

DIN EN ISO 20769-2

ICS 19.100

Entwurf

Einsprüche bis 2017-10-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 16407-2:2014-04

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit
Röntgen- und Gammastrahlen –
Teil 2: Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung (ISO/DIS 20769-2:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 20769-2:2017**

Non-destructive testing –

Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays –

Part 2: Double wall radiographic inspection (ISO/DIS 20769-2:2017);

German and English version prEN ISO 20769-2:2017

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 (ISO/DIS 20769-2:2017);

Version allemande et anglaise prEN ISO 20769-2:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-08-04 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, Burggrafenstr. 6, 10787 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 81 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20769-2:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 16407-2:2014-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme der Europäischen Norm EN 16407-2:2014 als Internationale Norm ISO/DIS 20769-2;
- b) technische Überarbeitung von Abschnitt 4 Klassifizierung der radiographischen Techniken und 8.6 Schlüssel-Punkte;
- c) Aktualisierung der Normativen Verweisungen und Literaturhinweise;
- d) redaktionelle Überarbeitung im gesamten Dokument.

Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen — Teil 2: Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung (ISO/DIS 20769-2:2017)

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 (ISO/DIS 20769-2:2017)

Non-destructive testing — Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays — Part 2: Double wall radiographic inspection (ISO/DIS 20769-2:2017)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Klassifizierung der Durchstrahlungstechniken	9
5 Allgemeines	10
5.1 Schutz gegen ionisierende Strahlung	10
5.2 Qualifizierung des Personals	10
5.3 Identifizierung von Durchstrahlungsbildern	11
5.4 Kennzeichnung	11
5.5 Überlappung von Filmen oder digitalen Durchstrahlungsbildern	11
5.6 Typ und Lage der Bildgüteprüfkörper (BPK)	11
5.6.1 Einfach-Draht-BPK	11
5.6.2 Doppel-Draht-BPK (digitale Durchstrahlungsbilder)	12
6 Empfohlene Vorgehensweisen für die Aufnahme von Durchstrahlungsbildern	12
6.1 Prüfanordnungen	12
6.1.1 Allgemeines	12
6.1.2 Doppelwand-Einzelbild-Durchstrahlungstechnik (DWSI)	12
6.1.3 Doppelwand-Doppelbild-Durchstrahlungstechnik (DWDI)	15
6.1.4 Ausrichtung von Strahl und Film/Detektor	16
6.2 Wahl der Strahlenquelle	16
6.3 Filmsysteme und Metallfolien	18
6.4 Folien und Abschirmung für Speicherfolien (nur für die Computer Radiographie)	20
6.5 Verminderung der Streustrahlung	21
6.5.1 Filter und Blenden	21
6.5.2 Vermeidung von Rückstreuung	22
6.6 Abstand Strahlenquelle — Detektor	22
6.6.1 Doppelwand-Einzelbild-Durchstrahlungstechnik (DWSI)	22
6.6.2 Doppelwand-Doppelbild-Technik	23
6.7 Axialer Erfassungsbereich und Überlappung	23
6.8 Erfassungsbereich für den Rohrumfang	24
6.8.1 Allgemeines	24
6.8.2 DWSI-Technik	24
6.8.3 DWDI-Technik	25
6.9 Auswahl der Ausrüstung für die digitale Radiographie	25
6.9.1 Allgemeines	25
6.9.2 CR-Systeme	26
6.9.3 DDA-Systeme	26
7 Empfindlichkeit, Güte und Auswertung von Durchstrahlungsbildern/digitalen Bildern	26
7.1 Mindestbildgütezahlen	26
7.1.1 Draht-Bildgüteprüfkörper	26
7.1.2 Doppel-Draht-BPK (für digitale Durchstrahlungsaufnahmen)	26

7.1.3	Kleinstes normiertes Signal-Rausch-Verhältnis (für digitale Durchstrahlungsaufnahmen).....	26
7.2	Optische Dichte der Filmaufnahmen.....	27
7.3	Filmverarbeitung.....	28
7.4	Filmbetrachtungsbedingungen.....	28
8	Messung der Unterschiede der durchstrahlten Dicke	28
8.1	Verfahrensgrundsatz	28
8.2	Messung des Schwächungskoeffizienten	29
8.3	Anordnung von Strahlenquelle und Detektor	29
8.4	Bild-Grauwertprofile	29
8.5	Validierung	29
8.6	Schlüssel-Punkte	30
9	Digitale Aufzeichnung, Speicherung, Verarbeitung und Betrachtung der Bilder	30
9.1	Scannen und Auslesen des Bilds	30
9.2	Kalibrierung der DDA	30
9.3	Interpolation der Bad-Pixel.....	31
9.4	Bildverarbeitung	31
9.5	Digitale Aufzeichnung und Speicherung der Bilder.....	31
9.6	Betrachtungsbedingungen am Monitor	31
10	Prüfbericht.....	32
	Anhang A (normativ) Mindestbildgütezahlen	33
	Anhang B (informativ) Messungen der durchstrahlten Dicke anhand von Bild-Grauwerten	35
	Anhang C (normativ) Bestimmung der Basis-Ortsauflösung	37
	Literaturhinweise.....	41

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20769-2:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 20769-2:2017 wurde von CEN als prEN ISO 20769-2:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 135 *Non-destructive testing*, Unterkomitee SC 5 *Radiographic testing*.

ISO 20769 besteht unter dem allgemeinen Titel *Non-destructive testing — Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays*:

- *Part 1: Tangential radiographic inspection*
- *Part 2: Double wall radiographic inspection*

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt grundlegende Techniken für die Durchstrahlungsprüfung unter Anwendung von Filmen und digitaler Durchstrahlung mit dem Ziel fest, auf wirtschaftliche Art und Weise zufriedenstellende 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 und 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.

Bei den Rohren darf es sich um Rohre mit oder ohne Wärmedämmung handeln, die beispielsweise in den Fällen bewertet werden können, in denen vermutet wird, dass durch Korrosion oder Erosion ein Werkstoffverlust an der Innen- oder Mantelfläche des Rohrs entstanden ist.

Dieser Teil von ISO 20769 behandelt Doppelwand-Durchstrahlungstechniken zum Nachweis einer Verringerung der Dicke der Rohrwand unter Einbeziehung von Doppelwand-Einzelbild- (DWSI, en: double wall single image) und Doppelwand-Doppelbild-Techniken (DWDI, en: double wall double image).

Es ist zu beachten, dass die in diesem Teil von ISO 20769 beschriebene Doppelwand-Doppelbild-Technik (DWDI) häufig mit der tangentialen Durchstrahlung kombiniert wird, die in ISO 20769-1 behandelt wird.

Diese Europäische Norm gilt für die wiederkehrende Doppelwand-Durchstrahlungsprüfung unter Anwendung der industriellen Röntgenfilmetechniken, der computerunterstützten digitalen Radiographie (CR) und der digitalen Matrixdetektoren (DDA, en: digital detector arrays).

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).

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*

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

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

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

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

- IEC Electropedia: verfügbar über <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar über <http://www.iso.org/obp>

3.1

Basis-Ortsauflösung eines digitalen Detektors

SR_b 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, das 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 EN ISO 19232-5 beschrieben; siehe auch ASTM E2736 [18] und ASTM E1000 [16].

3.2

Computer Radiographie

CR

Phosphor-Speicherfoliensystem

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

3.3

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 Rohrwand auf der Detektorseite als auch der Strahlerseite des Rohres 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 nur detektorseitige Details der Rohrwand abgebildet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: siehe Bild 1

3.7

Nennwanddicke

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

(en: pipe centre to detector distance)

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

(en: signal-to-noise ratio)

Verhältnis vom 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

(en: source-to-detector distance)

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 Rohrmitte (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

effektiv durchstrahlte Gesamtdicke

w_{tot}

äquivalente Gesamtdicke des metallischen Werkstoffs in Strahlungsrichtung, berechnet aus der Nenndicke unter Berücksichtigung aller im Rohr und einer etwaigen Dämmung vorhandenen flüssigen oder sonstigen Stoffe

4 Klassifizierung der Durchstrahlungstechniken

Die Doppelwand-Durchstrahlungstechniken werden in zwei Klassen eingeteilt:

- Grundtechniken, DWA;
- verbesserte Prüftechniken, DWB.

Die Grundtechniken sind für die Doppelwand-Durchstrahlung zum Nachweis einer allgemeinen und einer örtlich begrenzten Waddickenverringern 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 hoch, 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, wohingegen Flüssigkeiten oder sonstige Produkte sowie die Außendämmung die Empfindlichkeit im Hinblick auf den Werkstoffverlust in Abhängigkeit von deren Eigenschaften verringern können. Verschiedene Nachweisempfindlichkeiten dürfen für durchstrahlte Dicken < 15 mm und > 35 mm gelten.

Wenn äußere Korrosionsprodukte vorhanden sind, kann sich die Empfindlichkeit der Techniken gegenüber Korrosion verringern, was auf die erhöhte Strahlungsschwächung im Produkt zurückzuführen ist, welche selbst die verringerte Schwächung überschreiten kann, die durch den Verlust von Stahl verursacht wird. Durch die Ansammlung von Feststoffen (z. B. Zunder) im Inneren der Rohre kann sich die Empfindlichkeit gegenüber innerem Abbau gleichermaßen verringern.

Diese Techniken können auch zur Erkennung von Ablagerungen im Inneren des Rohres angewendet werden.

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 verbesserten Prüftechniken sind möglich und dürfen zwischen den Vertragspartnern durch Festlegung aller geeigneten Prüfparameter vereinbart werden.

Die Wahl der Durchstrahlungstechnik 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 örtliche, nationale oder internationale Sicherheitsvorschriften strikt befolgt werden.

5.2 Qualifizierung des Personals

Die Prüfung muss von fähigem, geeignet geschultem und qualifiziertem Personal durchgeführt und gegebenenfalls von fachkundigem 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 gleichwertigen formalisierten System empfohlen. Die Autorisierung für qualifizierte Personen muss vom Auftraggeber nach einem schriftlich festgelegten Verfahren erteilt werden.

Sofern nicht anders vereinbart, ist für die im Rahmen der ZfP anfallenden Arbeitsgänge die Zustimmung einer vom Auftraggeber anerkannten fachkundigen und qualifizierten ZfP-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 Identifizierung von Durchstrahlungsbildern

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

5.4 Kennzeichnung

Zur genauen Lokalisierung der Lage 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 mithilfe genauer Skizzen aufgezeichnet werden.

5.5 Überlappung von Filmen oder digitalen Durchstrahlungsbildern

Werden für die Durchstrahlung eines Bereichs zwei oder mehr Filme oder mehrere separate Detektoren verwendet, muss durch eine ausreichende Überlappung der Filme oder Detektoren sichergestellt werden, dass der gesamte interessierende Bereich durchstrahlt wird. Zum Nachweis dieser Anforderung muss ein hochdichter Marker 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 Einfach-Draht-BPK

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

Für die DWDI muss ein Einfach-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 (wärmeisolierten Rohren) angewendet werden können, werden die BPK detektorseitig angeordnet und 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 Einfach-Draht-BPK auf der Detektorseite des Prüfgegenstands in der Mitte des Prüfbereichs angeordnet werden. Der BPK muss möglichst einen engen Kontakt zur Oberfläche des Prüfgegenstands haben. Wenn diese Anforderung jedoch 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 sollten in einem Bereich mit gleichmäßiger Dicke in der Nähe der Rohrmittellinie angeordnet sein.

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 anzugeben.

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 Vorgehensweisen für die Aufnahme von Durchstrahlungsbildern

6.1 Prüfanordnungen

6.1.1 Allgemeines

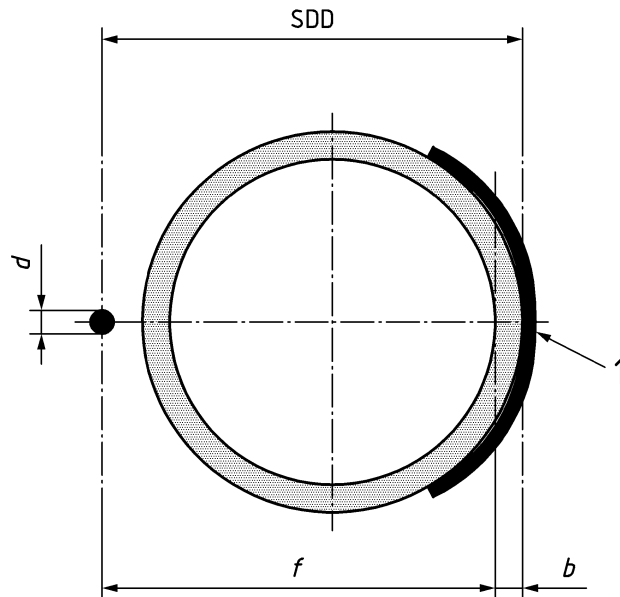
Üblicherweise sind Durchstrahlungstechniken nach 6.1.2 und 6.1.3 anzuwenden.

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.

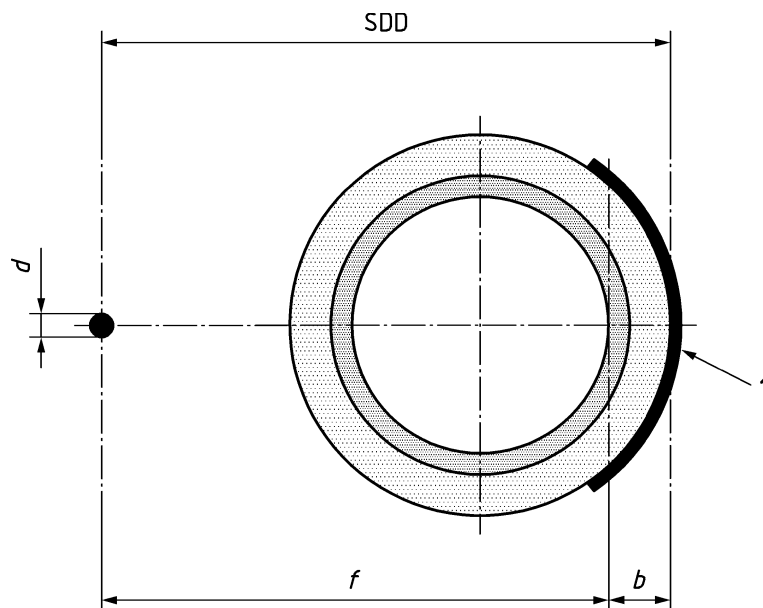
Bei beiden Techniken muss der Film oder der digitale Detektor so dicht wie möglich am Rohr angeordnet werden.

6.1.2 Doppelwand-Einzelbild-Durchstrahlungstechnik (DWSI)

Bei dieser Anordnung mit gekrümmten Detektoren oder Filmen befindet sich die Strahlenquelle dicht am Rohr, während sich der Film/Detektor auf der gegenüberliegenden Rohrseite befindet, siehe Bild 1a) (ohne Wärmedämmung) und Bild 1b) (mit Wärmedämmung). Die Bilder zeigen auch die für die Bestimmung des Abstands Strahlenquelle — Detektor (SDD) maßgebenden Abstände (siehe 6.6).



a) Rohr ohne Wärmedämmung



b) Rohr mit Wärmedämmung

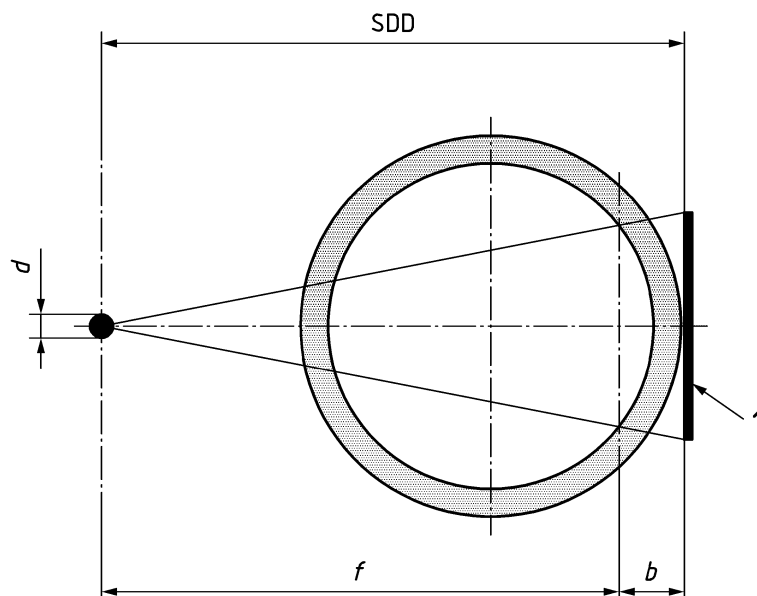
Legende

1 Detektor

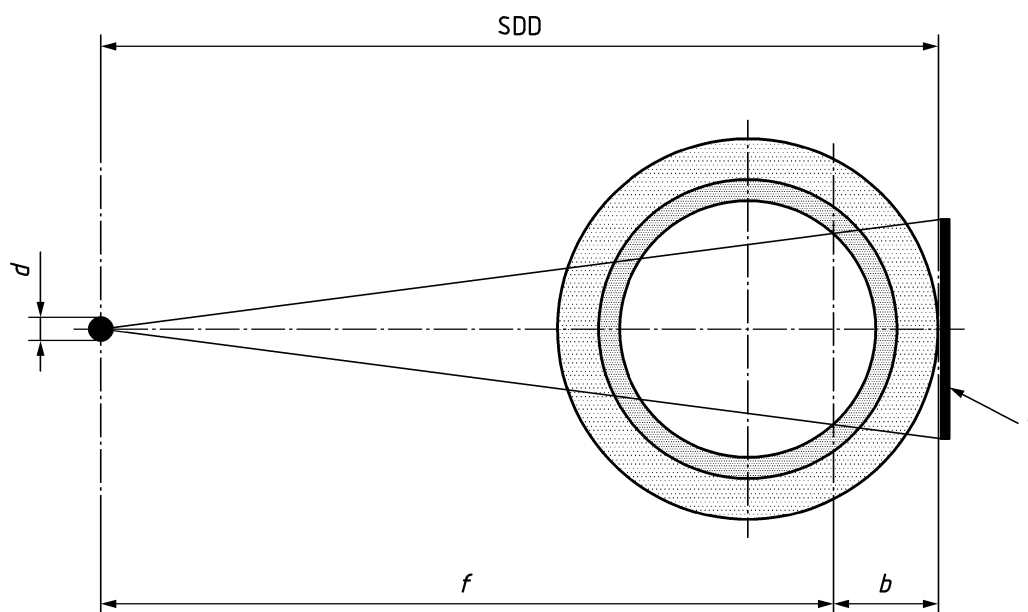
Bild 1 — Prüfanordnung für die Doppelwand-Einfachbild-Durchstrahlung (DWSI) mit gekrümmt angeordnetem Detektor

Es ist zu beachten, dass eine Wanddickenverringerung entweder am Innendurchmesser, am Außendurchmesser oder an beiden Oberflächen der Rohrwand in dem Bereich auftreten kann, der dem Detektor benachbart ist. Die strahlerseitige Wanddickenverringerung des Rohrs wird auf den Durchstrahlungsaufnahmen nicht abgebildet.

Für starre Flachdetektoren kann auch die DWSI nach Bild 2a) und Bild 2b) angewendet werden, obwohl bei dieser Anordnung in jeder Lage nur ein kleinerer Teil des Rohrumfangs untersucht werden kann.



a) Rohr ohne Wärmedämmung



b) Rohr mit Wärmedämmung

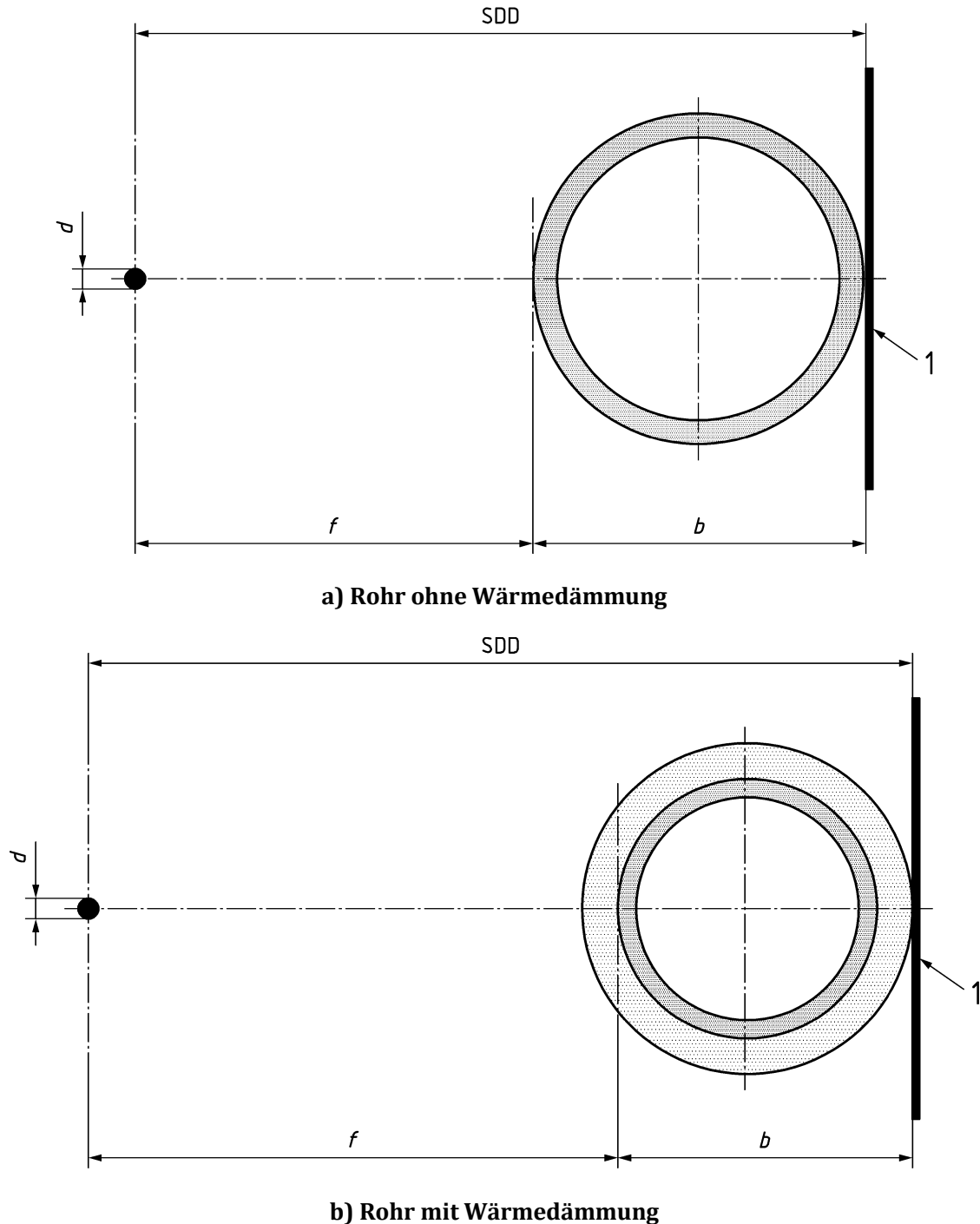
Legende

1 Detektor

Bild 2 — Prüfanordnung für die Doppelwand-Einfachbild-Durchstrahlung (DWSI) mit flachem Detektor

6.1.3 Doppelwand-Doppelbild-Durchstrahlungstechnik (DWDI)

Bei dieser Anordnung befindet sich die Strahlenquelle vor dem Rohr, während der ebene Film/Flachdetektor auf der gegenüberliegenden Seite des Rohrs angeordnet ist, siehe Bild 3a) (für Rohre ohne Wärmedämmung) und Bild 3b) (für Rohre mit Wärmedämmung).



Legende

1 Detektor

Bild 3 — Prüfanordnung für die Doppelwand-Doppelbild-Durchstrahlung (DWDI)

Bei der DWDI kann die Wanddickenverringeringung entweder am Innendurchmesser des Rohrs, am Außendurchmesser des Rohrs oder an beiden Oberflächen des Rohrs und sowohl strahlerseitig als auch detektorseitig auftreten.

Wenn DWDI und tangentielle Durchstrahlung kombiniert werden, müssen auch die in ISO 20769-1 angegebenen Anforderungen erfüllt werden.

6.1.4 Ausrichtung von Strahl und Film/Detektor

Der Strahl muss auf die Mitte des Prüfbereichs gerichtet sein und sollte rechtwinklig zur Rohrachse auftreffen.

Für die DWDI sollte der Film oder der Detektor orthogonal zum Zentralstrahl ausgerichtet sein.

Änderungen gegenüber diesen Ausrichtungen und gegenüber den in 6.1.2 und 6.1.3 angegebenen Prüfanordnungen sind in Sonderfällen möglicherweise notwendig, z. B. wenn Hindernisse vorhanden sind.

Weitere Möglichkeiten der Durchstrahlung dürfen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden.

6.2 Wahl der Strahlenquelle

Bereiche für die Dicke, die mit Röntgenstrahl- und Gammastrahlenquellen zu durchstrahlen ist, werden in Tabelle 1 und in Bild 4 angegeben. Diese Bereiche können auf Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern erweitert werden.

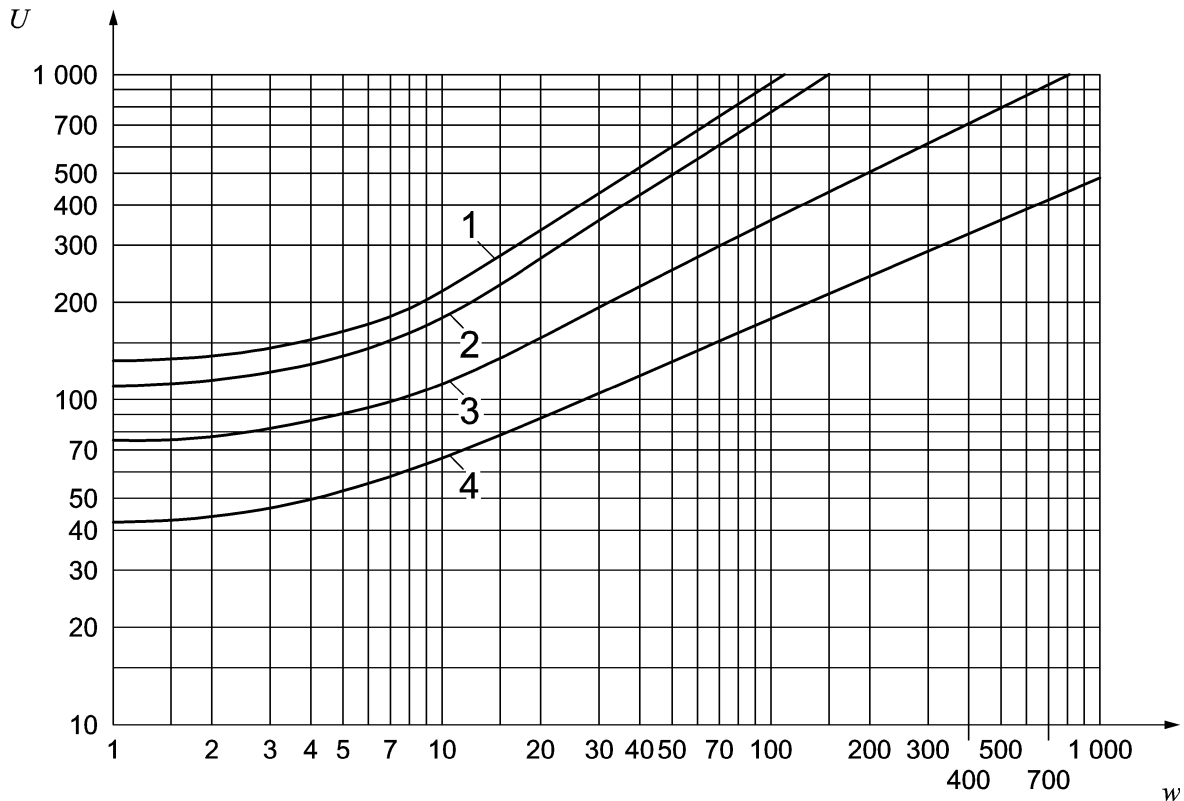
Die in Bild 4 angegebenen maximalen Werte für die Röntgenröhrenspannungen sind für die Film-Radiographie von Schweißverbindungen am besten geeignet. Wenn DDA mit einer genauen Kalibrierung angewendet werden, kann eine noch ausreichende Bildgüte bei Anwendung von höheren als den in Bild 4 angegebenen Röntgen-Röhrenspannungen erreicht werden. Für CR-Anwendungen werden im Vergleich zu Bild 4 um mindestens 20 % verringerte Röntgenröhrenspannungen empfohlen.

Wenn die Durchstrahlungsaufnahmen mit Gammastrahlen erzeugt werden, darf die Gesamtzeit für die Positionierung und Rücksetzung der Strahlenquelle 10 % der Gesamtbelichtungszeit nicht überschreiten.

Wenn zwischen den Vertragspartnern vereinbart, darf der Mindestwert der durchstrahlten Dicke für Ir 192 und Se 75 auf 5 mm Stahl verringert werden.

Tabelle 1 — Bereiche der effektiv durchstrahlten Gesamtdicke für Gammastrahlenquellen und energiereiche Röntgenstrahlenquellen für die Prüfung von Stahlrohren

Strahlenquelle	Effektiv durchstrahlte Gesamtdicke w_{tot}	
	mm	
	Grundtechnik DWA	Verbesserte Prüftechnik DWB
Yb 169	$1 \leq w_{\text{tot}} \leq 15$	
Se 75 ^a	$5 \leq w_{\text{tot}} \leq 55$	$10 \leq w_{\text{tot}} \leq 40$
Ir 192	$10 \leq w_{\text{tot}} \leq 100$	$20 \leq w_{\text{tot}} \leq 90$
Co 60	$40 \leq w_{\text{tot}} \leq 200$	
Röntgenstrahlen mit Energien von 1 MeV bis 4 MeV	$30 \leq w_{\text{tot}} \leq 200$	
Röntgenstrahlen mit Energien von 4 MeV bis 12 MeV	$w_{\text{tot}} \geq 50$	
Röntgenstrahlen mit Energien über 12 MeV	$w_{\text{tot}} \geq 80$	
^a Für Aluminium und Titan beträgt die durchstrahlte Werkstoffdicke $35 \text{ mm} \leq w_{\text{tot}} \leq 120 \text{ mm}$ für die Prüfung der Klasse DWA und DWB.		



Legende

- 1 Kupfer/Nickel und deren Legierungen
- 2 Stahl
- 3 Titan und dessen Legierungen
- 4 Aluminium und dessen Legierungen
- w durchstrahlte Dicke, in mm
- U Spannung des Röntgenstrahlers, in kV

Bild 4 — Maximale Röntgenröhrenspannung U für Röntgenstrahler bis 1 000 kV in Abhängigkeit von der durchstrahlten Wanddicke w und vom Werkstoff

Für Rohre, die mit einem Medium gefüllt sind, muss bei Auswahl der Strahlenquellen die durch das Medium verursachte zusätzliche Strahlungsschwächung berücksichtigt werden. Für ein mit Wasser gefülltes Rohr muss der Wert für die durchstrahlte Wanddicke w für mit Ir 192 geprüften Stahl um etwa ein Neuntel der Länge des Strahlenwegs für Wasser erhöht werden, um w_{tot} zu berechnen. Für ein mit Öl gefülltes Rohr muss der Wert für die durchstrahlte Wanddicke w um etwa ein Elftel der Länge des Strahlenwegs für Öl erhöht werden, um w_{tot} zu berechnen.

Bei Rohren mit Wärmedämmung muss die durch die Dämmung verursachte zusätzliche Schwächung der Strahlung bei der Auswahl der Strahlenquellen berücksichtigt werden.

6.3 Filmsysteme und Metallfolien

Für die Durchstrahlungsprüfung sind Filmsystemklassen nach EN ISO 11699-1 zu verwenden.

Die radiographischen Filmsystemklassen und die Metallfolien werden für unterschiedliche Strahlenquellen in Tabelle 2 angegeben.

Wenn Metallfolien verwendet werden, ist ein guter Kontakt zwischen Film und Folie erforderlich. Diese Anforderung kann entweder durch Anwendung vakuumverpackter Filme oder durch Anwendung eines Anpressdrucks erfüllt werden.

Tabelle 2 — Filmsystemklassen und Metallfolien für die Doppelwand-Durchstrahlung von Stahlrohren, Kupferrohren und Rohren aus Nickel-Basis-Legierungen

Strahlenquelle	Filmsystemklasse ^a		Art und Dicke der Metallfolien
	Klasse DWA	Klasse DWB	
Spannung des Röntgenstrahlers ≤ 250 kV	C 5	C 4	0,02 mm bis 0,15 mm Vorder- und Hinterfolien aus Blei
Spannung des Röntgenstrahlers > 250 kV bis 500 kV	C 5	C 4	0,1 mm bis 0,2 mm Vorderfolien aus Blei ^b 0,02 mm bis 0,2 mm Hinterfolien aus Blei
Spannung des Röntgenstrahlers > 500 kV bis 1 000 kV	C 5	C 4	0,25 mm bis 0,7 mm Vorder- und Hinterfolien aus Stahl oder Kupfer ^c
Se 75 Ir 192	C 6	C 5	0,02 mm bis 0,2 mm Vorder- und Hinterfolien aus Blei ^b
Co 60	C 6	C 5	0,25 mm bis 0,7 mm Vorder- und Hinterfolien aus Stahl oder Kupfer ^c
Röntgenstrahlen mit Energien von 1 MeV bis 4 MeV	C 6	C 5	0,25 mm bis 0,7 mm Vorder- und Hinterfolien aus Stahl oder Kupfer ^c
Röntgenstrahlen mit Energien über 4 MeV	C 6	C 5	Bis 1 mm Vorderfolie aus Kupfer, Stahl oder Tantal ^d Hinterfolie aus Kupfer oder Stahl bis 1 mm und aus Tantal bis 0,5 mm ^d
^a Bessere Filmsystemklassen dürfen auch verwendet werden.			
^b Herstellerverpackte Filme mit Vorderfolien bis 0,03 mm dürfen verwendet werden, wenn zusätzlich zwischen Prüfgegenstand und Film eine 0,1-mm-Bleifolie angebracht wird.			
^c In Klasse DWA dürfen auch 0,5-mm- bis 2,0-mm-Bleifolien verwendet werden.			
^d In Klasse DWA dürfen auf Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern 0,5-mm- bis 1-mm-Bleifolien verwendet werden.			

Tabelle 3 — Filmsystemklassen und Metallfolien für die Doppelwand-Durchstrahlung von Aluminium- und Titanrohren

Strahlenquelle	Filmsystemklasse ^a		Art und Dicke der Verstärkungsfolien
	Klasse DWA	Klasse DWB	
Spannung des Röntgenstrahlers ≤ 150 kV	C 5	C 4	Keine oder bis 0,03-mm-Blei-Vorderfolien und bis 0,15-mm-Blei-Hinterfolien
Spannung des Röntgenstrahlers > 150 kV bis 500 kV			0,02-mm- bis 0,2-mm-Blei-Vorder- und -Hinterfolien ^b
Se 75 Ir 192 ^c			0,02-mm- bis 0,2-mm-Blei-Vorder- und -Hinterfolien ^b
^a Bessere Filmsystemklassen dürfen auch verwendet werden.			
^b Anstelle einer Bleifolie mit einer Dicke von 0,2 mm dürfen zwei Bleifolien mit einer Dicke von 0,1 mm verwendet werden.			
^c Auf Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern darf Ir 192 verwendet werden.			

Auf Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern dürfen andere Filmsystemklassen verwendet werden, sofern die in 7.2 festgelegten erforderlichen optischen Dichten erreicht werden.

6.4 Folien und Abschirmung für Speicherfolien (nur für die Computer Radiographie)

Wenn Vorderfolien aus Metall verwendet werden, ist ein guter Kontakt zwischen der empfindlichen Detektorschicht und den Folien erforderlich. Dieser darf entweder durch vakuumverpackte Speicherfolien (IPs) oder durch Aufbringen eines Anpressdrucks erreicht werden. Bleifolien, die keinen engen Kontakt mit den IPs haben, können zur Bildunschärfe beitragen. Die durch die Anwendung von Bleifolien in Kontakt mit den Speicherfolien erhaltene Verstärkung ist merklich geringer als bei Anwendung von Filmen.

Viele IPs sind gegenüber energieärmer Rückstreu- und Fluoreszenzröntgenstrahlung der Blei-Hinterfolien sehr empfindlich. Dieser Effekt sollte auf ein Mindestmaß verringert werden, weil er wesentlich zur Randunschärfe und zu einem verringerten SNR beiträgt. Empfohlen wird die Anwendung von Stahl- oder Kupferfolien direkt hinter den IPs. Auch Folien aus Stahl oder Kupfer zwischen einer rückstreuenden Bleifolie und der IP können die Bildgüte verbessern. Moderne Ausführungsformen von Kassetten und Detektoren sind in der Lage, diesen Effekt zu berücksichtigen und können so hergestellt werden, dass bei ihrer Anwendung keine zusätzlichen Abschirmungsfolien aus Stahl oder Kupfer außerhalb der Kassette erforderlich sind.

ANMERKUNG Wegen der Schutzschicht zwischen dem Blei und der empfindlichen Schicht einer IP wird der Verstärkungseffekt durch Elektronen bedeutend verringert und tritt erst bei höheren Energien auf. Je nach Strahlungsenergie und Schutzschichtausführung beträgt der Verstärkungseffekt nur zwischen 20 % und 100 % (im Vergleich zum Zustand ohne Folie).

Der durch Bleifolien in Kontakt mit IPs erzeugte geringe Verstärkungseffekt kann, wenn keine Bleifolien verwendet werden, durch eine verlängerte Belichtungszeit bzw. Milliampere Minuten ausgeglichen werden. Da durch den Kontakt der Bleifolien auf den IPs Kratzer entstehen können, wenn sie beim Scannen nicht sorgfältig voneinander getrennt werden, sollten Bleifolien außerhalb der Kassetten für die Zwischenfilterung der Streustrahlung verwendet werden. Für die Untersuchung von Prüfgegenständen aus Stahl mit einer Dicke < 12 mm wird keine Zwischenfilterung empfohlen.

In den Tabellen 4 und 5 werden die empfohlenen Folienwerkstoffe und ihre Dicken für unterschiedliche Strahlenquellen angegeben. Weitere Foliendicken dürfen zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden, sofern mit ihnen die geforderte Bildgüte erreicht wird. Die Verwendung von Metallfolien wird an der Vorderseite von IPs empfohlen und sie können außerdem auch den Einfluss der Streustrahlung vermindern, wenn sie in Verbindung mit DDAs verwendet werden.

Tabelle 4 — Metallvorderfolien für die CR bei der Doppelwand-Durchstrahlung von Rohren aus Stahl, Kupfer und Nickel-Basis-Legierungen

Strahlenquelle	Art und Dicke der Metallvorderfolien mm
Spannung des Röntgenstrahlers ^b ≤ 250 kV	0 bis 0,1 (Blei)
Spannung des Röntgenstrahlers ^b > 250 kV bis 1 000 kV	0 bis 0,3 (Blei) ^c
Ir 192, Se 75 ^b	Klasse DWA: 0 bis 0,3 (Blei) ^c Klasse DWB: 0,3 bis 0,8 (Stahl oder Kupfer)
Co 60 ^a	0,3 bis 0,8 (Stahl oder Kupfer) + 0,6 bis 2,0 (Blei)
Spannung des Röntgenstrahlers ^a > 1 MV	0,3 bis 0,8 (Stahl oder Kupfer) + 0,6 bis 2,0 (Blei)
^a Bei Mehrfachfolien (Stahl und Blei) muss die Stahlfolie zwischen der IP und der Bleifolie angeordnet werden. Anstelle von Folien aus Stahl oder aus Stahl und Blei dürfen Folien aus Kupfer, Tantal oder Wolfram verwendet werden, sofern die Bildgüte nachweislich beibehalten werden kann. ^b Bleifolien dürfen vollständig oder teilweise durch Eisen- oder Kupferfolien ersetzt werden. Die äquivalente Dicke der Eisen- bzw. Kupferfolie beträgt das Dreifache der Dicke der Bleifolie. ^c Für die durchstrahlte Gesamtdicke von mehr als 50 mm sollte die Dicke der Vorderfolie mehr als 0,1 mm betragen und aus Blei sein.	

Tabelle 5 — Metallvorderfolien für die CR bei der Doppelwand-Durchstrahlung von Aluminium und Titan

Strahlenquelle	Art und Dicke der Metallvorderfolien mm
Spannung des Röntgenstrahlers < 150 kV	≤ 0,03 (Blei) ^{a,b}
Spannung des Röntgenstrahlers ≥ 150 kV bis 500 kV	≤ 0,2 (Blei) ^{a,b}
Se 75 Ir 192 ^c	≤ 0,3 (Blei) ^{a,b}
^a Anstelle von z. B. 0,2 mm dickem Blei darf außerhalb der Kassette eine 0,1-mm-Folie mit einem zusätzlichen Filter von 0,1 mm Dicke verwendet werden. ^b Bleifolien dürfen vollständig oder teilweise durch Eisen- oder Kupferfolien ersetzt werden. Die äquivalente Dicke der Eisen- bzw. Kupferfolie beträgt das Dreifache der Dicke der Bleifolie. ^c Auf Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern darf Ir 192 verwendet werden.	

6.5 Verminderung der Streustrahlung

6.5.1 Filter und Blenden

Um die Wirkung von Rückstreuung zu verringern, muss die direkte Strahlung soweit wie möglich auf den Prüfabschnitt begrenzt werden.

Für die Computer-Radiographie und die Radiographie mit DDAs kann bei Ir 192, Co 60 und weiteren MeV-Strahlenquellen oder bei Randüberstrahlung ein zusätzlicher Bleischirm als Filter für energiearme Streustrahlung zwischen Rohr und DDA oder CR-Kassette verwendet werden. Die Dicke dieser Folie beträgt in Abhängigkeit von der durchstrahlten Dicke 0,5 mm bis 2,0 mm.

Außer Blei können andere Werkstoffe, z. B. Zinn, Kupfer, Wolfram oder Stahl, als Filter verwendet werden. Für Bleifilter wird empfohlen, zwischen Bleifilter und Detektor ein zusätzliches Filter aus Stahl oder Kupfer mit einer Dicke von 0,3 mm bis 1,0 mm anzuwenden. Das Filter sollte so dicht wie möglich an der Speicherfolie angeordnet werden.

6.5.2 Vermeidung von Rückstreuung

Das Vorhandensein von Rückstreuung muss für jede neue Prüfanordnung mit einem unmittelbar hinter jedem Film, jeder CR-Kassette oder jeder DDA angeordneten Bleibuchstaben B (mit einer Höhe von mindestens 10 mm und einer Dicke von mindestens 1,5 mm) überprüft werden. Wenn dieses Zeichen auf der Durchstrahlungsaufnahme heller abgebildet wird (negative Darstellung) muss die Aufnahme verworfen werden. Die Durchstrahlungsaufnahme ist annehmbar und weist einen guten Schutz gegen Streustrahlung auf, wenn das Zeichen dunkler oder unsichtbar ist.

Bei der digitalen Radiographie muss der Detektor bei Bedarf gegen Rückstreuung abgeschirmt werden, indem Blei mit einer Dicke von mindestens 1 mm oder Zinn mit einer Dicke von mindestens 1,5 mm hinter dem Detektor angewendet wird. In einigen Anordnungen kann eine bis zu 6 mm dicke Bleischicht notwendig sein. Eine zusätzliche Abschirmung aus Stahl oder Kupfer (etwa 0,5 mm dick) muss zwischen der Bleiabschirmung und dem Detektor angewendet werden, um den Einfluss der Blei-Fluoreszenzröntgenstrahlung zu verringern. In Kontakt mit der Rückseite des Detektors oberhalb von 80 keV dürfen keine Bleifolien verwendet werden.

6.6 Abstand Strahlenquelle — Detektor

6.6.1 Doppelwand-Einfachbild-Durchstrahlungstechnik (DWSI)

Die bei der DWSI-Technik für die Bestimmung des Abstands Strahlenquelle — Detektor benötigten Maße werden in Bild 1 gezeigt.

Für die Grundtechnik DWA gilt, sofern durchführbar, für den Abstand Strahlenquelle — Detektor SDD (in Millimeter):

$$SDD \geq \frac{d \cdot b}{0,6 \text{ mm}} \quad (1)$$

Dabei ist

b der Abstand zwischen der Seite des Rohres, die der Strahlenquelle zugewandt ist und dem Detektor, in Millimeter;

d die Größe der Strahlenquelle, in Millimeter.

Für die verbesserte Technik DWB gilt, sofern durchführbar, für den Abstand Strahlenquelle — Detektor SDD (in Millimeter):

$$SDD \geq \frac{d \cdot b}{0,3 \text{ mm}} \quad (2)$$

Die Gleichungen (1) und (2) ergeben geometrische Unschärfewerte von 0,6 mm bzw. 0,3 mm, wenn eine Projektion auf eine Ebene erfolgt, die der Seite der Rohrwand entspricht, die der Strahlenquelle zugewandt ist und die am dichtesten am Detektor liegt. Wegen der Wirkungen der auf die Projektion zurückzuführenden Vergrößerung sind die am Detektor gemessenen Unschärfewerte etwas größer als diese Werte.

ANMERKUNG „Rohraußendurchmesser“ bedeutet häufig, dass die erreichbaren Abstände Strahlenquelle — Detektor größer als die in den Gleichungen (1) und (2) angegebenen Werte sind.

6.6.2 Doppelwand-Doppelbild-Technik

Die bei der DWDI-Technik für die Bestimmung des Abstands Strahlenquelle — Detektor benötigten Abstände werden in den Bildern 3a) und 3b) gezeigt. Die Ebene des Prüfgegenstands ist die der Strahlenquelle zugewandte Seite der Rohrwand, die dichter am Detektor liegt.

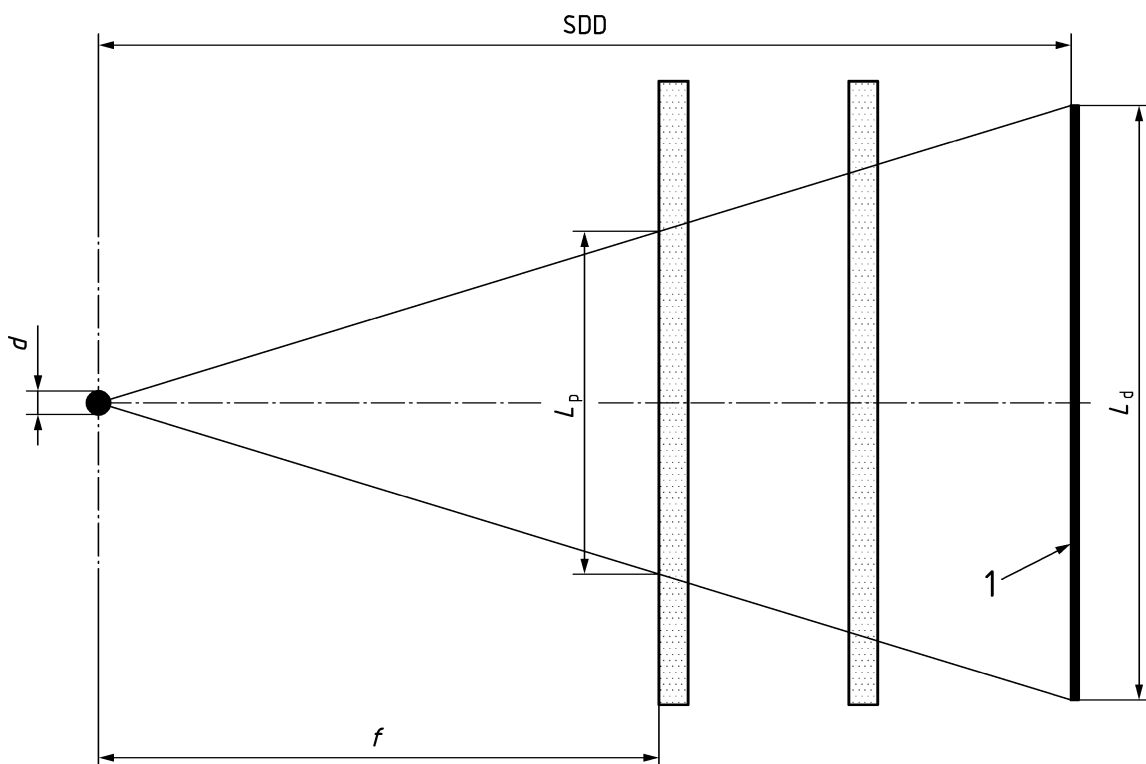
Für die Grundtechnik DWA muss der Abstand Strahlenquelle — Detektor SDD, wenn durchführbar, nach Gleichung (1) berechnet werden. Für die verbesserte Technik DWB muss der Abstand Strahlenquelle — Detektor SDD, wenn durchführbar, nach Gleichung (2) berechnet werden.

Es ist jedoch zu beachten, dass das Maß b für die DWSI anders als für die DWDI gemessen wird, wobei das Maß für die genannten Techniken in Bild 1, Bild 2 bzw. Bild 3 angegeben wird.

Wird die Doppelwand-Doppelbild-Technik mit der tangentialen Durchstrahlung kombiniert, sollte der Abstand Strahlenquelle — Rohrachse unter Berücksichtigung der Kriterien bestimmt werden, die für die im Teil 1 dieser Norm beschriebene tangentielle Technik angewendet werden. Sofern durchführbar ist der größere der beiden Werte zu verwenden.

6.7 Axialer Erfassungsbereich und Überlappung

Bei der Durchstrahlungsprüfung von Rohren basiert der größte axiale Erfassungsbereich für nur ein Einfachbild oder für nur einen Film auf einer Zunahme der durchstrahlten Dicke am Rand des Prüfbereichs von 20 %, siehe Bild 5.



Legende

1 Detektor

Bild 5 — Schnittdarstellung durch die Rohrachse für eine einzige Anordnung der Strahlenquelle zur Veranschaulichung der größten zulässigen axialen Länge des bewerteten Bereichs auf dem Film/Detektor, L_d , und strahlerseitig vom Rohr in Rohrlängsrichtung, L_p