

Sensitometrie an Film-Folien-Systemen für die medizinische Radiographie

Teil 3: Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve,
der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten für die Mammographie

DIN
6867-3

ICS 37.040.25

Sensitometry of screen-film systems for medical radiography —
Part 3: Method for determination of sensitometric curve shape,
speed and average gradient for mammography

Sensitométrie des systèmes film-écran pour la radiographie
médicale — Partie 3: Méthode de détermination de la forme de la
courbe sensitométrique, de la sensibilité et du contraste moyen
pour la mammographie

Inhalt

	Seite
Vorwort	1
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweisungen	2
3 Begriffe	2
4 Allgemeine Anforderungen	2
5 Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve	3
6 Ermittlung des mittleren Gradienten	5
7 Ermittlung der Empfindlichkeit	5
8 Ermittlung der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten ohne sensitometrische Kurve	9
9 Messunsicherheiten	9
10 Darstellung der Ergebnisse	9
Anhang A (informativ) Erläuterungen	9
Anhang B (informativ) Literaturhinweise	10

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Radiologie im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft erarbeitet.

Die in der Norm beschriebenen Verfahren sind identisch mit den Messverfahren, die für die Internationale Norm ISO 9236-3 von dem Technischen Komitee ISO/TC 42 „Photography“ erarbeitet wurden. Zur Vorbereitung einer möglichen Übernahme der Internationalen Norm ISO 9236-3 oder einer entsprechenden Europäischen Norm in das Deutsche Normenwerk orientiert sich diese Norm auch hinsichtlich ihres textlichen Umfangs und Wortlautes an ISO 9236-3.

DIN 6867 „Sensitometrie an Film-Folien-Systemen für die medizinische Radiographie“ besteht aus:

- Teil 1: Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten
- Teil 2: Bestimmung der Modulationsübertragungsfunktion
- Teil 3: Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten für die Mammographie
- Teil 10: Nennwerte der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten

Die Messverfahren zur Ermittlung der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten bilden die Voraussetzung für die Festlegung von Nennwerten der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten nach DIN 6867-10.

Fortsetzung Seite 2 bis 11

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, des mittleren Gradienten und der Empfindlichkeit einer einzelnen Probe eines Systems fest, das aus Film, Verstärkungsfolie, Filmhalterung und Filmverarbeitung besteht und für eine Verwendung in der Mammographie vorgesehen ist.

Die Filmhalterung kann eine beliebige Vorrichtung sein, die einen engen Kontakt zwischen Film und Folien sicherstellt und verhindert, dass der Film Umgebungslicht ausgesetzt wird. Insbesondere kann die Filmhalterung ein lichtundurchlässiger Vakuumbutel sein, wie er oft in Laboratorien benutzt wird, oder eine Röntgenkassette, wie sie in der Mammographie verwendet wird.

ANMERKUNG: Im Folgenden wird eine Kombination aus Film, Folie und Filmhalterung kurz „Kombination“ genannt. Wenn die Filmverarbeitung eingeschlossen ist, wird die Bezeichnung „System“ verwendet.

Diese Norm gilt nicht für Systeme aus folienlosem Film und Filmverarbeitung (siehe ISO 5799).

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 4512-8

Photographische Sensitometrie — Bestimmung der optischen Dichte — Geometrische Bedingungen für Messungen bei Transmission

DIN 4512-9

Photographische Sensitometrie — Bestimmung der optischen Dichte — Spektrale Bedingungen

DIN 6867-1:1997-02

Sensitometrie an Film-Folien-Systemen für die medizinische Radiographie — Teil 1: Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten

ISO 554:1976

Standard atmospheres for conditioning and/or testing — Specifications

ISO 5799

Photography — Direct exposing medical and dental radiographic film/process systems — Determination of ISO speed and ISO average gradient

3 Begriffe

3.1

Luftkerma

K

Kinetische Energie, die von ionisierender Strahlung (z. B. Röntgenstrahlen) an Luftmoleküle übertragen wird, dividiert durch die Luftmasse in dem Volumen, in dem die Energie abgegeben wird. Die Einheit ist das „Gray“ (Gy) [DIN 6867-1:1997-02].

3.2

sensitometrische Kurve; Dichtekurve

Graphische Darstellung der optischen Dichte eines verarbeiteten photographischen Films in Abhängigkeit vom Zehnerlogarithmus der Exposition [DIN 6867-1:1997-02].

3.3

Empfindlichkeit

Quantitatives Maß des Ansprechvermögens eines Film-Folien-Systems auf Strahlungsenergie für vorgegebene Bedingungen der Bestrahlung, der Filmverarbeitung und der Messung der optischen Dichte [DIN 6867-1:1997-02].

3.4

mittlerer Gradient

Steigung der Geraden, die zwei festgelegte Punkte auf einer sensitometrischen Kurve verbindet [DIN 6867-1:1997-02].

3.5

Nettodichte

Optische Dichte eines belichteten und verarbeiteten Films abzüglich der optischen Dichte einer unbelichteten und verarbeiteten Probe dieses Films [DIN 6867-1:1997-02].

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Aufbewahrungs- und Handhabungsbedingungen

Filme und Folien sind nach den Empfehlungen des Herstellers aufzubewahren. Vor und während der Bestrahlung ist die Temperatur der Filme und Folien auf $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ zu halten (siehe ISO 554:1976). Der Feuchtegehalt des Films muss mit einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 20)\%$ im Gleichgewicht sein.

4.2 Sicherheitsbeleuchtung

Um eine Beeinflussung der sensitometrischen Ergebnisse durch die Sicherheitsbeleuchtung auszuschließen, sind alle Filme während der Handhabung, Bestrahlung und Verarbeitung in völliger Dunkelheit zu halten.

4.3 Röntgeneinrichtung

Bei Ausführung der in dieser Norm beschriebenen Messverfahren sind Sechspuls-, Zwölfpuls-, Multipuls- oder Gleichspannungs-Generatoren zu verwenden.

Für die Absolutmessung der Luftkerma sind kalibrierte Detektoren zu verwenden. Die Messunsicherheiten müssen im engen, streustrahlenarmen Strahlenbündel kleiner als 5 % und bei Messungen hinter dem Phantom unter Streustrahlung kleiner als 7 % sein.

ANMERKUNG: Für Messungen unter Streustrahlung wird eine sphärische Ionisationskammer empfohlen. Der Mittelpunkt der sphärischen Kammer ist dann der Referenzpunkt; der Stiel der sphärischen Kammer sollte der Röntgenröhre abgewandt sein.

4.4 Filmverarbeitung

Diese Norm ist auf Film-Folien-Systeme mit manueller und automatischer Verarbeitung anwendbar. Die Verarbeitung sollte nach den Empfehlungen des Filmherstellers erfolgen.

Angeichts der Vielfalt der benutzten Verarbeitungschemikalien und -einrichtungen legt diese Norm keine Verarbeitungsbedingungen fest. Die vom Filmhersteller angegebenen Werte der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten gelten im Allgemeinen dann für ein System, wenn der Film entsprechend den Empfehlungen des Filmherstellers verarbeitet wird, so dass die für das Verfahren angegebenen photographischen Merkmale erzielt werden. Der Film-

hersteller oder andere, die Werte für die Empfindlichkeit und den mittleren Gradienten angeben, müssen Daten über die Verarbeitung zur Verfügung stellen; diese Daten müssen die Verarbeitungschemikalien, -zeiten, -temperaturen, -bewegung der Bäder, -einrichtungen und -verfahren für die einzelnen Verarbeitungsschritte und zusätzliche Daten, die erforderlich sind, um die beschriebenen sensitometrischen Ergebnisse zu erzielen, umfassen. Werte der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten, die mit anderen Verarbeitungsverfahren erzielt werden, können beträchtlich abweichen. Die vom Anwender dieser Norm gewählten Verarbeitungsbedingungen sind in jedem Fall Bestandteil des untersuchten Systems.

ANMERKUNG 1: Bei Verwendung ein und desselben Films können unterschiedliche Empfindlichkeiten erreicht werden, indem die Filmverarbeitung geändert wird; dem Anwender sollte jedoch bewusst sein, dass diese Änderungen der Empfindlichkeit von anderen Änderungen begleitet sein können.

Um Auswirkungen durch Instabilität des latenten Bildes oder zeitliche Veränderung der Filmverarbeitung zu minimieren, sind alle Proben gemeinsam zu verarbeiten, und zwar mindestens 30 min und höchstens 4 h nach der Bestrahlung. Zwischen Bestrahlung und Verarbeitung ist die Temperatur des Films auf $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ zu halten. Der Feuchtegehalt des Films muss mit einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 20)\%$ im Gleichgewicht sein.

Da Filme in der Praxis im Allgemeinen wenige Minuten nach der Bestrahlung verarbeitet werden, kann die in der Praxis beobachtete Empfindlichkeit von der nach dieser Norm bestimmten Empfindlichkeit infolge des Latentbildschwundes bei einigen Filmen abweichen. Daher ist die mit einer zeitlichen Verzögerung von 30 min bis 4 h zwischen Bestrahlung und Verarbeitung gemessene Empfindlichkeit auf den Wert zu korrigieren, der sich bei Filmverarbeitung bald nach der Bestrahlung ergeben hätte. Für die Zwecke dieser Norm ist zur Berechnung der Empfindlichkeit eine zeitliche Verzögerung von 5,0 min zu Grunde zu legen.

ANMERKUNG 2: Die Information über die erforderliche Korrektur kann durch Belichten von Filmstreifen in einem Lichtsensitometer und Veränderung der Zeit zwischen der Belichtung und der Verarbeitung leicht gewonnen werden, wenn bei doppelseitig beschichteten Filmen die vorderseitige und die rückseitige Emulsion gleichermaßen in dem Sensitometer belichtet werden.

ANMERKUNG 3: Da die für die vielen Einzelbestrahlungen zur Ermittlung der sensitometrischen Kurve erforderliche Zeit verhältnismäßig lang ist, wird oben eine Wartezeit von mindestens 30 min zwischen Bestrahlung und Verarbeitung vorgeschrieben. Diese Zeitverzögerung wird als hinreichend zur Minimierung etwaiger Unterschiede des Latentbildschwundes für die einzelnen Bestrahlungen angesehen.

Die folgenden Verarbeitungsdaten sind zusammen mit den Messergebnissen anzugeben, wobei die Einhaltung der genannten Grenzabweichungen vorausgesetzt ist:

- Handelsnamen aller Chemikalien, soweit Schutzrechte berührt sind, anderenfalls die chemischen Formeln;
- Temperatur des Entwicklers ($\pm 0,3^\circ\text{C}$);
- Temperatur sonstiger Lösungen ($\pm 2^\circ\text{C}$);
- Eintauchzeiten in die Entwicklungslösung (3 %);
- Verwendung eines frischen oder gealterten Entwicklers; bei einem gealterten Entwickler der Filmtyp und die Filmmenge, die für die Alterung benutzt worden sind, die optische Dichte des verarbeiteten Films und die Regenerierung;
- Angaben über die Bewegung der Bäder: Volumen der umgepumpten Lösung oder benutzte Gasmenge;

- Trocknungstemperatur ($\pm 5^\circ\text{C}$);
- Handelsname der Verarbeitungseinrichtung.

ANMERKUNG 4: Mit „gealterter Entwickler“ ist hier ein nicht mehr unbenutzter oder frischer, sondern bereits benutzter und in stabilem Betriebszustand befindlicher Entwickler gemeint.

4.5 Densitometrie

Es ist stets die visuelle optische Transmissionsdichte im diffusen Licht zu messen, die in dieser Norm kurz „optische Dichte“ genannt wird. Die optische Dichte der verarbeiteten Filme ist mit einem Densitometer zu messen, das die in DIN 4512-8 festgelegten geometrischen Bedingungen und die in DIN 4512-9 festgelegten spektralen Bedingungen erfüllt. Die Messungen sind in einem homogenen Bereich des Bildes vorzunehmen. Die Unsicherheiten ΔD bei der Messung der optischen Dichten D müssen so klein sein, dass sie mindestens eine der Bedingungen $|\Delta D|/D \leq 0,02$ und $|\Delta D| \leq 0,02$ erfüllen.

5 Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve

5.1 Allgemeines

Für die Ermittlung des Kurvenverlaufs wird eine Sensitometrie mit Intensitätsvariation angewandt. Die Intensität wird durch Veränderung des Abstandes zwischen der Strahlungsquelle und der Kombination variiert. Infolge von Filtern und anderen sekundären Strahlungsquellen im Strahlenbündel sowie infolge von Luftschwächung weicht die Beziehung zwischen Intensität und Abstand vom quadratischen Abstandsgesetz ab. Daher ist die Beziehung zu kalibrieren.

5.2 Strahlenqualitäten

Zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve darf jede der beiden in Tabelle 1 aufgeführten Strahlenqualitäten verwendet werden. Die Strahlenqualitäten können mit einem iterativen Verfahren erzielt werden, indem Halbwertschichtdicken unter Verwendung der festgelegten Zusatzfilter gemessen werden. Für dieses Verfahren sollten die ungefähren Röntgenröhrenspannungen als Ausgangswerte genutzt werden (siehe 7.2.2 und Bild 4). Von Tabelle 1 abweichende Werte der Eigenfilterung und Zusatzfilterung dürfen dann gewählt werden, wenn ihre Summe, die Gesamtfilterung, nicht verändert. Bezogen auf die Gesamtfilterung ist für Molybdänfilter eine Dickenabweichung von $\pm 0,005\text{ mm}$ und für Aluminiumfilter eine Dickenabweichung von $\pm 0,1\text{ mm}$ einzuhalten. Der Massenanteil von Aluminium beziehungsweise Molybdän in den Filtern muss mindestens 99,9 % betragen.

5.3 Geometrie zur Ermittlung des Kurvenverlaufs

Der geometrische Aufbau der Messanordnung muss den Bildern 1 und 2 entsprechen. Wegen des Einflusses der Luft auf die Strahlenqualität darf der Abstand zwischen dem Fokus der Röntgenröhre und der Filmebene nicht größer als 3 m sein.

ANMERKUNG: In der Mammographie werden gewöhnlich asymmetrische Strahlenbündel verwendet, die zur Anodenseite der Röntgenröhre wesentlich stärker ausgedehnt sind als zur Kathodenseite. Durch Änderung der Blenden unmittelbar am Röntgenröhrengewölbe oder durch Drehung der Röntgenröhre um einige Winkelgrade lässt sich diese Asymmetrie im Laboratorium oft verringern. Die in den Bildern dargestellte Symmetrie der Strahlenbündel ist nicht Voraussetzung für die Anwendbarkeit der in dieser Norm beschriebenen Messverfahren.