

## DIN EN ISO 20769-1



ICS 19.100

Ersatz für  
DIN EN 16407-1:2014-04

**Zerstörungsfreie Prüfung –  
Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit  
Röntgen- und Gammastrahlen –  
Teil 1: Tangentiale Durchstrahlungsprüfung (ISO 20769-1:2018);  
Deutsche Fassung EN ISO 20769-1:2018**

Non-destructive testing –

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

Part 1: Tangential radiographic inspection (ISO 20769-1:2018);

German version EN ISO 20769-1:2018

Essais non destructifs –

Examen radiographique de la corrosion et des dépôts dans les canalisations, par rayons X et  
rayons gamma –

Partie 1: Examen radiographique tangentiel (ISO 20769-1:2018);

Version allemande EN ISO 20769-1:2018

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 20769-1:2018) 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).

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

|                  |       |                            |
|------------------|-------|----------------------------|
| ISO 5579         | siehe | DIN EN ISO 5579            |
| ISO 9712         | siehe | DIN EN ISO 9712            |
| ISO 11699-1      | siehe | DIN EN ISO 11699-1         |
| ISO 11699-2      | siehe | DIN EN ISO 11699-2         |
| ISO 16371-2      | siehe | DIN EN ISO 16371-2         |
| ISO 17636-1:2013 | siehe | DIN EN ISO 17636-1:2013-05 |
| 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         |

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 16407-1:2014-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme der Europäischen Norm EN 16407-1:2014 als Internationale Norm ISO 20769-1;
- b) Aktualisierung der Normativen Verweisungen und Literaturhinweise;
- c) Aktualisierung der Begriffe;
- d) Unterabschnitt 7.8, Anhang B und Anhang C wurden neu aufgenommen;
- e) Anhang A wurde gestrichen;
- f) redaktionelle Überarbeitung im gesamten Dokument.

## **Frühere Ausgaben**

DIN EN 16407-1: 2014-04

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

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

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

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

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

DIN EN ISO 16371-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Computer-Radiographie mit Phosphor-Speicherfolien — Teil 2: Grundlagen für die Prüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen*

DIN EN ISO 17636-1:2013-05, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen (ISO 17636-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 17636-1:2013*

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

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

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

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

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

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Zerstörungsfreie Prüfung —  
Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in  
Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen —  
Teil 1: Tangentiale Durchstrahlungsprüfung  
(ISO 20769-1:2018)**

Non-destructive testing —  
Radiographic inspection of corrosion  
and deposits in pipes by X —  
and gamma rays —  
Part 1: Tangential radiographic inspection  
(ISO 20769-1:2018)

Essais non destructifs —  
Examen radiographique de la corrosion  
et des dépôts dans les canalisations,  
par rayons X et rayons gamma —  
Partie 1: Examen radiographique tangentiel  
(ISO 20769-1:2018)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. August 2018 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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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, Serbien, 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel**

## Inhalt

|                                                                                                   | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort .....                                                                        | 4     |
| Vorwort .....                                                                                     | 5     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                         | 6     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                    | 6     |
| 3 Begriffe .....                                                                                  | 7     |
| 4 Klassifizierung der Durchstrahlungstechniken .....                                              | 10    |
| 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 Draht- oder Stufe/Loch-BPK .....                                                            | 11    |
| 5.6.2 Doppeldraht-BPK (digitale Durchstrahlungsbilder) .....                                      | 11    |
| 6 Empfohlene Vorgehensweisen für die Aufnahme von Durchstrahlungsbildern .....                    | 11    |
| 6.1 Prüfanordnungen .....                                                                         | 11    |
| 6.1.1 Allgemeines .....                                                                           | 11    |
| 6.1.2 Anordnung der Strahlenquelle in Höhe der Rohrachse .....                                    | 11    |
| 6.1.3 Anordnung der Strahlenquelle versetzt zur Rohrachse .....                                   | 13    |
| 6.1.4 Ausrichtung von Strahl und Film/Detektor .....                                              | 14    |
| 6.2 Wahl der Strahlenquelle .....                                                                 | 15    |
| 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    |
| 6.7 Axiale Längenabdeckung und Überlappung .....                                                  | 21    |
| 6.8 Maßkomparatoren .....                                                                         | 22    |
| 6.9 Bildsättigung und Anwendung von Bleiblenen zur Vermeidung von Überstrahlung .....             | 23    |
| 6.10 Auswahl der Ausrüstung für die digitale Radiographie .....                                   | 24    |
| 6.10.1 Allgemeines .....                                                                          | 24    |
| 6.10.2 CR-Systeme .....                                                                           | 24    |
| 6.10.3 DDA-Systeme .....                                                                          | 24    |
| 7 Empfindlichkeit, Güte und Auswertung von Durchstrahlungsbildern/digitalen Bildern .....         | 24    |
| 7.1 Auswertung der Bildgüte .....                                                                 | 24    |
| 7.1.1 Allgemeines .....                                                                           | 24    |
| 7.1.2 Maximaler Grauwert im freien Strahl (für digitale Durchstrahlungsaufnahmen) .....           | 25    |
| 7.1.3 Minimales normiertes Signal-Rausch-Verhältnis (für digitale Durchstrahlungsaufnahmen) ..... | 25    |
| 7.2 Optische Dichte der Filmaufnahmen .....                                                       | 26    |
| 7.3 Filmverarbeitung .....                                                                        | 26    |
| 7.4 Filmbetrachtungsbedingungen .....                                                             | 26    |

|                                                                                   |                                                                                                    |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.5                                                                               | Maßkalibrierung der Durchstrahlungsaufnahmen oder der digitalen Bilder .....                       | 26 |
| 7.5.1                                                                             | Allgemeines .....                                                                                  | 26 |
| 7.5.2                                                                             | Messung der Abstände in einer radiographischen Prüfanordnung .....                                 | 27 |
| 7.5.3                                                                             | Messung des Rohraußendurchmessers .....                                                            | 28 |
| 7.5.4                                                                             | Maßkomparator .....                                                                                | 28 |
| 7.6                                                                               | Wanddickenmessungen auf Film-Durchstrahlungsaufnahmen .....                                        | 29 |
| 7.7                                                                               | Wanddickenmessungen auf digitalen Durchstrahlungsaufnahmen .....                                   | 29 |
| 7.7.1                                                                             | Interaktive Messungen am Bildschirm .....                                                          | 29 |
| 7.7.2                                                                             | Verfahren mit Auswertung des Grauwertprofils .....                                                 | 29 |
| 7.8                                                                               | Messungen der Restwanddicke bei Wanddickenabtrag .....                                             | 31 |
| 7.8.1                                                                             | Messungen bei innerem Abtrag .....                                                                 | 31 |
| 7.8.2                                                                             | Messungen bei äußerem Abtrag .....                                                                 | 32 |
| 8                                                                                 | Digitale Aufzeichnung, Speicherung, Verarbeitung und Betrachtung der Bilder .....                  | 34 |
| 8.1                                                                               | Scannen und Auslesen des Bildes .....                                                              | 34 |
| 8.2                                                                               | Mehrfach-Durchstrahlungstechnik .....                                                              | 34 |
| 8.3                                                                               | Kalibrierung der DDAs .....                                                                        | 35 |
| 8.4                                                                               | Interpolation der Bad-Pixel .....                                                                  | 35 |
| 8.5                                                                               | Bildverarbeitung .....                                                                             | 35 |
| 8.6                                                                               | Aufzeichnung und Speicherung digitaler Bilder .....                                                | 35 |
| 8.7                                                                               | Betrachtungsbedingungen am Monitor .....                                                           | 36 |
| 9                                                                                 | Prüfbericht .....                                                                                  | 36 |
| Anhang A (informativ) Auswahl der Strahlenquelle für unterschiedliche Rohre ..... |                                                                                                    | 38 |
| Anhang B (informativ) Messungen der Restwanddicke bei innerem Abtrag .....        |                                                                                                    | 39 |
| B.1                                                                               | Allgemeines .....                                                                                  | 39 |
| B.2                                                                               | Verringerte Empfindlichkeit .....                                                                  | 39 |
| B.3                                                                               | Anzeigenvermessung von örtlich begrenztem inneren Abtrag in digitalen Durchstrahlungsbildern ..... | 39 |
| Anhang C (informativ) Messungen der Restwanddicke bei äußerem Abtrag .....        |                                                                                                    | 42 |
| C.1                                                                               | Allgemeines .....                                                                                  | 42 |
| C.2                                                                               | Begrenzte Umfangsabdeckung und Auswirkung einer Fehlausrichtung .....                              | 42 |
| C.3                                                                               | Genauigkeit der Restwandbestimmung bei konvexer und konkaver äußerer Gestalt .....                 | 43 |
| C.4                                                                               | Genauigkeit der Größenbestimmung für äußere Korrosion mit Lochfraß .....                           | 45 |
| Literaturhinweise .....                                                           |                                                                                                    | 47 |

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 20769-1:2018) 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.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 16407-1:2014.

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, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO 20769-1:2018 wurde von CEN als EN ISO 20769-1:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen 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](http://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](http://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) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135, *Non-destructive testing*, Unterkomitee SC 5, *Radiographic testing*, erarbeitet.

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](http://www.iso.org/members.html) zu finden.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 20769 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt grundlegende Techniken für die Durchstrahlungsprüfung unter Anwendung von Filmen und der digitalen Radiographie mit dem Ziel fest, auf wirtschaftliche Art und Weise zufriedenstellende und wiederholbare Ergebnisse zu erreichen. Die Techniken basieren sowohl auf allgemein anerkannten Verfahren als auch auf den theoretischen Grundlagen dieses Fachgebiets.

Dieses Dokument gilt für die Durchstrahlungsprüfung von Stahlrohren zum Nachweis von Werkstofffehlern, die beim Gebrauch auftreten, z. B. Korrosionsmulden, Lochfraß und Fehler durch allgemeine Korrosion und Erosion. Neben der konventionellen Bedeutung werden in diesem Dokument unter der Benennung „Rohr“ (en: pipe) auch andere zylindrische Gegenstände, z. B. Röhren/Schläuche, Druckrohrleitungen, Kesseltrommeln und Druckbehälter, verstanden.

In diesem Dokument nicht behandelt wird die Überprüfung von Schweißverbindungen 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 kann es sich um Rohre mit oder ohne Wärmedämmung handeln, die z. B. 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.

Dieses Dokument behandelt das tangentielle Prüfverfahren zum Nachweis einer Verringerung der Dicke der Rohrwand einschließlich der Anordnung der Strahlenquelle:

- a) in Höhe der Rohrachse und
- b) um den Rohrradius versetzt zur Rohrachse.

ISO 20769-2 behandelt die Doppelwand-Durchstrahlung, wobei zu beachten ist, dass die Doppelwand-Doppelbild-Technik häufig mit einer tangentialen Durchstrahlung kombiniert wird, bei der die Strahlenquelle in Höhe der Rohrachse angeordnet ist.

Dieses Dokument gilt für die tangentielle Durchstrahlungsprüfung unter Anwendung industrieller Röntgenfilmtechniken, computerunterstützter Radiographie (CR) und digitaler Matrixdetektoren (en: digital detector arrays, DDA).

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

ISO 11699-1, *Non-destructive testing — Industrial radiographic film — Part 1: Classification of film systems for industrial radiography*

ISO 11699-2, *Non-destructive testing — Industrial radiographic films — Part 2: Control of film processing by means of reference values*

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

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

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten 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 <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

#### 3.1

##### tatsächliche Wanddicke

$t_{\text{act}}$

tatsächliche Dicke der Rohrwand, die sich von der Nenndicke unterscheiden kann

#### 3.2

##### axialer Erfassungsbereich

$L_d$

<am Detektor> gesamte axiale Ausdehnung des bewerteten Abschnitts des Rohr-Durchstrahlungsbildes, gemessen am *Detektor* (3.8)

#### 3.3

##### axialer Erfassungsbereich

$L_p$

<an der Rohr-Mittelachse> gesamte axiale Ausdehnung des bewerteten Abschnitts des Rohr-Durchstrahlungsbildes, gemessen entlang der Mittelachse des Rohres

#### 3.4

##### Basis-Ortsauflösung

$SR_b^{\text{Detektor}}$

<digitaler Detektor> kleinstes geometrisches Detail, das in einem digitalen Bild mit einer Vergrößerung gleich 1 aufgelöst werden kann; sie entspricht der Hälfte der gemessenen Unschärfe auf einem digitalen Bild und der effektiven *Pixelgröße* (3.19) des vergrößerten Bildes und wird anhand der kleinsten Nummer an Doppeldraht-Paaren, die nicht durch Sichtprüfung trennbar ist, oder anhand der kleinsten Nummer an Doppeldraht-Paaren mit weniger als 20 % Modulationstiefe in einem linearisierten Profil ermittelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei dieser Messung wird der Doppeldraht-BPK direkt auf den digitalen Matrixdetektor (3.8) oder auf die Speicherfolie gelegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Messungen von  $SR_b^{\text{Detektor}}$  und der Unschärfe werden in ISO 19232-5 und ASTM E2002 [17] beschrieben.

#### 3.5

##### Basis-Ortsauflösung

$SR_b^{\text{Bild}}$

<digitales Bild> kleinstes geometrisches Detail, das in einem digitalen Bild mit einer Vergrößerung  $> 1$  aufgelöst werden kann; sie entspricht der Hälfte der gemessenen Unschärfe auf einem digitalen Bild und der effektiven *Pixelgröße* (3.19) des vergrößerten Bildes und wird anhand der kleinsten Nummer an Doppeldraht-Paaren, die nicht durch Sichtprüfung trennbar ist, oder anhand der kleinsten Nummer an Doppeldraht-Paaren mit weniger als 20 % Modulationstiefe in einem linearisierten Profil ermittelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messungen von  $SR_b^{\text{Bild}}$  und der Unschärfe werden in ISO 19232-5 und ASTM E2002 [17] beschrieben.

**3.6****Komparator****C**

Referenzobjekt mit festgelegter Größe  $c$  und aus festgelegtem Werkstoff zur maßlichen Kalibrierung eines Durchstrahlungsbildes

**3.7****Computer-Radiographie****CR**

vollständiges System, das eine *Phosphor-Speicherfolie (IP)* (3.23) und die zugehörige Ausleseeinheit (Abtastsystem bzw. Scanner) umfasst, mit der die Informationen aus der IP in ein digitales Bild umgewandelt werden, sowie die Steuerungssoftware der Ausleseeinheit

**3.8****Detektor****D**

Detektionseinrichtung, die aus einem ZfP-Filmsystem (siehe ISO 11699-1) oder aus einem digitalen Durchstrahlungssystem mit einem 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.

**3.9****digitaler Matrixdetektor****DDA**

(en: digital detector array)

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, und die Steuerungssoftware

**3.10****abgebildetes Komparatormaß** $c'$ 

Maß des *Komparators* (3.6), gemessen am *Detektor* (3.8)

**3.11****abgebildeter Außendurchmesser** $D_e'$ 

Nennaußendurchmesser des Rohres, gemessen am Detektor

**3.12****größte durchstrahlte Dicke** $w_{\max}$ 

entlang einer an die Innenrohrfläche angelegten Tangente größte durchstrahlte Materiallänge

**3.13****gemessene Wanddicke** $t_{\text{meas}}$ 

Dicke der Rohrwand, gemessen auf dem Durchstrahlungsbild oder dem digitalen Bild

### 3.14

#### Nennwanddicke des Rohrs

$t$

Dicke der Rohrwand wie vom Hersteller angegeben, wobei die Herstellungsabweichungen vernachlässigt werden

### 3.15

#### normiertes Signal-Rausch-Verhältnis

$SNR_N$

Verhältnis Signal-Rauschen, normiert mit der *Basis-Ortsauflösung*,  $SR_b^{\text{Bild}}$ , (3.5), gemessen entweder direkt im digitalen Bild und/oder wie folgt aus dem gemessenen  $SNR_{\text{measured}}$  berechnet:

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einer Vergrößerung gleich 1 kann  $SR_b^{\text{Bild}}$  durch  $SR_b^{\text{Detektor}}$  (3.4) ersetzt werden.

### 3.16

#### Außendurchmesser

$D_e$

Nenn-Außendurchmesser des Rohres wie vom Hersteller angegeben, unter Vernachlässigung der Herstellungsabweichungen

### 3.17

#### Abstand Rohrachse — Detektor

$PDD$

(en: pipe centre to detector distance)

Abstand zwischen der Rohrachse und dem *Detektor* (3.8)

### 3.18

#### Pixelgröße

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

[QUELLE: ISO 14096-2:2005, 3.2]

### 3.19

#### 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

### 3.20

#### Größe der Strahlenquelle

$d$

Größe des Radioisotops

[QUELLE: ISO 16371-2:2017, 3.15]

### 3.21

#### Abstand Strahlenquelle — Detektor

$SDD$

(en: source-to-detector distance)

Abstand zwischen der Strahlenquelle (Fokus) und dem *Detektor* (3.8), gemessen in Strahlungsrichtung

### 3.22

#### **Abstand Strahlenquelle — Rohrachse**

*SPD*

(en: source-to-pipe centre distance)

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

### 3.23

#### **Phosphor-Speicherfolie**

*IP*

(en: image plate)

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

## **4 Klassifizierung der Durchstrahlungstechniken**

Die tangentialen Durchstrahlungstechniken werden in zwei Klassen eingeteilt:

- Klasse TA, Grundtechniken;
- Klasse TB, verbesserte Prüftechniken.

Die Grundtechniken, Klasse TA, sind für die tangentielle Durchstrahlung zum Nachweis des allgemeinen Waddickenverlusts vorgesehen, z. B. infolge von Erosion oder großflächiger Korrosion.

Die verbesserten Prüftechniken, Klasse TB, die zum Nachweis und zur Größenbestimmung der Fehler im Werkstoff eine höhere Empfindlichkeit erfordern, sollten für die anspruchsvollere tangentielle Durchstrahlung zum Auffinden örtlicher Korrosionsmulden angewendet werden.

Bessere Prüftechniken als Klasse TB 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 sind angemessene Maßnahmen zu ergreifen, um die Sicherheit und Gesundheit des Personals sicherzustellen.**

### **5.2 Qualifizierung des Personals**

Personal, das zerstörungsfreie Prüfungen nach diesem Dokument durchführt, muss in Übereinstimmung mit ISO 9712 oder gleichwertig auf einem angemessenen Niveau in der entsprechenden Branche qualifiziert sein.

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 Draht- oder Stufe/Loch-BPK

Für die tangentielle Durchstrahlung sind Draht-BPK oder Stufe/Loch-BPK nicht anwendbar.

#### 5.6.2 Doppeldraht-BPK (digitale Durchstrahlungsbilder)

Es sollten BPK nach ISO 19232-5 für die Messung der Basis-Ortsauflösung des CR-/DDA-Systems auf einem Referenz-Durchstrahlungsbild verwendet werden (siehe 7.1.3 und Anhang A). Der Doppeldraht-BPK ist unmittelbar auf die Speicherfolie oder dem Matrixdetektor aufzulegen und mit einer Neigung von einigen Grad (2° bis 5°) gegenüber den digitalen Zeilen oder Spalten des digitalen Bildes anzuordnen.

## 6 Empfohlene Vorgehensweisen für die Aufnahme von Durchstrahlungsbildern

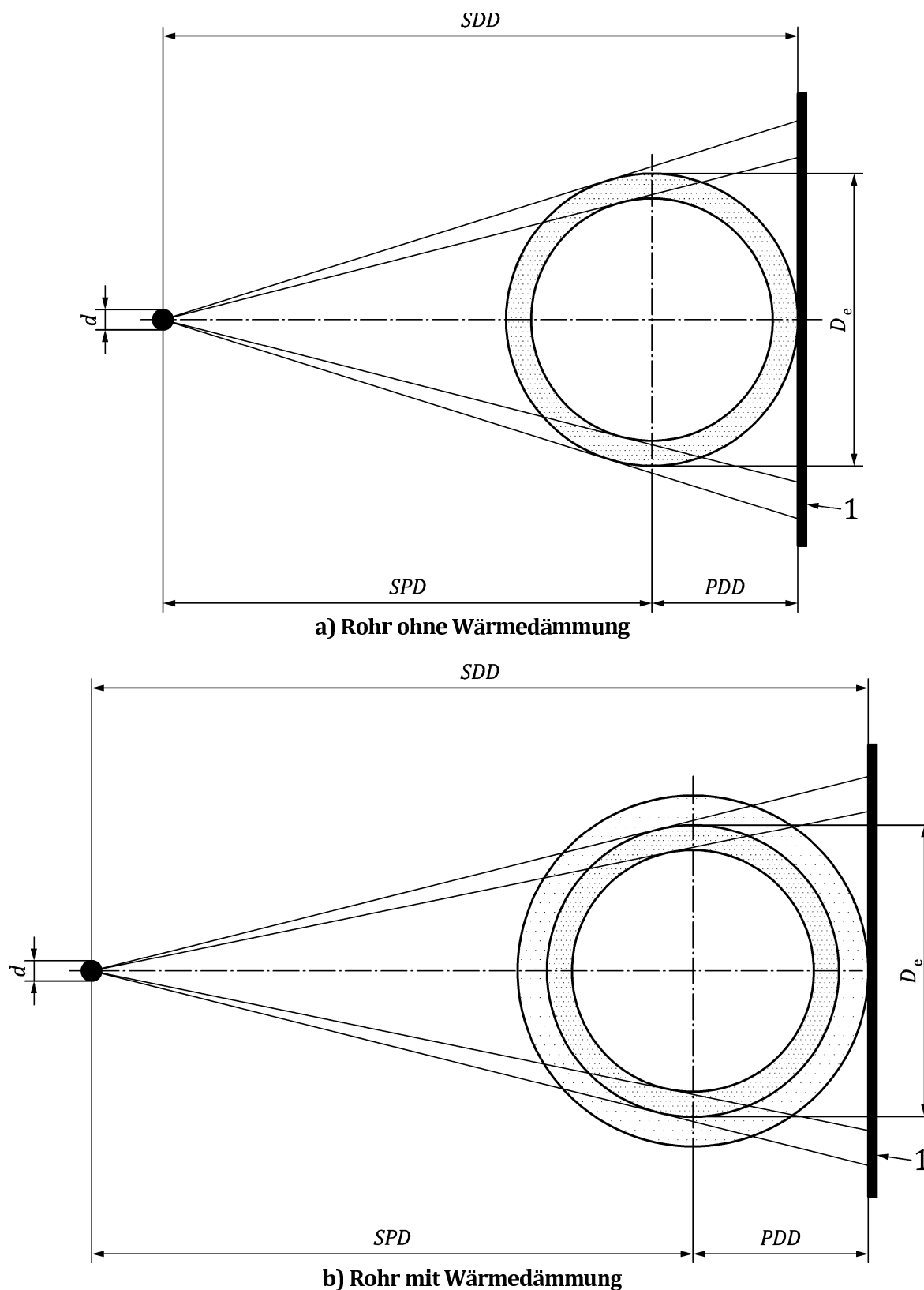
### 6.1 Prüfanordnungen

#### 6.1.1 Allgemeines

Üblicherweise sind Durchstrahlungstechniken nach 6.1.2 und 6.1.3 anzuwenden. Bei beiden Techniken muss der Film oder der digitale Detektor so dicht wie möglich am Rohr angeordnet werden.

#### 6.1.2 Anordnung der Strahlenquelle in Höhe der Rohrachse

Für diese Anordnung wird die Strahlenquelle vor dem Rohr angebracht, während sich der Film/Detektor auf der gegenüberliegenden Seite des Rohrs befindet, wie in Bild 1 dargestellt. Das Rohr kann ohne Wärmedämmung [Bild 1a)] oder mit Wärmedämmung [Bild 1 b)] ausgeführt sein.



### Legende

1 Detektor,  $D$

**Bild 1 — Prüfanordnung und Abstände für die tangentielle Durchstrahlung mit der Strahlenquelle in Höhe der Rohrachse**