

DIN EN 12543-5



ICS 19.100

Einsprüche bis 2024-09-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12543-5:1999-12

Entwurf

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für
die zerstörungsfreie Prüfung –
Teil 5: Messung der effektiven Brennfleckgröße von Mini- und
Mikrofokus-Röntgenröhren;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12543-5:2024**

Non-destructive testing –

Characteristics of focal spots in industrial X-ray systems for use in non-destructive testing –
Part 5: Measurement of the effective focal spot size of mini and micro focus X-ray tubes;
German and English version prEN 12543-5:2024

Essais non destructifs –

Caractéristiques des foyers émissifs des tubes radiogènes industriels utilisés dans les essais
non destructifs –

Partie 5: Mesure de la dimension du foyer émissif de tubes radiogènes à mini et micro foyer;
Version allemande et anglaise prEN 12543-5:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-07-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 33 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN 12543-5:2024 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-11-11 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.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12543-5:1999-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ aktualisiert;
- b) Begriffe und Definitionen aktualisiert und ergänzt;
- c) für das Prüfverfahren werden auch die Anwendung von digitalen Detektor-Array-Geräten und die daraus resultierenden Anforderungen berücksichtigt, siehe Abschnitt 4;
- d) Norm redaktionell überarbeitet.

Juli 2024

prEN 12543-5

**Zerstörungsfreie Prüfung – Charakterisierung von Brennflecken in
Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung – Teil 5: Messung der
effektiven Brennfleckgröße von Mini- und Mikrofokus-Röntgenröhren**

Non-destructive testing – Characteristics of focal spots in industrial X-ray systems for use in non-destructive testing – Part 5: Measurement of the effective focal spot size of mini and micro focus X-ray tubes

Essais non destructifs – Caractéristiques des foyers émissifs des tubes radiogènes industriels utilisés dans les essais non destructifs – Partie 5: Mesure de la dimension du foyer émissif de tubes radiogènes à mini et micro foyer

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Prüfverfahren	6
4.1 Kurzbeschreibung und Prüfeinrichtung	6
4.2 Abstandswahl und Belichtungszeit	8
5 Messung und Bestimmung der Brennfleckgröße	9
5.1 Messung	9
5.2 Bestimmung	11
6 Dokumentation	11
Anhang A (normativ) Vorzugswerte für die Klassifizierung der Brennfleckgrößen von Mikrofokus-Röntgenröhren	13
Literaturhinweise	15

Bilder

Bild 1 — Positionierung des Prüfobjekts	8
Bild 2 — Profil des Prüfobjektbildes (Prüfobjekt: Pt-Draht)	10

Tabellen

Tabelle A.1 — Vorzugswerte für Brennfleckgrößen, Brennflecknenngrößenwerte und entsprechende Klassen	13
Tabelle A.2 — Beispiel für ein Klassifizierungs-Ergebnis	14

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12543-5:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument ersetzt EN 12543-5:1999.

Dieses Dokument beinhaltet die folgenden wesentlichen technischen Änderungen im Vergleich zu EN 12543-5:1999:

- Abschnitt 2, normative Verweisungen, wurde aktualisiert;
- die Begriffe wurden aktualisiert und ergänzt;
- für das Prüfverfahren werden auch die Anwendung von Geräten mit digitalen Detektorarrays und die damit verbundenen Anforderungen berücksichtigt, siehe Abschnitt 4.

EN 12543-5 ist Teil einer Normenreihe, die anderen Teile sind die folgenden:

- EN 12543-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 2: Radiographisches Lochkamera-Verfahren*
- EN 12543-4, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 4: Kanten-Verfahren*
- EN 12543-6, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 6: Messung der effektiven Brennfleckgröße von Mikrofokus-Röntgenröhren unter 5 µm*

Die folgenden Teile wurden ungültig:

- EN 12543-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 1: Scan-Verfahren*
- EN 12543-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung von Brennflecken in Industrie-Röntgenanlagen für die zerstörungsfreie Prüfung — Teil 3: Radiographisches Schlitzkamera-Verfahren*

Einleitung

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

Das Lochkamera-Verfahren nach EN 12543-2 ist für effektive Brennfleckgrößen über 100 µm vorgesehen.

Das Verfahren mit Penetrameter nach EN 12543-4 ist für Vor-Ort-Anwendungen vorgesehen, bei denen die Anwender den effektiven Brennfleck regelmäßig beobachten müssen und das Lochkamera-Verfahren praktisch nicht durchführbar ist.

Das Kanten-Messverfahren nach EN 12543-5 ist für die Messung effektiver Brennfleckgrößen zwischen 5 µm und 300 µm sowie hauptsächlich für die Anwendung von Mikrofokus-Röhren vorgesehen.

Das Linienpaar-Messverfahren nach EN 12543-6 ist für effektive Brennfleckengrößen kleiner als 5 µm vorgesehen.

Das Rekonstruktionsverfahren nach EN 12543-7 ist für effektive Brennfleckgrößen < 100 µm als Alternative zum Lochkamera-Verfahren nach EN 12543-2 vorgesehen.

In den sich überschneidenden Bereichen liefern die verschiedenen Verfahren ähnliche Werte, so dass das spezielle Verfahren auch etwas außerhalb der vorstehend festgelegten Bereiche verwendet werden kann.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Verfahren für die Messung von Brennfleckengrößen im Bereich im Bereich von 5 µm bis 300 µm von Röntgensystemen bis einschließlich 225 kV Röhrenspannung fest. Diese Bestimmung basiert auf der Auswertung eines Bildes mit einem bestimmten Brennfleck, das mit einer Kante röntgenographisch aufgenommen und mit einem digitalen Verfahren ausgewertet wurde.

Die Bildqualität und die Auflösung von Röntgenbildern hängen stark von den Eigenschaften des effektiven Brennflecks ab, insbesondere von der Größe und der zweidimensionalen Intensitätsverteilung von der Detektorebene aus gesehen.

Für die Charakterisierung handelsüblicher Röntgenröhrentypen (z. B. für Werbung oder Handel) werden die spezifischen Höchstwerte von Anhang A bevorzugt.

ANMERKUNG Dasselbe Verfahren kann nach Absprache auch bei höheren Kilospannungen angewendet werden, aber die Messgenauigkeit kann schlechter sein.

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

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

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

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

thermischer Brennfleck

Röntgenstrahlen aussendender Bereich des Targets, von einer Position senkrecht zur Targetoberfläche gesehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird in [1] auch als tatsächlicher Brennfleck bezeichnet.

3.2

effektiver Brennfleck

Röntgenstrahlen aussendender Bereich des Targets, mithilfe eines Detektionsgeräts von der Detektorebene gesehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird in anderen Veröffentlichungen auch als optischer Brennpunkt bezeichnet.

3.3

effektive Brennfleckgröße

s , en: effective size of focal spot
gemessene Brennfleckgröße

Anmerkung 1 zum Begriff: Bezüglich Messung und Bestimmung siehe Abschnitt 5.

3.4

Brennflecknenngröße

SS , en: nominal focal spot size
gerundete Brennfleckgröße

Anmerkung 1 zum Begriff: Die nominale Brennfleckgröße wird anhand des gemessenen Brennflecks s_{LSF} aus Tabelle A.1 ermittelt.

3.5

Brennfleck-Klasse

FS , en: focal spot class
Klassifizierungswert für Röntgenröhren, die eine Brennfleckgröße in einem definierten Bereich haben

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bereiche der Brennfleckgrößen sind in Anhang A, Tabelle A.1 definiert.

3.6

Signal/Rausch-Verhältnis

SNR

Verhältnis des mittleren Grauwerts zur Standardabweichung der Grauwerte (Rauschen), die in einem interessierenden Bereich gemessen wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Grauwerte sind numerische Werte von Pixeln, die direkt proportional zur Belichtungs-dosis des Detektors sind und einen Wert von Null haben, wenn der Detektor nicht belichtet wurde.

3.7

Kontrast-Rausch-Verhältnis

CNR

Verhältnis der Differenz der gemittelten Signalwerte zweier Bildbereiche relativ zur mittleren Standardabweichung der Signalwerte

3.8

erwartete Brennfleckgröße

afs

Brennfleckgröße einer Röntgenröhre, wie in der Spezifikation der Röntgenröhre angegeben oder aus den Entwicklungsunterlagen der Röntgenröhre abgeschätzt

4 Prüfverfahren

4.1 Kurzbeschreibung und Prüfeinrichtung

Dieses Verfahren beruht auf einer indirekten Messung der Größe des Brennflecks durch Messung der geometrischen Unschärfe. Zu diesem Zweck werden scharfe Kanten entweder auf einem Film, einer Phosphor-Speicherfolie (CR) oder mithilfe eines radioskopischen oder digitalen Detektorarrays (DDA) unter Verwendung einer relativ hohen geometrischen Vergrößerung abgebildet. Das digitale Bild wird maßlich ausgewertet.

Für die Messung bei **Verwendung eines Films** sind folgende Geräte erforderlich:

— ein Prüfobjekt wie nachfolgend beschrieben;

- Filme ohne Bildschirme, die groß genug sind, um das vergrößerte Prüfobjekt und den Bereich um das Prüfobjekt herum abzubilden, um ein Profil wie in Bild 1 zu erhalten. Das Filmsystem muss den Anforderungen der Filmsystemklasse C2 nach EN ISO 11699-1 entsprechen und in Polyethylen-Kassetten mit geringer Absorption verpackt sein, die keine Vorderfolien enthalten;
- Filmkassetten aus schwach absorbierendem Material (z. B. Polyethylen);
- einen Filmhalter;
- eine Filmentwicklungseinheit;
- ein Filmscanner, der Dichten von $D > 4,0$ lesen kann und so konfiguriert ist, dass die Pixelgröße für die Messung geeignet ist (siehe Abschnitt 5). Das Bild muss so groß sein, dass das vergrößerte Prüfobjekt und der Bereich um das Prüfobjekt herum abgebildet werden können, um ein Profil wie in Bild 1 dargestellt zu erhalten;

Bei Verwendung der Computerradiographie (CR) sind für die Messung folgende Geräte erforderlich:

- ein Prüfobjekt wie nachfolgend beschrieben;
- ein Computerradiographiesystem, bestehend aus einer Speicherfolie und einem Scanner, das so konfiguriert ist, dass die Pixelgröße für die Messung geeignet ist (siehe Abschnitt 5). Das Bild muss ausreichend groß sein, um das vergrößerte Prüfobjekt und den Bereich um das Prüfobjekt herum abzubilden und ein Profil wie in Bild 1 zu erhalten.

Das Computerradiographiesystem muss die Anforderungen von ISO 16371, Klasse I, II oder Spezial, erfüllen, und die Speicherplatten müssen in Kassetten mit geringer Absorption verpackt sein, die keine Folien verwenden.

Für die Messung ist folgende Ausrüstung erforderlich, **wenn ein Gerät mit radioskopischem oder digitalen Detektorarray verwendet wird:**

- ein Prüfobjekt wie nachfolgend beschrieben;
- ein radioskopisches Gerät, z. B. jegliche Bildverstärker mit Videoausrüstung oder digitalem Detektorarray, das so konfiguriert ist, dass die Pixelgröße für die Messung geeignet ist (siehe Abschnitt 5). Das Bild muss so groß sein, dass das vergrößerte Prüfobjekt und der Bereich um das Prüfobjekt herum abgebildet werden können, um ein Profil wie in Bild 1 zu erhalten;
- Die Abdeckung des digitalen Detektorarrays muss aus einem Material mit geringer Absorption bestehen. Das digitale Detektorarray muss frei von relevanten Clustern im Untersuchungsbereich sein.

In jedem Fall sind Bildverarbeitungsgeräte erforderlich, die in der Lage sind, linearisierte Intensitätsprofile (das Signal ist linear mit der Dosis), die Integration von Profilen und Profildigramme innerhalb des digitalen Bildes in zwei zueinander senkrechten Richtungen zu erstellen und Abstände zu messen.

Das **Prüfobjekt** muss entweder aus einer Reihe von Drähten oder einer Kugel aus stark absorbierendem Material (z. B. Wolfram, Wolframlegierung oder Platin) bestehen. Der Durchmesser des Drahtes oder der Kugel sollte mehr als das 20-Fache der Brennfleckgröße betragen, wenn der Brennfleck kleiner als $40\ \mu\text{m}$ ist, um die Kantenpenetration auf ein Mindestmaß zu verringern; andernfalls sollte der Durchmesser 0,8 bis 1,0 mm bei Brennflecken mehr als $40\ \mu\text{m}$ betragen. Der Durchmesser muss mit einer Toleranz von $\pm 1\%$ bekannt sein.

Im Falle zweier einzelner gekreuzter Drähte, müssen sich diese in einem Winkel von $(90 \pm 3)^\circ$ kreuzen. Die Drähte müssen quer zu einer kreisförmigen Öffnung in einem stabilen Rahmen so befestigt werden, dass sich der Kreuzungspunkt in der Mitte der Öffnung befindet. Wenn die Kugel verwendet wird, muss sie auf einer dünnen Unterlage aus Polyethylen befestigen oder in eine dünne Hülle aus Polyethylen eingebracht werden.

Das Unschärfeprüfgerät nach EN ISO 19232-5 wird als Prüfobjekt mit definierter Messgenauigkeit empfohlen. Zwei Aufnahmen müssen erzeugt werden, wobei der Draht in senkrechte Richtungen eingestellt wird, um die Länge und Breite des Brennflecks zu erhalten.

Der Einbaurahmen muss eine Größe aufweisen, die eine Positionierung des Prüfobjekts sehr nahe am oder auf dem Fenster der Röntgenröhre ermöglicht.

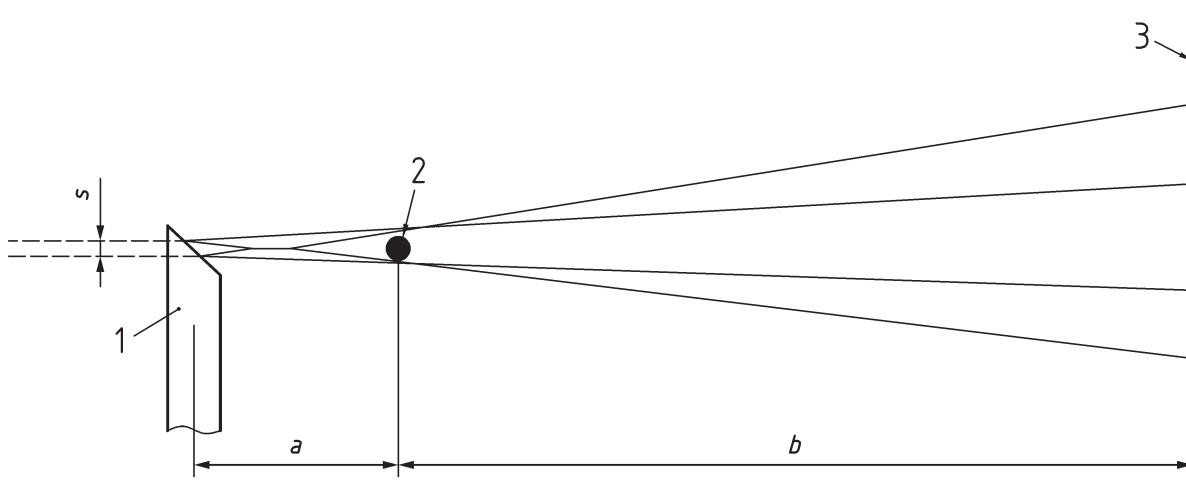
Eine Streuung muss so weit wie möglich vermieden werden.

Jegliche Verwendung einer zusätzlichen Röntgenvorfilterung muss vermieden werden.

Für präzise Messungen von Brennflecken kleiner als 20 µm, sollte die Röntgenspannung (in kV) das Zehnfache der Brennfleckgröße in µm nicht überschreiten.

4.2 Abstandswahl und Belichtungszeit

Der Abstand zwischen Prüfobjekt und Detektor muss eine projektive Vergrößerung ermöglichen (siehe Bild 1), wobei bei kleineren Brennflecken eine größere Vergrößerung erforderlich ist.



Legende

- 1 Anode der Röntgenröhre
- 2 Prüfobjekt mit Durchmesser D_{real}
- 3 Detektorebene

Vergrößerung des Prüfobjekts

$$M = (a + b) / a$$

Vergrößerung des Brennflecks $M_{\text{spät}}$

$$M_{\text{spät}} = M - 1 = b / a$$

Bild 1 — Positionierung des Prüfobjekts

Die Präzision hängt von der räumlichen Auflösung des Klassifizierungssystem, der Vergrößerung und dem Signal-Rausch-Verhältnis der sich ergebenden Bilder ab. Wenn die voraussichtliche Brennfleckgröße (afs) zur Verfügung steht, kann die optimale Vergrößerung mithilfe von Gleichung (1) berechnet werden:

$$M_{\text{optimal}} = 1 + 0,84 \text{ SNR } (P/\text{afs}) \quad (1)$$

Dabei ist

SNR das Schweißgutprobe Signal-Rausch-Verhältnis außerhalb des Objekts, und