

**DIN 6867-3****DIN**

ICS 37.040.25

Ersatz für  
DIN 6867-3:2000-08

**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**

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

Gesamtumfang 24 Seiten

Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN  
Normenausschuss Veranstaltungstechnik, Bild und Film (NVBF) im DIN

**Inhalt**

Seite

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort .....</b>                                                                                   | <b>4</b>  |
| <b>Einleitung.....</b>                                                                                 | <b>5</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich .....</b>                                                                       | <b>6</b>  |
| <b>2 Normative Verweisungen.....</b>                                                                   | <b>6</b>  |
| <b>3 Begriffe .....</b>                                                                                | <b>6</b>  |
| <b>4 Allgemeine Anforderungen.....</b>                                                                 | <b>7</b>  |
| 4.1 Aufbewahrungs- und Handhabungsbedingungen .....                                                    | 7         |
| 4.2 Sicherheitsbeleuchtung .....                                                                       | 7         |
| 4.3 RÖNTGENEINRICHTUNG .....                                                                           | 7         |
| 4.4 Filmverarbeitung.....                                                                              | 7         |
| 4.5 Densitometrie .....                                                                                | 8         |
| <b>5 Ermittlung des Verlaufs der SENSITOMETRISCHEN KURVE .....</b>                                     | <b>9</b>  |
| 5.1 Allgemeines.....                                                                                   | 9         |
| 5.2 STRAHLUNGSQUALITÄTEN.....                                                                          | 9         |
| 5.3 Geometrie zur Ermittlung des Kurvenverlaufs .....                                                  | 9         |
| 5.4 Bestrahlung .....                                                                                  | 10        |
| 5.5 Auswertung .....                                                                                   | 13        |
| <b>6 Ermittlung des MITTLEREN GRADIENTEN.....</b>                                                      | <b>15</b> |
| <b>7 Ermittlung der EMPFINDLICHKEIT .....</b>                                                          | <b>15</b> |
| 7.1 Definition .....                                                                                   | 15        |
| 7.2 Bestrahlungsbedingung .....                                                                        | 15        |
| 7.2.1 Spezifikation.....                                                                               | 15        |
| 7.2.2 PHANTOM .....                                                                                    | 16        |
| 7.2.3 Einstellung der RÖNTGENRÖHRENSPANNUNG.....                                                       | 16        |
| 7.3 Geometrie .....                                                                                    | 16        |
| 7.4 Bestrahlung .....                                                                                  | 17        |
| 7.5 Auswertung .....                                                                                   | 20        |
| <b>8 Ermittlung der EMPFINDLICHKEIT und des MITTLEREN GRADIENTEN ohne SENSITOMETRISCHE KURVE .....</b> | <b>20</b> |
| <b>9 MESSUNSICHERHEIT.....</b>                                                                         | <b>21</b> |
| <b>10 Darstellung der Ergebnisse .....</b>                                                             | <b>22</b> |
| <b>Literaturhinweise .....</b>                                                                         | <b>23</b> |
| <b>Stichwortverzeichnis .....</b>                                                                      | <b>24</b> |

**Bilder**

|                                                                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bild 1 — Geometrie des Abstandssensitometers zur Bestrahlung einer Kombination aus Folien, Film und Filmhalterung .....</b> | <b>11</b> |
| <b>Bild 2 — Geometrie für die Kalibrierung des Abstandssensitometers .....</b>                                                 | <b>12</b> |
| <b>Bild 3 — Beispiel der SENSITOMETRISCHEN KURVE eines FILM-FOLIEN-SYSTEMS für Mammographie.....</b>                           | <b>14</b> |
| <b>Bild 4 — Geometrie für die Messung der HALBWERTSCHICHTDICKE .....</b>                                                       | <b>18</b> |
| <b>Bild 5 — Geometrie für die Messung der EMPFINDLICHKEIT .....</b>                                                            | <b>19</b> |

**Tabellen**

**Tabelle 1 — STRAHLUNGSQUALITÄTEN zur Ermittlung des Verlaufs der SENSITOMETRISCHEN KURVE ..... 9**

**Tabelle 2 — Bestrahlungsbedingung ..... 15**

## Vorwort

Diese Norm enthält zu großen Teilen den Wortlaut der Internationalen Norm ISO 9236-3:1999 „Photography — Sensitometry of screen/film systems for medical radiography — Part 3: Determination of sensitometric curve shape, speed and average gradient for mammography“.

Die Internationale Norm wurde vom Technischen Komitee TC 42 „Fotografie“ der Internationalen Normungsorganisation (ISO) erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Modifizierungen des Textes der Internationalen Norm sind durch einen senkrechten Strich am Seitenrand gekennzeichnet.

Der informative Anhang A „Beispiel eines automatischen Röntgensensitometers mit Intensitätsvariation“ wurde aus ISO 9236-3 wegen der untergeordneten Bedeutung in Deutschland nicht in diese Norm übernommen.

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 080-00-06 AA „Bildgebende Systeme“ des Normenausschusses Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft e. V. (DRG) und in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin e. V. (DGN), der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik e. V. (DGMP) sowie der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie e. V. (DEGRO) erarbeitet.

Definierte Begriffe werden in Übereinstimmung mit dem Verfahren bei IEC in KAPITÄLCHEN geschrieben. Ein Stichwortverzeichnis am Ende der Norm enthält alle definierten Begriffe einschließlich Quellenangabe und englischer Übersetzung.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Reihe DIN 6867, *Sensitometrie an Film-Folien-Systemen für die medizinische Radiographie* besteht aus:

- *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*

## Änderungen

Gegenüber DIN 6867-3:2000-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) teilweise Übernahme von ISO 9236-3:1999;
- b) umfassende redaktionelle Überarbeitung.

## Frühere Ausgaben

DIN 6867-3: 2000-08

## Einleitung

Die Internationale Norm ISO 9236-3 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 Mammographie verwendet werden.

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 (Abstandssensitometrie). Zur Ermittlung des Verlaufs der SENSITOMETRISCHEN KURVE braucht die Exposition der Kombination aus VERSTÄRKUNGSFOLIEN, Film und Filmhalterung lediglich in relativen Einheiten gemessen zu werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Verlauf der SENSITOMETRISCHEN KURVE für die in der Film-Folien-Mammographie üblichen STRAHLUNGSQUALITÄTEN nicht von der Photonenenergie abhängt. Zwar können sich für unterschiedliche STRAHLUNGSQUALITÄTEN auch unterschiedliche Kurvenpositionen bezüglich der logarithmischen Achse der Exposition ergeben; die Gleichheit des Kurvenverlaufs (der Kurvenform) führt aber zu den gleichen Schlussfolgerungen hinsichtlich des zu erwartenden Bildcharakters und insbesondere zu demselben MITTLEREN GRADIENTEN. Deshalb dürfen beide streustrahlungsarmen STRAHLUNGSQUALITÄTEN nach Tabelle 1 zur Ermittlung des Kurvenverlaufs benutzt werden. Aus den beschriebenen Gründen genügt es, für die Ermittlung des Verlaufs der SENSITOMETRISCHEN KURVE die Exposition der Kombination aus Folien, Film und Filmhalterung lediglich in relativen Einheiten zu messen.

Während der MITTLERE GRADIENT aus dem Verlauf der SENSITOMETRISCHEN KURVE ermittelt wird, ist die EMPFINDLICHKEIT nach einem eigenen Verfahren zu messen, da die Bestrahlungsbedingungen die in der Praxis gegebenen Bedingungen möglichst genau simulieren sollen. Daher wird die STREUSTRAHLUNG einbezogen, was mit einer leichten Änderung der STRAHLUNGSQUALITÄT gegenüber der bei der Abstandssensitometrie benutzten STRAHLUNGSQUALITÄT verbunden ist. Die Patientenaufnahmen werden durch Verwendung eines geeigneten PHANTOMS und einer angemessenen RÖNTGENRÖHRENSPANNUNG simuliert. Die Kombination aus VERSTÄRKUNGSFOLIEN, Film und Filmhalterung wird hinter dem PHANTOM bestrahlt. Ein PHANTOM ist in der Regel dann geeignet, wenn es unter den angegebenen Bedingungen ein STRAHLUNGSFELD erzeugt, das zu derselben EMPFINDLICHKEIT führt wie das STRAHLUNGSFELD, dem der Bildempfänger bei Patientenaufnahmen ausgesetzt wäre. Dabei spielen die Aufhärtung des Röntgenspektrums und die Streustrahlungserzeugung durch das PHANTOM eine entscheidende Rolle, während der Grad seiner Strahlungstransparenz das Messergebnis nicht beeinflusst. Die Exposition wird in absoluten Einheiten der LUFTKERMA (Gray (Gy)) gemessen, damit die EMPFINDLICHKEIT ermittelt werden kann.

Die EMPFINDLICHKEIT ist im Allgemeinen von der Energieverteilung der RÖNTGENSTRAHLUNG, der Menge der vom PATIENTEN zum Bildempfänger gelangenden STREUSTRAHLUNG und der Aufnahmezeit abhängig. Daher können sich unter praktischen Bedingungen unterschiedliche Werte der EMPFINDLICHKEIT für ein und dasselbe System ergeben. Da die in der Film-Folien-Mammographie verwendeten RÖNTGENRÖHRENSPANNUNGEN aber in einem engen Bereich liegen, ist in der Internationalen Norm ISO 9236-3 eine einzige STRAHLUNGSQUALITÄT für die Messung der EMPFINDLICHKEIT angegeben. Die in der Internationalen Norm ISO 9236-3 beschriebenen Messbedingungen führen zu Werten der EMPFINDLICHKEIT und des MITTLEREN GRADIENTEN, die repräsentativ für die Werte sind, die sich unter Praxisbedingungen zeigen.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der SENSITOMETRISCHEN KURVE, des MITTLEREN GRADIENTEN und der EMPFINDLICHKEIT einer einzelnen Probe eines Systems für die Mammographie fest, das aus VERSTÄRKUNGSFOLIE, Film, Filmhalterung und Filmverarbeitung besteht.

Die Filmhalterung darf ein beliebiges Hilfsmittel sein, das einen engen Kontakt zwischen Film und VERSTÄRKUNGSFOLIE 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 Mammographie verwendet wird.

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

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 5-2:1991, *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*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die im Stichwortverzeichnis aufgeführten und die folgenden Begriffe.

### 3.1 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 1 zum Begriff: Die Einheit ist das Gray (Gy).

[Quelle: DIN ISO 9236-1:2007-08]

### 3.2 sensitometrische Kurve

grafische Darstellung der OPTISCHEN DICHTEN eines verarbeiteten fotografischen Films in Abhängigkeit vom Zehnerlogarithmus der Exposition

[Quelle: DIN ISO 9236-1:2007-08]

### 3.3 Empfindlichkeit

*S*

quantitatives Maß des Ansprechvermögens eines FILM-FOLIEN-SYSTEMS auf Strahlungsenergie für vorgegebene Bedingungen der Bestrahlung, der Filmverarbeitung und der Messung der OPTISCHEN DICHTEN

[Quelle: DIN ISO 9236-1:2007-08]

### 3.4 mittlerer Gradient

$\bar{G}$

Steigung der Geraden, die zwei festgelegte Punkte auf einer SENSITOMETRISCHEN KURVE verbindet

[Quelle: DIN ISO 9236-1:2007-08]

### 3.5 Nettodichte

$D$

OPTISCHE DICHT E eines belichteten und verarbeiteten Films abzüglich der OPTISCHEN DICHT E einer unbelichteten und verarbeiteten Probe dieses Films

[Quelle: DIN ISO 9236-1:2007-08]

## 4 Allgemeine Anforderungen

### 4.1 Aufbewahrungs- und Handhabungsbedingungen

Filme und VERSTÄRKUNGSFOLIEN sind nach den Empfehlungen des Herstellers aufzubewahren. Vor und während der Bestrahlung ist die Temperatur der Filme und VERSTÄRKUNGSFOLIEN 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 dieser Norm beschriebenen Untersuchungen sind SECHSPULS-, ZWÖLPULS-, Hochfrequenz- (Multipuls-) oder Gleichspannungs-Generatoren zu verwenden.

Für die Dosimetrie ist ein Detektor zu verwenden, der für Messungen der LUFTKERMA bei der angewendeten STRAHLUNGSQUALITÄT kalibriert ist. Die Absolutgenauigkeit muss im SCHMALEN, streustrahlungsfreien STRAHLENBÜNDEL besser als  $\pm 5 \%$  und bei Messungen hinter dem PHANTOM unter STREUSTRahlung besser als  $\pm 7 \%$  sein.

ANMERKUNG Für Messungen unter STREUSTRahlung wird eine sphärische IONISATIONSKAMMER empfohlen. Der Mittelpunkt der sphärischen Kammer ist dann als Referenzpunkt anzusehen. Der Stiel der sphärischen Kammer sollte der RÖNTGENRÖHRE abgewandt sein.

### 4.4 Filmverarbeitung

Diese Norm 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.

Angesichts 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 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 umfassen, die erforderlich sind, um die beschriebenen sensitometrischen Ergebnisse zu erzielen. Werte der EMPFINDLICHKEIT und des

MITTLEREN GRADIENTEN, die mit anderen Verarbeitungsverfahren erzielt werden, können beträchtlich abweichen. Die von einem Anwender dieser Norm gewählten Verarbeitungsbedingungen sind in jedem Fall Bestandteil des untersuchten Systems. Für einen gegebenen Film können unterschiedliche Werte der EMPFINDLICHKEIT erreicht werden, indem die Filmverarbeitung geändert wird. Dem Anwender sollte aber bewusst sein, dass die Änderung der EMPFINDLICHKEIT von anderen Veränderungen begleitet sein kann.

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 dieser Norm 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 dieser Norm wird zur Berechnung der EMPFINDLICHKEIT eine zeitliche Verzögerung von 5,0 min zugrunde gelegt.

**ANMERKUNG 1** 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. Bei doppelseitig beschichteten Filmen sollte man dann darauf achten, dass die vorderseitige und die rückseitige Emulsion gleichartig von dem Sensitometer belichtet werden.

**ANMERKUNG 2** Da die für die vielen Einzelbestrahlungen zur Ermittlung der SENSITOMETRISCHEN KURVE erforderliche Zeit verhältnismäßig lang ist, wird 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 und Grenzabweichungen sind anzugeben:

- a) Handelsnamen aller Chemikalien, soweit rechtlich geschützt, anderenfalls die chemischen Formeln;
- b) Temperatur des Entwicklers auf  $\pm 0,3 ^\circ\text{C}$ ;
- c) Temperatur sonstiger Lösungen auf  $\pm 2 ^\circ\text{C}$ ;
- d) Eintauchzeiten in die Entwicklungslösung auf 3 %;
- e) Verwendung eines frischen oder gealterten Entwicklers; bei einem gealterten Entwickler der Filmtyp und die Filmmenge, die für die Alterung benutzt worden sind, die OPTISCHE DICHTEN des verarbeiteten Films und die Regenerierung;
- f) Angaben über die Bewegung der Bäder in Form des Volumens der umgepumpten Lösung oder der Rate eines verwendeten Gases;
- g) Trocknungstemperatur auf  $\pm 5 ^\circ\text{C}$ ;
- h) Handelsname der Verarbeitungseinrichtung.

**ANMERKUNG 3** Die Bezeichnung „gealterter Entwickler“ bedeutet, dass der Entwickler nicht mehr unbenutzt oder frisch, sondern bereits benutzt und in stabilem Betriebszustand ist.

## 4.5 Densitometrie

Die OPTISCHE DICHTEN der verarbeiteten Filme ist als visuelle optische Transmissionsdichte im diffusen Licht zu messen, wie von der ISO genormt. Dafür ist ein Densitometer zu verwenden, das die in ISO 5-2:1991 festgelegten geometrischen Bedingungen und die in ISO 5-3:1995 festgelegten spektralen Bedingungen erfüllt. Die Messungen sind in einem homogenen Bereich des Bildes vorzunehmen. Die OPTISCHE DICHTEN  $D$  ist mit einer UNSICHERHEIT entsprechend  $\Delta D/D = \pm 0,02$  oder  $\Delta D = \pm 0,02$  zu messen, je nachdem, welche dieser MESSUNSICHERHEITEN die größere ist.