

DIN ISO 9236-1

ICS 37.040.25

Ersatz für
DIN 6867-1:1997-02

**Fotografie –
Sensitometrie an Film-Folien-Systemen für die medizinische
Radiographie –
Teil 1: Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, der
Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten (ISO 9236-1:2004)**

Photography –
Sensitometry of screen/film systems for medical radiography –
Part 1: Determination of sensitometric curve shape, speed and average gradient
(ISO 9236-1:2004)

Photographie –
Sensitométrie des ensembles film/écran pour la radiographie médicale –
Partie 1: Détermination de la forme de la courbe sensitométrique, de la sensibilité et du
contraste moyen (ISO 9236-1:2004)

Gesamtumfang 29 Seiten

Normenausschuss Bild und Film (NBF) im DIN
Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe	7
4 Allgemeine Anforderungen.....	8
4.1 Aufbewahrungs- und Handhabungsbedingungen	8
4.2 Sicherheitsbeleuchtung	8
4.3 Röntgeneinrichtung.....	8
4.4 Dosimeter	8
4.5 Filmverarbeitung.....	9
4.6 Densitometrie	10
5 Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve.....	10
5.1 Allgemeines.....	10
5.2 Strahlungsqualitäten	10
5.3 Geometrie zur Ermittlung des Kurvenverlaufs	11
5.4 Bestrahlung	14
5.5 Auswertung	14
6 Ermittlung des mittleren Gradienten	14
7 Ermittlung der Empfindlichkeit	16
7.1 Definition	16
7.2 Strahlungsqualitäten	16
7.2.1 Allgemeines.....	16
7.2.2 Phantom für Technik I	16
7.2.3 Phantom für Technik II.....	17
7.2.4 Phantom für Technik III	17
7.2.5 Phantom für Technik IV.....	17
7.2.6 Einstellung der Röntgenröhrenspannung	17
7.3 Geometrie	20
7.4 Bestrahlung	23
7.5 Auswertung	23
8 Ermittlung der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten ohne sensitometrische Kurve.....	23
9 Messunsicherheit.....	24
10 Prüfbericht.....	25
Anhang A (informativ) Erläuterungen	26
A.1 Verlauf der sensitometrischen Kurve.....	26
A.2 Empfindlichkeit	26
A.3 Phantome.....	26
A.4 Luftkerma.....	27
A.5 Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Strahlungsqualität.....	27
Literaturhinweis	29

Bilder

Bild 1 — Geometrischer Aufbau des Abstandssensitometers zur Bestrahlung der Film-Folien-Kombination... 12

Bild 2 — Geometrischer Aufbau für die Kalibrierung des Abstandssensitometers 13

Bild 3 — Sensitometrische Kurve 15

Bild 4 — Phantom für Technik I..... 17

Bild 5 — Geometrischer Aufbau zur Einstellung der für die Techniken I, II, III und IV verwendeten Strahlungsqualitäten..... 19

Bild 6 — Geometrischer Aufbau für die Messung der Empfindlichkeit (Techniken I, II und III) 21

Bild 7 — Geometrischer Aufbau für die Messung der Empfindlichkeit (Technik IV) 22

Tabellen

Tabelle 1 — Strahlungsqualitäten zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve 11

Tabelle 2 — Spezifikation der Techniken 16

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 9236-1:2004 „Photography — Sensitometry of screen/film systems for medical radiography — Part 1: Determination of sensitometric curve shape, speed and average gradient“. Die Internationale Norm ISO 9236-1:2004 wurde vom ISO/TC 42 „Fotografie“ Photography unter Mitwirkung des Normenausschusses Bild und Film (NBF), Arbeitsausschuss NBF NA 049-00-01 AA „Strahlungsempfindliche Materialien, Sensitometrie und Formate“, erarbeitet.

Für die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ist der NAR AA 6/GA 6 „Bildgebende Systeme“ des Normenausschusses Radiologie (NAR) verantwortlich.

ISO 9236 besteht aus den folgenden Teilen, unter dem allgemeinen Titel

Fotografie — Sensitometrie an Film-Folien-Systemen für die medizinische Radiographie

Photography — Sensitometry of screen/film systems for medical radiography:

- *Teil 1: Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten*
- *Part 1: Determination of sensitometric curve shape, speed and average gradient*
- *Teil 3: Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, der Empfindlichkeit und des mittleren Gradienten für die Mammographie*
- *Part 3: Determination of sensitometric curve shape, speed and average gradient for mammography*

Der folgende Teil ist in Vorbereitung:

- *Teil 2: Verfahren zur Ermittlung der Modulationsübertragungsfunktion (MÜF)*
- *Part 2: Method for determining modulation transformation (MTF)*

Zu den in Abschnitt 2 aufgeführten Internationalen Normen gibt es folgende Zusammenhänge zu nationalen Normen:

ISO 554 siehe DIN 50014

IEC 60522 siehe DIN EN 60522

Änderungen

Gegenüber DIN 6867-1:1997-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) für die Dosimetrie wird eine sphärische Ionisationskammer oder ein gleichwertiger Detektor gefordert;
- b) nur Hochfrequenz- oder Zwölfpuls-Hochspannungsgeneratoren sind zugelassen, Sechspuls-Hochspannungsgeneratoren werden ausgeschlossen;
- c) die Bestrahlungszeiten für die Ermittlung der Empfindlichkeit und des Verlaufs der sensitometrischen Kurve wurden in Anpassung an den gegenwärtigen Stand der Technik verringert;
- d) das Phantom für Technik IV wurde – bei unveränderter Strahlungsqualität – geändert, um die Luftkermaleistung zu verringern;
- e) die Abstände zwischen dem Brennfleck der Röntgenröhre und der Film-Folien-Kombination dürfen bei der Ermittlung von Empfindlichkeit und mittlerem Gradienten jetzt im Bereich von 1,5 m bis 4,0 m liegen;

- f) die Verwendung eines Monitordetektors ist nicht mehr vorgeschrieben, weil die Wiederholgenauigkeit moderner Röntgenröhren und Hochspannungsgeneratoren der von Monitordetektoren oft überlegen ist;
- g) die insgesamt erreichbare Messunsicherheit wurde geändert;
- h) der informative Anhang wurde erweitert; er enthält Hintergründe der Messungen der Empfindlichkeit und des Kurvenverlaufs, der Auswahl der Phantome und der Energieabhängigkeit von Werten der Empfindlichkeit.

Frühere Ausgaben

DIN 6867-1: 1981-06, 1985-04, 1997-02

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60522, *Ermittlung der Eigenfilterung von Röntgenstrahlern*

DIN 50014, *Klimate und ihre technische Anwendung — Normalklimate*

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

Einleitung

Dieser Teil von ISO 9236 legt Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, des mittleren Gradienten und der Empfindlichkeit radiographischer Systeme fest, die aus Verstärkungsfolien, Film, Filmhalterung und Filmverarbeitung bestehen und in der medizinischen Radiographie verwendet werden, mit Ausnahme der Mammographie und der Dentalradiographie.

Die sensitometrische Kurve, die auch für die Ermittlung anderer Eigenschaften wie beispielsweise der Modulationsübertragungsfunktion benötigt wird, wird unter streustrahlungsarmen Bedingungen durch Variation der Intensität der Röntgenstrahlung gemessen, vorzugsweise durch Nutzung des photometrischen Abstandsquadratgesetzes. Zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve sowie zur nachfolgenden Ermittlung des mittleren Gradienten aus der gemessenen Kurve, nicht aber für die Empfindlichkeitsermittlung, braucht die Exposition der Kombination aus Folien, Film und Filmhalterung lediglich in relativen Einheiten gemessen zu werden.

Die Empfindlichkeit wird nach einem eigenen Verfahren gemessen, und zwar bei Bestrahlungsbedingungen, die der medizinischen Praxis näher kommen, einschließlich realistischer Streustrahlungsanteile. Durch Verwendung angemessener Phantome und Röntgenröhrenspannungen werden verschiedene Typen medizinischer Aufnahmen simuliert, und die Kombination aus Verstärkungsfolien, Film und Filmhalterung wird hinter dem jeweiligen Phantom bestrahlt. Die Exposition wird in absoluten Einheiten der Luftkerma (Gray (Gy)) gemessen, damit die Empfindlichkeit ermittelt werden kann.

Es sind vier Bestrahlungsbedingungen festgelegt, die sich in der Strahlungsqualität und im Streustrahlungsanteil unterscheiden und die Aufnahmen von Extremitäten, des Schädels, der Lendenwirbelsäule und des Dickdarms sowie des Thorax nachbilden. Die Empfindlichkeit kann für jede interessierende Technik gemessen werden. Wegen ihrer Abhängigkeit von der Energie und der Streuung der Röntgenstrahlung variiert die Empfindlichkeit von Film-Folien-Systemen in der medizinischen Praxis erheblich. Die in diesem Teil von ISO 9236 beschriebenen vier Messbedingungen führen zu Werten, die repräsentativ für die Werte der Empfindlichkeit sind, die sich unter Praxisbedingungen zeigen

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 9236 legt Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der sensitometrischen Kurve, des mittleren Gradienten und der Empfindlichkeit einer einzelnen Probe eines Systems für medizinische Radiographie fest, das aus Verstärkungsfolien, Film, Filmhalterung und Filmverarbeitung besteht. Er ist nicht auf spezielle radiographische Anwendungen wie Mammographie, Dentalradiographie und Direktradiographie mit folienlosem Film (siehe beispielsweise ISO 5799[3]) anwendbar.

Die Filmhalterung kann ein beliebiges Hilfsmittel sein, das einen engen Kontakt zwischen Film und Folien sicherstellt und verhindert, dass der Film Umgebungslicht ausgesetzt wird. Insbesondere kann die Filmhalterung ein lichtundurchlässiger Vakuumbbeutel sein, wie er oft in Laboratorien benutzt wird, oder eine Röntgenkassette, wie sie in der medizinischen Radiographie verwendet wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 5-2:2001, *Photography — Density measurements — Part 2: Geometric conditions for transmission density*

ISO 5-3:1995, *Photography — Density measurements — Part 3: Spectral conditions*

ISO 554:1976, *Standard atmospheres for conditioning and/or testing — Specifications*

IEC 60522:1999, *Determination of the permanent filtration of X-ray tube assemblies*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Film-Folien-System

radiographisches Abbildungssystem, bestehend aus Verstärkungsfolie(n), Film, Filmhalterung und Filmverarbeitung

ANMERKUNG Im Folgenden werden Kombinationen aus Verstärkungsfolien, Film und Filmhalterung „Kombination“ genannt. Wenn die Filmverarbeitung eingeschlossen ist, wird die Bezeichnung „System“ verwendet.

3.2

Luftkerma

K

Summe der initialen kinetischen Energien aller geladenen Teilchen (z. B. Elektronen), die von ungeladenen Teilchen (z. B. Röntgenquanten) aus Luftmolekülen freigesetzt werden, dividiert durch die Luftmasse in dem Volumen, in dem die geladenen Teilchen freigesetzt werden

ANMERKUNG Die Einheit ist das Gray (Gy).

3.3

sensitometrische Kurve

graphische Darstellung der optischen Dichte eines verarbeiteten fotografischen Films in Abhängigkeit vom Zehnerlogarithmus der Exposition

3.4

Empfindlichkeit

S

quantitatives Maß des Ansprechvermögens eines Film-Folien-Systems auf Strahlungsenergie für vorgegebene Bedingungen der Bestrahlung, der Filmverarbeitung und der Messung der optischen Dichte

3.5

mittlerer Gradient

$\overline{G}$

Steigung der Geraden, die zwei festgelegte Punkte auf einer sensitometrischen Kurve verbindet

3.6

Nettodichte

D

optische Dichte eines belichteten und verarbeiteten Films abzüglich der optischen Dichte einer unbelichteten und verarbeiteten Probe dieses Films

3.7

Erweiterungsfaktor

k

Zahlenfaktor, mit dem die kombinierte Standardunsicherheit multipliziert wird, um die erweiterte Messunsicherheit zu erhalten

ANMERKUNG Der Erweiterungsfaktor ist in dem „Guide to the expression of uncertainty in measurement“ [8] erklärt. Sein Wert liegt typisch im Bereich von 2 und 3. Der Erweiterungsfaktor wird auf der Grundlage des geforderten Grads des Vertrauens ausgewählt. Ein Erweiterungsfaktor 2 liefert im Allgemeinen einen Grad des Vertrauens von 95 %, und ein Erweiterungsfaktor von 3 liefert im Allgemeinen einen Grad des Vertrauens von 99 %. Dem Zusammenhang zwischen dem Grad des Vertrauens und dem Erweiterungsfaktor liegt die Annahme einer Wahrscheinlichkeitsverteilung der Messwerte zugrunde.

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), und der Feuchtegehalt des Films muss mit einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 20) \%$ im Gleichgewicht sein.

4.2 Sicherheitsbeleuchtung

Um die Möglichkeit einer 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

Für alle in diesem Teil von ISO 9236 beschriebenen Untersuchungen sind Hochspannungsgeneratoren zu verwenden, die nach dem Hochfrequenz-(Multipuls-)Prinzip oder zumindest nach dem Zwölfpuls-Prinzip arbeiten.

Für alle in diesem Teil von ISO 9236 beschriebenen Untersuchungen dürfen Röntgenröhren mit Festanoden oder Drehanoden verwendet werden. In beiden Fällen muss das Target aus Wolfram oder aus einer Wolframlegierung bestehen.

ANMERKUNG 1 Das Target ist der Teil der Anode, auf den der Elektronenstrahl zum Zweck der Erzeugung von Röntgenstrahlung gerichtet ist. Aus technologischen Gründen ist es übliche Praxis, für das Target Wolfram-Legierungen mit bis zu 10 % Rhenium zu verwenden, während andere Teile der Anode aus anderen Materialien bestehen können (z. B. Molybdän).

Die Eigenfilterung der Röntgenröhre und ihres Gehäuses, wie in IEC 60522 festgelegt, muss $(2,5 \pm 0,2)$ mm Aluminium entsprechen.

ANMERKUNG 2 Die Eigenfilterung der Röntgenröhre und ihres Gehäuses entsteht durch dauerhaft im Röntgenstrahlenbündel fixierte Materialien, deren Entfernung für keinerlei Anwendung vorgesehen ist. Da die Eigenfilterung gewöhnlich auf dem Röhrengehäuse und in den Begleitpapieren angegeben wird, ist ihre Messung, so wie sie in IEC 60522 beschrieben ist, nicht erforderlich.

4.4 Dosimeter

Für die Messung der Luftkerma sind kalibrierte Detektoren zu verwenden. Die Unsicherheit bei der Messung der Luftkerma (Grad des Vertrauens 95 %) muss im engen, streustrahlungsfreien Strahlenbündel kleiner als 3 % und bei Strahlungsmessungen hinter dem Phantom unter Streustrahlung kleiner als 5 % sein.

Für Messungen unter Streustrahlung sollte eine sphärische Ionisationskammer mit einem Volumen von 30 cm^3 bis 100 cm^3 verwendet werden. Die Kammer muss für die in Tabelle 2 angegebenen Strahlungsqualitäten einschließlich der Streustrahlung kalibriert sein. Der Mittelpunkt der sphärischen Kammer ist als Referenzpunkt anzusehen; der Stiel der sphärischen Kammer sollte von der Strahlungsquelle fort zeigen.

ANMERKUNG Bei der Kalibrierung und beim Gebrauch des Dosimeters lässt sich die Streustrahlung minimieren, soweit sie nicht vom Phantom, sondern beispielsweise vom Stiel der Kammer herrührt, so dass die festgelegte Anforderung zur Messunsicherheit erfüllt werden kann.

4.5 Filmverarbeitung

Dieser Teil von ISO 9236 darf auf Film-Folien-Systeme mit manueller oder automatischer Filmverarbeitung angewendet werden. Die Verarbeitung sollte nach den Empfehlungen des Filmherstellers erfolgen. Auslegungen, die ein Offenlegen rechtlich geschützter Daten erfordern, sind unzulässig.

Angeichts der Vielfalt der benutzten Verarbeitungschemikalien und -einrichtungen legt dieser Teil von ISO 9236 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 fotografischen Merkmale erzielt werden. Der Filmhersteller 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 von einem Anwender dieses Teils von ISO 9236 gewählten Verarbeitungsbedingungen sind in jedem Fall Bestandteil des untersuchten Systems.

ANMERKUNG 1 Für einen gegebenen Film können unterschiedliche Empfindlichkeiten erreicht werden, indem die Filmverarbeitung geändert wird. Diese Änderungen der Filmverarbeitung können aber andere, unerwünschte Veränderungen bewirken.

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, und sein Feuchtegehalt 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 diesem Teil von ISO 9236 bestimmten Empfindlichkeit infolge des Latentbildschwundes bei einigen Filmen abweichen. Daher muss die mit einer zeitlichen Verzögerung von 30 min bis 4 h zwischen Bestrahlung und Verarbeitung gemessene Empfindlichkeit auf den Wert korrigiert werden, der sich bei Filmverarbeitung bald nach der Bestrahlung ergäbe. Für die Zwecke dieses Teils von ISO 9236 wird zur Berechnung der Empfindlichkeit eine zeitliche Verzögerung von 5,0 min zugrunde gelegt.

ANMERKUNG 2 Ein Weg zur Ermittlung der Information über die erforderliche Korrektur ist das Belichten von Filmstreifen in einem Lichtsensitometer bei Veränderung der Zeit zwischen Belichtung und Verarbeitung. In diesem Fall werden die vorderseitige und die rückseitige Emulsion gleichermaßen in dem Sensitometer belichtet.

ANMERKUNG 3 Da die vielen Einzelbestrahlungen zur Ermittlung der sensitometrischen Kurve eine vergleichsweise lange Zeit erfordern, ist eine Wartezeit von mindestens 30 min zwischen Bestrahlung und Verarbeitung notwendig. Diese Zeitverzögerung wird zur Minimierung etwaiger Unterschiede des Latentbildschwundes für die einzelnen Bestrahlungen als hinreichend angesehen.