

DIN EN 16407-2

ICS 19.100; 23.040.01

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit
Röntgen- und Gammastrahlen –
Teil 2: Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung;
Deutsche Fassung EN 16407-2:2014**

Non-destructive testing –
Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays –
Part 2: Double Wall radiographic inspection;
German version EN 16407-2:2014

Essais non destructifs –
Examen radiographique de la corrosion et des dépôts dans les canalisations, par rayons X
et rayons gamma –
Partie 2: Examen radiographique double paroi;
Version allemande EN 16407-2:2014

Gesamtumfang 40 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16407-2:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

Deutsche Fassung

Zerstörungsfreie Prüfung —
Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in
Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen —
Teil 2: Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung

Non-destructive testing —
Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes
by X- and gamma rays —
Part 2: Double wall radiographic inspection

Essais non destructifs —
Examen radiographique de la corrosion et des dépôts dans
les canalisations, par rayons X et rayons gamma —
Partie 2: Examen radiographique double paroi

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 26. Oktober 2013 angenommen.

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

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Klassifizierung der radiographischen Techniken	8
5 Allgemeines	9
5.1 Schutz gegen ionisierende Strahlung	9
5.2 Qualifikation des Personals	9
5.3 Zuordnung von Durchstrahlungsbildern	9
5.4 Kennzeichnung	9
5.5 Überlappung von Filmen oder digitalen Durchstrahlungsbildern	9
5.6 Typ und Lage der Bildgüteprüfkörper (BPK)	10
5.6.1 Draht-BPK	10
5.6.2 Doppel-Draht-BPK (digitale Durchstrahlungsbilder)	10
6 Empfohlene Vorgehensweise für die Aufnahme von Durchstrahlungsbildern	10
6.1 Aufnahmeanordnungen	10
6.1.1 Allgemeines	10
6.1.2 Doppelwand-Einzelbild-Durchstrahlungstechnik (DWSI)	11
6.1.3 Doppelwand-Doppelbild-Durchstrahlungstechnik (DWDI)	13
6.1.4 Ausrichtung von Strahl und Film/Detektor	14
6.2 Auswahl der Strahlenquelle	14
6.3 Filmsysteme und Metallfolien	16
6.4 Folien und Abschirmung für Speicherfolien (nur für die Computer-Radiographie)	18
6.5 Verminderung der Streustrahlung	19
6.5.1 Filter und Blenden	19
6.5.2 Vermeidung von Rückstreuung	19
6.6 Abstand Strahlenquelle — Detektor	20
6.6.1 Doppelwand-Einfachbild-Durchstrahlungstechnik	20
6.6.2 Doppelwand-Doppelbild-Technik	20
6.7 Axialer Erfassungsbereich und Überlappung	20
6.8 Erfassungsbereich für den Rohrumfang	22
6.8.1 Allgemeines	22
6.8.2 DWSI-Technik	22
6.8.3 DWDI-Technik	22
6.9 Auswahl der Ausrüstung für die digitale Radiographie	23
6.9.1 Allgemeines	23
6.9.2 CR-Systeme	23
6.9.3 DDA-Systeme	23
7 Empfindlichkeit, Güte und Auswertung von Durchstrahlungsbildern/digitalen Bildern	23
7.1 Mindestbildgütezahlen	23
7.1.1 Draht-Bildgüteprüfkörper	23
7.1.2 Doppel-Draht-BPK (für digitale Durchstrahlungsaufnahmen)	23
7.1.3 Kleinstes normiertes Signal-Rausch-Verhältnis (für digitale Durchstrahlungsaufnahmen)	24
7.2 Optische Dichte der Filmaufnahmen	24
7.3 Filmverarbeitung	25
7.4 Filmbetrachtungsbedingungen	25
8 Messung der Unterschiede der durchstrahlten Dicke	25

	Seite
8.1	Verfahrensprinzip 25
8.2	Messung des Schwächungskoeffizienten 26
8.3	Anordnung von Strahlenquelle und Detektor.....26
8.4	Bild-Grauwertprofile 26
8.5	Validierung 26
8.6	Schlüssel-Punkte.....26
9	Digitale Aufzeichnung, Speicherung, Verarbeitung und Betrachtung der Bilder.....27
9.1	Scannen und Auslesen des Bilds 27
9.2	Kalibrierung der DDA 27
9.3	Interpolation der Bad-Pixel.....27
9.4	Bildverarbeitung 27
9.5	Digitale Aufzeichnung und Speicherung der Bilder 27
9.6	Betrachtungsbedingungen am Monitor 28
10	Prüfbericht 28
Anhang A (normativ) Mindestbildgütezahlen 30	
Anhang B (informativ) Messungen der durchstrahlten Dicke anhand von Bild-Grauwerten.....32	
Anhang C (normativ) Bestimmung der Basis-Ortsauflösung.....34	
Literaturhinweise 38	

Vorwort

Dieses Dokument (EN 16407-2:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juli 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juli 2014 zurückgezogen werden.

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

EN 16407 besteht unter dem gemeinsamen Titel *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: *Tangentiale Durchstrahlungsprüfung*
- Teil 2: *Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung*

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die grundlegenden Techniken für die Durchstrahlungsprüfung unter Anwendung von Filmen und digitalen Techniken mit dem Ziel festgelegt, auf wirtschaftliche Art und Weise zuverlässige und wiederholbare Ergebnisse zu erreichen. Die Techniken basieren sowohl auf den allgemein anerkannten praktischen Verfahren als auch auf den theoretischen Grundlagen dieses Fachbereichs.

Diese Europäische Norm gilt für die Durchstrahlungsprüfung von Rohren aus metallischen Werkstoffen zum Nachweis von Werkstofffehlern, die beim Gebrauch auftreten, z. B. Korrosionsmulden oder Fehler durch allgemeine Korrosion und Erosion. Neben der konventionellen Bedeutung sollten in dieser Norm unter der Benennung „Rohr“ (engl. pipe) auch andere zylindrische Gegenstände, z. B. Röhren/Schläuche, Druckrohrleitungen, Kesseltrommeln und Druckbehälter verstanden werden.

In dieser Norm nicht behandelt wird die Überprüfung von Schweißnähten auf die Fehler, die durch die herkömmlichen Schweißverfahren eingebracht werden; behandelt wird dagegen die Prüfung von Schweißverbindungen zum Nachweis von Fehlern durch Korrosion/Erosion.

Die Prüfung kann an Rohren mit oder ohne Dämmung durchgeführt werden, beispielsweise in den Fällen, in denen vermutet wird, dass durch Korrosion oder Erosion ein Materialverlust an der Innen- oder Mantelfläche des Rohrs entstanden ist.

Dieser Teil von EN 16407 behandelt Doppelwand-Durchstrahlungstechniken zum Nachweis einer Verringerung der Dicke der Rohrwand unter Einbeziehung von Doppelwand-Einzelbild- (DWSI) und Doppelwand-Doppelbild-Techniken (DWDI).

Es ist zu beachten, dass die in diesem Teil beschriebene Doppelwand-Doppelbild-Technik (DWDI) häufig mit der tangentialen Durchstrahlung kombiniert wird, die in Teil 1 dieser Norm behandelt wird.

Diese Norm gilt für die Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung unter Anwendung der industriellen Röntgenfilm-techniken, der computerunterstützten digitalen Radiographie (CR) und der digitalen Matrixdetektoren (DDA).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

EN ISO 11699-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Klassifizierung von Filmsystemen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung (ISO 11699-1)*

EN ISO 11699-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Kontrolle der Filmverarbeitung mit Hilfe von Referenzwerten (ISO 11699-2)*

EN ISO 17636-2:2013, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken unter Anwendung digitaler Detektoren (ISO 17636-2:2013)*

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

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Basis-Ortsauflösung eines digitalen Detektors

SR_{Detektor}

entspricht der Hälfte der gemessenen Unschärfe des Detektors auf einem digitalen Bild und entspricht der effektiven Pixelgröße und gibt das kleinste geometrische Detail an, dass mit einem digitalen Detektor mit einer Vergrößerung gleich eins aufgelöst werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei dieser Messung wird der Doppel-Draht-BPK direkt auf den digitalen Matrixdetektor oder auf die Speicherfolie gelegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Messung der Unschärfe wird in ISO 19232-5 beschrieben; siehe auch ASTM E 2736 [18] und ASTM E 1000 [16].

3.2

Computer-Radiographie

CR

Phosphor-Speicherfoliensystem

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

3.3

Detektor

D

Durchstrahlungsbilddetektor, der aus einem ZfP-Filmsystem (siehe EN ISO 11699-1) oder einem digitalen Durchstrahlungssystem mit einem Speicherfoliensystem (CR-System) oder mit einem DDA-System besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Filmsysteme und Speicherfolien können als flexible und biegsame Detektoren oder in einer flachen Kassette verwendet werden.

3.4

System mit digitalen Matrixdetektoren

DDA-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 dem Muster der radiologischen Energie entspricht, die auf die strahlungsempfindliche Fläche des Geräts wirkt

3.5

DWDI

Doppelwand-Doppelbild-Durchstrahlungstechnik

Technik, bei der die Strahlenquelle außerhalb des Rohrs in einem bestimmten Abstand vom Rohr angeordnet wird, während sich der Detektor auf der gegenüberliegenden Seite des Rohrs befindet und bei der auf der Durchstrahlungsaufnahme Details sowohl der detektorseitigen als auch der strahlerseitigen Details der Rohrwand abgebildet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 3.

3.6

DWSI

Doppelwand-Einzelbild-Durchstrahlungstechnik

Technik, bei der die Strahlenquelle außerhalb des Rohrs dicht an der Rohrwand angeordnet wird, während der Detektor auf die gegenüberliegende Seite des Rohrs aufgelegt wird und bei der auf der Durchstrahlungsaufnahme werden nur detektorseitige Details der Rohrwand abgebildet

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.7

Nennwanddicke des Rohrs

t

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

3.8

normiertes Signal-Rausch-Verhältnis

SNR_N

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

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

3.9

Abstand Prüfgegenstand — Detektor

b

Abstand zwischen der Seite des Prüfgegenstands, die der Strahlenquelle zugewandt ist und der Oberfläche des Detektors, in Richtung des Zentralstrahls gemessen

3.10

Außendurchmesser

D_e

äußerer Nenndurchmesser des Rohrs

3.11

durchstrahlte Dicke

w

Dicke des Werkstoffs in Strahlungsrichtung, berechnet aus der Nenndicke

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung eines Rohrs ist der Mindestwert für w doppelt so groß wie die Rohrwanddicke. Bei Mehrfachwandtechniken wird die durchstrahlte Dicke aus der Nennwanddicke t berechnet.

3.12

Abstand Rohrachse — Detektor

PDD

Abstand zwischen Rohrachse und Detektor

3.13

Pixelgröße

geometrischer Abstand der Mittelpunkte benachbarter Pixel in der Zeile (horizontaler Pitch) oder der Spalte (vertikaler Pitch) des gescannten Bilds

[QUELLE: EN 14096-2:2003, 3.2]

3.14

Signal-Rausch-Verhältnis

SNR

Verhältnis von Mittelwert der linearisierten Grauwerte zur Standardabweichung der linearisierten Grauwerte (Rauschen) in einem bestimmten interessierenden Objektbereich auf einem digitalen Bild

3.15

Größe der Strahlenquelle

d

Größe des Radioisotops

[Quelle: EN 12679:1999, 2.1]

3.16

Abstand Strahlenquelle — Detektor

SDD

Abstand zwischen Strahlenquelle (Fokus) und Detektor, gemessen in Strahlungsrichtung

3.17

Abstand Strahlenquelle — Prüfgegenstand

f

Abstand zwischen Strahlenquelle und der Seite des Prüfgegenstands, die der Strahlenquelle zugewandt ist, gemessen in Richtung des Zentralstrahls

3.18

Abstand Strahlenquelle — Rohrachse

SPD

Abstand zwischen Strahlenquelle und Rohrmittle (Rohrachse), gemessen in Strahlungsrichtung

3.19

Phosphor-Speicherfolie

IP

photo-stimulierbares lumineszierendes Material, das in der Lage ist, ein latentes Durchstrahlungsbild des untersuchten Werkstoffs zu speichern, und das nach Stimulierung durch eine Quelle von rotem Licht mit angemessener Wellenlänge proportional zur absorbierten Strahlung Lumineszenz erzeugt

3.20

effektive durchstrahlte Gesamtdicke

w_{tot}

äquivalente Gesamtdicke des metallischen Werkstoffs in Strahlungsrichtung, berechnet aus der Nenndicke unter Berücksichtigung aller im Rohr vorhandenen flüssigen oder gasförmigen Medien

4 Klassifizierung der radiographischen Techniken

Die Doppelwand-Durchstrahlungstechniken werden in zwei Klassen eingeteilt:

- Grundtechniken, DWA;
- verbesserte Prüftechniken, DWB.

Die Grundtechniken sind für die Doppelwand-Durchstrahlung zum Nachweis des allgemeinen Wanddickenverlusts vorgesehen.

Für die Grundtechniken, DWA, bei Verwendung von Ir 192 als Strahlenquelle für Rohre mit durchstrahlten Dicken zwischen 15 mm und 35 mm, ist die Nachweisempfindlichkeit für Unregelmäßigkeiten höher, vorausgesetzt deren Durchmesser sind ≥ 2 mm und der Werkstoffverlust beträgt in der Regel ≥ 5 % der durchstrahlten Rohrdicke, sofern keine Flüssigkeiten oder sonstigen Produkte im Rohr vorhanden sind. Bei Verwendung von Se 75 ist die dazugehörige Nachweisempfindlichkeit für Unregelmäßigkeiten mit einem Durchmesser von 2 mm oder mehr mit einem Werkstoffverlust von ≥ 4 % der durchstrahlten Rohrdicke hoch. Die Nachweisempfindlichkeit für Fehler mit größerem Durchmesser wird verbessert, wobei Flüssigkeiten oder sonstige Produkte sowie die Außendämmung die Empfindlichkeit im Hinblick auf den Werkstoffverlust in Abhängigkeit von deren Eigenschaften verringern kann. Verschiedene Nachweisempfindlichkeiten können für durchstrahlte Dicken < 15 mm und > 35 mm gelten.

Diese Techniken können auch dazu verwendet werden, um Ablagerungen im Rohr aufzuspüren.

Die verbesserten Prüftechniken sollten angewendet werden, wenn eine höhere Fehlerempfindlichkeit gefordert wird, z. B. zum Auffinden kleiner örtlich vorhandener Korrosionsmulden.

Bessere als die hier beschriebenen Prüftechniken sind möglich und dürfen zwischen den Vertragspartnern unter Festlegung aller geeigneten Prüfparameter vereinbart werden.

Die Auswahl der radiographischen Technik muss zwischen den betroffenen Vertragspartnern vereinbart werden.

5 Allgemeines

5.1 Schutz gegen ionisierende Strahlung

WARNUNG — Werden Teile des menschlichen Körpers Röntgen- oder Gammastrahlen ausgesetzt, kann eine schwerwiegende Gefährdung der Gesundheit auftreten. Bei der Anwendung von Röntgenstrahlern oder radioaktiven Strahlern müssen die zutreffenden gesetzlichen Anforderungen beachtet werden. Bei Anwendung ionisierender Strahlung müssen lokale, nationale oder internationale Sicherheitsvorschriften strikt befolgt werden.

5.2 Qualifikation des Personals

Die Prüfung muss von fähigem, geeignet geschultem und qualifiziertem Personal durchgeführt und gegebenenfalls von kompetentem Personal überwacht werden, das benannt wird entweder vom Auftraggeber oder von der die Prüfung durchführenden Institution, falls der Auftraggeber seine Verantwortung an diese Prüfinstitution delegiert hat. Zum Nachweis der geeigneten Qualifikation wird eine Zertifizierung des Personals nach EN ISO 9712 oder nach einem entsprechend formalisierten System empfohlen. Die Autorisierung für eine qualifizierte Person muss vom Auftraggeber schriftlich erteilt werden.

Sofern nicht anders festgelegt, ist für die im Rahmen der ZfP anfallenden Arbeitsgänge die Zustimmung einer vom Auftraggeber anerkannten kompetenten und qualifizierten Aufsichtsperson (Stufe 3 oder ein dieser Stufe entsprechendes Niveau) erforderlich.

Das Personal muss eine zusätzliche Schulung und Qualifizierung für die digitale industrielle Radiologie nachweisen, wenn digitale Detektoren angewendet werden.

5.3 Zuordnung von Durchstrahlungsbildern

Auf jedem Bereich des zu durchstrahlenden Prüfgegenstands müssen geeignete Identifizierungszeichen angebracht werden. Nach Möglichkeit müssen die Abbildungen dieser Zeichen auf dem Durchstrahlungsbild außerhalb des Prüfbereichs erscheinen und eine eindeutige Zuordnung des Bereichs sicherstellen.

5.4 Kennzeichnung

Zur genauen Lokalisierung jeder Durchstrahlungsaufnahme sollte auf dem zu untersuchenden Prüfgegenstand eine dauerhafte Kennzeichnung angebracht werden.

Wenn die Art des Werkstoffs und/oder seine Einsatzbedingungen eine dauerhafte Kennzeichnung nicht zulassen, darf die Lage mit Hilfe genauer Skizzen beschrieben werden.

5.5 Überlappung von Filmen oder digitalen Durchstrahlungsbildern

Werden für die Durchstrahlung eines Bereichs zwei oder mehr Filme oder mehrere separate Detektoren benötigt, muss durch eine ausreichende Überlappung der Filme oder Detektoren sichergestellt werden, dass der gesamte Prüfbereich durchstrahlt wird. Zum Nachweis dieser Anforderung muss ein hochdichter Marker (eine Markierung aus einem Material mit hoher Absorption) auf der Oberfläche des Prüfgegenstands so angebracht werden, dass dieser Marker auf jedem Film oder Detektor sichtbar ist. Wenn die Durchstrahlungsbilder nacheinander aufgenommen werden, muss der hochdichte Marker auf jedem der Durchstrahlungsbilder sichtbar sein.

5.6 Typ und Lage der Bildgüteprüfkörper (BPK)

5.6.1 Draht-BPK

Die Bildgüte muss mit Hilfe von Bildgüteprüfkörpern nach EN ISO 19232-1 nachgewiesen werden.

Für die DWDI muss ein Draht-BPK vorzugsweise auf der Seite des Prüfgegenstands, die der Strahlenquelle zugewandt ist, in der Mitte des Prüfbereichs angeordnet werden. Der BPK muss einen engen Kontakt zur Oberfläche des Prüfgegenstands haben. Wenn die BPK nicht entsprechend den vorstehend genannten Bedingungen (z. B. bei wärmeisolierten Rohren) angewendet werden können, werden die BPK detektorseitig angeordnet; die Bildgüte muss mindestens einmal unter den gleichen Bedingungen durch eine Vergleichsaufnahme mit einem BPK auf der zur Strahlenquelle zeigenden Seite und mit einem zweiten BPK auf der dem Detektor zugewandten Seite bestimmt werden.

Für die DWSI muss der Draht-BPK auf der Detektorseite des Prüfgegenstands in der Mitte des Prüfbereichs angeordnet werden. Nach Möglichkeit muss der BPK einen engen Kontakt zur Oberfläche des Prüfgegenstands haben. Wenn diese Anforderung nicht erfüllt werden kann, weil beispielsweise eine Wärmeisolation vorhanden ist, muss der BPK in Kontakt mit dem Film/Detektor angeordnet werden.

Sowohl für die DWDI als auch für die DWSI müssen die Draht-BPK quer über das Rohr so ausgerichtet werden, dass ihre Längsachse orthogonal zur Rohrachse einen Winkel von einigen Grad (2° bis 5°) bildet. Die BPK sind in einem Bereich mit gleichmäßiger Dicke in der Nähe der Rohrmittellinie anzuordnen.

Für die DWDI mit detektorseitiger Anordnung des BPK muss eine Kennzeichnung durch den Buchstaben „F“ in der Nähe des BPK angebracht werden, und diese Lage des BPK ist im Prüfbericht zu erwähnen.

Für wiederholte Durchstrahlungen von sehr ähnlichen Prüfgegenständen unter gleichen Bedingungen ist der Umfang einer Verifizierung der Bildgüte zwischen den Vertragspartnern zu vereinbaren.

5.6.2 Doppel-Draht-BPK (digitale Durchstrahlungsbilder)

Nach EN ISO 19232-5 sollten BPK für die Messung der Basis-Ortsauflösung eines CR-/DDA-Systems in einer Referenzaufnahme (siehe 7.1.2 und Anhang C) angewendet werden. Die Doppel-Draht-BPK sind neben der Speicherfolie oder neben dem Matrixdetektor mit einer Neigung von einigen Graden (2° bis 5°) gegenüber den digitalen Zeilen oder Spalten des digitalen Bilds anzuordnen.

6 Empfohlene Vorgehensweise für die Aufnahme von Durchstrahlungsbildern

6.1 Aufnahmeanordnungen

6.1.1 Allgemeines

Üblicherweise sind Durchstrahlungstechniken nach 6.1.2 und 6.1.3 anzuwenden.

Das in 6.1.2 beschriebene Verfahren wird üblicherweise für Rohre mit größerem Durchmesser angewendet. Für Rohre mit kleinerem Durchmesser (mit einem Außendurchmesser üblicherweise kleiner als etwa 150 mm) wird im Allgemeinen das Verfahren nach 6.1.3 angewendet.

Bei beiden Techniken muss der Film oder der digitale Detektor so dicht wie möglich am Rohr angeordnet werden.