

**Bildregistrierendes System, bestehend aus Röntgenfilm,
Verstärkungsfolien und Kassette zur Verwendung
in der medizinischen Röntgendiagnostik
Bestimmung der Modulationsübertragungsfunktion**

DIN
6867
Teil 2

Image recording system consisting of a radiographic film, intensifying screens and a film cassette for use in medical diagnostics; evaluation of modulation transfer function

Aufgestellt vom Normenausschuß Radiologie im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1	5 Rastermethode	3
2 Begriffe	1	6 Behandlung der Filme	5
3 Meßbedingungen	1	7 Angabe der Ergebnisse	5
4 Spaltmethode	2	Anhang A	5

1 Anwendungsbereich und Zweck

Gegenstand dieser Norm sind Meßverfahren zur Bestimmung der Modulationsübertragungsfunktion (MTF) von bildregistrierenden Systemen zur Verwendung in der medizinischen Röntgendiagnostik, bestehend aus einem Röntgenfilm mit ein oder zwei Verstärkungsfolien in einer Kassette unter Einschluß des Verarbeitungsprozesses für den Film.

ANMERKUNG 1: Die MTF eines derartigen bildregistrierenden Systems gestattet im allgemeinen nicht den eindeutigen Rückschluß auf Eigenschaften auch von Komponenten dieses Systems.

Systeme für Weichstrahltechnik (z. B. Mammographie) und Systeme, bei denen die MTF merklich von der optischen Dichte abhängt (z. B. Systeme mit stark unterschiedlichen Eigenschaften der vorderen und rückwärtigen Kombination aus Emulsion und Folie), werden in dieser Norm nicht behandelt.

ANMERKUNG 2: Für die Prüfung der Dichteabhängigkeit der MTF eignet sich insbesondere das im Anhang A beschriebene Verfahren: Wenn die bei verschiedenen optischen Dichten im Bereich 0,8 bis 1,5 ermittelten Übertragungsfaktoren für Rechtecksignale derselben Ortsfrequenz untereinander keine Abweichungen zeigen, die außerhalb der Meßunsicherheit liegen, kann die MTF als in diesem Bereich dichteunabhängig angesehen werden. Der Bereich von 0,8 bis 1,5 optischer Dichte empfiehlt sich für diese Prüfung, weil hier die geringste Meßunsicherheit zu erwarten ist.

Bei der Spaltmethode hat eine Dichteabhängigkeit der MTF zur Folge, daß die im logarithmischen Maßstab aufgetragenen, sich überlappenden Teilstücke der Linienbildfunktion nicht parallel zueinander verlaufen (vgl. Abschnitte 4.2 und 4.4). Soll die MTF ausschließlich mit Hilfe der Spaltmethode bestimmt werden, ist deshalb zu prüfen, ob diese Parallelität innerhalb der Meßunsicherheit gegeben ist.

2 Begriffe

2.1 Modulation

Nach DIN 6814 Teil 14

2.2 Modulationsübertragungsfunktion

Nach DIN 6814 Teil 14

ANMERKUNG: Da die in dieser Norm behandelten Abbildungssysteme isotrop sind, wird nicht zwischen ein- und zweidimensionaler MTF unterschieden.

2.3 Linienbildfunktion

Nach DIN 6814 Teil 14

2.4 Ortsfrequenz

Nach DIN 6814 Teil 14

ANMERKUNG: Der Begriff „Ortsfrequenz“ wird in dieser Norm auch bei periodischen Objektverteilungen und Bildern benutzt, die nicht örtlich sinusförmig sind. Die spezielle Bedeutung ist jeweils aus dem Zusammenhang erkennbar.

2.5 Dichtekurve

Die Dichtekurve ist die graphische Darstellung der optischen Dichte eines verarbeiteten photographischen Films in Abhängigkeit vom Zehnerlogarithmus der Exposition.

ANMERKUNG: Eine unbezeichnete logarithmische Skala an der Abszisse der Dichtekurve ist zur Bestimmung der MTF hinreichend.

2.6 Schleier

Der Schleier ist die nach der Filmverarbeitung vorhandene optische Dichte, die durch Einflüsse der Fabrikation, Lagerung, Handhabung oder Verarbeitung entsteht. Der durch die Unterlage bedingte Lichtverlust wird dem Schleier nicht zugerechnet.

2.7 Effektive Exposition

Die effektive Exposition ist diejenige Exposition des Films, die der optischen Dichte allein mit Hilfe der Dichtekurve zuzuordnen ist.

3 Meßbedingungen

3.1 Kassette

Die Film-Folien-Kombination wird im Regelfall in einer herkömmlichen Röntgenkassette bestrahlt. Die Verwendung eines lichtdichten Vakuumbeutels als Kassette ist ebenfalls

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Normenausschuß Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

zulässig. Die Kassette muß die Bedingungen nach DIN 6832 Teil 2 erfüllen, die auch auf einen als Kassette verwendeten Vakuumbbeutel anwendbar sind.

3.2 Strahlenqualität

Die MTF ist im Regelfall bei der Strahlenqualität 2 nach DIN 6867 Teil 1 zu bestimmen. Wird die Abhängigkeit der MTF von der Strahlenqualität untersucht, so sind vorzugsweise die dort genannten Strahlenqualitäten zu wählen.

4 Spaltmethode

4.1 Prüfmittel

Das Prüfmittel besteht aus einer Spaltblende mit Spalt sowie einer Einfassung der Spaltblende. Die Spaltblende besteht aus einem die Röntgenstrahlung stark schwächenden Material. Einfassung und Spaltblende sind so auszuführen, daß der Einfluß von Streuung und Reflexion möglichst gering gehalten wird.

ANMERKUNG: Es ist zweckmäßig, die Spaltblende aus Tantal, Wolfram, Platin, Gold/Platin- oder Platin/Iridium-Legierungen zu fertigen.

Die Breite des Spaltes darf 10 µm bis 50 µm betragen, die Länge soll bei mindestens 8 mm liegen. Die Spaltbreite darf über die Spaltlänge um nicht mehr als 5 %, höchstens jedoch um ± 1 µm variieren. Material und Dicke der Spaltbacken sollen eine Schwächung der einfallenden Strahlung um mindestens einen Faktor 10^5 sicherstellen.

4.2 Aufnahme des Prüfmittels

4.2.1 Aufnahmegeometrie

Die Spaltbacken müssen in direktem Kontakt mit der Kassette stehen, wobei die Längsrichtung des Spaltes senkrecht zur Röhrenachse orientiert sein soll. Bei einem Fokus-Film-Abstand von mindestens 0,8 m soll die Länge des optischen Brennflecks 1 mm nicht überschreiten. Die Ebene des Spaltes bzw. der Kassette muß möglichst senkrecht zur Verbindungsgeraden zwischen dem Fokus und der Mitte des Spaltes orientiert sein. Der Spalt darf gegenüber dieser Verbindungsgeraden um höchstens $\pm 0,1^\circ$ um seine Längsachse verkippt sein, damit asymmetrische Spaltbilder vermieden werden.

ANMERKUNG 1: Diese Genauigkeit der Spaltjustierung wird im allgemeinen erreicht, wenn man die Dosisleistung hinter dem Spalt in Abhängigkeit von der Verkipfung des Spaltes um seine Längsachse maximiert.

Es ist auf das Format des Prüfmittels einzublenden. Wird der Kontakt der Spaltbacken mit der Kassette durch eine Anpreßvorrichtung hergestellt, so ist diese so auszuführen, daß die Rückstreuung auf den Bildempfänger im Bereich des Prüfmittels gering gehalten wird.

ANMERKUNG 2: Die extrafokale Strahlung ist so weit abzuschirmen, daß sie das Meßergebnis nicht beeinflusst.

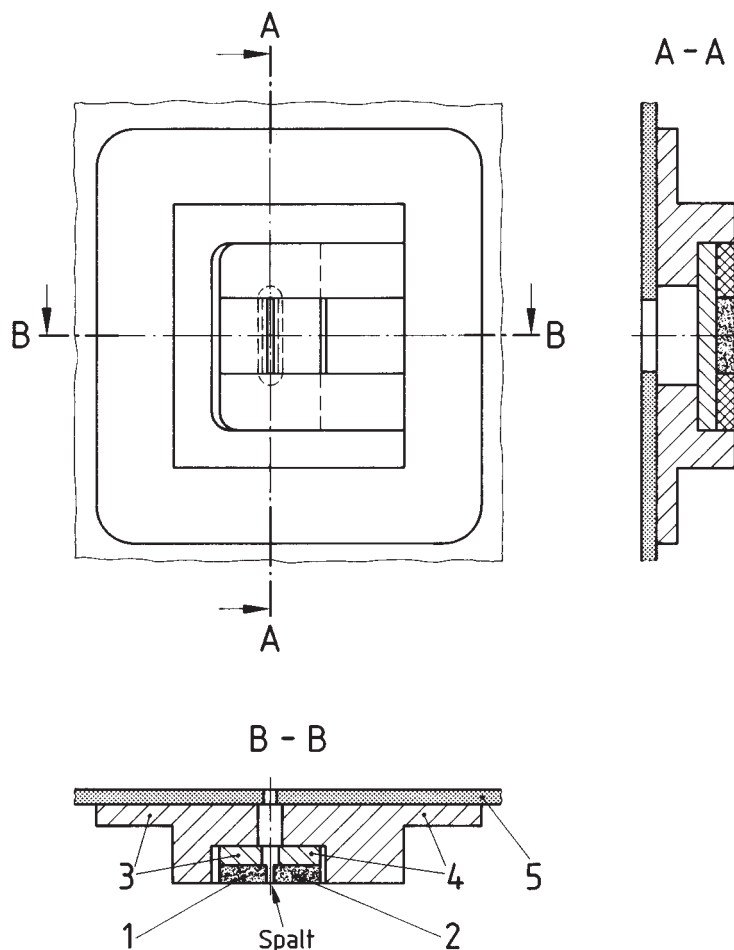


Bild 1: Ausführungsbeispiel einer Spaltblende mit Spalt und Einfassung

Es bedeuten: 1, 2 Spaltbacken aus Tantal
3, 4 Halterungen aus Messing
5 Bleiabdeckung

4.2.2 Anfertigung der Aufnahmen

Es sind so viele Spaltaufnahmen mit dem zu untersuchenden bildregistrierenden System anzufertigen, daß für die nach Abschnitt 4.4 bestimmte Linienbildfunktion Meßwerte vorliegen, die höchstens 1% vom Maximalwert dieser Funktion betragen. Die Aufnahme mit der niedrigsten Dosis soll im Spaltbild zu einer maximalen optischen Dichte zwischen 1,0 und 2,0 oberhalb von Schleier und Unterlage führen. Der Abstand zwischen den Bildern des Spaltes auf dem Film muß mindestens 10 mm betragen.

ANMERKUNG 1: Im allgemeinen sind mindestens 3 Spaltaufnahmen erforderlich.

Die Variation der Dosis soll nach Möglichkeit ausschließlich durch Veränderung des Fokus-Film-Abstandes und des Röhrenstroms vorgenommen werden. Die Aufnahmezeit soll dieselbe sein, die zur Erstellung der Dichtekurve hauptsächlich verwendet wird. Jedes Abweichen von dieser konstanten Aufnahmezeit oder intermittierende Bestrahlung erfordert die vorherige Untersuchung des Schwarzschild-Effektes (Abhängigkeit der Dichtekurve von der Länge der Aufnahmezeit) bzw. des Intermittenz-Effektes (Abhängigkeit der Dichtekurve von der Unterteilung der Aufnahmezeit) für den Film. Nur wenn die Dichtekurve sich bei diesen Untersuchungen als konstant erweist oder sich lediglich parallel zur Abszisse verschiebt, sind Aufnahmezeitänderungen oder intermittierende Bestrahlung zulässig. Zur Ermittlung der effektiven Exposition aus der optischen Dichte müssen dann die zu diesen abweichenden Aufnahmebedingungen gehörigen Dichtekurven verwendet werden.

ANMERKUNG 2: Wird der Abstand zwischen Fokus und Film variiert, kann eine neue Justierung des Spaltes erforderlich werden.

4.3 Aufnahme der Dichtekurve

Siehe DIN 6867 Teil 1

Der Dosisbereich, für den die Dichtekurve ermittelt wird, muß so groß sein, daß sowohl optische Dichten von $D = 0,02$ als auch von mindestens $D = 2,0$, jeweils oberhalb von Schleier und Unterlage, erreicht werden. Zusätzlich zum Fokus-Film-Abstand ist der Röhrenstrom zu variieren. Bei Variation der Aufnahmezeit oder Dosissteigerung durch intermittierende Bestrahlung gilt entsprechend Abschnitt 4.2.2.

ANMERKUNG: Da die Zuverlässigkeit der Spaltmethode entscheidend von der genauen Kenntnis der Dichtekurve abhängt, werden zur Ermittlung der Dichtekurve mindestens 20 Bestrahlungen mit unterschiedlicher Dosis empfohlen.

Die Filmverarbeitungsbedingungen bei der Ermittlung der Dichtekurve müssen identisch mit denjenigen bei der Entwicklung der Aufnahmen des Prüfmittels sein. Außerdem ist für beide Auswertungen das gleiche Mikrodensitometer zu verwenden.

4.4 Auswertung der Aufnahmen

Nach der Verarbeitung des Films nach Abschnitt 6 werden die Spaltbilder senkrecht zur Längsrichtung mit einem Mikrodensitometer ausgemessen. Sie müssen parallel zum Meßspalt des Mikrodensitometers justiert werden. Diejenigen Einstellgrößen des Mikrodensitometers, die seine Übertragungsfunktion beeinflussen, sind zu erfassen. Die Breite, über die gemessen wird, ist dem angestrebten Ortsfrequenzintervall anzupassen, siehe [1]. Die numerische Apertur des Mikrodensitometerobjektivs muß zwischen 0,05 und 0,1 liegen, damit eine ausreichende Fokustiefe des Mikrodensitometers sichergestellt ist.

ANMERKUNG 1: Die Erfahrung zeigt, daß kaum ein Spaltbild breiter als 4 mm ist. Es sollte daher über eine Breite von maximal 4 mm gemessen werden. Das Ortsfrequenzintervall zwischen den Werten der MTF ergibt sich dann zu $0,25 \text{ mm}^{-1}$.

ANMERKUNG 2: Geeignete Abmessungen des Mikrodensitometerspaltes sind eine Breite von $10 \mu\text{m}$ bis $20 \mu\text{m}$ und eine Länge von 1 mm bis 5 mm.

Nach Transformation der optischen Dichten in Logarithmen der effektiven Exposition werden die Kurven zu einer einzigen zusammengefügt. Das geschieht, indem die Differenzen der Ordinatenwerte von jeweils sich überlappenden Teilstücken der Kurven an mindestens 10 Stellen gebildet, der Mittelwert der Differenzen berechnet und alle Ordinatenwerte der bei niedrigerer Exposition gewonnenen Kurve um diesen Mittelwert erhöht werden. Die so entstandene Funktion ist als effektive Exposition über der Ortskoordinate darzustellen und so zu normieren, daß die Fouriertransformierte bei der Ortsfrequenz Null den Wert 1 annimmt. Die Funktion entspricht dann der Linienbildfunktion des untersuchten Systems, enthält jedoch noch die Beiträge des Meßspaltes und des Mikrodensitometers. Ihre Funktionswerte sollen für die Fouriertransformation mit einem Abtastintervall erfaßt werden, das kleiner ist als $1/8$ der vollen Breite auf halber Höhe.

ANMERKUNG 3: Es wird hier ein wesentlich kleineres Abtastintervall gefordert als nach dem Sampling-Theorem notwendig ist, wenn man eine Berechnung der MTF bis zur Ortsfrequenz 10 mm^{-1} anstrebt. Dadurch kann der Berechnungsfehler der Fouriertransformierten unter 0,5% gehalten werden, siehe [1] und [2].

Aus dem Betrag der Fouriertransformierten ergibt sich nach Division durch die MTF des Mikrodensitometers und die MTF des Meßspaltes die MTF $T(r)$ des untersuchten Abbildungssystems.

5 Rastermethode

5.1 Prüfmittel

Das Prüfmittel besteht aus einem Raster nebst Einfassung. Das Raster enthält mehrere Gruppen periodisch angeordneter Rasterstege mit geeigneten Ortsfrequenzen, die eine rechteckförmige Dosisverteilung erzeugen.

ANMERKUNG 1: In einem linearen und ortsinvarianten System führt eine sinusförmige Verteilung der Eingangsgröße zu einer gleichfalls sinusförmigen Verteilung der Ausgangsgröße. Da Sinusraster jedoch in der Regel nicht verfügbar sind, sieht diese Norm Rechtekraster als Prüfmittel vor.

Das Material des Rasters ist so zu wählen, daß der Wert seiner K -Kante in keV nicht niedriger als der Wert der verwendeten Röntgenröhrenspannung in kV liegt. Seine Dicke ist den Meßbedingungen und der Dichtekurve des Films anzupassen. Die Anpassung eines Rasters an die Strahlenqualität und die Dichtekurve ist im allgemeinen dann gegeben, wenn die Metallfolie die einfallende Strahlung um einen Faktor 2 bis 3 schwächt. Wird das Raster aus Stabilitätsgründen zwischen Platten aus einem anderen Material gelegt, so müssen diese für die gewählte Strahlenqualität mindestens so transparent sein wie 2 mm Acrylglas und dürfen nicht mehr Streustrahlung erzeugen als dieses.

ANMERKUNG 2: Für die meisten Anwendungen eignet sich eine in 1 mm bis 2 mm dickes Acrylglas eingebettete, etwa $50 \mu\text{m}$ bis $200 \mu\text{m}$ dicke Bleifolie.

Die einzelnen Steggruppen sollen unmittelbar aneinander grenzen. Sie sollen mindestens 10 mm breit sein; ist ihre Breite geringer, so dürfen die Ortsfrequenzen aneinander angrenzender Gruppen sich um höchstens 20% unter-