

DIN EN 12543-2



ICS 19.100

Entwurf

Einsprüche bis 2019-05-29
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12543-2:2008-10

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die
zerstörungsfreie Prüfung –
Teil 2: Radiographisches Lochkamera-Verfahren;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12543-2:2019**

Non-destructive testing –

Characteristics of focal spots in industrial X-ray systems for use in non-destructive testing –
Part 2: Pinhole camera radiographic method;
German and English version prEN 12543-2:2019

Essais non destructifs –

Caractéristiques des foyers émissifs des tubes radiogènes industriels utilisés dans les essais
non destructifs –
Partie 2: Méthode radiographique par sténopé;
Version allemande et anglaise prEN 12543-2:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-03-29 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, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

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

Gesamtumfang 38 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12543-2:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12543-2:2008-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Konkretisierung des Anwendungsbereichs;
- b) Aktualisierung der normativen Verweisungen;
- c) Hinzufügen neuer Begriffe;
- d) Hinzufügen von Messverfahren unter Abschnitt 5;
- e) Aktualisierung der Literaturhinweise.

Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 2: Radiographisches Lochkamera-Verfahren

Essais non destructifs — Caractéristiques des foyers émissifs des tubes radiogènes industriels utilisés dans les essais non destructifs — Partie 2 : Méthode radiographique par sténopé

Non-destructive testing — Characteristics of focal spots in industrial X-ray systems for use in non-destructive testing — Part 2: Pinhole camera radiographic method

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Messvorrichtung.....	6
4.1 Wesentliche Eigenschaften der Lochblende.....	6
4.2 Ausrichtung und Positionierung der Lochkamera	7
4.3 Anordnung des Röntgenbilddetektors.....	7
4.4 Anforderungen an den Röntgenbilddetektor	9
4.5 Bildbearbeitungseinrichtung	10
4.6 Belastungsdaten	10
5 Messung und Bestimmung der Brennfleckgröße	10
5.1 Messverfahren.....	10
5.2 Messung mithilfe von Digitaltechnik (bevorzugtes Verfahren).....	12
5.3 Auswertung mit Digitaltechnik mit Integration der Linienprofile (ILP, en: Integrated Line Profiles)	12
5.4 Visuelle Messung der wirksamen Brennfleckgröße mithilfe von Röntgenfilmen	14
6 Klassifizierung und Ergebnis der Messung der Brennfleckgröße.....	15
Anhang A (informativ) Werte für die Klassifizierung der Brennfleckgrößen von Röntgenröhren	16
Literaturhinweise	18

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12543-2:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12543-2:2008 ersetzen.

Einleitung

Um den weiten Bereich der effektiven Brennfleckgrößen abzudecken, werden in EN 12543-2, EN 12543-4, EN 12543-5 und prEN 12543-6 vier verschiedene Verfahren beschrieben.

Das Lochkamera-Verfahren (EN 12543-2) ist für effektive Brennfleckgrößen über 50 µm und hauptsächlich geschlossene Standard- und Minifokus-Röntgenröhren vorgesehen.

Das Penetrameter-Verfahren nach EN 12543-4 ist für Kontrollen vor Ort vorgesehen, bei denen die Anwender die effektive Brennfleckgröße in regelmäßigen Abständen überprüfen müssen und das Lochkamera-Verfahren nicht anwendbar ist.

Das Kanten-Verfahren nach EN 12543-5 ist für die Messung effektiver Brennfleckgrößen zwischen 5 µm und 300 µm sowie hauptsächlich für die Anwendung von Mikrofokus-Röhren (bis 100 µm) und Minifokusröhren mit Brennfleckgrößen zwischen 100 µm und 300 µm vorgesehen.

In den sich überschneidenden Bereichen liefern die verschiedenen Teile der Norm-Reihe miteinander vergleichbare Werte mit einer Toleranz von ± 20 %.

ASTM E1165 beschreibt das gleiche Verfahren.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Verfahren für die Messung von effektiven Brennfleckgrößen oberhalb von 0,1 mm für Röntgenanlagen bis einschließlich 1 000 kV Röntgenröhrenspannung mit dem Lochkamera-Verfahren mit digitaler Auswertung fest. Die für die Messung angewendete Röntgenröhrenspannung ist für eine visuelle Auswertung des Films auf 200 kV beschränkt.

Die Bildgüte und die Auflösung von Röntgenbildern hängen in hohem Maße von den Eigenschaften des effektiven Brennflecks ab, insbesondere von der Größe und der zweidimensionalen Intensitätsverteilung, wie von der Detektorebene aus gesehen.

Dieses Prüfverfahren gibt Anleitungen für die Bestimmung der effektiven Größe (Abmessungen) von Standard-Brennflecken (Makro-Brennflecken) und Mini-Brennflecken industrieller Röntgenröhren an. Diese Bestimmung basiert auf der Messung eines Bildes eines Brennflecks, das mithilfe von Röntgenstrahlung und einer „Lochkamera“-Technik aufgenommen und mit einem digitalen Verfahren ausgewertet wurde.

Für die Charakterisierung handelsüblicher Röntgenröhren-Arten (d. h. zu Werbe- oder Handelszwecken), wird empfohlen, dass die spezifischen FS-Werte von Anhang A hierfür verwendet werden.

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 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.

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

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

3.1

wahrer Brennfleck

Röntgenstrahlen erzeugender Bereich auf dem Target, gesehen von einer Position senkrecht zur Target-Oberfläche (siehe Bild 3)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der wahre Brennfleck wird in anderen Dokumenten auch als thermischer Brennfleck bezeichnet.

3.2

effektiver Brennfleck

Röntgenstrahlen erzeugender Bereich auf dem Target, gesehen von der Bildebene des Detektors (siehe Bild 3)

3.3

effektive Brennfleckgröße

Brennfleckgröße, gemessen in Übereinstimmung mit dem vorliegenden Dokument

3.4

Basis-Ortsauflösung eines Detektors

SR_b^{detector}

kleinster sichtbarer Detailgrad in einem digitalen Bild, bestimmt mit dem Doppel-Drahtsteg-BPK nach EN ISO 19232-5 auf dem Detektor (Vergrößerung = 1), aus der kleinsten Nummer des Doppel-Drahtpaares mit weniger als 20 % Modulationstiefe in einem linearisierten Profil, und entspricht der halben Bildunschärfezahl des Detektors

4 Messvorrichtung

4.1 Wesentliche Eigenschaften der Lochblende

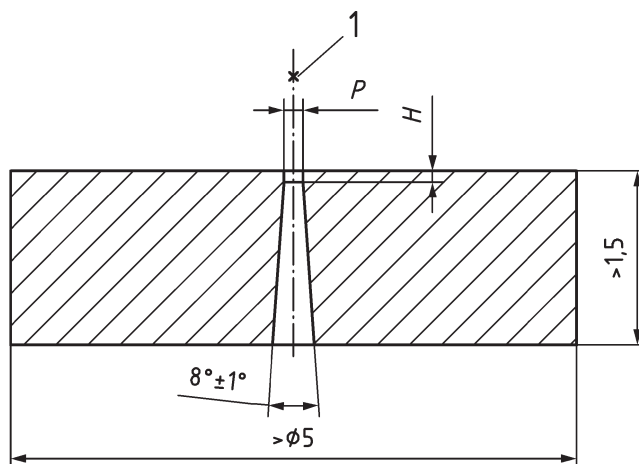
Die Lochkamera muss eine Lochblende mit den folgenden grundlegenden Maßen P und H nach Tabelle 1 in Abhängigkeit von der wahren Brennfleckgröße enthalten.

Tabelle 1 — Maße der Lochblende

Brennfleckgröße mm	Durchmesser P μm	Höhe H μm
0,1 bis 0,3	10 ± 5	50 ± 5
> 0,3 bis 1,0	30 ± 5	75 ± 10
> 1,0	100 ± 5	500 ± 10

Die grundlegenden Maße P und H sind in Bild 1 dargestellt.

Maße in Millimeter



Legende

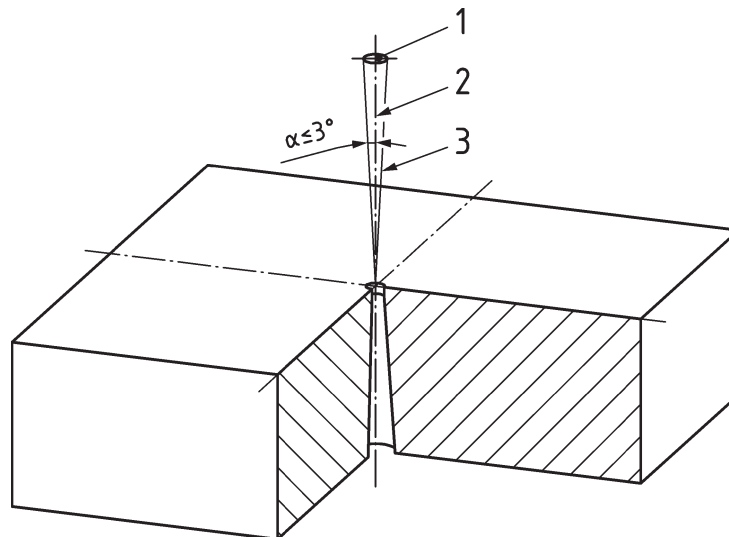
1 Brennfleck

Bild 1 — Grundlegende Maße einer Lochblende

Die Lochblende muss aus Wolfram oder einem ähnlich absorbierenden Material gefertigt sein.

4.2 Ausrichtung und Positionierung der Lochkamera

Der Winkel zwischen der Strahlrichtung und der Lochblendenachse (siehe Bild 2) muss kleiner als $\pm 1,5^\circ$ sein. Bei Abweichungen von Bild 2 ist die Lage der Strahlrichtung anzugeben.



Legende

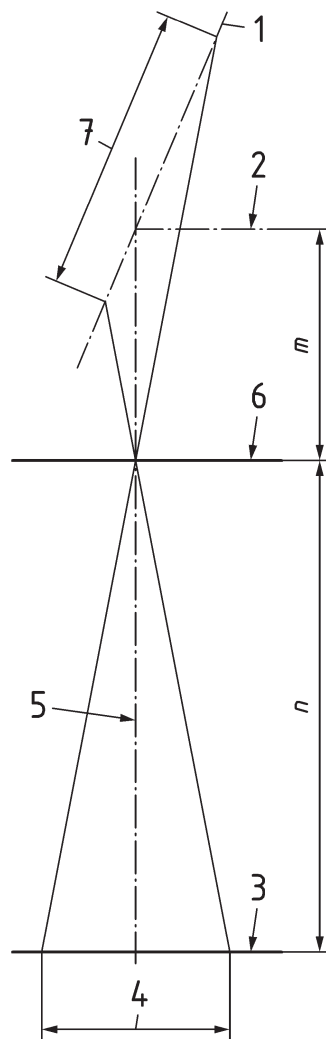
- 1 Brennfleck
- 2 Strahlrichtung
- 3 maximale Abweichung der Lochblendenachse

Bild 2 — Ausrichtung der Lochkamera

Der Abstand m zwischen der Eingangsoberfläche der Lochblende und dem Brennfleck muss so eingestellt werden, dass die Veränderung der geometrischen Vergrößerung über der Ausdehnung des wahren Brennflecks $\pm 5\%$ in der Strahlrichtung nicht überschreitet. Auf keinen Fall darf der Abstand m kleiner als 100 mm sein.

4.3 Anordnung des Röntgenbilddetektors

Der Röntgenbilddetektor (Röntgenfilm, Speicherfolie, DDA) muss senkrecht zur Strahlrichtung in einem Abstand n zur Eingangsoberfläche der Lochblende, der mit der anzuwendenden geometrischen Vergrößerung nach Bild 3 und Tabelle 2 ermittelt wurde, positioniert werden.



Legende

- 1 Anodenebene
- 2 Referenzebene
- 3 Röntgenbilddetektor
- 4 vergrößerte Länge des effektiven Brennflecks
- 5 Strahlrichtung
- 6 Eingangsoberfläche der Lochblende
- 7 physikalische Länge des wahren Brennflecks

Bild 3 — Strahlrichtung, Maße und Ebenen

Tabelle 2 — Geometrische Vergrößerung für Brennfleckbilder

Erwartete Brennfleckgröße d mm	Minimale geometrische Vergrößerung n/m	Abstand zwischen Brennfleck und Lochblende m m ^a	Abstand zwischen Lochblende und Detektor n m ^a
0,1 bis 2,0	3 : 1	0,25	0,75
> 2,0	1 : 1	0,5	0,5
^a Wenn eine Technik verwendet wird, bei der Vergrößerungsfaktoren verwendet werden und ein Abstand von 1 m zwischen Brennfleck und Detektor ($FDD = m + n$) nicht möglich ist (siehe 7.1), muss der Abstand zwischen Brennfleck und Lochblende (m) so angepasst werden, dass er dem verwendeten Abstand zwischen wahren Brennfleck und Detektor (FDD) entspricht (wenn beispielsweise ein FDD von 600 mm verwendet wird, muss $m = 150$ mm für die geometrische Vergrößerung von 3 : 1 sein, m muss 300 mm bei einer geometrischen Vergrößerung von 1 : 1 sein usw.).			

4.4 Anforderungen an den Röntgenbilddetektor

Analoge oder digitale Röntgenbilddetektoren können verwendet werden, sofern Empfindlichkeit, Dynamikbereich und Detektorunschärfe es erlauben, die vollständige räumliche Brennfleckgröße ohne Sättigung des Detektors zu erfassen. Die maximal zulässige Basis-Ortsauflösung (SR_b^{detector}) des Detektors wird mithilfe des Lochblendendurchmessers P und der geometrischen Vergrößerung n/m ermittelt. Sie wird nach Gleichung (1) berechnet.

$$SR_b^{\text{detector}} = \frac{P}{2} \cdot \left(1 + \frac{n}{m}\right) \quad (1)$$

Die Basis-Ortsauflösung des Detektors (SR_b^{detector}) muss mit dem Doppel-Draht-BPK nach EN ISO 19232-5 bestimmt werden. Für korrekte quantitative Messungen sollte die kleinste projizierte Länge und Breite des Brennfleckbildes immer durch mindestens die Pixelzahl abgedeckt werden, die $20 \times SR_b^{\text{detector}}$ entspricht. Das Signal-Rausch-Verhältnis des Brennfleckbildes (Verhältnis des maximalen Intensitätswertes innerhalb des Brennflecks und der Standardabweichung des Hintergrundsignals außerhalb) sollte wenigstens 70 sein. Die maximale Intensität innerhalb des Brennflecks sollte über 30 %, aber weniger als 90 % des maximalen linearen Grauwertes des Detektors sein. Die Grauwertauflösung des Detektors muss mindestens 12 Bit betragen.

Speicherfoliensysteme (Computerradiographie, CR) oder digitale Matrix-Detektoren (z. B. basierend auf CCD-, amorphen Si- oder CMOS-Detektoren in Verbindung mit Röntgenfluoreszenz-Folien oder direkt konvertierende Detektoren) dürfen als digitale Bilddetektoren verwendet werden. Die Pixelwerte (Grauwerte) müssen linear zur Dosis verlaufen.

Wenn ein Röntgenfilm als Bilddetektor verwendet wird, sollte er mindestens die Anforderungen an die Filmsystemklasse C4 nach ISO 11699-1 erfüllen und muss ohne Folien benutzt werden. Der Röntgenfilm muss auf eine maximale optische Dichte zwischen 1,5 und 2,5 belichtet werden. Der Röntgenfilm muss mit einer maximalen Pixelgröße von 50 µm oder kleiner, welche die Anforderungen der vorstehenden SR_b^{detector} -Bedingung erfüllen muss, digitalisiert und nach 5.1 ausgewertet werden. Falls der Anwender keine digitale Ausrüstung besitzt, darf der Röntgenfilm visuell ausgewertet werden; das Verfahren wird in 5.4 beschrieben. Die visuelle Auswertung von Röntgenfilmen ist weniger präzise als die Auswertung von digitalen Aufnahmen mit der Profilkfunktion, wie in 5.3 beschrieben.

4.5 Bildbearbeitungseinrichtung

Dieses Gerät dient zum Aufnehmen der Bilder und zum Messen des Intensitätsprofils des Brennflecks im projizierten Bild. Das Bild muss ein positives Bild (eine höhere Röntgendosis ergibt höhere Grauwerte) und linear proportional zur Dosis sein.

Die Einrichtung muss:

- die Pixelgröße mit einer Präzision von 2 μm oder 1 % der Pixelgröße kalibrieren können;
- Linienprofile zeichnen und die Linienprofile über einen voreingestellten Bereich mitteln können;
- Linienprofile senkrecht zu den Linienprofilen integrieren können;
- den Hintergrund durch lineare Interpolation (gerade Linie) beider Enden des Linienprofils mithilfe von mindestens dem Durchschnittswert von 10 % der Linienprofile als Untergrund an beiden Enden subtrahieren können; und
- die X- und Y-Abmessung des Brennflecks im Bild mit zwei Schwellenwerten von 16 % und 84 % des integrierten Linienprofils berechnen und die Breite auf 100 % extrapolieren können (siehe Bild 5).

Bei Anwendung der CR-Technik oder digitalisierter Röntgenfilme, bei denen Ausreißerpixel auftreten können, sollte ein 3×3 -Medianfilter angewendet werden.

4.6 Belastungsdaten

Die Röntgenröhrenspannung muss 75 % der Nennröhrenspannung betragen, darf aber für eine Auswertung des Films 200 kV nicht überschreiten. Bei der Auswertung mit DDA oder CR ist der Höchstwert der Spannung durch die Bedingung begrenzt, dass die Hintergrundintensität niedriger ist als die Hälfte der maximalen Intensität im Brennfleck. Der Röntgenröhrenstrom muss auf den maximalen anwendbaren Stromwert der Röhre bei der gewählten Spannung eingestellt werden. Bei Messungen mit mehr als 200 kV darf ein optionaler Vorfilter aus Kupfer verwendet werden, um eine Sättigung des Detektors zu verhindern.

5 Messung und Bestimmung der Brennfleckgröße

5.1 Messverfahren

Soweit möglich, wird ein üblicher Abstand zwischen Brennfleck und Detektor von 1 m ($FDD = m + n$) für alle Belichtungen eingestellt. Ist das Einstellen von 1 m FDD aufgrund der Gerätebauweise oder aufgrund von Zugangsbeschränkungen nicht möglich, wird der größtmögliche FDD verwendet (in diesen Fällen werden die relativen Abstände zwischen Brennfleck, Lochblende und Detektor so eingestellt, dass sie den in Tabelle 2 angegebenen Bildvergrößerungsfaktoren entsprechen). Bei kleinen Brennflecken darf ein FDD von mehr als 1 m eingestellt werden, um die Anforderungen von 4.4 und 5.2 zu erfüllen. Der Abstand zwischen dem Brennfleck und der Lochblende basiert auf der erwarteten Größe des zu messenden Brennflecks und dem gewünschten Grad der Bildvergrößerung (siehe Bild 3). Die festgelegten Abstände zwischen Brennfleck und Lochblende (m) für die unterschiedlichen Bereiche von Brennfleckgrößen sind in Tabelle 2 angegeben. Die Lochblende wird so platziert, dass sie innerhalb von $\pm 1,5^\circ$ zur Mittelachse des Röntgenstrahls angeordnet ist.

ANMERKUNG Die Präzision des Lochkamera-Systems reagiert besonders empfindlich auf die relativen Abstände zwischen dem Brennfleck, der Lochblende und dem Detektor (und deren Ausrichtung zueinander). Demzufolge kann eine speziell konstruierte Einrichtung notwendig sein, um die Übereinstimmung mit den vorstehend angegebenen Anforderungen sicherzustellen. ASTM E1165, Bild 6, zeigt ein Beispiel eines speziellen Kollimators, der verwendet werden kann, um die Ausrichtungstoleranz von $\pm 1^\circ$ sicherzustellen.