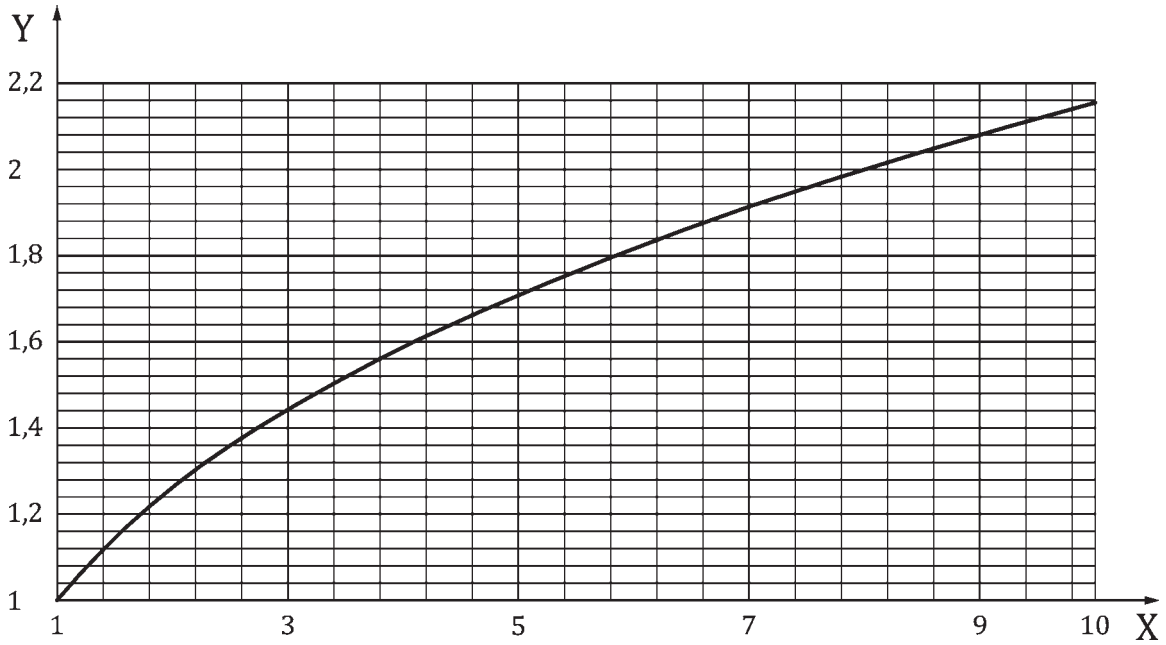
b_{edge} Abstand des ebenen Detektors am Rand des Rohres
D_e äußerer Durchmesser des Rohres

Bild 23 — Diagramm zur Bestimmung von b_{edge} in Abhängigkeit von der Anzahl der Aufnahmen (N) und dem äußeren Durchmesser (D_e) des mit der Doppelwand-Doppelbild-Technik zu prüfenden Rohres

Ist $(b/t) > 1{,}2$, so muss das aus Bild 21 ermittelte $f_{\min}(b = t)$ um den Erhöhungsfaktor C_i erhöht werden, der nach Gleichung (10) berechnet wird, um die Unschärfeanforderungen für gekrümmte Detektoren in Kontakt mit dem Prüfgegenstand in Abhängigkeit von der Werkstoffdicke t zu erfüllen [siehe auch Gleichung (3) und Gleichung (4)]. Folglich wird der Mindestabstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand $< f^*_{\min}$ für ebene Detektoren [siehe Bild 2 b), Bild 5 b), Bild 8 b), Bild 13 b), Bild 14 b)] berechnet durch:

$$f^*_{min} = C_i \cdot f_{min}(b = t) = \left(\frac{b}{t}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot f_{\min}(b = t) \tag{10}$$

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06



Legende
X Verhältnis b/t
Y C_i: Faktor für die Erhöhung

Bild 24 — Faktor für die Erhöhung von f_{min}, nach Bild 21 ermittelt, wenn $b/t > 1{,}2$, wie in Gleichung (3), Gleichung (4) und Gleichung (10) berücksichtigt

Die Bestimmung von f^*_{min} muss wie folgt durchgeführt werden:

— Der Wert von b_{gap} wird aus den Anforderungen an den mechanischen Aufbau unter Berücksichtigung der Decklagendicke, der Detektorgehäusedicke oder Kassettendicke und der Lage der empfindlichen Detektorschicht bestimmt.

— Für die ebenen Detektoren oder ebenen Kassetten wird b_{edge} als Funktion der Detektorgröße und der Anzahl der erforderlichen Aufnahmen bestimmt.

  — Die erforderliche Überlappung in den Bildern berücksichtigen, die die effektive Detektorgröße reduziert.

  — b_{edge} wird für die in Bild 2 b), Bild 8 b), Bild 13 b) oder Bild 14 b) dargestellten Aufnahmegeometrie mit Gleichung (7) oder mit Gleichung (9) für die in Bild 5 b) dargestellte Aufnahmegeometrie bestimmt.

  — Alternativ darf b_{edge} aus Bild 23 für die in Bild 8 b), Bild 13 b) oder Bild 14 b) dargestellten Aufnahmegeometrien berechnet werden.

  — Alternativ darf b_{edge} auch aus Zeichnungen berechnet werden.

  — b_{edge} entspricht der Zunahme von b durch die Krümmung des Prüfgegenstands, wenn die Aufnahmegeometrie auf Bild 2 b) basiert.

— b wird unter Berücksichtigung von t, b_{gap} und b_{edge} (siehe Gleichungen (5), (6) oder (8)) berechnet.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

— Zur Berechnung von f_{min} wird Bild 21 oder Gleichung (1) oder Gleichung (2) (je nach Prüfklasse) verwendet.

— Bild 24 wird verwendet, um C_i aus dem Verhältnis b/t zu bestimmen (wenn $b/t > 1{,}2$), und f^*_{min} wird nach Gleichung (10) berechnet.

  — Alternativ darf je nach Prüfklasse auch Gleichung (3) oder Gleichung (4) verwendet werden.

Liegt die Detektorunschärfe nahe an der zulässigen geometrischen Unschärfe, wird die BPK-Sichtbarkeit nach Tabelle B.1 bis Tabelle B.12 nur durch erhöhtes f_{min} oder f^*_{min} (siehe Anhang F) und/oder höheres SNR (CP II) erreicht.

Wird die Ellipsentechnik nach 7.1.6 (Bild 11) oder die Senkrechttechnik nach 7.1.7 (Bild 12) angewendet, muss b in Gleichung (1) und Gleichung (2) und in Bild 21 durch den äußeren Durchmesser D_e des Rohres ersetzt werden.

Wenn die Strahlenquelle außerhalb des Prüfgegenstands und der Detektor auf der anderen Seite liegt (Technik nach 7.1.8 (Bild 13 bis Bild 16) als Doppelwanddurchstrahlung/Einbild-Auswertung) wird der Mindestabstand Strahlenquelle – Prüfgegenstand nur durch die Wanddicke (d. h. nicht durch den Rohrdurchmesser) bestimmt.

Wo möglich, ist die Benutzung von Techniken der Doppelwanddurchstrahlung (siehe 7.1.8, Bild 13 bis Bild 16) zu vermeiden, wenn die Strahlenquelle innerhalb des zu durchstrahlenden Prüfgegenstands angeordnet werden kann (siehe 7.1.4 und 7.1.5, Bild 5 bis Bild 10), um eine besser geeignete Ausrichtung der Prüfung zu erreichen. Die Verringerung des Mindestabstands Strahlenquelle – Prüfgegenstand sollte nicht mehr als 20 % betragen, vorausgesetzt die BPK-Anforderungen werden erfüllt. Wenn die Strahlenquelle zentrisch innerhalb des Prüfgegenstands und der Detektor außerhalb liegt (Technik nach 7.1.4, Bild 5), darf dieser Prozentwert erhöht werden, vorausgesetzt die BPK-Anforderungen werden erfüllt. Jedoch darf die Verringerung des Mindestabstands Strahlenquelle – Prüfgegenstand nicht mehr als 50 % betragen. Eine weitere Verringerung des Mindestabstandes kann zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden, vorausgesetzt die BPK-Anforderungen werden erfüllt.

7.7 Geometrische Vergrößerungstechnik

Die Verwendung der in diesem Kapitel beschriebenen Vergrößerungstechnik wird empfohlen, wenn eine Aufnahmegeometrie mit $v > 1{,}2$ angewendet wird.

Ein Hindernis bei der Anwendung von CR- und DDA-Systemen besteht in der großen (≥ 50 µm) Pixelgröße der meisten digitalen Matrixdetektoren und IP-Abtastsysteme im Vergleich zur geringen Korngröße von Filmen (die zu einer sehr hohen Ortsauflösung bei Filmen führt). Diese Schwierigkeit kann umgangen werden, indem die Eigenschaft von DDAs ausgenutzt wird, das SNR_N (Kompensationsprinzip CP II) im Bild und/oder die geometrische Vergrößerung zu erhöhen, sofern erforderlich.

ANMERKUNG Die geometrische Vergrößerung unterscheidet sich von der digitalen Vergrößerung (Zoom) der dargestellten Bilder. Nur die geometrische Vergrößerung erlaubt eine Verringerung der Bildunschärfe.

Wenn die erforderliche BPK-Empfindlichkeit (nachgewiesen durch Einzel-Draht- oder Stufe/Loch-BPK) und SR_b^{image} (nachgewiesen durch Doppeldraht-BPK, siehe auch Anhang C) nicht die Anforderungen in der zutreffenden Tabelle B.1 bis Tabelle B.14 erfüllen, besteht eine Möglichkeit darin, das Signal-Rausch-Verhältnis des Bildes zu erhöhen (siehe 7.3.2, Kompensationsprinzip CP II).

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Anwendung der geometrischen Vergrößerungstechnik mit größerem Abstand zwischen IP bzw. DDA und Prüfgegenstand unter Verwendung einer Röntgenröhre mit kleinem Brennfleck oder einer Gammastrahlenquelle mit geringerer Strahlergröße.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Werden trotzdem, auch nach Anwendung dieser beiden Verfahren, die geforderten BPK-Werte nicht erreicht, kann das betreffende CR-System bzw. dieser Matrixdetektor nicht für diese Prüfung eingesetzt werden.

Die richtige Wahl der Vergrößerung muss durch Einsatz des Doppeldraht-BPK auf dem Prüfgegenstand in allen Durchstrahlungsaufnahmen nachgewiesen. Der Doppeldraht-BPK ist auf der dem Detektor zugewandten Seite des Prüfgegenstands anzuordnen, sofern gilt: $2SR_b^{image} > d$ (Strahler- bzw. Brennfleckgröße d). Anderenfalls muss der Doppeldraht-BPK auf der der Strahlenquelle zugewandten Seite des Prüfgegenstands angeordnet werden. Es wird empfohlen, dass für die Auswahl der Vergrößerung auf beiden Seiten des Prüfgegenstands ein Doppeldraht-BPK angeordnet wird, wobei nur einer dieser BPK nach der Auswahl des korrekten Vergrößerungsfaktors und der Strahlergröße in den Durchstrahlungsaufnahmen der Routineprüfung sichtbar sein muss.

Falls eine automatische Fehlererkennung eingesetzt wird, können die BPK im Digitalbild stören. Werden für eine Serie von Durchstrahlungsaufnahmen in der Routineprüfung keine BPK eingesetzt, muss die Bildgüte in regelmäßigen Abständen durch Referenzbilder mit Draht- bzw. Stufe/Loch- und Doppeldraht-BPK nachgewiesen werden.

Die Bildunschärfe u_{Im} kann nach Gleichung (11) aus der Vergrößerung ν, der geometrischen Unschärfe u_{G} und der Basis-Ortsauflösung des digitalen Detektors ($SR_b^{detector}$) berechnet werden:

$$u_{Im} = \frac{1}{v}\sqrt{(u_G)^2 + \left(2 \cdot SR_b^{detector}\right)^2} \tag{11}$$

$$u_{\mathrm{G}} = \left(\frac{\mathrm{SDD}}{f} - 1\right) d = (v - 1)d \tag{12}$$

Die Vergrößerung muss erhöht und/oder die Brennfleckgröße muss verringert werden, um die Bildunschärfe soweit zu verringern, dass sie höchstens die in Tabelle B.13 oder Tabelle B.14 festgelegten Werte erreicht. Dies muss durch einen Doppeldraht-BPK am Prüfgegenstand, wie zuvor beschrieben, nachgewiesen werden.

Die Vergrößerung darf verwendet werden, um die Unschärfe des Bildes zu minimieren. Die optimale Vergrößerung v_{opt}, die die beste Schärfe für eine bestimmte Strahlergröße d und $SR_b^{detector}$ liefert, ist gegeben durch:

$$v_{opt} = 1 + \left(\frac{2 \cdot SR_b^{detector}}{d}\right)^2 \tag{13}$$

Üblicherweise unterscheidet sich der Vergrößerungsfaktor zwischen der der Strahlenquelle und der dem Detektor zugewandten Seite des Prüfgegenstands. Daher sollte die Vergrößerung v für den Mittelpunkt des Prüfgegenstands gewählt werden. Die Änderung des Vergrößerungswertes zwischen der der Strahlenquelle und der dem Detektor zugewandten Seite des Prüfgegenstands sollte nicht mehr als ±25 % betragen. Geringere Vergrößerungswerte dürfen gewählt werden, wenn das Kompensationsprinzip CP II nach 7.3.2 angewendet wird.

7.8 Maximaler Bereich für eine einzelne Aufnahme

Die Anzahl der digitalen Durchstrahlungsaufnahmen für eine vollständige Prüfung von ebenen Schweißnähten (siehe Bild 1, Bild 15, Bild 17 und Bild 18) und von gekrümmten Schweißnähten mit einer exzentrisch angeordneten Strahlenquelle (siehe Bild 2 bis Bild 4 und Bild 8 bis Bild 10 und Bild 13 bis Bild 16) sollte in Übereinstimmung mit den technischen Anforderungen festgelegt werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06

Das Verhältnis der durchstrahlten Dicke am äußeren Rand eines auszuwertenden Bereichs mit gleichmäßiger Dicke zu der am Zentralstrahl darf für Klasse B nicht größer als 1,1 und für Klasse A nicht größer als 1,2 sein.

Die SNR_N-Werte, die sich aus einer Änderung der durchstrahlten Dicke ergeben, sollten nicht niedriger sein als die in Tabelle 3 oder Tabelle 4 angegebenen Werte. Alternativ können auch bei CR die Grauwerte, wie im Anhang D beschrieben, verwendet werden.

Die Größe des zu prüfenden Bereichs schließt die Schweißnaht und die Wärmeeinflusszonen ein. Im Allgemeinen müssen ungefähr 10 mm des Grundwerkstoffs auf jeder Seite der Schweißnaht mitgeprüft werden.

In Anhang A wird eine Empfehlung für die Anzahl der digitalen Durchstrahlungsaufnahmen gegeben, die eine ausreichende Prüfung einer stumpfgeschweißten Rundnaht ergeben.

7.9 Verarbeitung

7.9.1 Abtasten und Auslesen der Bilder

Detektoren bzw. Abtastsysteme (Scanner) werden entsprechend den durch die Hersteller der Detektoren oder Abtastsysteme gegebenen Empfehlungen eingesetzt, um die gewählte Bildgüte zu erreichen. Die digitalen Durchstrahlungsaufnahmen sollten frei von Artefakten durch Abtastung und Verarbeitung oder anderer Ursachen sein, die die Auswertung stören würden.

7.9.2 Korrektur der aufgenommenen DDA-Bilder

Werden DDA eingesetzt, muss das vom Hersteller empfohlene Detektorbild-Korrekturverfahren (Kalibrierung) angewendet werden. Die Detektorbilder müssen mit Hilfe eines „Schwarzbildes“ (Offsetbild des Untergrunds ohne Strahlung) und mindestens eines „Weiß-Bildes“ (Röntgenstrahlung eingeschaltet und Detektor gleichmäßig bestrahlt) korrigiert werden. Eine Bildkorrektur mit verschiedenen Weißbildern (Multigain-Kalibrierung) erhöht das erreichbare SNR_N und die Linearität, erfordert jedoch mehr Zeit. Alle Korrekturbilder (Schwarzbild und Weißbilder) sind mit einer Belichtungsgröße (mA·min oder GBq·min) aufzunehmen, die mindestens doppelt so hoch ist wie die in der anschließenden Durchstrahlungsprüfung eingesetzte Belichtungsgröße, um den Rauscheintrag durch die Bildkorrektur zu minimieren. Diese korrigierten Bilder sollten für die Qualitätssicherung als Original-Rohbilder betrachtet werden, sofern das Verfahren dokumentiert wurde. Die Bildkorrektur muss regelmäßig sowie bei signifikanten Änderungen der Belichtungsbedingungen durchgeführt werden.

Es wird empfohlen, die DDA-Bildkorrektur zu wiederholen, wenn unterschiedliche Einzelbild-Belichtungszeiten separat gewählt werden. Die Anzahl der Anzahl der Bildintegrationen der Korrekturbilder sollte mindestens doppelt so hoch sein, wie bei den Durchstrahlungsaufnahmen der Routineprüfung.

7.9.3 Interpolation der Bad-Pixel

„Bad-Pixel“ sind DDA-Detektorelemente mit ungenügender Leistung (defekte Pixel). Sie werden in ASTM E2597 [13] beschrieben.

Bei der Anwendung von DDA muss ein Mapping des Detektors, um die „Bad Pixel Map“ (Lageverteilung der defekten Pixel über die gesamte Detektor-Matrix) entsprechend der Anleitung durch den Hersteller zu bestimmen, erfolgen. Diese Bad Pixel Map muss dokumentiert werden. Eine Interpolation der defekten Pixel ist zulässig und ist ein wesentliches Verfahren in der Radiographie mit DDA. Es wird empfohlen, nur DDA anzuwenden, die im Prüfbereich (RoI) keine Cluster-Kernel-Pixel (CKP) enthalten.

DDA ohne CKP und die CR müssen für die Durchstrahlungsprüfung eingesetzt werden, wenn die Basis-Ortsauflösung des Detektors ($SR_b^{detector}$) gleich oder kleiner als der geforderten Wert in Tabelle B.13 oder

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 17636-2:2021-06