Effektive Brennfleck-Größen von Röntgenröhren bestimmen - neue Verfahren, Änderungen der Normen

K. BAVENDIEK*, U. HEIKE*, U. EWERT**, U. ZSCHERPEL**, A. RIEDO***
* YXLON International GmbH, Essener Bogen 15, 22419 Hamburg
** BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin
***COMET AG, Herrengasse 10, 3175 Flamatt, Schweiz

Kurzfassung

Die Größe der Brennflecke von Röntgenröhren bestimmt zusammen mit der Vergrößerung und der Auflösung des Detektors die Bildschärfe. Daher werden diese Größen in vielen Normen benutzt. Bei Einführung der mikro- und nano-Fokustechnik sowie der digitalen Detektoren wurden hier Unstimmigkeiten festgestellt. Die gemessene Bildunschärfe wird unter Verwendung der Brennfleckgrößen nach EN 12543-2 nicht korrekt berechnet. Bei Verwendung der Brennfleckgrößen, gemessen mit EN 1245-5, ist die Übereinstimmung deutlich besser.

Die EN12543 ist in ihren 5 Teilen nicht konsistent, teilweise sind Abweichungen bis zum Faktor 2,5 zwischen den verschiedenen Teilen fest zu stellen. Im Rahmen eines Projektes der Firmen COMET und YXLON in Zusammenarbeit mit der BAM und ASTM sind Messungen gemacht worden, mit dem Ziel, die Auswirkung des Brennflecks auf die Unschärfe im digitalen Bild zu erfassen. Dabei wurde mit 4 verschiedenen Messmethoden nach Norm gearbeitet - u.a. nach EN462-5 und EN12543-5.

Auf Basis des "effektiven Unschärfebeitrags durch den Brennfleck" (geometrische Unschärfe) und bei Berücksichtigung der Detektorunschärfe wurden die Brennfleckgrößen nach EN12543-2 und ASTM E1165 verglichen und Abweichungen von teilweise >100% festgestellt. Die Messungen wurden mit diversen Röhren mit unterschiedlichen Brennfleckformen und –größen durchgeführt.

Auf Basis der Lochblenden Bilder nach EN12543-2 wurden als alternative Verfahren zur Flächen-basierten Methode mit der 10% Schwelle nach EN12543-2 eine Intensitäts-basierte Methode sowie eine Methode mit Integration der Linienprofile über das Brennfleck Bild geprüft. Anhand von Messungen aus der Serien Produktion konnte die Stabilität der zweiten Methode verifiziert werden. Da die Methode physikalisch der Kantenmethode der EN12543-5 entspricht, wurden auch ähnliche Ergebnisse erzielt.

Das neue Verfahren ist bereits als Entwurf in der ASTM E1165 eingeführt und eine Revision der EN12543-2 wird vorgeschlagen. Für den Anwender ist im neuen Entwurf der ASTM E1165 eine alternative Messmöglichkeit vorgeschlagen, bei der aus einem Kantenprofil eines Lochpenetrameters die Brennfleckgröße bestimmt werden kann.

Die EN 12543-5 wurde in revidierter Form und unter Berücksichtigung von digitalen Detektoren (Mini- und Micro-Fokus Röhren) von ASTM übernommen. Daher sollte auch dieser Europäische Normteil zeitnah revidiert werden.

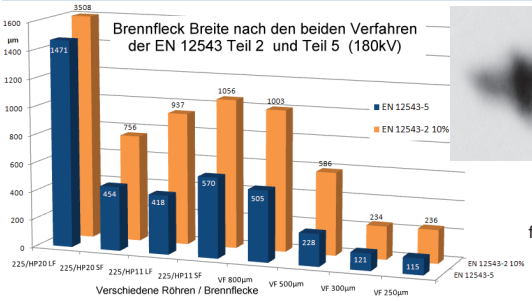
Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/de

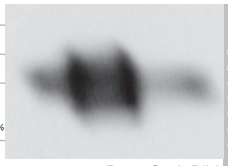
Effektive Brennfleck-Größen von Röntgenröhren bestimmen - neue Verfahren, Änderungen der Normen

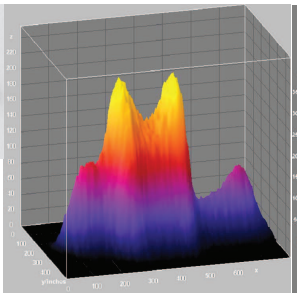
K. Bavendiek, U.Heike, YXLON International GmbH, Hamburg
U. Ewert, U. Zscherpel, BAM, Berlin
A. Riedo, COMET AG, Flamatt

Motivation:

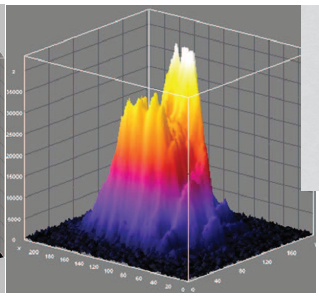
Die Größe der Brennflecke von Röntgenröhren bestimmt zusammen mit der Vergrößerung und der Auflösung des Detektors die Bildschärfe. Daher werden diese Größen in vielen Normen benutzt. Bei Einführung der mikro- und nano-Fokustechnik sowie der digitalen Detektoren wurden hier Unstimmigkeiten festgestellt. Die gemessene Bildunschärfe wird unter Verwendung der Brennfleckgrößen nach EN 12543-2 nicht korrekt berechnet. Bei Verwendung der Brennfleckgrößen, gemessen nach EN 12543-5, ist die Übereinstimmung mit der Praxis deutlich besser. Die EN12543 ist in ihren 5 Teilen nicht konsistent, teilweise sind Abweichungen bis zum Faktor 2,5 zwischen den verschiedenen Teilen fest zu stellen.

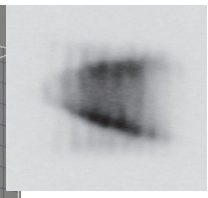






Brennfleck Bild eines „aktuellen" kleinen Brennflecks (11° Target) einer Mini-Fokus Röhre [Varian]



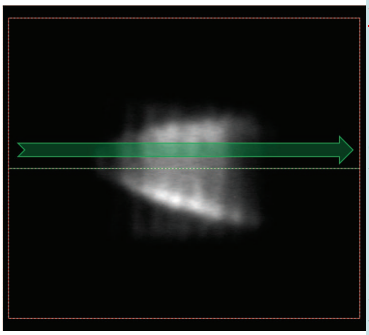


Brennfleck Bild einer „klassischen Film-Röhre" [COMET]

Im Rahmen eines Projektes der Firmen COMET und YXLON in Zusammenarbeit mit der BAM und ASTM wurden Messungen mit dem Ziel durchgeführt, die Auswirkung des Brennflecks auf die Unschärfe im digitalen Bild zu erfassen. Dabei wurde mit 4 verschiedenen Messmethoden in Anlehnung an die Normen EN462-5, EN12543-2 und EN12543-5 gearbeitet und die Unschärfe durch die Brennfleckgröße — wie in der Praxis zu sehen — ermittelt.

Auf Basis des "effektiven Unschärfebeitrags durch den Brennfleck" (geometrische Unschärfe) bei Berücksichtigung der Detektorunschärfe wurden die Brennfleckgrößen nach EN12543-2 und ASTM E1165 verglichen und Abweichungen von teilweise >100% festgestellt — sowohl in Relation zu den „Praxis-Werten" als auch Norm-intern. Die Messungen wurden mit diversen Röhren mit unterschiedlichen Brennfleckformen und –größen durchgeführt (>1000 Bilder).

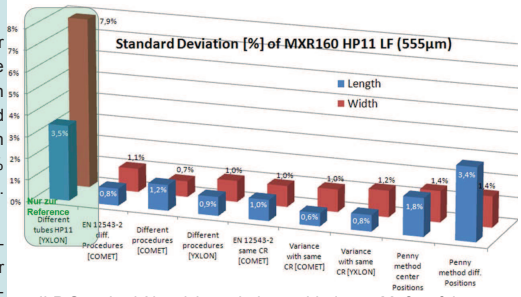
Auf Basis der Lochkamera Bilder nach EN12543-2 wurden als alternative Auswerte-Verfahren zur Flächen-basierten Methode mit der 10% Schwelle nach EN12543-2 eine Intensitäts-basierte Methode sowie eine **Methode mit Integration der Linien-Profile (ILP) über das Brennfleck-Bild** geprüft. Anhand von Messungen aus der Serien-Produktion konnte die Stabilität der zweiten Methode verifiziert werden. Da diese Methode physikalisch der Kantenmethode nach EN12543-5 entspricht, wurden ähnliche Ergebnisse wie bei den Praxis-nahen Bildern mit der Kanten-Methode aus den o.a. Versuchen erzielt.



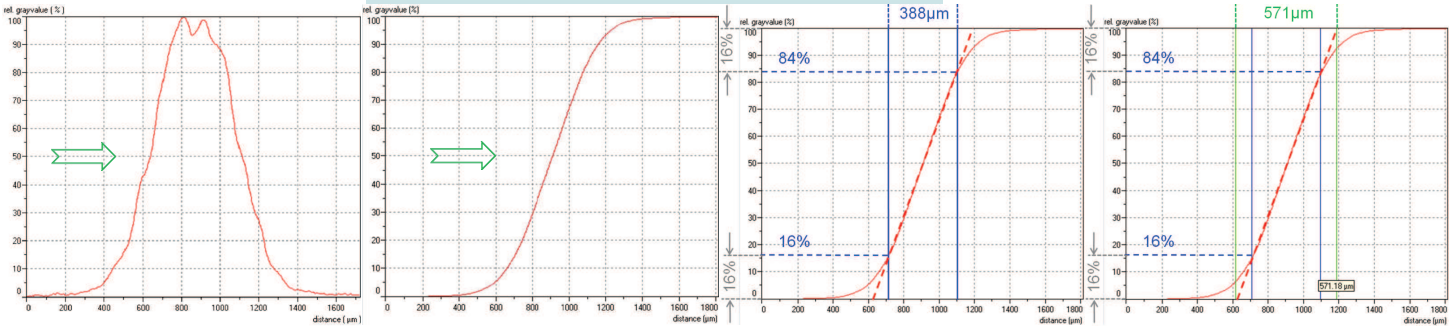
Vorgehen bei der Messung nach ILP:

Über das Lochkamera-Brennfleckbild wird ein Linienprofil mit ca. dreifacher Breite des Brennflecks gezogen—in ca. dreifacher Länge (also ca. 9-fache Fläche des Brennflecks). Das Linienprofil wird aufintegriert. Im Mittelbereich ist eine nahezu lineare Steigung zu erkennen, unterhalb von ca. 16% und oberhalb von ca. 84% knickt die Kurve ab; daher wird in diesem Bereich von 16% bis 84% die Entfernung gemessen. Zur Extrapolation auf 100% muss der Wert mit 1,47 multipliziert werden (Klasens Unschärfemethode). Die Messung wird senkrecht dazu wiederholt.

Die Messung mit verschiedenen Detektoren zeigt eine Standard Abweichung von <1% für diese ILP Methode (für denselben Brennfleck). Die User-Methode* mit dem Lochpenetrameter ist besser als 2%. Zum Vergleich beträgt die Serien-Streuung in Längsrichtung 3,5% und in Querrichtung 7,9%.



ILP Standard Abweichung bei verschiedenen Meßverfahren



A) Linienprofil mit ~3-facher Breite B) Integriertes Linienprofil über Länge C) Messung der Entfernung von 16%-84% D) Erweiterung auf das 1,47-fache

Das neue Verfahren ist bereits in der ASTM E1165-12 eingeführt (Veröffentlichung Oktober 2012) und eine Revision der EN12543-2 wird vorgeschlagen.

* Für Anwender ist in der neuen ASTM E1165-12 eine alternative Messmöglichkeit vorgesehen, bei der aus einem Kantenprofil eines Lochpenetrameters nach ASTM E1742 oder E1025 die effektive Brennfleckgröße bestimmt werden kann. Damit wird es künftig *auch* **für Anwender einfach und mit wenig Kosten möglich sein, den Brennfleck regelmässig zu überprüfen** — wie es heute schon in einigen Normen für die digitalen Techniken verlangt wird.

Die nächsten Schritte:

EN 12543-2 wird an ASTM E1165 angepasst; im Gegenzug entsteht aus EN 12543-5 eine ASTM µ-Fokus Norm (in Arbeit). Es wird beantragt, die anderen Teile der EN 12543 ersatzlos zu streichen. Die Brennflecke sollen künftig in Klassen eingeteilt werden (ähnlich wie die Drähte der EN 462-1).

YXLON COMET
Technology with Passion

BAM