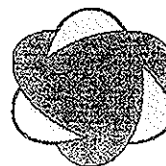




*Schweizerische Gesellschaft
für Strahlenbiologie und
Medizinische Physik SGSMP*



*Schweizerische Gesellschaft
für Medizinische Radiologie SGMR*



*Schweizerische Vereinigung
der Fachleute für medizinisch
technische Radiologie SVMTRA*

Qualitätsprüfungen in der Röntgendiagnostik

Empfehlung Nr. 5
der Schweizerischen Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinische Physik, 1995
(Revision der Loseblattsammlung "Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik", Juli 1987)
ISBN 3-908125-17-0

© SGSMP 1995

Das Kopieren dieser Empfehlung oder Teilen davon unter Quellenangabe ist erlaubt.

Vorwort

Zahlreiche Untersuchungen im In- und Ausland hatten gezeigt, dass die Bildqualität in vielen röntgendiagnostisch tätigen Betrieben zu wünschen übrig lässt und die Patientendosen unnötig hoch sind. In den achtziger Jahren sind daher von verschiedenen Institutionen, u.a. der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICRP) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO), Empfehlungen für Qualitätssicherungsprogramme in der medizinischen Radiologie vorgeschlagen worden mit dem Ziel, die Bildqualität bei möglichst kleiner Patientenexposition zu optimieren.

Um in der Schweiz die Einführung einer praktikablen Qualitätssicherung im röntgendiagnostischen Alltag zu erleichtern und die Qualität der täglichen Arbeitsvorgänge zu verbessern oder zu erhalten, hat eine Arbeitsgruppe der Schweizerischen Gesellschaft für Strahlenbiologie und Medizinische Physik (SGSMP) im Jahre 1987 begonnen, Merkblätter als Anleitungen für Qualitätsprüfungen zu erarbeiten. Im Laufe der Zeit konnten auch Vertreter der Schweizerischen Gesellschaft für Medizinische Radiologie (SGMR) sowie der Schweizerischen Vereinigung Medizinisch-Technischer Radiologieassistentinnen und -assistenten (SVMTRA) zur Mitarbeit in der Arbeitsgruppe gewonnen werden.

Folgende Personen waren massgebend an der Entstehung der vorliegenden Merkblätter beteiligt: Dr. A. von Arx - Olten; Frau I. Cordt - Zürich; Dr. med. J.-C. Ducommun - Biel; E. Elmer - Bern; Dr. G. Garavaglia - Bellinzona; Dr. M. Grecescu - Lausanne; Dr. med. W. Hedtler - Basel; B. Hümbelin - Zürich; Frau F. Ionescu - Chur; Prof. Dr. J. Roth - Basel; Prof. Dr. med. G. K. von Schulthess - Zürich; PD Dr. J.-F. Valley - Lausanne.

Die Merkblätter waren als Loseblattsammlung konzipiert, die laufend ergänzt und an interessierte Personen abgegeben wurden. Damit sollten die einzelnen Röntgenbetriebe mit einfachen Methoden und Mitteln selbst Prüfungen an der Röntgenanlage und der Bildverarbeitung durchführen können.

Die nunmehr über 7 Jahre gewachsene Merkblattsammlung wurde jetzt aktualisiert, ergänzt und neu strukturiert als gemeinsame Broschüre der drei oben genannten Gesellschaften erstellt.

Bern, Mai 1995

Der Vorsitzende der Arbeitsgruppe
E. Elmer

Inhalt

	Seite
Einleitung und Anwendungshinweise	5
Filmverarbeitung	9
Merkblatt 1: Ueberprüfung der Filmverarbeitung	11
Merkblatt 2: Einfache Konstanzprüfung der Filmverarbeitung	15
Merkblatt 3: Kontrolle der Dunkelkammer-Beleuchtung	19
Merkblatt 4: Lagerung und Entsorgung von Röntgenfilmen	23
Merkblatt 5: Lagerung und Entsorgung von Photochemikalien für Röntgenfilme	25
Röntgenanlage	27
Merkblatt 6: Konstanzprüfung beim Betrieb medizinischer Aufnahmegeräte	29
Merkblatt 7: Konstanzprüfung mit Prüfkörper an Röntgenanlagen	33
Merkblatt 8: Konstanzprüfung beim Betrieb zahnärztlicher Aufnahmegeräte	39
Merkblatt 9: Uebereinstimmung von Nutzstrahlenfeld und Lichtvisier	47
Merkblatt 10: Uebereinstimmung von Zentralstrahl und Senkrechtstrahl	49
Merkblatt 11: Oberflächendosis, Konstanz dosisbestimmender Aufnahmeparameter ..	51
Merkblatt 12: Optische Dichte und Kontrast einer Prüfaufnahme	55
Merkblatt 13: Zustands- und Funktionsprüfung des Streustrahlenrasters	59
Merkblatt 14: Homogenität des Nutzstrahlenfeldes	61
Merkblatt 15: Brennfleckgrösse	63
Weitere Prüfungen	67
Merkblatt 16: Analyse von Fehl- bzw. Wiederholungsaufnahmen	69
Merkblatt 17: Filmkassetten mit Verstärkerfolien	71
Merkblatt 18: Gleichwertigkeit der verwendeten Kassetten	73
Merkblatt 19: Kontrolle der Negatoskope	75
Anhänge	79
Literatur	93
Zusammensetzung der Arbeitsgruppe	95
Verzeichnis von SGSMP-Empfehlungen	97

Einleitung und Anwendungshinweise

Allgemeines

Mit der neuen Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 wird eine gesetzliche Verpflichtung zur Qualitätsprüfung beim Umgang mit medizinischen Röntgenanlagen eingeführt. Damit wird einem allgemeinen Anliegen nach physikalisch-technischer Qualitätssicherung und verbessertem Strahlenschutz Rechnung getragen, speziell im röntgendiagnostischen Bereich.

Die Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik will erreichen, dass Röntgenbilder in ökonomisch günstiger Weise (Material, Geld, Zeit, Personaleinsatz) und mit allen zur Diagnose benötigten Informationen erhalten werden, bei möglichst niedriger Strahlenexposition von Patient und Personal. Voraussetzungen dafür sind u.a. eine gute Ausbildung von Arzt und medizinisch-technischem Personal sowie eine geeignete technische Ausrüstung.

Um eine gute Qualität bei Röntgenbildern zu erreichen und beizubehalten, muss als wichtige Vorbedingung das technische Material (Röntgenanlage, Kassetten mit Film/Folien) sowie die Verarbeitung für die Filme, etc. in gutem Zustand sein und dem Stand der Technik entsprechen. Zum Unterhalt der technischen Ausrüstung gehören im Sinne von vorbeugenden Massnahmen eine regelmässige Wartung und periodische Prüfungen des Zustandes sowie der Konstanz von bildbeeinflussenden technischen Parametern, damit Veränderungen frühzeitig erkannt und korrigiert werden können.

Dabei sollten auch Prüfungen in den alltäglichen Arbeitsablauf eingeführt werden, um die Eigenverantwortung und das Qualitätsbewusstsein des Betriebspersonals zu fördern. Qualität wird von jedem Einzelnen in Eigenverantwortung erzeugt.

Als ein Element der technischen Qualitätssicherung sind insbesondere sogenannte Konstanzprüfungen möglichst durch das Personal im Röntgenbetrieb durchzuführen, welches tagtäglich mit Röntgenanlagen und Filmentwicklung zu tun hat. Um die Umsetzung der Qualitätssicherung im praktischen Alltag zu erleichtern, hat die Schweizerische Gesellschaft für Strahlenbiologie und medizinische Physik (SGSMP) in Zusammenarbeit mit Vertretern der Schweizerischen Gesellschaft für medizinische Radiologie (SGMR) und der Schweizerischen Vereinigung medizinisch-technischer Radiologieassistenten (SVMTRA) die vorliegende Empfehlung und Anleitung zur Durchführung von Qualitätsprüfungen erarbeitet.

Was ist aufgrund gesetzlicher Vorschriften zu tun?

Das Bewilligungsverfahren für das Betreiben einer Röntgenanlage und das *Konzept für die Qualitätssicherung* sieht folgendermassen aus:

1. Wenn eine Röntgenanlage angeschafft wird:

- Einreichung eines Bewilligungsgesuches für Einrichtung/Betrieb beim Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG) durch den zukünftigen Betreiber.
- Erteilung einer Bewilligung für Einrichtung/Betrieb durch das BAG (in der Regel innerhalb von 2-4 Wochen), sofern aufgrund der eingereichten Unterlagen vermutet werden kann, dass alle erforderlichen Voraussetzungen erfüllt sind.

- Einrichtung der Röntgenanlage durch den Lieferanten und Realisierung der baulichen und operationellen Strahlenschutz-Massnahmen durch den Betreiber.
- Durchführung der Abnahmeprüfung an der Anlage durch den Lieferanten (zusammen mit dem Betreiber) mit Erstellung eines Abnahmeprotokolles und Festlegung der Referenzwerte für die Konstanzprüfungen an der Röntgenanlage und der Filmverarbeitung mit den vom Betreiber gewählten Prüfmitteln und -methoden.
- Übergabe der Anlage durch den Lieferanten an den Betreiber zum Gebrauch, sofern die Prüfkriterien der Abnahmeprüfung erfüllt sind und die BAG-Bewilligung für die Anlage vorliegt.
- Durchführung einer Inspektion vor Ort durch das BAG nach Inbetriebnahme der Anlage (Audit bezüglich technischen, baulichen und operationellen Strahlenschutz-Massnahmen, Kontrolle über korrekte Durchführung der Anlagen-Abnahmeprüfung) und Erteilung der Betriebsbewilligung für maximal 10 Jahre, gegebenenfalls mit Auflagen.

2. Während der Betriebszeit einer Anlage:

- Der Betreiber sorgt für eine regelmässige Wartung/Zustandsprüfung an der Anlage durch technisches Fachpersonal (mindestens alle 3 Jahre, Kleinapparate der Zahnmedizin alle 6 Jahre). Er erteilt rechtzeitig die entsprechenden Aufträge an eine Stelle seiner Wahl (Fachfirma, Technischer Dienst), die vom BAG entsprechend autorisiert sein muss.
- Erstellung eines Wartungs- und Zustandsprüfungsprotokolles durch die prüfende Stelle und Festlegung der Referenzwerte für die Konstanzprüfungen an der Anlage und bei der Filmverarbeitung mit den vom Betreiber gewählten Prüfmitteln und -methoden.
- Anlässlich der Wartung/Zustandsprüfung in ärztlichen, zahnärztlichen, chiropraktischen Praxen kontrolliert die prüfende Stelle auch den baulichen und operationellen Strahlenschutz (gilt nicht für Spitäler, Röntgeninstitute, etc.).
- Meldung der Ergebnisse von Wartung/Zustandsprüfung bzw. der Strahlenschutzprüfung durch die prüfende Stelle an das BAG.
- Durchführung von Stichprobenkontrollen (systematisch in Spitälern, Röntgeninstituten, etc.) durch das BAG bei den Anlagebetreibern zwecks Aufsicht über die korrekte Durchführung von Wartung/Zustandsprüfung und Konstanzprüfungen sowie die Einhaltung anderer Strahlenschutzvorschriften.
- In den Perioden zwischen der Wartung/Zustandsprüfung sorgt der Betreiber der Anlage für die Durchführung regelmässiger Konstanzprüfungen an der Röntgenanlage (mindestens jährlich) und der Filmverarbeitung (mindestens wöchentlich-monatlich) durch eigenes Betriebspersonal oder als Dienstleistung durch Dritte (z.B. FMH-Service). Entsprechende Minimalanforderungen werden in der Röntgenverordnung definiert. Es sind Prüfprotokolle zu erstellen.
- Die BAG-Bewilligung wird nach Ablauf von 10 Jahren erneuert, sofern alle Bedingungen und Voraussetzungen erfüllt sind.

Wem dient diese Broschüre?

Der Betreiber einer Röntgenanlage muss die Methoden und Prüfmittel festlegen, mit denen in seinem Betrieb die Konstanzprüfungen an der Röntgenanlage und bei der Filmverarbeitung durchgeführt werden. Die vorliegenden Merkblätter können ihm dabei eine Hilfe sein. Die Wahl von Prüfmitteln und -methoden sollte bis zur Abnahme- bzw. Zustandsprüfung an der Röntgenanlage getroffen worden sein (siehe dazu weiter oben: Konzept Qualitätssi-

cherung), damit die entsprechenden Referenzwerte für die Konstanzprüfungen festgelegt werden können.

Das medizinisch-technische Personal eines Betriebes (z.B. MTRA, med. bzw. zahnmed. Praxisassistentin) kann anhand der Merkblätter mit einfachen Mitteln sowohl die regelmässigen generellen Konstanzprüfungen an der Röntgenanlage und bei der Filmverarbeitung durchführen als auch gezielt und bei Bedarf einzelne Komponenten und weitere Hilfsmittel prüfen (Kassetten, Negatoskop, Dunkelkammer, etc.).

Anwendungsschema der Merkblätter

Für den Einstieg in die Qualitätsprüfungen und das bessere Verständnis für die Art der Konstanzprüfungen ist in erster Linie die Lektüre der Merkblätter 6 bzw. 8 zu empfehlen, wo auf die Anwendung weiterer Merkblätter verwiesen wird. Das nachfolgende Schema soll ebenfalls das Vorgehen und die Auswahl etwas erleichtern.

Je nach Prüfobjekt, Prüfmethode und einzusetzenden Prüfmitteln können verschiedene Merkblätter zur Anwendung gelangen. Die Tests können einerseits routinemässig geplant und durchgeführt werden oder andererseits auch bei Bedarf, wenn Unstimmigkeiten festgestellt werden.

Von primärer Bedeutung sind die Merkblätter, welche zur Durchführung der Konstanzprüfung an der Röntgenanlage und bei der Filmverarbeitung zur Anwendung gelangen (siehe Tabelle). Die Referenzwerte für Konstanzprüfungen sind anlässlich der Abnahmeprüfung oder der Wartung/Zustandsprüfung jeweils neu zu ermitteln. Besondere Beachtung muss der Filmverarbeitung geschenkt werden, da dort erfahrungsgemäss die meisten Fehlerquellen auftreten (wenden Sie sich bei Problemen an Ihren Lieferanten für Filme bzw. der Filmverarbeitungseinrichtung). Auf jeden Fall muss immer zuerst die Filmverarbeitung geprüft und ein eventueller Fehler korrigiert werden, bevor an der Röntgenanlage dosisrelevante Prüfungen mit Röntgenfilmen durchgeführt werden.

<i>Prüfobjekt</i>	<i>einfache Methode</i>	<i>anspruchsvollere Methode</i>	<i>Periodizität der Prüfung</i>
Konstanz der Filmverarbeitung	• Merkblatt 2 • für zahnärztliche Betriebe: Merkblatt 8	Merkblatt 1	wöchentlich bis monatlich
Konstanz bei Röntgenanlage und Röntgenbild	Merkblätter 6, 12 Merkblätter 9, 10	Merkblatt 7 Merkblatt 11	jährlich
Konstanz bei Dentalgeräten	Merkblatt 8		jährlich
Weitere Anlagekomponenten	Merkblätter 13, 14, 15		jährlich
Dunkelkammer	Merkblatt 3		jährlich
Lagerung/Entsorgung von Röntgenfilmen, Chemikalien	Merkblätter 4, 5		jährlich
Röntgenzubehör	Merkblätter 17, 18, 19		jährlich
Filmausschuss	Merkblatt 16		jährlich

Anmerkung:

Die Merkblätter sind praktisch erprobt worden, vorwiegend durch MTRA.
Sollten sich bei den Durchführungen der Prüfungen nach den beschriebenen Methoden Probleme ergeben, so ist die Arbeitsgruppe (siehe Mitglieder-Verzeichnis auf Seite 95) für entsprechende Rückmeldungen dankbar; auch Verbesserungsvorschläge sind willkommen.

Filmverarbeitung

Merkblatt 1

Ueberprüfung der Filmverarbeitung

1. Zweck

Es sollen Veränderungen der Entwicklungsbedingungen erkannt werden. Dazu wird die Filmverarbeitung periodisch auf die Konstanz der optischen Dichte hin überprüft (Konstanzprüfung der Filmverarbeitung bzw. des bildgebenden Systems; *siehe dazu auch Merkblatt 2*, wo auf einfachere Methoden hingewiesen wird).

Die Überprüfung der Filmverarbeitung ist immer vor der Überprüfung der Röntgenanlage durchzuführen.

2. Erforderliches Material

Film (aus einer für diese Kontrollen reservierten Filmpackung)

Sensitometer (ca. Fr. 1500.-)

Densitometer (ca. Fr. 1500.-)

3. Durchführung

Der Film wird in der Dunkelkammer mit dem Sensitometer belichtet, um eine Schwärzungstreppe mit vorgegebenen Abstufungen zu erhalten (gegebenenfalls unter Berücksichtigung des für den verwendeten Filmtyp geeigneten blauen oder grünen Spektralbereichs). Bei beidseitig ungleich beschichteten Filmen (sogenannte Inside-Filme) ist darauf zu achten, dass entweder immer dieselbe Seite belichtet wird oder dass ein beidseitig belichtendes Sensitometer verwendet wird. Der belichtete Film wird auf dieselbe Weise entwickelt wie in der täglichen Praxis. Bei Entwicklungsmaschinen wird der Film mit der belichteten Seite nach unten in der Mitte des Einlegetisches eingeführt.

Anschliessend wird die optische Dichte des Films an den drei unten aufgeführten Stellen mit dem Densitometer gemessen (Densitometerdaten in einem Formular gemäss Muster am Ende dieses Merkblattes eintragen, *siehe auch Formular gemäss Anhang 2 Seite 83*, oder direkt auf Film schreiben) zur Ermittlung der folgenden Parameter (vgl. Abbildung 1):

- *Schleier und Unterlage (Grundscheier)*: Zur Festlegung eines Sollwertes (Zielwertes) für die nachfolgenden Konstanzprüfungen ist anfänglich die optische Dichte an einer vom Stufenkeil möglichst weit entfernten Stelle zu messen.
- *Empfindlichkeit*: Zur Festlegung eines Sollwertes (Zielwertes) für die nachfolgenden Konstanzprüfungen wird anfänglich als Index der Empfindlichkeit die optische Dichte derjenigen Stufe der Schwärzungstreppe bestimmt, deren Wert nach Abzug des Grundscheiers am nächsten bei 1 liegt. Bei allen späteren Kontrollmessungen muss die gleiche Stufe ausgemessen werden, d.h. es wird die optische Dichte (netto) einer bestimmten Referenzstufe bestimmt. Die "Empfindlichkeit" ist also gleich der optischen Dichte dieser Stufe nach Abzug des Grundscheiers.
- *Kontrast*: Als Index wird die optische Dichte derjenigen Stufe bestimmt, deren Belichtung hinter dem Stufenkeil um den Faktor 4 grösser ist als diejenige der Stufe für die Empfindlichkeit (bei den meisten Sensitometern entspricht dieser Unterschied vier Stufen). Der "Kontrast" ist definitionsgemäss die Differenz der optischen Dichte für die Empfindlichkeit und der optischen Dichte mit einer viermal grösseren Belich-

tung. Der Messwert des Kontrastes wird jeweils mit dem bei Beginn der Ueberprüfung ermittelten Sollwert (Zielwert) verglichen.

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Mit dieser Kontrolle wird nur die Konstanz der Filmverarbeitung geprüft.

Die hier angewendeten Werte für "Empfindlichkeit" und "Kontrast" sind als Index und Bezugswerte für nachfolgende Konstanzprüfungen zu verstehen. Sie dürfen nicht mit Lichtempfindlichkeit und Lichtkontrast oder Empfindlichkeit S und Gradient G des Filmes verwechselt werden.

Anschluss an eine neue Filmpackung: Vor Ende der alten Filmpackung sind Anschlussmessungen mit der neuen Packung durchzuführen. Dazu sollten jeweils drei Filme der alten und der neuen Packung gleichzeitig belichtet und entwickelt werden.

Empfindlicher Spektralbereich der Filme (vgl. auch Tabelle im Merkblatt 3):

- blau empfindliche Filme (nicht sensibilisiert):
folienloser Film, Folien-, Zahn-, Materialprüfungs-, Mammographie-, Kopier- und Duplikatfilm.
- grün empfindliche Filme (orthochromatisch):
Filme für indirekte Aufnahmetechnik (Kamera); Folienfilm für grün emittierende SE-Folien; Filme für CT, Nuklearmedizin, Ultraschall, elektronische Thermographie; Röntgenkinematographie und Schirmbildfilme (diese Filme sind auch blau empfindlich).

5. Sollwert, Toleranzbereich

Grundschleier:	max. optische Dichte	0.25
	Konstanz	± 0.05 vom Ausgangswert
Empfindlichkeit (Indexwert):		± 0.15 vom Ausgangswert (Zielwert)
Kontrast (Indexwert):		± 0.15 vom Ausgangswert

Es empfiehlt sich, die Messergebnisse zur besseren Uebersicht in Diagrammform darzustellen. Ein Beispiel eines dafür geeigneten Formulars, in dem der Schleier sowie die Differenzen zum Zielwert der Empfindlichkeit und des Kontrastes eingetragen werden, ist im Anhang 2 (Seite 84) angefügt.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Wöchentlich, evtl. monatlich bei intensivem Betrieb (gute Regenerierung), bzw. vor jeder Entwicklung bei längerem Stillstand (jeweils frühestens eine Stunde nach Einschalten des Entwicklungsautomaten).

7. Massnahmen

Wenn die Toleranzbereiche überschritten werden, kann die Ursache für die fehlerhafte Filmverarbeitung an den folgenden Komponenten liegen: Entwicklungstemperatur, Entwickler (evtl. Neuansatz notwendig), Regenerierung, Entwicklungszeit.

Abweichungen und mögliche Ursachen:

Erhöhter Schleier, Empfindlichkeit zu hoch, Kontrast zu hoch:

- Entwicklungstemperatur zu hoch
- Entwicklungszeit zu lang
- falscher Ansatz, unzureichende Entwicklermischung
- zu hohe Regenerierraten des Entwicklers
- kein Starter bei Neuansatz des Entwicklers.

Empfindlichkeit zu niedrig, Kontrast zu niedrig:

- Entwicklertemperatur zu niedrig
- Entwicklungszeit zu kurz
- zu niedrige Regenerierraten des Entwicklers
- falscher Ansatz oder unzureichende Entwicklermischung.

Erhöhter Schleier, Kontrast zu niedrig:

- Entwickler verunreinigt (z.B. mit Fixierbad)

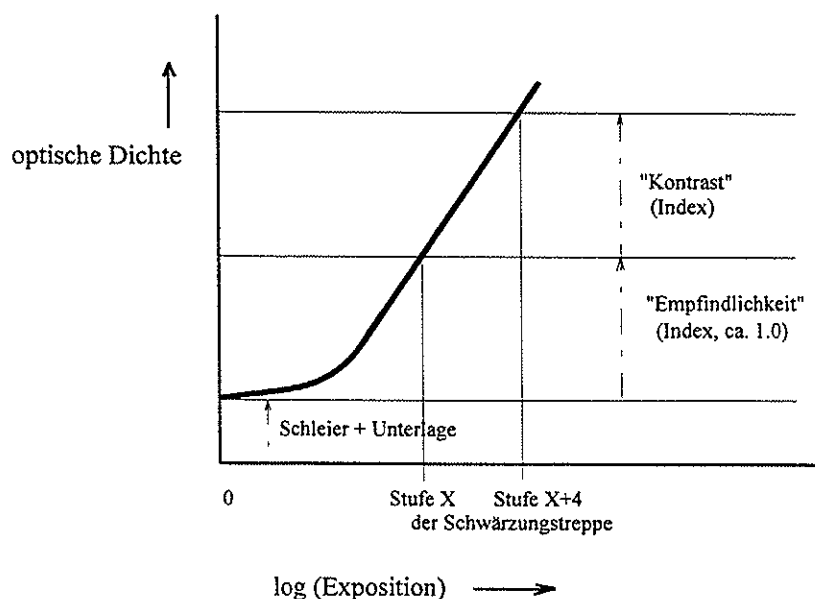
Erhöhter Schleier, Empfindlichkeit zu hoch, Kontrast zu niedrig:

- falscher Ansatz oder unzureichende Entwicklermischung
- oxidiertes Entwickler
- zu hohe Regenerierraten des Entwicklers
- Entwicklungstemperatur zu hoch
- Entwicklungszeit zu lang
- kein Starter bei Neuansatz.

Empfindlichkeit zu niedrig, Kontrast zu niedrig, erhöhter Schleier:

- Verunreinigung des Entwicklers (z.B. mit Fixierbad)
- falscher Ansatz oder unzureichende Entwicklermischung
- vollständig oxidiertes Entwickler
- keine Regenerierung des Entwicklers.

Abbildung 1



(Muster für Eintragung)

Sensitometer- stufe	gemessene optische Dichte D am Film Nr.					
	1	2	3	4	5	6
1 (Grundschleier)	<u>0,24</u>	0,25	0,23	0,30		
2	0,26					
3	0,29					
4	0,30					
5	0,32					
6	0,37					
7	0,46					
8	0,58					
9	0,80					
10	1,04	1,05	0,99			
11	<u>1,35 *</u>	1,38	1,32	1,10		
12	1,78			1,38		
13	2,19					
14	2,50					
15	<u>2,72 **</u>	2,67	2,58	2,45		
16	2,88					
17	2,96					
18	3,01					
19	3,07					
20	3,10					
21	3,12					
Datum der Messung	2.5.88	9.5.88	16.5.88	30.5.88		

* **Empfindlichkeit** (im Beispiel liegt Stufe 11 am nächsten bei 1, nach Abzug des Schleiers)

** **Kontrast** (4 Stufen über dem Wert für die Empfindlichkeit)

Bemerkung zu Film Nr. 4: im Vergleich zu den Ausgangswerten ist die Toleranz überschritten, Massnahmen sind erforderlich.

Merkblatt 2

Einfache Konstanzprüfung der Filmverarbeitung

1. Zweck

Die Filmverarbeitung wird periodisch auf die Konstanz der optischen Dichte und den Bildkontrast hin überprüft (siehe dazu auch Merkblatt 1), damit Veränderungen der Entwicklungsbedingungen oder des bildgebenden Systems (Film/Folien) erkannt werden können. Dabei wird ein Referenzbild mit dem jeweils erstellten Prüfbild visuell verglichen.

Die Überprüfung der Filmverarbeitung ist immer vor der Überprüfung der Röntgenanlage durchzuführen.

2. Erforderliches Material

Thermometer, Filme (aus einer für diese Prüfungen reservierten Filmpackung) sowie abhängig von der Prüfmethode:

a) Filmpackung mit vorbelichteten Prüffilmen, erhältlich von Filmfirmen (z.B. von der Firma 3M)

b) Röntgenfilmbeschrifter (Scribor),

Film-Graustufenkeil, z.B. erhältlich als "Devantox-Developer Test" (Prüfsystem mit Anleitung der Firma Röntgen Bender AG, 4133 Schweizerhalle) oder als "Step Tablet System" (Prüfsystem mit Broschüre "Qualitätskontrolle Filmverarbeitung" der Firma Kodak SA, Medizinische Produkte, 1001 Lausanne), Preiskategorie < Fr. 200.-.

c) Spezielle Testkassette, enthaltend Graustufenkeil zur optischen Aufbelichtung einer Schwärzungstreppe durch das Folienlicht auf den Prüffilm (Exposition der Kassette mit der Röntgenanlage), Preiskategorie < Fr. 300.- (z.B. erhältlich über die Firma Agfa-Gevaert AG, 8600 Dübendorf).

d) Prüfkörperaufnahme nach Merkblatt 12.

3. Durchführung

Die praktische Durchführung ist je nach gewählter Prüfmethode unterschiedlich, dazu sind die jeweiligen Gebrauchsanleitungen zu konsultieren.

Der belichtete Prüffilm wird auf dieselbe Weise entwickelt wie in der täglichen Praxis. Anschliessend wird die optische Dichte und der Kontrast des Prüffilms visuell (von Auge) verglichen mit einem Testbild oder Referenzbild, welches anlässlich der Abnahmeprüfung und Wartung/Zustandsprüfung der Röntgenanlage festgelegt wurde (siehe Einleitung Seite 6/7 und Merkblatt 6). Für die Dokumentierung der Prüfergebnisse (optische Dichte und Kontrast) kann z.B. das Formular im Anhang 3, Seite 86, verwendet werden.

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Die hier beschriebenen Methoden zur Prüfung der Filmverarbeitung dienen der Fehlersuche und erheben keinen Anspruch auf die Genauigkeit und Präzision der wissenschaftlich anerkannten Sensitometrie. Sie stellen jedoch ein durchaus taugliches Hilfsmittel für die Arztpraxis dar.

Mit der Kontrolle nach Punkt 2 a) und b) wird ausschliesslich die Konstanz der Filmverarbeitung geprüft (siehe dazu auch Merkblatt 1). Bei der Methode nach 2 a) sind gewisse Vorbehalte bezüglich Zuverlässigkeit anzubringen, da nicht die normalerweise im Betrieb

verwendeten Filme benutzt werden und das Ergebnis wegen des längeren Zeitintervalls zwischen Belichtung und Entwicklung unkontrollierbar beeinflusst werden kann.

Die Kontrolle nach Punkt 2 c) ist eine Konstanzprüfung für das gesamte System (Filmverarbeitung + Röntgenanlage). Dasselbe gilt für die Kontrolle nach Punkt 2 d), welche primär für die Konstanzprüfung der Röntgenanlage konzipiert wurde. Bei diesen beiden Methoden können eventuelle Veränderungen nicht immer eindeutig zugeordnet werden. Erfahrungsgemäss sind die Ursachen für festgestellte Veränderungen jedoch meist bei der Filmverarbeitung zu finden. Zudem ist hier besonders wichtig, dass das Referenzbild anlässlich der Abnahmeprüfung oder Wartung/Zustandsprüfung festgelegt wird, unmittelbar nachdem die prüfende Firma den guten Zustand der Röntgenanlage und der Filmverarbeitung festgestellt hat.

Anschluss an eine neue Filmpackung: Vor Ende der alten Filmpackung sind Anschlussmessungen mit der neuen Packung durchzuführen. Dazu sollten jeweils drei Filme der alten und der neuen Packung gleichzeitig belichtet bzw. entwickelt werden.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Die optische Dichte (Schwärzung) einer bestimmten Stufe der Schwärzungstreppe sollte um nicht mehr als eine Stufe gegenüber dem Referenzbild abweichen. Bezüglich Grundschleier und Kontrast sollten von Auge keine Veränderungen gegenüber dem Referenzbild (Vergleichsvorlage) sichtbar sein.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Wöchentlich, evtl. monatlich bei intensivem Betrieb (gute Regenerierung), bzw. vor jeder Entwicklung bei längerem Stillstand (jeweils frühestens eine Stunde nach Einschalten des Entwicklungsautomaten).

7. Massnahmen

Wenn die Toleranzbereiche überschritten werden, kann die Ursache für die fehlerhafte Filmverarbeitung an den folgenden Komponenten liegen: Entwicklungstemperatur, Entwickler (evtl. Neuansatz notwendig), Regenerierung, Entwicklungszeit.

Kann bei der Prüfmethode c) und d) bei der Filmverarbeitung keine Ursachen für Veränderungen festgestellt werden, muss die Röntgenanlage überprüft werden, da sich eventuell dosisrelevante Grössen geändert haben können. Gegebenenfalls ist eine Fachfirma beizuziehen (z.B. Lieferant der Röntgenanlage).

Nachfolgend sind einige Veränderungen und deren mögliche Ursachen bei der Filmverarbeitung aufgeführt:

Erhöhter Schleier, Schwärzung zu hoch, Kontrast zu hoch:

- Entwicklungstemperatur zu hoch
- Entwicklungszeit zu lang
- falscher Ansatz, unzureichende Entwicklermischung
- zu hohe Regenerierraten des Entwicklers
- kein Starter bei Neuansatz des Entwicklers.

Schwärzung zu niedrig, Kontrast zu niedrig:

- Entwicklertemperatur zu niedrig
- Entwicklungszeit zu kurz
- zu niedrige Regenerierraten des Entwicklers
- falscher Ansatz oder unzureichende Entwicklermischung.

Erhöhter Schleier, Kontrast zu niedrig:

- Entwickler verunreinigt (z.B. mit Fixierbad)

Erhöhter Schleier, Schwärzung zu hoch, Kontrast zu niedrig:

- falscher Ansatz oder unzureichende Entwicklermischung
- oxidiertes Entwickler
- zu hohe Regenerierraten des Entwicklers
- Entwicklungstemperatur zu hoch
- Entwicklungszeit zu lang
- kein Starter bei Neuansatz.

Schwärzung zu niedrig, Kontrast zu niedrig, erhöhter Schleier:

- Verunreinigung des Entwicklers (z.B. mit Fixierbad)
- falscher Ansatz oder unzureichende Entwicklermischung
- vollständig oxidiertes Entwickler
- keine Regenerierung des Entwicklers.

Merkblatt 3

Prüfung der Dunkelkammer-Beleuchtung

1. Zweck

In der Dunkelkammer dürfen keine Lichtquellen vorhanden sein, die zu einer unbeabsichtigten Belichtung und damit zu einer Schleierbildung auf dem Film führen können. Die Dunkelkammerbeleuchtung, die Verdunkelungseinrichtung und evtl. weitere Lichtquellen (z.B. Kontrollampen elektrischer Apparate) müssen auf den verwendeten Filmtyp abgestimmt sein (Lichtfarbe, Lichtintensität).

2. Erforderliches Material

Film (min. 12 cm x 24 cm)

2 Kartons

Stoppuhr

3. Durchführung

Der Film wird bei vollständiger Dunkelheit der Filmpackung entnommen und in eine Universal-Kassette gelegt. An einem Röntgenapparat wird der Film in der Kassette so stark vorbelichtet, dass die optische Dichte im Bereich von 0,6 bis 1,0 liegt (typische Expositionsparameter: 40 kV, 5 mAs, Fokus-Film-Abstand ca. 200 cm). Dadurch reagiert der Film auf zusätzliche Exposition empfindlicher mit einem höheren Dichteanstieg.

Nach der Vorbelichtung wird der Film in der Dunkelkammer bei vollständiger Dunkelheit auf den Arbeitstisch gelegt und zur Hälfte mit einem Karton abgedeckt. Mit einem zweiten Karton, der den ersten etwas überlappt, wird zunächst der Rest des Films abgedeckt (siehe Abb. 1), anschliessend wird die Dunkelkammerlampe eingeschaltet und die Konstanz des Lichtes abgewartet. Dann wird der Film durch Verschieben des zweiten Kartons ca. 2 cm freigegeben und 2 Minuten belichtet. Darauf wird der Karton jeweils um weitere 2 cm verschoben und zwar nach 1 Minute, 30 Sekunden, 15 Sekunden und nochmals 15 Sekunden; ein restlicher Streifen bleibt abgedeckt (das Verfahren ergibt somit Stufen mit Belichtungszeiten von 0 sec, 15 sec, 30 sec, 1 min, 2 min und 4 min). Darauf wird die Dunkelkammerbeleuchtung ausgeschaltet und der Film bei völliger Dunkelheit entwickelt.

Eine vereinfachte Variante dieses Tests besteht darin, dass die eine Hälfte des Films ebenfalls mit einem Karton abgedeckt wird, die andere aber während 4 Minuten mit der Dunkelkammerlampe belichtet wird.

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Die beschriebene Kontrolle soll mit allen in der täglichen Praxis verwendeten Filmtypen durchgeführt werden.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Damit sich allfällige Dichteunterschiede besser beurteilen lassen, sollte zwischen dem abgedeckten und dem belichteten Teil des Filmes ein ca. 3 mm breiter Papierstreifen gelegt werden (siehe Abb. 2), da sonst das Auge zu empfindlich ist. Bei dem Filmteil, der stufenweise belichtet wurde, wird die Stufe mit dem ersten im Vergleich zum abgedeckten

Filmteil deutlich erkennbaren Dichteunterschied bestimmt (zusätzliche optische Dichte ca. 0,05).

Die mit dieser Stufe verbundene Belichtungszeit muss mindestens doppelt so gross sein wie diejenige Zeit, welcher ein Film während der Bearbeitung in der Praxis den Lichtquellen in der Dunkelkammer ausgesetzt ist (z.B. 2 min).

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder nach Bedarf, insbesondere nach Aenderung der Dunkelkammerbeleuchtung, nach Einführung einer neuen Filmsorte und bei erhöhter Schleierbildung der Filme, die nicht auf die Filmverarbeitung zurückgeführt werden kann.

7. Massnahmen

- Suche nach verstecktem Lichteinfall: sämtliches Licht löschen, Augen an die Dunkelheit adaptieren (ca. 10 min), Dunkelkammer auf Lichtquellen absuchen und diese allenfalls eliminieren (undichte Türritzen oder Schlüssellöcher abdecken, Kontrolllampen von Apparaten abdecken bzw. geeignete Glasabdeckungen wählen).
- Weitere Fehlermöglichkeiten, die mit dem beschriebenen Prüfverfahren erkannt werden können:
 - falsch gelagertes oder zu altes Filmmaterial
 - Dunkelkammerlicht nicht angepasst (falsche/fehlerhafte Filter, zu hohe Wattzahl der Lampe)
 - Fluoreszenzlicht der Raumbeleuchtung (Nachleuchten)
 - Verunreinigung des Films durch Fingerabdrücke, Kosmetika, Staub, Dämpfe usw. und Einwirkung durch ionisierende Strahlen (z.B. Röntgenstrahlen).
- Dunkelkammerlicht auf die verwendeten Filmtypen abstimmen, da Filme unterschiedlich sensibilisiert sein können, wie aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich ist.

Film	Dunkelkammerbeleuchtung	Filmart
blau-empfindlich (nicht sensibilisiert)	Grünlicht-Entwicklung	folienlos, Folienfilm, Zahn-, Mammographie-, Materialprüfungs-, Kopier-/Duplikat-Filme
blau- und grün-empfindlich (orthochromatisch)	Rotlicht-Entwicklung	indirekte Aufnahmetechnik (Kamera); Folienfilm für grünemittierende SE-Folien; Filme für CT, Nuklearmedizin, Ultraschall, elektronische Thermographie; Röntgenkinematographie und Schirmbild-Filme
blau-, grün- und rot-empfindlich (panchromatisch)	Dunkel-Entwicklung	einige Röntgenkinematographiefilme, Schirmbild-Kinematographie-Filme
infrarot-empfindlich	Dunkel-Entwicklung	Infrarot-Filme

Abb. 1

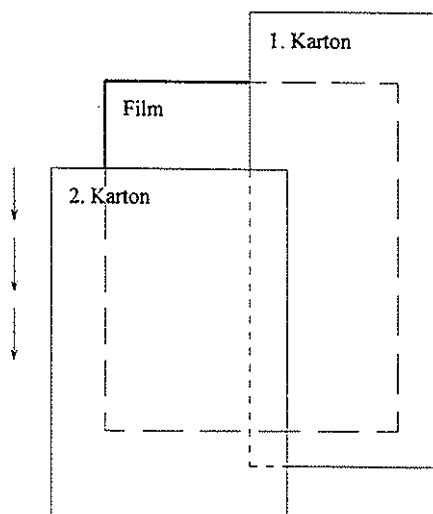
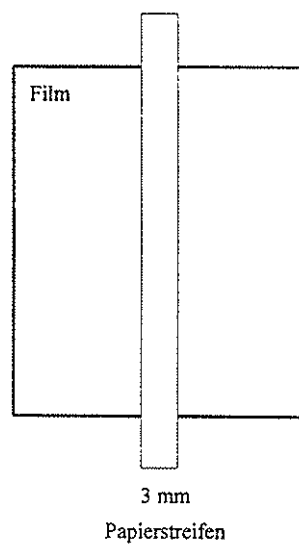


Abb. 2



Merkblatt 4

Lagerung und Entsorgung von Röntgenfilmen

1. Zweck

Es ist sicherzustellen, dass sich die Röntgenfilme vor dem Verbrauch in einwandfreiem Zustand befinden. Deshalb sind bei der Lagerung der Filme verschiedene Punkte zu beachten. Weiter werden Hinweise auf deren Entsorgung gegeben.

2. Erforderliches Material

Zimmerthermometer (falls in der Dunkelkammer verwendet, mit blauer Flüssigkeit; kein Quecksilberthermometer)

Hygrometer

3. Durchführung

- Der Lagerungsort für Röntgenfilme ist so zu wählen, dass die Einwirkung ionisierender Strahlung möglichst gering ist. Bei Verdacht: Vergleich zweier Filme, wobei der eine Film längere Zeit am Lagerungsort "exponiert" wird und der andere Film während der gleichen Zeit an einem von allen (inkl. radioaktiven) Strahlenquellen möglichst weit entfernten Ort aufbewahrt wird.
- Filmschachteln und mit Filmen geladene Kassetten müssen stehend aufbewahrt werden. Es ist darauf zu achten, dass Filme gleicher Grösse aber unterschiedlicher Empfindlichkeit getrennt voneinander gelagert werden.
- Vor dem Öffnen einer neuen Schachtel ist das Verfallsdatum zu kontrollieren. Es ist jeweils die Schachtel mit dem nächstliegenden Verfallsdatum zu verwenden.
- Chemikalien, die sich leicht verflüchtigen, z.B. Aceton, dürfen nicht im selben Raum wie Röntgenfilme aufbewahrt werden. Das Aufbewahren von Filmen in neuen Möbelstücken, aus denen Leim- oder Lackdämpfe austreten, kann zu Schäden führen.
- Die Luftfeuchtigkeit der Räume, in denen offene Filmpackungen aufbewahrt werden, soll 45-60% betragen. Bei der Lagerung verschweisster Filmpackungen ist die Luftfeuchtigkeit unkritisch.
- Die Aufbewahrung der Röntgenfilme kann bei Zimmertemperatur erfolgen. Qualitätseinbussen sind jedoch umso geringer, je tiefer die Temperatur am Lagerungsort der Filme ist. Eine gekühlte Filmschachtel muss 24 Stunden bei Zimmertemperatur liegen, bevor sie geöffnet wird, damit sich kein Kondenswasser bildet.

4. Probleme, Fehler, Einschränkungen

Erhöhter Grundschleier, Schlierenbildung und elektrostatische Entladungen (Verblitzungen) sind die Hauptmerkmale schlechter Qualität, die durch unsachgemässe Lagerung von Röntgenfilmen hervorgerufen werden.

Diese Fehler können aber auch trotz richtiger Lagerung bei nicht fachgerechter Handhabung der Filme auftreten. Elektrostatische Entladungen z.B. entstehen häufig beim schnellen Herausziehen eines Films aus der Schachtel oder aus der Kassette. Das Tragen von Kleidung aus Kunststoffasern kann ebenfalls zu elektrostatischen Entladungen führen. Vor der Verarbeitung entstandene Filmfehler sind also hinsichtlich ihrer Entstehung nicht eindeutig.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Unbelichtete gelagerte und neue Filme sollen nach der Entwicklung die gleiche Qualität, insbesondere die gleiche (niedrige) optische Dichte, aufweisen.

6. Massnahmen

- Bei Ueberschreitung des Verfallsdatums der Filme:
Rücksprache mit der Lieferfirma
- Auftreten eines erhöhten Grundscheiers:
Lagerung der Filme in einer mit Bleifolie ausgelegten Schublade, falls die Röntgenanlage in der Nähe der Dunkelkammer steht und die letztere nicht abgeschirmt ist.

7. Entsorgung

Bis jetzt gibt es keine Empfehlungen oder gar Vorschriften über die Entsorgung von Röntgenfilmen. Es ist jedoch schonender für die Umwelt, wenn die Filme von Firmen entsorgt werden, die vor der Verbrennung eine Entsilberung vornehmen. Adressen von derartigen Entsorgungsfirmen sind bei den Lieferfirmen für Filme erhältlich.

Merkblatt 5

Lagerung und Entsorgung von Fotochemikalien für Röntgenfilme

1. Zweck

In diesem Merkblatt sollen Hinweise gegeben werden, die bei der Lagerung von Fotochemikalien und bei der Entsorgung von fotografischen Abwässern zu berücksichtigen sind.

2. Hinweise

- Bei der Lagerung von Fotochemikalien ist lediglich das Verfallsdatum zu beachten.
- Die Grundlage für die Entsorgung von Fotochemikalien bilden die Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 5 (1991) "Entsorgung von Abwässern und Abfällen aus fotografischen Prozessen" des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Die in diesen Mitteilungen gemachten Empfehlungen für die Entsorgung sind jedoch in einzelnen Kantonen durch strengere Bestimmungen ersetzt worden. Verbraucher und Entsorger von Fotochemikalien müssen sich daher bei der zuständigen kantonalen Gewässerschutz-Behörde über die geltenden Bestimmungen informieren. Diese Behörde oder die Lieferfirma sollten über die Möglichkeiten für die Entsorgung informieren können.
- Im folgenden werden aus den oben genannten Mitteilungen die wichtigsten Anforderungen zuhanden der Verbraucher wiedergegeben:

Entwickler

Die Entsorgung sollte über die Kehrrichtverbrennungsanlagen erfolgen. Als Uebergangslösung und vorbehältlich bereits bestehender kantonaler Regelungen kann die Einleitung von Entwicklern in die Kanalisation bis auf weiteres toleriert werden.

Fixierbäder

Entsilberte Fixierbäder aus Schwarzweiss-Verfahren dürfen als Abwässer in die Kanalisation eingeleitet werden.

Das BUWAL empfiehlt den kantonalen Behörden, folgende Restsilberkonzentrationen zuzulassen:

- Fixierbadverbrauch bis 1000 l/a: höchstens 50 mg Ag/l
- Fixierbadverbrauch über 1000 l/a: höchstens 5 mg Ag/l

Sofern im eigenen Betrieb keine Entsilberung erfolgt, sind die Bäder einem Entsorgungsbetrieb zur Entsilberung zu übergeben.

Waschwässer

Waschwässer dürfen als Abwässer in die Kanalisation eingeleitet werden. Die Wäscherungsverfahren sind in Hinblick auf die Abwasserbeseitigung so einzurichten, dass stoff- und mengenmässig möglichst wenig Abwasser anfällt. Es sind entsprechende Massnahmen nach dem Stand der Technik (z.B. gute Abstreifung, zwischengeschaltetes Sparspülbad, Kreislaufführung, prozessgesteuerter Verbrauch) anzuwenden; weitere Massnahmen sind nicht erforderlich.

Röntgenanlage

Merkblatt 6

Konstanzprüfung beim Betrieb medizinischer Aufnahmegeräte

1. Zweck

Qualitätskontrollen eines Produktes (gutes Röntgenbild bei niedriger Patientenexposition) sollten in den alltäglichen Arbeitsablauf im Betrieb eingeführt werden. Regelmässige Konstanzprüfungen sind eine notwendige und sinnvolle Ergänzung der nach Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen dreijährlichen Wartung der Röntgenanlage und anschliessender Zustandsprüfung durch technisches Fachpersonal. Die Konstanzprüfung der Röntgenanlage und der Filmverarbeitung ist fest im Betriebsablauf einzuplanen und möglichst durch das Betriebspersonal (MTRA, Arztgehilfin) durchzuführen, welches täglich mit Röntgenanlage und Filmverarbeitung zu tun hat, um die Eigenverantwortung und das Bewusstsein für Qualität beim Personal zu wecken und zu fördern.

Damit können Veränderungen oder Fehler frühzeitig erkannt und behoben werden, sodass erhebliche Einsparungen an Geld, Material, Zeit und Strahlendosis erzielt werden können.

2. Erforderliches Material

- *Prüfung der Filmverarbeitung:*
 - Für diesen Zweck reservierte Filmpackung von routinemässig im Betrieb verwendeten Filmen, Thermometer, Stoppuhr
und entweder
 - a) Sensitometer/Densitometer gemäss Merkblatt 1
oder
 - b) einfache Prüfmittel gemäss Merkblatt 2.
- *Prüfung der Röntgenanlage:*
 - Einfache Methode mit alltäglichen Prüfmitteln (Merkblätter 9,10,11,12):
Prüfkörper, für diesen Zweck gekennzeichnete Kassette und Film (18 x 24 bzw. 24 x 30 cm), 9 Zehnrapenstücke, 2 Büroklemmen, 1-Liter-Glasflasche, Stufenkeil und gegebenenfalls ein Dosimeter (z.B. zusätzliches TLD-Personendosimeter),
 - Anspruchsvollere und exaktere Methode (Merkblatt 7):
Testkoffer, im Handel erhältlich.

3. Durchführung

Die Konstanzprüfung erfolgt durch einfache Ueberprüfung weniger repräsentativer Kenngrössen der Filmverarbeitung (Filmentwicklung) und des bilderzeugenden Systems (Röntgenanlage) sowie anschliessendem Vergleich der Prüfergebnisse mit Referenzwerten.

Die Konstanzprüfung soll in der Regel vom Betreiber der Röntgenanlage durchgeführt werden, und zwar:

- Im Anschluss an die von technischem Fachpersonal durchgeführte Abnahme-/Zustandsprüfung (anlässlich der Anlageninstallation bzw. einer Anlagenwartung) zur Ermittlung der Ausgangswerte (Referenzwerte).
- In regelmässigen Zeitabständen zur Prüfung der Konstanz (Vergleich mit Referenzwerten).
- Ergänzend sollte regelmässig eine Prüfung weiterer im Betrieb verwendeter Hilfsmittel durchgeführt werden.

Art der Prüfungen: (in dieser Reihenfolge vorgehen)

- *Konstanzprüfung der Filmverarbeitung.*

Prüfgrösse ist die optische Dichte (Schwärzungstreppe), daraus ergeben sich Werte für Filmgrundschleier, Filmempfindlichkeit und Filmkontrast.

Die Filmverarbeitung kann geprüft werden

- gemäss Merkblatt 1 zur Ermittlung der Referenzwerte mit betriebseigenem Material (Densito-/Sensitometer, Thermometer, Filme)

oder

- gemäss Merkblatt 2, das der Arztpraxis mit Radiologie auf einfache und kostengünstige Art die Möglichkeit bietet, den Zustand der Filmverarbeitung zu prüfen.

Anschliessend wird routinemässig in wöchentlichen bis höchstens monatlichen Abständen geprüft und mit den Referenzwerten verglichen.

- *Konstanzprüfung der Röntgenanlage.*

Prüfgrössen sind folgende Parameter der Röntgenanlage:

- Bildgeometrie, Strahlenfeld und Zentrierung (anwendbare Merkblätter: 7, 9, 10)

- Strahlenquantität und -qualität (anwendbare Merkblätter: 7, 11, 12).

Die Röntgenanlage ist zur Ermittlung der Referenzwerte unmittelbar im Anschluss an jede durch technisches Fachpersonal (Techn. Dienst, Röntgenfirma) durchgeführte Abnahme-/Zustandsprüfung mit betriebseigenen Mitteln (je nach gewählter Prüfmethode) zu prüfen.

Darauf erfolgen mit den bei der Ermittlung der Referenzwerte verwendeten Prüfmitteln in jährlichen Abständen routinemässige Prüfungen und Vergleiche mit den Referenzwerten.

- *Ergänzende Prüfung weiterer Röntgen-Hilfsmittel auf deren Zustand.*

In jährlichen Abständen sollten auch weitere die Bildqualität beeinflussende Parameter überprüft werden:

- Streustrahlenraster (Merkblatt 13)

- alle im Betrieb verwendeten Kassetten (Merkblatt 17 bzw. 18)

- Lichtquellen in der Dunkelkammer (Merkblatt 3)

- Negatoskop (Merkblatt 19)

4. Probleme

Falls die Röntgenanlage seit längerer Zeit nicht mehr technisch überprüft worden ist, ist es unbedingt erforderlich, vorgängig der ersten Konstanzprüfung eine Wartung mit Zustandsprüfung durch die Lieferfirma bzw. Röntgenfirma durchführen zu lassen. Damit ist einigermassen gewährleistet, dass bei der ersten "Konstanzprüfung" mit eigenen Messmitteln zur Ermittlung der Referenzwerte die Anlage in einem qualitativ guten Zustand ist, und damit korrekte Vergleichswerte für die weiteren Konstanzprüfungen erhoben werden.

Jeder Konstanzprüfung der Röntgenanlage (gilt auch für Abnahme- / Zustandsprüfungen durch technisches Fachpersonal) muss eine Prüfung der Filmverarbeitung unmittelbar vorausgehen, damit sichergestellt ist, dass keine Filmverarbeitungs-Fehlerquellen die Resultate der Röntgenanlage-Prüfung beeinflussen.

Die Kriterien für die Bildqualität sind im wesentlichen die Darstellung der Bildinhalte (organtypische Bildmerkmale und kleine wichtige Details) und die Bildeigenschaften. Neben der Einstell- und Belichtungstechnik haben die Bildverarbeitung und eine grosse Zahl von aufnahmetechnischen Parametern Einfluss auf die Qualität des Röntgenbildes und die angewandte Dosis:

- Filmverarbeitung, Entwicklungsmaschine
- Film-Folien-System, Kassette
- Zentrierung, Einblendung
- Fokus-Film-Abstand
- Streustrahlenraster
- Brennfleckgrösse
- Aufnahmespannung, Filterung
- Belichtungsautomatik (Abschaltdosis), Messfeld
- Strom-Zeit-Produkt (mAs)
- Expositionszeit.

Die Zuordnung von Veränderungen oder Fehlern zu einer bestimmten Komponente ist allein durch eine Konstanzprüfung oftmals nicht möglich.

Es muss dann eine Prüfung auf höherer Ebene erfolgen (Abnahme- oder Zustandsprüfung), welche in der Regel durch technisches Fachpersonal zu erfolgen hat (Techn. Dienst, Röntgenfirma).

5. Sollwert, Toleranzbereich

Werte gemäss Angaben in den jeweiligen Merkblättern.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Konstanz der Filmverarbeitung:	wöchentlich bis höchstens monatlich
Konstanz der Röntgenanlage:	jährlich

oder bei vermuteten Fehlern und nach Service-/Reparaturarbeiten.

Ein Beispiel für ein geeignetes Formular zur Registrierung der ermittelten Werte ist im Anhang 3 (Seiten 85-86) beigelegt.

7. Massnahmen

Liegen die ermittelten Messwerte ausserhalb der Toleranz, empfiehlt sich zur Bestätigung eine Wiederholung der Prüfung. Bei Toleranzüberschreitungen sind die Korrekturmassnahmen gemäss dem entsprechenden Merkblatt durchzuführen.

Kann die Ursache für die Toleranzüberschreitung nicht selbst eruiert oder behoben werden, ist technisches Fachpersonal (Techn. Dienst, Fachfirma) beizuziehen, wobei gegebenenfalls eine umfassende Zustandsprüfung durchzuführen ist.

Merkblatt 7

Konstanzprüfung mit Prüfkörper an Röntgenanlagen

1. Zweck

Eine Röntgeneinrichtung in gutem Zustand wird bei gleichen Aufnahmebedingungen von einem Prüfkörper konstante Aufnahmen erzeugen. Konstanzprüfungen sollen Veränderungen gegenüber dem Zustand bei der Abnahme- bzw. Zustandsprüfung aufzeigen. Damit können z.B. Fehlfunktionen einer Röntgenanlage rechtzeitig erkannt werden, die Bildqualität verbessert werden und Patienten und/oder Personal vor unnötiger Strahlung verschont werden. Unter definierten Aufnahmebedingungen hergestellte Röntgenaufnahmen liefern die Resultate der Konstanzprüfung. Der Prüfkörper entspricht bezüglich Schwächung einem Wasserphantom von etwa 15 cm Dicke und erlaubt eine einfache Handhabung, eindeutige Fehlererkennung sowie einen schnellen und reproduzierbaren Messaufbau. Dabei können gleichzeitig mehrere Parameter überprüft werden und man hat mit dem Film ein Dokument der Kontrolle zur Verfügung. Die hier beschriebene Konstanzprüfung mit Prüfkörper enthält Kontrollen, die auch in anderen Merkblättern mit einfachen Mitteln vorgeschlagen wurden (z.B. Merkblätter Nr. 9, 11).

2. Erforderliches Material

- Prüfkörper: Beispiele
 - RöVi-Prüfkörper für Direktaufnahme mit integriertem Detektor (ca. Fr. 2'300.-), für Direktaufnahme und Durchleuchtung mit integriertem Detektor (Preis ca. Fr. 2'550.-) (Firma Wellhöfer, Bahnhofstrasse 5, D-90592 Schwarzenbruck),
 - Bronder-Messphantom (Preis ca. Fr. 1'750.-), Prüfkörper NORMI 3 für Direktradiographie (Preis ca. Fr. 1'160.-), NORMI 4 für Durchleuchtung (Preis ca. 1'350.-) oder NORMI 3/4 (Preis ca. Fr. 1'850.-) (Firma PTW, Lörracher-Str. 7, D-79115 Freiburg i. Br.)
- 1 mm dicke Kupferplatte
- Dosimeter: vgl. Merkblatt 11
- Densitometer: vgl. Merkblatt 1
- Sensitometer: vgl. Merkblatt 1
- Prüfkassette mit Film: bezeichnete Kassette aus dem Routinebetrieb
- Lupe: ca. 8-fache Vergrößerung
- Halterung oder Fotostativ: um Prüfkörper an Wandstativ zu positionieren.

3. Durchführung

Die Prüfkörper werden mit entsprechenden Anleitungen geliefert, in denen die Durchführung beschrieben ist.

Die Ausgangswerte für die Konstanzprüfungen werden nach der Abnahme- und Zustandsprüfung - möglichst in Zusammenarbeit mit der Lieferfirma des Röntgengerätes - ermittelt. Es sollen realistische Bedingungen für die Konstanzprüfungen benutzt werden, d.h. mit den im Routinebetrieb benutzten Einstellparametern und dem üblicherweise verwendeten Bildempfängersystem (Film-Folien-System, Durchleuchtung usw.).

Im Idealfall sollen die Konstanzprüfungen durch diejenigen Personen durchgeführt werden, die routinemässig mit dem zu kontrollierenden Röntgengerät arbeiten. Als Alternative bieten verschiedene Firmen der Röntgenapparate-Industrie die Konstanzprüfung als Dienst-

leistung auf kommerzieller Basis an. Vor einer Konstanzprüfung sollten bekannte Mängel beseitigt werden und die Filmverarbeitung überprüft werden (vgl. Merkblatt 1).

Als Standardeinstellungen erfolgen je zwei Aufnahmen des Prüfkörpers unter Benutzung des Belichtungsautomaten und je zwei mit manueller Einstellung der Expositionsdaten bei etwa 70 und 100 kV. Die Einstellparameter richten sich nach den betriebsüblichen Parametern. Die oben genannten Standardeinstellungen gelten also nur dann, wenn das Röntgengerät auch im Routinebetrieb in diesem Anwendungsbereich betrieben wird. Es brauchen nur Aufnahmen mit dem am meisten benutzten Brennfleck durchgeführt zu werden. Es ist jedoch freigestellt, für die beiden Spannungsbereiche unterschiedliche Brennflecke einzustellen.

Bei abgedunkeltem Raum wird mit Hilfe des Lichtvisiers wechselseitig die Grösse des Lichtfeldes verändert und der Prüfkörper verschoben, bis die Ränder des Lichtfeldes mit der Feldgrössenmarkierung auf dem Prüfkörper zentrisch übereinstimmen. Bei Verwendung eines Prüfkörpers mit getrenntem Absorber und Strukturplatte erfolgt die genannte Positionierung ohne Absorber, der erst nachträglich in die Schienen des Lichtvisiers eingesetzt wird. Das Dosimeter wird nun auf den Prüfkörper gelegt - sofern es nicht im Absorber eingebaut ist - gemäss Merkblatt Nr. 11.

Es sollte für die Qualitätskontrolle an einem Röntgengerät immer die gleiche Filmkassette verwendet werden, die aber im Routinebetrieb mitbenutzt wird. Die Kassette muss deshalb gekennzeichnet sein. Es ist empfehlenswert, auf einem Film mit der Prüfkörper-Aufnahme ausserhalb des Nutzstrahlenfeldes am Rand zusätzlich mit dem Sensitometer einen optischen Dichtekeil aufzubelichten (vgl. Merkblatt 1). Die Filme werden entwickelt und eindeutig beschriftet (Datum, Raum, Gerät, Arbeitsplatz, Spannung, Expositionsart).

Exposition mit Belichtungsautomatik: Am Schaltpult werden das Messfeld der Belichtungsautomatik, die zum Film-Folien-System gehörende Belichtungsstufe, die Brennfleckgrösse, die Spannung (im niederen Spannungsbereich) und gegebenenfalls die Leistungsstufe eingestellt. Dann wird die Exposition ausgelöst. Der Dosimeterwert (in mGy) wird gegebenenfalls abgelesen bzw. das Personen-Dosimeter weggenommen (Nr. des Dosimeters notieren).

Exposition mit manueller Einstellung: Ohne Verstellung von Prüfkörper, Röntgenröhre, Lichtvisier und Auflagefläche wird die mit einem neuen Film geladene Kassette wieder eingeschoben und gegebenenfalls das Dosimeter wieder positioniert bzw. auf Null gestellt. Es wird dann die Exposition mit manueller Einstellung des mAs-Produktes mit dem gleichen kV-Wert durchgeführt.

Anschliessend folgen bei beiden Expositionsarten in gleicher Weise die beiden Aufnahmen im höheren Spannungsbereich. Dazu ist je nach Typ des Prüfkörpers eventuell eine Zusatzplatte (z.B. 1 mm Kupfer) erforderlich, die fokusseitig auf den Prüfkörper aufgesetzt wird.

Gehören zum gleichen Röntgengerät noch weitere Anwendungsgeräte oder Arbeitsplätze, so sind daran nur noch Aufnahmen mit dem Belichtungsautomaten anzufertigen, sofern damit in der Routine gearbeitet wird. Bei einer Organautomatik sollten Programme für die Konstanzprüfung reserviert werden. Bei einer Formatautomatik sollte die richtige Stellung der Vorderblende mit einem zweiten grösseren Film oberhalb der Formatautomatik geprüft werden.

Auswertung

Die Messwerte der Konstanzprüfungen sollten zusammen mit den Ausgangswerten, den Toleranzbereichen und den Einstellparametern auf geeigneten Protokollblättern so dokumentiert werden, dass eine andere Person völlige Klarheit über die Durchführung der Konstanzprüfung an einem Gerät hat (vgl. Protokoll nach Anhang 3, Seiten 85/86).

Es werden folgende Resultate festgehalten: Oberflächendosis, optische Dichte, Kontrast, Auflösung, Grösse des Nutzstrahlenfeldes sowie Zentrierung.

Mit einem Densitometer werden auf den Aufnahmen die *optische Dichte* an einem festgelegten Ort des Prüfkörpers (Ausgangswert zwischen 1.0 und 1.8) sowie die optische Dichte am Ort der gewählten Kontraststufe gemessen und auf dem Kontrollblatt eingetragen. Zu den Ausgangswerten gehören auch die Angaben, wo die optischen Dichten gemessen werden, und ob die Bruttodichte (inkl. Schleier) oder die Nettodichte (ohne Schleier) angegeben wird.

An einer Aufnahme wird die *Uebereinstimmung des Lichtvisiers mit dem Nutzstrahlenfeld* überprüft. Die Prüfkörper enthalten ein Messgitter mit einem Gitterabstand von 1 cm. Es genügt, auf den Achsen in beiden Richtungen die Anzahl der "Kästchen" zu zählen und Zwischenwerte zu schätzen. Wird das Nutzstrahlenfeld mit einem Massstab ausgemessen, so muss der Vergrösserungsfaktor berücksichtigt werden. Es wird einerseits die Nutzstrahlenfeldgrösse bestimmt und andererseits die Abweichungen zwischen den Rändern des Nutzstrahlenfeldes und des Lichtfeldes in allen vier Richtungen.

Zur Prüfung der Zentrierung werden die diagonal gegenüberliegenden Ecken des Nutzstrahlenfeldes auf dem Film mit einem Lineal oder Karton verbunden und die Diagonalen in der Nähe der Mitte auf dem Film markiert. Der Kreuzungspunkt der Diagonalen zeigt das Zentrum des Nutzstrahlenfeldes. Die Mitte des Prüfkörpers ist aus seiner Abbildung auf dem Film ersichtlich. Der *Zentrierfehler* (oder die Mittenabweichung) ist der Abstand zwischen der Mitte des Prüfkörpers und der Mitte des Nutzstrahlenfeldes. Der Abstand wird geschätzt oder mit dem Lineal gemessen.

Die *visuelle Auflösung* wird mit einer Lupe am Bleistrichraster bestimmt. Es wird der Wert derjenigen Rastergruppe angegeben, bei der die Linien in beiden Richtungen gerade noch getrennt wahrgenommen werden.

Abweichungen der Kenngrössen, die bei der Überprüfung der Filmverarbeitung festgestellt wurden, dürfen bei der Bewertung der Prüfkörperaufnahme berücksichtigt werden. Dazu dient der aufbelichtete Dichtekeil (vgl. Hinweis vor dem Abschnitt "Exposition mit Belichtungsautomatik"). Abweichungen der optischen Dichten beim Dichtekeil gegenüber den Ausgangswerten dürfen auch bei den optischen Dichten des Prüfkörpers addiert oder subtrahiert werden.

Mit den meisten Prüfkörpern für die Direktaufnahmen können auch *Durchleuchtungseinrichtungen* geprüft werden. Bei Obertisch-Röhren wird der Prüfkörper auf den Untersuchungstisch gestellt. Bei Untertisch-Röhren wird der Prüfkörper auf ca. 25 cm lange Haltebeine geschraubt und so auf den Untersuchungstisch gelegt. Bei vorhandenem und ausfahrbarem Streustrahlenraster sollte die Durchleuchtung ohne Raster erfolgen (Einfluss auf Dosisleistungsregelung, Auflösung und Kontrast). Die Anzahl der erkennbaren Kontrastfelder, die Auflösung und die Lage des Nutzstrahlenfeldes werden auf dem Monitor geprüft. Die Dosisleistung wird auf der Fokussseite des Prüfkörpers während mindestens 20 s gemessen. Es werden alle BV-Formate geprüft, aber nur bei einer Regelungsstufe.

4. Probleme, Fehler, Einschränkungen

Bei der Festlegung der Ausgangswerte können die Ergebnisse zufälligerweise an den Grenzen des normalen Schwankungsbereiches gelegen haben. Deshalb sollten als Ausgangswerte die Mittelwerte der Konstanzprüfungen, gemessen an mindestens zwei aufeinanderfolgender Tagen, verwendet werden.

Nach technischen Änderungen an der Röntgenanlage oder am Filmverarbeitungssystem sind in Zusammenarbeit mit der Servicefirma neue Ausgangswerte für die Konstanzprüfung festzulegen. Eventuell muss die gesamte Abnahmeprüfung neu durchgeführt werden.

Wenn bei hoher Spannung die Belichtungsautomatik benutzt wird, (z.B. an einem Thorax-Aufnahmeplatz), muss die Absorption des Prüfkörpers mit einer Zusatzplatte (z.B. 1 mm dicke Kupferplatte) erhöht werden, da sonst die Schaltzeit zu kurz wird.

Eine gute Vorbereitung der Konstanzprüfung (Bereitstellung des Materials, Messmittel dem Röntgengerät angepasst usw.) und eine gut überlegte Organisation verringern den erforderlichen Zeitaufwand, vor allem bei mehreren Röntgenanlagen. Pro Arbeitsplatz benötigt man ca. 15 min. Zusätzliche 15 min nehmen Auswertung und Beurteilung in Anspruch. Die Ergebnisse und Unterlagen der Abnahmeprüfung und der Konstanzprüfungen sollten beim Röntgengerät verfügbar sein.

Für Qualitätskontrollen an Zahn-Röntgengeräten, Mammographie-Geräten, CT- oder DSA-Anlagen sind spezielle Prüfkörper auf dem Markt erhältlich.

Es sollen nur betriebsübliche Einstellungen benutzt werden (Bsp.: An einem Hartstrahl-Thorax-Aufnahmegerat mit Belichtungsautomatik gibt es nur eine Prüfkörperaufnahme mit z.B. 125 kV).

5. Sollwert, Toleranzbereich

Die Toleranzen sind im Anhang 1 (Seite 81) aufgeführt.

Die Dosis sollte innerhalb $\pm 25\%$ vom Ausgangswert liegen.

Die optische Dichte sollte innerhalb ± 0.2 mit Belichtungsautomatik und ± 0.3 mit manueller Einstellung liegen. Die maximale Toleranz für den Kontrast liegt ebenfalls bei ± 0.2 mit Belichtungsautomatik und ± 0.3 mit manueller Einstellung.

Abweichungen zwischen Nutzstrahlenfeld und Lichtfeld sollten innerhalb $\pm 1\%$ des Fokus-Film-Abstandes übereinstimmen. Die Zentrierung (Abweichung zwischen Licht-Achsenkreuz und Zentrum des Lichtfeldes bzw. Nutzstrahls) sollen innerhalb $\pm 1\%$ des Fokus-Film-Abstandes liegen. Bei der Durchleuchtung liegt die Toleranz für die Lage des Nutzstrahlenfeldes (grösster/ kleinster Durchmesser, unsymmetrische Stellung der Blenden gegenüber der Mitte des Prüfkörpers beim Schliessen der Blenden) bei ± 10 mm.

Die visuelle Auflösung darf höchstens eine Rastergruppe schlechter sein als bei der Abnahmeprüfung (vgl. Anhang 1) und muss bei der Durchleuchtung mindestens 1.2 Linienpaare/mm betragen.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder nachdem bei einer Patientenuntersuchung der Verdacht auf Mängel auftritt.

Bei grösseren technischen Interventionen am Röntgengerät, insbesondere beim Wechsel der Röntgenröhre, muss eine Zustandsprüfung erfolgen und anschliessend müssen die Ausgangswerte für die Konstanzprüfung neu ermittelt werden.

7. Massnahmen

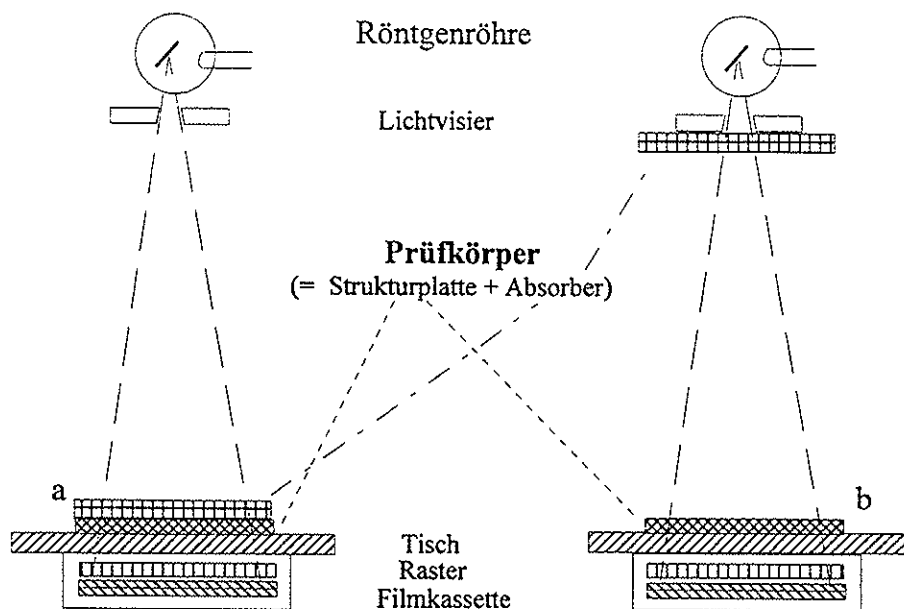
Beim Ueberschreiten einer zulässigen Toleranz soll die Konstanzprüfung sicherheitshalber wiederholt werden. Bei Bestätigung einer Abweichung sollte versucht werden, die Ursachen dafür abzuklären. Anschliessend muss allenfalls eine Reparatur veranlasst werden.

Bei Ueberschreitung der Toleranzen für Feldgrösse und Zentrierung ist eine Ueberprüfung der mechanischen Aufhängung der Röntgenröhre, der Lammelleneinstellung am Lichtvisier oder eine Justierung der Lichtvisierlampe erforderlich.

Falls sich bei Aufnahmen mit Belichtungsautomatik die optische Dichte der Aufnahme verändert hat, ist vermutlich die Belichtungsautomatik defekt. Ist beim Betrieb mit Belichtungsautomatik die Oberflächendosis kleiner bzw. grösser und gleichzeitig der Kontrast vermindert bzw. erhöht, so hat sich die Röhrenspannung erhöht bzw. erniedrigt.

Ändern sich die Oberflächendosis und die optische Dichte bei gleichbleibendem Kontrast, so hat sich das mAs-Produkt verändert.

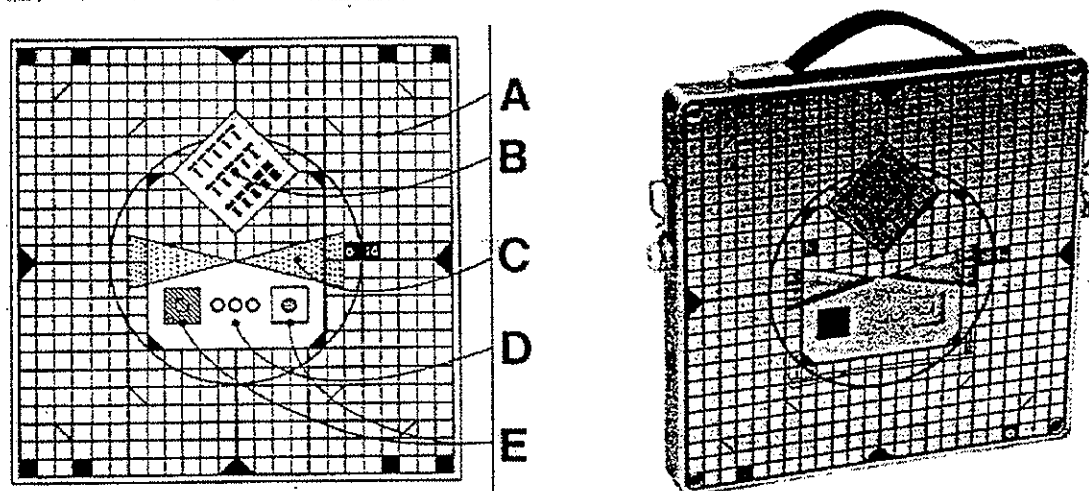
Weitere Massnahmen sind in den Anleitungen zu den einzelnen Prüfkörpern aufgeführt.



Anordnung des Prüfkörpers im Strahlengang für Direkt-Aufnahme-Geräte.

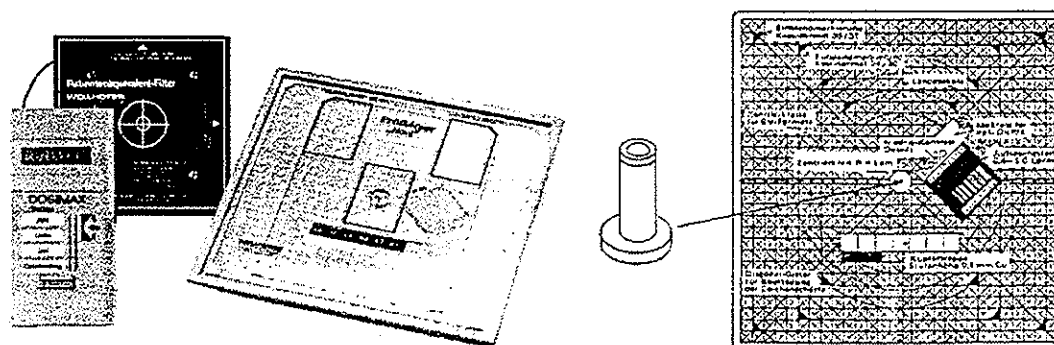
a) Kompaktprüfkörper

b) Prüfkörper mit getrenntem Absorber und Strukturplatte.



A = Messbildgitter, B = Auflösungstest, C = Konstrastfeld,
D = Minimalkontrast-Felder, E = Kontrastumfang.

Schematische Darstellung der Strukturelemente des Bronder-Messphantoms (mit freundlicher Genehmigung der Firma PTW, Freiburg i. Br.).



Schematische Darstellung der Strukturplatte des "RöVi"-Prüfkörpers (mit freundlicher Genehmigung der Firma Wellhöfer, Schwarzenbruck)

Merkblatt 8

Konstanzprüfung beim Betrieb zahnärztlicher Aufnahmegeräte

1. Zweck

Dem Betreiber eines zahnärztlichen Aufnahmegerätes soll ein geeignetes Prüfverfahren angegeben werden, damit er die erforderliche Bildqualität beibehalten oder wieder herstellen kann. Regelmässig durchgeführte Prüfungen sind ein Beitrag zur fehlerfreien und rationalen Röntgenuntersuchung in der Zahnheilkunde sowie zur Vermeidung von Wiederholungsaufnahmen und damit auch unnötiger Strahlenexposition des Patienten. Mit dem beschriebenen Prüfverfahren können anhand zweier Kenngrössen die Filmverarbeitung und die Röntgenanlage auf Konstanz geprüft werden. Entsprechende Prüfanleitungen sind auch von den Herstellern/Lieferanten zahnärztlicher Röntgengeräte erhältlich.

2. Erforderliche Ausrüstung

- Prüfkörper mit Einschub für Zahnfilm (z.B. nach DIN 6868 Teil 5), siehe Bild 1.
(im Handel erhältlich für ca. Fr. 150.-, z.B. beim Lieferanten der Röntgenanlage)
- Zahnfilm
- Massstab
- Thermometer und Stoppuhr (für Filmverarbeitung)

3. Durchführung

Kenngrössen für die Konstanzprüfung sind Nutzstrahlenfeld (Lage und Abmessungen) und Dichte (Schwärzung des Bildes).

Bei der Installation der Röntgenanlage sind anlässlich der vom Lieferanten durchgeführten Abnahmeprüfung der Ausgangszustand festzustellen und die entsprechenden Referenzwerte zu erheben (Referenzfilm), die Prüfbedingungen sind in einem Formular gemäss Anhang 6, Seite 91, festzuhalten. Bei bereits in Betrieb stehenden Anlagen ist vorerst eine Wartung mit Zustandsprüfung durch den Lieferanten durchführen zu lassen, um dann die Referenzwerte für die Konstanzprüfung zu ermitteln.

Überprüfung der Röntgenanlage:

An der zu überprüfenden Anlage wird mindestens jährlich oder bei Anzeichen für eine Verschlechterung eine Röntgenaufnahme desselben Prüfkörpers in gleicher Anordnung und mit denselben Expositionsdaten wie bei der Ermittlung des Ausgangszustandes angefertigt. Die Aufnahmen müssen immer mit dem gleichen Filmtyp bzw. derselben Film-Folien-Kombination hergestellt werden.

a. Tubusgerät:

(siehe Bild 1 und 2)

Nutzstrahlenfeld:

- Film in den Prüfkörper einschieben (Verwendung desselben Filmtyps wie bei der Ermittlung des Ausgangswertes),
- Tubus des Röntgengerätes in den passenden Durchmesser des Prüfkörpers einsetzen bzw. Spitztubus auf das Mittenkreuz aufsetzen,
- Expositionsdaten wie bei der Ermittlung des Ausgangswertes einstellen und Aufnahme auslösen; Film entwickeln (gleiche Entwicklungsparameter wie beim Referenzfilm).

- Belichtetes Feld auf dem Film abmessen und mit dem Feld des Referenzfilmes vergleichen. Die Abweichung darf maximal ± 2 mm betragen.
- Aufnahme mit Datum und Expositionsdaten versehen und Prüfergebnis in ein Formular gemäss Anhang 6 eintragen.

Dichte:

- Die Stufen der Schwärzungstreppe auf dem oben hergestellten Prüffilm werden visuell mit dem Referenzfilm (Ausgangszustand) verglichen. Die Abweichung der Schwärzungsdichte darf höchstens eine Stufe betragen. Im Ausgangszustand muss die Dichte der mittleren Stufe $1,2 \pm 0,2$ betragen (Messung mit dem Densitometer des Lieferanten anlässlich der Abnahmeprüfung oder Wartung/Zustandsprüfung).
- Prüfergebnis in ein Formular gemäss Anhang 6 eintragen.

b. Panoramageräte und Fernröntgen

(siehe Bild 3)

Nutzstrahlenfeld:

- Derselbe Prüfkörper wie unter a. (ohne eingelegten Film) wird auf geeignete Weise vor der Sekundärblende bzw. auf dem Kassettenhalter oder der Kassette befestigt, die Anbringung hängt vom Gerätetyp ab.
- Filmkassette laden und in Kassettenhalter einhängen bzw. einschieben.
- Expositionsdaten wie bei der Ermittlung des Ausgangswertes einstellen und Aufnahme auslösen (kompletter Umlauf), Film entwickeln (gleiche Entwicklungsparameter wie beim Referenzfilm).
- Belichtetes Feld auf dem Film abmessen und mit dem Feld des Referenzfilmes vergleichen. Die Abweichung darf maximal ± 2 mm betragen. Auf allen Seiten des Films muss ein unbelichteter Rand sichtbar sein.
- Aufnahme mit Datum und Expositionsdaten versehen und Prüfergebnis in ein Formular gemäss Anhang 6 eintragen.

Dichte:

Analog wie unter a. verfahren.

Überprüfung der Filmverarbeitung:

Die Konstanz der Filmverarbeitung wird geprüft, indem bei *einer und stets derselben Röntgenanlage* wöchentlich eine Aufnahme mit dem Prüfkörper angefertigt und danach die Dichte (Schwärzungsstufen) des Prüffilms auf Abweichungen überprüft wird (Vergleich mit Referenzfilm).

Die Entwicklertemperatur ist mindestens wöchentlich zu überprüfen.

Weitere Prüfungen:

Eine Überprüfung der *Dunkelkammerbeleuchtung* sollte jährlich erfolgen, wobei gemäss Merkblatt 3 geprüft werden kann. Alternativ kann folgendes Vorgehen gewählt werden, wobei mit allen verwendeten Filmsorten geprüft wird:

- Film mit Prüfkörper an einer Röntgenanlage exponieren (wie unter a. beschrieben) und in der Dunkelkammer bei ausgeschalteter Beleuchtung auspacken.
- Eine Hälfte des belichteten Prüffilms quer zu den Dichtestufen mit lichtdichtem Material abdecken und ca. 1 Minute der Dunkelkammerbeleuchtung aussetzen.
- Darauf den Film unter den üblichen Beleuchtungsverhältnissen verarbeiten und anschliessend die beiden Filmhälften vergleichen.
- Bei Unterschied der Dichten die Ursache feststellen und beseitigen (Lichtintensität und Lichtfarbe der Dunkelkammerbeleuchtung, Lichteinfall in der Dunkelkammer).

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Je nach Lieferant oder Hersteller des verwendeten Prüfkörpers können die hier beschriebenen Verfahren und Bilder etwas anders aussehen. In der Regel kann der Gerätelieferant jedoch entsprechende herstellerspezifische Anleitungen zur Verfügung stellen.

Die Konstanz der Dichte ist abhängig von der Konstanz der Expositionsparameter (Aufnahmezeit, Röhrenspannung und -strom, Filterung), der Konstanz des Bildempfangssystems (Film- bzw. Film-Folien-Kombination) und der Konstanz der Filmverarbeitung. Mit der Konstanzprüfung können zwar Dichteabweichungen gegenüber dem Ausgangszustand festgestellt, aber nicht immer eindeutig einer bestimmten Einflussgrösse zugeordnet werden.

Eine häufige Ursache für mangelnde Konstanz der Dichte liegt in Abweichungen der Filmverarbeitung gegenüber den Bedingungen beim Ermitteln des Ausgangszustandes. Deshalb sollte bei Dichteveränderungen zunächst die Filmverarbeitung überprüft werden und gegebenenfalls der Ausgangszustand wiederhergestellt werden. Ist danach die Dichte nicht wieder innerhalb der zulässigen Toleranz, sind die Fehler in Abweichungen bei den Expositionsparametern bzw. dem Bildempfangssystem zu suchen.

Der Prüfkörper muss immer mit gleicher räumlicher Anordnung unter reproduzierbaren geometrischen Bedingungen aufgenommen werden. Bei Tubusgeräten muss der Zentralstrahl senkrecht auf die Oberfläche des Prüfkörpers auftreffen, der Tubus muss aufliegen. Bei Panorama-Geräten werden durch eine geeignete Hilfsvorrichtung reproduzierbare geometrische Bedingungen sichergestellt.

Bei Panorama-Schichtaufnahme-Geräten ist der Prüfkörper vor der Sekundärblende (evtl. zusammen mit einem zusätzlichen Absorber von 0,5 mm Kupfer) und bei Fernröntgenaufnahme-Geräten auf der Kassette zu befestigen (siehe dazu die jeweiligen Gebrauchsanweisungen des Geräte- und Prüfkörperlieferanten).

Entwicklungszeit und Entwicklungstemperatur beeinflussen wesentlich die Dichte von Patienten- und Prüfaufnahmen. Es sind daher die Verarbeitungshinweise der Filmhersteller zu beachten. Bei Entwicklungseinrichtungen mit konstanter Verarbeitungszeit ist die Entwicklertemperatur auf $\pm 0,5^\circ$ einzuhalten.

Hinweis bei Wechsel des Filmtyps: Bei der wöchentlichen Filmverarbeitungsüberprüfung ist zu beachten, dass bei einem Wechsel des Filmtyps innerhalb der gleichen Empfindlichkeitsklasse die Konstanzprüfung überlappend durchgeführt wird. Bei Wechsel der Empfindlichkeitsklasse oder des Film-Foliensystems sind neue Referenzwerte zu ermitteln und die Änderungen im Prüfprotokoll festzuhalten.

Hinweis aus der Praxis: Neue Entwicklerlösungen sollten am Ende des letzten Arbeitstages einer Woche angesetzt werden, da allzu frische Entwickler am Anfang oftmals grössere Schwärzungen ergeben als ein bis zwei Tage später. So werden Ergebnisunterschiede zwischen den ersten und nachfolgenden Filmen vermieden, die mit dem neuen Entwickler entwickelt wurden.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Dichte: Referenzbild (mit mindestens 3 Schwärzungsstufen) ± 1 Stufe.

Im Referenzbild muss die Dichte der mittleren Stufe $1,2 \pm 0,2$ betragen.

Nutzstrahlenfeld: Referenzbild ± 2 mm.

Bei Panorama- und Fernröntgen-Aufnahmen muss auf dem Film um das belichtete Feld herum auf allen Seiten ein unbelichteter Rand sichtbar sein.

Entwicklertemperatur: Verarbeitungshinweise des Filmlieferanten beachten. Bei Entwicklungseinrichtungen mit konstanter Verarbeitungszeit beträgt der Toleranzbereich $\pm 0,5^\circ$.

6. Häufigkeit der Kontrolle

- Prüfung der Röntgenanlage (Dichte / Nutzstrahlenfeld): mindestens jährlich, evtl. monatlich
- Prüfung der Filmverarbeitung: wöchentlich (zu Beginn der Arbeitswoche) sowie am nächsten Arbeitstag nach jedem Neuansatz des Entwicklers.
- Prüfung der Dunkelkammerbeleuchtung: jährlich

7. Massnahmen

Technisch bedingte Aufnahmefehler entstehen überwiegend durch Mängel bei der Filmverarbeitung. Weitere wahrscheinliche Fehlerquellen sind der Zeitschalter und Netzschwankungen (namentlich in Gebäuden mit zu schwach ausgelegten Leitungen können zu bestimmten Tageszeiten die Zuschaltungen von Verbrauchern mit hohem Strombedarf einen Spannungsabfall verursachen, der sich im Röntgengerät auf die Hochspannungskonstanz auswirken kann). Steuereinheit und Röntgenröhre sind erfahrungsgemäss selten ein Grund für Beanstandungen.

Jeder Austausch von Komponenten der Röntgenanlage erfordert eine Neubestimmung des Ausgangszustandes (neue Referenzwerte). Dies gilt auch, wenn anlässlich einer Wartung oder Reparatur Geräteparameter geändert wurden, welche die Bildqualität beeinflussen können (z.B. Temperatureinstellung oder Durchlaufgeschwindigkeit bei der Entwicklungseinheit, Korrektur des Zeitschalters).

Hinweise auf mögliche Fehler bei zu dunklen bzw. zu hellen Bildern sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

<i>Mögliche Ursachen</i>	<i>Röntgenaufnahmen</i>		<i>Abhilfe</i>
	<i>zu dunkel</i>	<i>zu hell</i>	
1. Entwickler	zu frisch	erschöpft, nicht genügend regeneriert	Entwickler neu ansetzen. Verarbeitungshinweise beachten (z.B. spez. Entwickler, Temperatur, Zeit, Lagerung, Regenerierung). Evtl. Temperaturregelung nachjustieren/reparieren lassen.
2. Entwicklertemperatur	zu hoch	zu niedrig	Temperatur messen. Aufheizzeit beachten. Evtl. Temperaturregelung nachjustieren/reparieren lassen.
3. Entwicklungszeit	zu lang	zu kurz	Durchlaufzeit messen und mit dem Sollwert vergleichen. Evtl. Einstellmöglichkeit überprüfen/-reparieren lassen. Bei Handentwicklung vorgeschriebene Entwicklungszeit beachten.
4. Filmempfindlichkeit	höher	geringer	Ausgangszustand neu festlegen. Überlappende Anschlussmessung durchführen (alten und neuen Filmtyp wie bei Konstanzprüfung "Dichte" belichten und auswerten).
5. Film	vorbelichtet (Licht / Röntgenstrahlung)		Dunkelkammer auf Lichteinfall und Strahlung überprüfen. Evtl. Filme licht-/ strahlensicher lagern.
6. Filmlagerung	zu lange oder falsch		Verfallsdatum überprüfen / richtig lagern (siehe Merkblatt 3).
7. Expositionszeit Hochspannung und/oder Röhrenstrom	zu lang zu hoch	zu kurz zu niedrig	Zeitschalter überprüfen Service anfordern.
8. Filterung	Filter entfernt	zusätzlicher Absorber im Strahlengang	Originalfilter verwenden. Strahlengang auf zusätzliche Absorber untersuchen.
9. Filmtyp			Gleichen Filmtyp wie bei der Ermittlung des Ausgangszustandes verwenden.

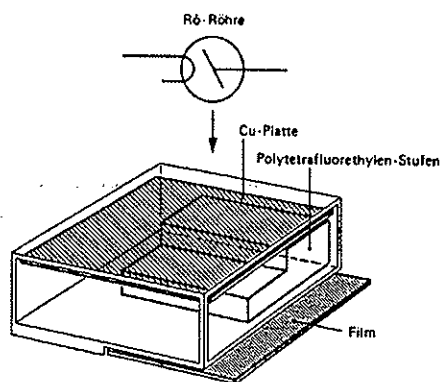


Bild 1

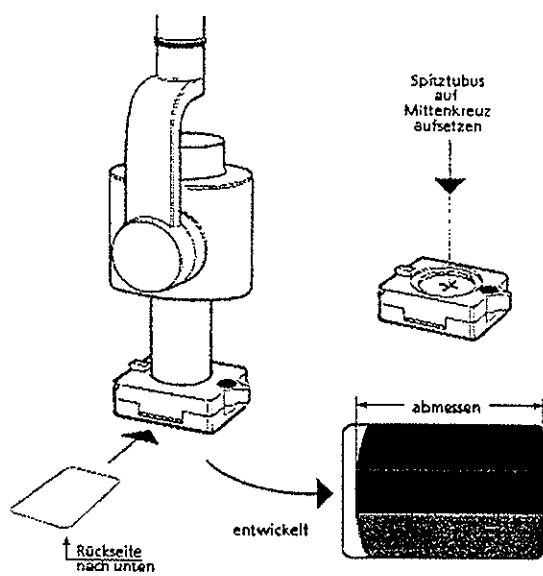


Bild 2

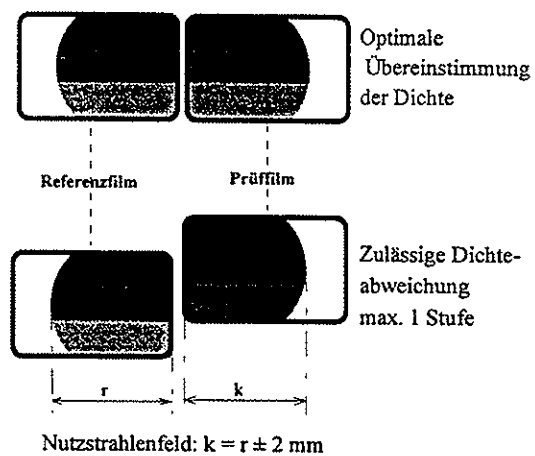
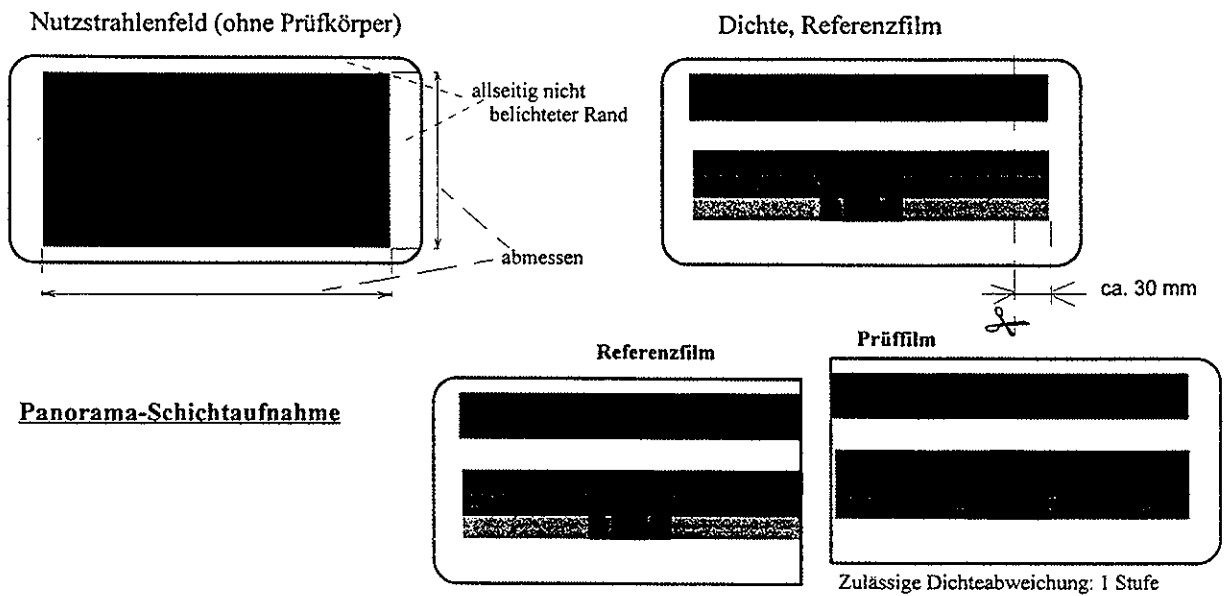


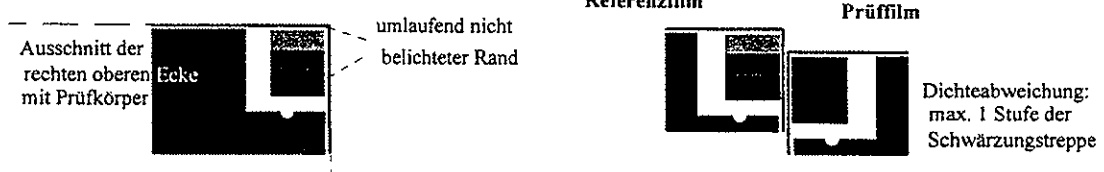
Bild 3

Beispiele von Referenz-/Konstanzprüffilmen (Panorama-Schichtaufnahme und Fernaufnahme)



Panorama-Schichtaufnahme

Fernaufnahme



Merkblatt 9

Übereinstimmung von Nutzstrahlenfeld und Lichtvisier

1. Zweck

Sicherstellung der Übereinstimmung von Nutzstrahlenfeld und Lichtvisierfeld sowie Fadenkreuz und Feldmittelpunkt.

2. Erforderliches Material

- a) Kassette bzw. Film (24cm x 30cm), neun Zehn-Rappenstücke, zwei Büroklammern oder
- b) im Handel erhältlicher spezieller Prüfkörper, Testplatte (siehe Merkblatt 7).

3. Durchführung

Es wird die Anwendung von Ausrüstung a) beschrieben. Bei Verwendung von Ausrüstung b) beachte man die der Testplatte beiliegende Anleitung oder Merkblatt 7.

- Kassette, 24 cm x 30 cm, auf den Patienten-Lagerungstisch (Patientenstützwand) legen, mit der Kassettenlängsachse parallel zur Tischlängsachse.
- Lichtfeld (Fadenkreuz) auf das Zentrum der Kassette richten, bei einem Fokus-Filmabstand von 100 cm; Strahleinfall rechtwinklig zur Filmebene.
- Lichtfeld auf etwa 15 cm x 20 cm einblenden.
- An jeder Seitenlinie des Lichtfeldes werden zwei Zehnrapenstücke so auf die Fadenkreuzlinien gelegt, dass ein Zehner innerhalb und der zweite ausserhalb des Lichtfeldes liegt (Abb. 1).
- Zwei Büroklammern mit der Spitze zueinander dienen der Markierung des Fadenkreuzes (Abb. 1).
- Zur Kennzeichnung der Lage des Films bezüglich Nutzstrahlenfeld wird das neunte Zehnrapenstück in die äussere Ecke des Quadranten gelegt, der auf der Vorderseite des Tisches und der Anodenseite der Röhre liegt (Abb. 1).
Anstelle des neunten Zehnrapenstückes kann jede andere geeignete Markierung verwendet werden (z.B. Bleibuchstaben).
- Aufnahme auslösen mit den ungefähren Expositionsdaten für eine Hand.
- Gegebenenfalls Kennzeichnung anbringen zur späteren Identifikation von Anlage, Raum, Datum.
- Film entwickeln und feststellen, ob das Nutzstrahlenfeld richtig liegt und das Fadenkreuz dem Feldmittelpunkt entspricht (Vergleich Begrenzung Nutzstrahlenfeld - Lage der Zehnrapenstücke sowie Feldmitte - Lage Büroklammernspitzen) - (Abb. 2).
- Resultat dokumentieren.

4. Probleme, Fehler, Einschränkungen

Mit dem beschriebenen Test mittels Zehnrapenstücken und Büroklammern kann nicht geprüft werden, ob der Zentralstrahl senkrecht zur Bildebene steht. Mit der speziellen Testplatte sowie nach Merkblatt 10 ist dies jedoch möglich.

Ist der Rand des Strahlenfeldes nur undeutlich erkennbar, so soll die Aufnahme mit einer grösseren Exposition (Faktor 2 - 4 für das mAs-Produkt) wiederholt werden.

Bei einer Doppelfokusröhre verschiebt sich das Strahlenfeld beim Umstellen von einem Fokus zum anderen in Kathoden-Anoden-Richtung. Für das Lichtfeld wird deshalb meistens ein Mittelwert der beiden Strahlenfelder gewählt.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Abweichungen zwischen Nutzstrahlenfeld und Lichtfeld sowie zwischen Fadenkreuz und Feldmittelpunkt müssen innerhalb $\pm 1\%$ des Fokus-Filmabstandes (FFA) liegen.

Für einen FFA von 100 cm und einem Feld von 15 cm x 20 cm ist eine Abweichung um höchstens ± 1 cm ($= \frac{1}{2}$ Zehnrapenstück) tolerierbar.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

sowie nach Wechsel der Lampe für das Lichtvisier oder bei Anzeichen, dass das Lichtfeld nicht mit dem Strahlenfeld übereinstimmt.

7. Massnahmen

Wenn der Toleranzbereich überschritten ist, muss durch einen Service-Techniker (Röntgenfirma, betriebseigener technischer Dienst) eine entsprechende Korrektur am Lichtvisier vorgenommen werden.

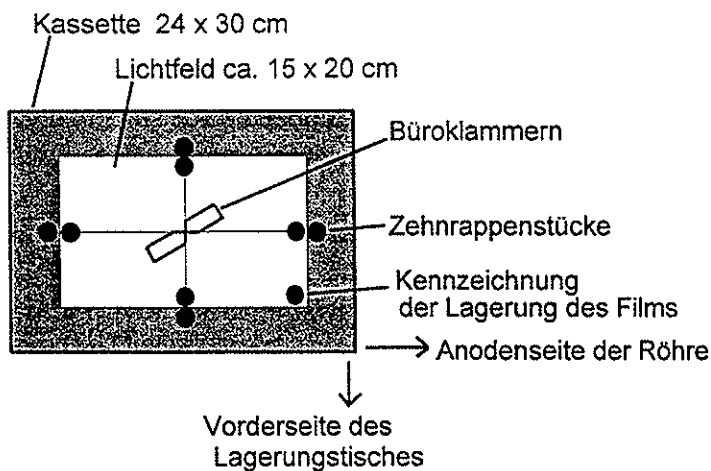


Abb.1

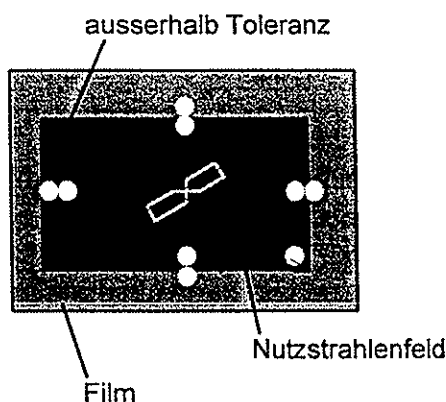


Abb.2

Merkblatt 10

Übereinstimmung von Zentralstrahl und Senkrechtstrahl

1. Zweck

Sicherstellung der Übereinstimmung von Zentralstrahl und Senkrechtstrahl bei Verwendung eines Rasters.

Der Zentralstrahl ist die Verbindungslinie zwischen Brennfleck und Blendenzentrum. Der Senkrechtstrahl ist das Lot vom Brennfleck auf die Projektionsebene (Abb. 1). Eine Kippung des Zentralstrahls gegen den Senkrechtstrahl hat eine ungleichmässige Absorption der Primärstrahlung im Raster zur Folge, falls die Kippung senkrecht zur Richtung der Rasterlamellen erfolgt.

2. Erforderliches Material

a) Kassette bzw. Film (18 cm x 24 cm)

1 Liter-Glasflasche, ca. 32 cm hoch (z.B. Mineralwasserflasche)
oder

b) im Handel erhältlicher spezieller Prüfkörper, Testplatte.

3. Durchführung

Vor der Prüfung der Zentrierung von Zentralstrahl und Senkrechtstrahl ist darauf zu achten, dass die Zentrierung Lichtvisierfeld - Strahlenfeld übereinstimmt (siehe Merkblatt 9).

Es wird die Anwendung von Ausrüstung a) beschrieben. Bei Verwendung von Ausrüstung b) beachte man die zur Testplatte gehörende Anleitung.

- Kassette, 18 cm x 24 cm, auf den Patientenlagerungstisch legen mit der Kassettenlängsachse parallel zur Tischachse.
- Flasche auf die Kassette stellen.
- Strahleinfall senkrecht zur Filmebene einstellen mit einem Fokus-Film-Abstand von 100 cm.
- Fadenkreuz des Lichtfeldes auf die Mitte der Flaschenöffnung zentrieren.
- Lichtfeld auf etwa 12 cm x 12 cm einblenden.
- Zur Kennzeichnung der Lage des Films bezüglich Nutzstrahlenfeld wird eine Markierung (z.B. Münze) in die äussere Ecke des Quadranten gelegt, der auf der Vorderseite des Tisches und der Anodenseite der Röhre liegt (Abb. 1, Merkblatt 9).
- Aufnahme auslösen mit den ungefähren Expositionsdaten für ein Knie.
- Gegebenenfalls Kennzeichnung anbringen zur späteren Identifikation von Anlage, Raum, Datum.
- Film entwickeln und Abweichung zwischen dem Zentrum des inneren dunklen Kreises (Flaschenöffnung) und dem Zentrum des äusseren dunklen Kreises (Flaschenboden) bestimmen (siehe Abb. 2).
- Resultate dokumentieren.

4. Probleme, Fehler, Einschränkungen

- Gradanzeige dejustiert.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Die Kippung zwischen Zentralstrahl und Senkrechtstrahl sollte weniger als 1,5 Grad betragen. Die daraus folgende Dezentrierung darf 1 cm nicht überschreiten.

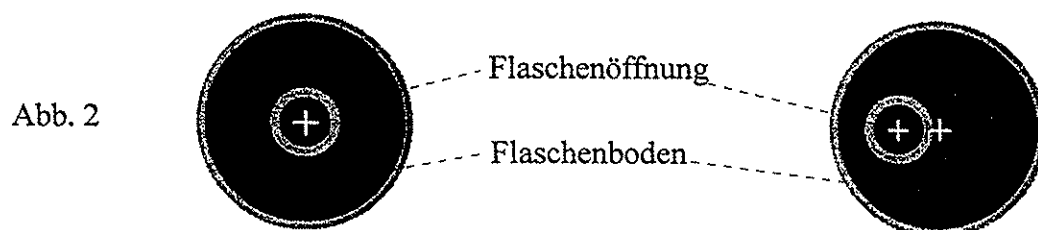
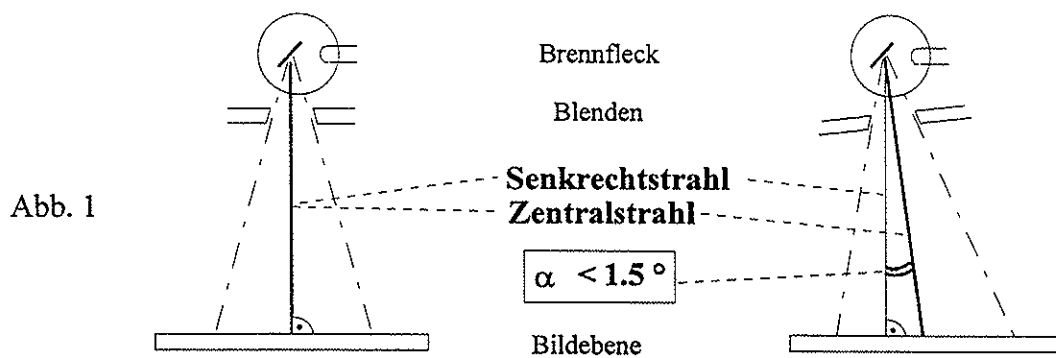
6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder bei Verdacht auf Dejustierung.

7. Massnahmen

Wenn der Toleranzwert überschritten ist, muss die notwendige Korrektur durch einen Service-Techniker (Röntgenfirma, betriebseigener technischer Dienst) vorgenommen werden.



Merkblatt 11

Oberflächendosis, Konstanz dosisbestimmender Aufnahmeparameter

1. Zweck

Durch periodische Messungen der Oberflächendosis an einem Phantom und Vergleich der Werte mit dem Referenzwert wird die Konstanz von dosisbestimmenden Parametern geprüft. Diese Grössen (z.B. kV, mAs) beeinflussen die Bildgebung, den Kontrast und weitere Bildparameter. Gleichzeitig ergibt sich die Empfindlichkeit des verwendeten Film-Folien-Systems.

Das für die Messung benützte Phantom (Dicke, Material usw.) beeinflusst die Dosis bei der Verwendung einer Belichtungsautomatik entscheidend. Seiner Wahl kommt deshalb eine grosse Bedeutung zu.

Dosisbegriffe:

- *Oberflächendosis* ist die Dosis an der Eintrittseite der Nutzstrahlung in der Feldmitte an der Oberfläche des bestrahlten Körpers (oder Phantoms).
Dosisumrechnung: 1 mGy = 100 mrad ; 100 mR entsprechen 1 mGy, resp. 1 mSv.
- *Dosisausbeute* entspricht der Oberflächendosis für eine Exposition von 1 mAs bei einer Fokus-Oberflächen-Distanz von 100 cm. ⁽¹⁾

2. Erforderliches Material

Phantom:

- 2 Milchpackungen (à je 1 l), die mit ihren grossen Flächen aufeinander gelegt werden. Der Zentralstrahl soll senkrecht auf diese Flächen positioniert werden (Dicke in Richtung Zentralstrahl: ca. 13 cm).
- Auch andere Phantome eignen sich für diese Kontrollen (Bsp.: Holz mit einer Fläche von ca. 20 cm x 20 cm und einer Dicke von 15 cm; ein Kunststoffkanister mit ca. 5 l Wasser Inhalt). Die in der Folge genannten Parameter und Richtwerte müssen dann jedoch angepasst werden. Ausserdem ist die Möglichkeit eines Vergleichs damit nicht mehr gegeben.

Es ist wichtig, für die Konstanzmessungen immer das gleiche Phantom und die gleiche Film-Folien-Kombination zu verwenden.

Dosimeter: Möglichkeiten (Alternativen)

- Zusätzlich bezogene Personen-Dosimeter (TLD) für beruflich strahlenexponierte Personen von einer Personendosimetrie-Stelle.
Wichtig: Der Auswertestelle muss mitgeteilt werden, dass diese Personen-Dosimeter nicht von Personen getragen wurden. Ausserdem soll die verwendete Strahlenqualität (kV) angegeben werden.
- Kondensatorkammer (Stabdosimeter) mit Messbereich 0-2 mGy (ca. Fr. 450.-) mit zugehörigem Ladegerät (ca. Fr. 400.-).
- Diagnostik-Dosimeter (Diode mit Digitalanzeige, ca. Fr. 1200.-).
- Ionisationskammer mit zugehörigem Elektrometer (ca. Fr. 20'000.-, nur für Medizin-Physiker geeignet).

¹Zur Bestimmung der Dosisausbeute wird im allgemeinen anstelle der Oberflächendosis die Dosis frei Luft gemessen.

3. Durchführung

Der Referenzwert muss bestimmt werden, wenn sich die Röntgenanlage in gutem Zustand befindet. Es ist empfehlenswert, diese Messung anlässlich einer Wartung im Anschluss an eine technische Kontrolle zusammen mit der Service-Firma durchzuführen.

Das Dosimeter wird in Richtung Röntgenröhre auf das Phantom gelegt. Die Exposition erfolgt mit festgelegten Parametern. Diese sollen so gewählt werden, dass sie den am meisten verwendeten Expositionen am Röntgengerät entsprechen. Empfohlen werden die folgenden Prüfbedingungen: 75 kV, FOD = 100 cm, Feldgrösse auf der Oberfläche des Phantoms 8 cm x 15 cm. Die Einhaltung einer konstanten Fokus-Oberflächen-Distanz ist wichtig. Die Exposition soll so erfolgen, dass die optische Dichte des Filmes 1.0 ± 0.2 über dem Grundschiefer beträgt (kann auch von Auge mit einem kalibrierten Testfilm verglichen werden, der bei jeder Filmvertretung erhältlich ist). Insbesondere bei Verwendung von Personen-Dosimetern soll zweckmässigerweise zuerst ohne Dosimeter versucht werden, diese optische Dichte zu erreichen.

Sofern möglich, soll das verwendete mAs-Produkt registriert werden (Einstellwert bei freier Belichtung, möglicherweise Ablesewert bei Belichtungsautomatik), um die Dosisausbeute (in mGy/mAs) zu ermitteln.

Mit den unter Punkt 2 aufgeführten Kondensatorkammern, dem Diagnostik-Dosimeter sowie der Ionisationskammer kann die Prüfung beliebig oft wiederholt werden, z.B. bei verschiedenen Röhrenspannungen oder mAs-Produkten (vgl. auch Punkt 5: Reproduzierbarkeit).

Bei Verwendung von TLD (Personen-Dosimeter) muss für eine bessere Genauigkeit der Resultate dreimal exponiert werden. Die aufeinanderfolgenden Expositionen des gleichen Dosimeters müssen unter identischen Bedingungen durchgeführt werden. Die von der Auswertestelle mitgeteilte Dosis muss dann durch 3 dividiert werden, um die Oberflächendosis zu erhalten.

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Die Messung sollte mit eingesetzter Filmkassette erfolgen (gleiche Rückstreuung auf Belichtungsmesskammer wie im Patientenbetrieb). Mit einem darin exponierten Film soll verifiziert werden, ob die optische Dichte korrekt war (Vergleich mit Film von Abnahme- oder Zustandsprüfung, mit Densitometer oder von Auge).

Es ist darauf zu achten, dass stets der gleiche (kleine oder grosse) Brennfleck verwendet wird. Bei Anlagen mit Belichtungsautomatik ist die mittlere Messkammer zu wählen.

Die Phantomart und -dicke muss reproduzierbar sein. Alle Aufnahmeparameter (Brennfleck, Röhrenspannung, Belichtungskorrektur bzw. Programmwahl usw.) sind stets in gleicher Weise einzustellen und zu dokumentieren. Die Führung eines Messprotokolls ist empfehlenswert (vgl. Beispiel gemäss Anhang 4, Seite 87).

5. Sollwert, Toleranzbereich

5.1. Zustandsprüfung, Bestimmung der Referenzwerte

Reproduzierbarkeit bei der Bestimmung des Referenzwertes mit einem direkt ablesbaren Dosimeter: Die Dosis muss bei Anlagen mit und ohne Belichtungsautomatik innerhalb $\pm 10 \%$ (bezogen auf Mittelwert der Expositionen) reproduzierbar sein, und zwar für 10 aufeinanderfolgende Expositionen.

Die *Oberflächendosis* für eine bestimmte optische Dichte des Films hängt unter anderem von der Empfindlichkeit des Bildempfängersystems und dem Zustand der Filmentwick-

lung ab. Bei einer Exposition der zwei Milchpackungen (Dicke 13 cm) mit 75 kV, einer Feldgrösse von 8 cm x 15 cm auf der Oberfläche, einem Fokus-Film-Abstand von 120 bis 150 cm und bei einer optischen Dichte des Filmes von 1.0 über dem Grundschiefer gelten unter guten Bedingungen die folgenden Richtwerte (²):

	<i>Empfindlichkeitsklasse</i>	<i>Oberflächendosis</i>
• CaWO-Folien:	200 (Spezial)	0.5 mGy
	100 (Universal)	1.0 mGy
	50 (Rubin)	2.1 mGy
• SE-Folien:	800	0.15 mGy
	400	0.25 mGy
	200	0.5 mGy

Die Bestimmung des Referenzwertes für die *Dosisausbeute* in mGy/mAs setzt voraus, dass der mAs-Wert abgelesen werden kann, was nicht bei allen Geräten möglich ist. Als Richtwert für die Messwerte kann 0.05 mGy/mAs gelten bei folgenden Bedingungen: 75 kV, Gesamtfilterung 3 mm Al, FOD = 100 cm, geglättete Röhrenspannung, Feldgrösse 8 cm x 15 cm.

Werden andere Parameter verwendet, so kann der Richtwert für die Dosisausbeute in mGy/mAs bei geglätteter Röhrenspannung (6- und Mehr-Puls-Generatoren) und bei einer Filterung von 3 mm Al wie folgt berechnet werden:

$$\text{Dosisausbeute} = \frac{D}{I \cdot t} = \frac{0,08 \cdot U^2}{(\text{FOD})^2} \quad (\text{in mGy/mAs})$$

U = Röhrenspannung in kV

I · t = Exposition in mAs (mAs-Produkt)

FOD = Fokus-Oberflächen-Distanz in cm.

Die gemessene Dosisausbeute sollte zwischen 50% und 200% des nach der obigen Formel berechneten Richtwertes liegen.

5.2. Konstanzprüfung

Bei freier Belichtung bzw. bei Benutzung einer Belichtungsautomatik darf sich die Oberflächendosis und die Dosisausbeute bei identischen Aufnahmeparametern um nicht mehr als 25 % gegenüber dem Referenzwert ändern. Gegebenenfalls kann alternativ auch die optische Dichte von Referenz- und Prüffilm verglichen werden, um Dosisveränderungen festzustellen. Die optische Dichte sollte innerhalb ±0.2 mit Belichtungsautomatik und ±0.3 mit manueller Einstellung liegen.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder wenn der Verdacht besteht, dass die Konstanz der dosisbestimmenden Geräteparameter nicht gewährleistet ist (z.B. bei zu hellen oder zu dunklen Filmen).

²Für diese Richtwerte wurde ein Transmissionsfaktor von 0.07 bis 0.11 für die Milchpackungen und ein Transmissionsfaktor von 0.25 bis 0.45 für Patientenaufgabe, Raster, Messkammer und Kassettendeckel berücksichtigt.

7. Massnahmen

Liegen der Dosiswert bzw. die optische Dichte ausserhalb der Toleranz, so soll die Messung zuerst wiederholt werden. Bei Bestätigung der Abweichung liegt eine wesentliche Veränderung an der Röntgenanlage vor. Die Elemente, die das mAs-Produkt und die Röhrenspannung beeinflussen, sowie die Belichtungsautomatik müssen überprüft werden. Eine Abnahme der Dosisausbeute (mGy/mAs) kann z.B. auf einer Aufräuhung der Anode beruhen.

Bei Anlagen ohne Belichtungsautomatik ändert sich die optische Dichte sowohl bei kV- als auch bei mAs-Schwankungen. Spannungsschwankungen von $\pm 4\%$ im Bereich von 60 - 100 kV führen zu Abweichungen des Dosiswertes von $\pm 8\%$.

Ändert sich bei der Benutzung einer Belichtungsautomatik der Dosiswert, ohne dass sich die optische Dichte ändert, so liegt wahrscheinlich eine reine Spannungsschwankung vor. Ändern sich der Dosiswert und gleichzeitig die optische Dichte, so liegt eine Schwankung der Abschalt-dosis vor (z.B. ungenaues Schalten der Belichtungsautomatik).

Liegt die gemessene Oberflächendosis bei vorgegebener optischer Dichte des Films mehr als 25% über dem Referenzwert, so müssen folgende Fehlerquellen in Betracht gezogen werden:

- gealterte bzw. zu unempfindliche Folie
- zu grosse Schwächung von Stützwand bzw. Tisch, der Messkammer oder des Kassettendeckels
- Raster gegen Senkrechtstrahl dezentriert
- mangelhafte Filmentwicklung.

Merkblatt 12

Optische Dichte und Kontrast eines Testbildes (Prüfkörperaufnahme)

1. Zweck

Für die Beurteilung der Konstanz einer Röntgenanlage bzw. um relevante Dosisveränderungen qualitativ festzustellen, kann auch die Ermittlung der optischen Dichte (Schwärzung) und die Tendenz zu Kontrastveränderungen anhand eines Testbildes bzw. einer Prüfkörperaufnahme genügen (ohne quantitative Dosismessung mit einem Dosimeter). Die tatsächlich wirksame Dosis in der Bildempfangsebene (Film) führt zu einer bestimmten optischen Dichte (Schwärzung) und einem Kontrast des Testbildes, woraus Rückschlüsse sowohl auf die Strahlenquantität als auch auf die Strahlenqualität gezogen werden können.

2. Erforderliches Material

- Kassette mit Film (bezeichnete Prüfkassette aus dem Routinebetrieb), z.B. 18 cm x 24 cm.
- Patientenphantom: z.B. zwei Einliter-Milchpackungen bzw. analog wie zur Bestimmung der Oberflächendosis nach Merkblatt 11.
- Stufenkeil mit min. 5 Stufen (z.B. Aluminiumtreppe).

Stufenkeile sind im Fachhandel erhältlich, können aber notfalls auch selbst hergestellt werden, z.B. aus Karton nach Abb. 1:

Für eine Kartontreppe schneidet man z.B. aus einem 1-2 mm dicken Karton Streifen mit einer Breite von 4 cm. Aus den Kartonstreifen werden darauf je 7-10 Rechtecke mit Längen von 8 cm, 7 cm, 6 cm, 5 cm und 4 cm geschnitten und lagenweise aufeinander verleimt. So ergibt sich eine Treppe mit 5 Stufen und einer Stufenhöhe von etwa 1,5 cm.

3. Durchführung

Vor dieser Prüfung ist sicherzustellen, dass die Filmverarbeitung in Ordnung ist (siehe Merkblatt 1 oder 2).

Die Kassette wird in der Kassettenhalterung plaziert (Buckyschublade) und das Patientenphantom auf den Patientenlagerungstisch (Tischachse) gelegt. Der Stufenkeil wird auf das Phantom gestellt. Folgende Einstellungen werden gewählt:

- 120 cm Fokus-Film-Abstand
- Lichtvisier auf Phantom zentrieren und auf etwa 8 cm x 15 cm einblenden.
- Exponieren mit 70-75 kV und ca. 25 mAs bei einer Folien-Filmkombination mit Empfindlichkeit 200. Für alle späteren Messungen ist immer die gleiche Einstellung zu wählen. Bei Bedarf und im Hinblick auf eine ausgedehntere Konstanzprüfung kann eine zweite Exposition mit etwa 100 kV durchgeführt werden. Die optische Dichte (Schwärzung) innerhalb der Phantomabbildung neben dem Stufenkeil sollte etwa 1,0 über dem Grundschleier betragen. Dies lässt sich gegebenenfalls von Auge abschätzen, z.B. mit einem kalibrierten Testfilm (bei jeder Filmvertretung erhältlich) oder durch Messung mit einem Densitometer bestimmen.

Falls zusätzlich die Oberflächendosis quantitativ ermittelt werden soll, kann die Exposition des Stufenkeils gleichzeitig mit der Messung der Oberflächendosis nach Merkblatt 11 erfolgen (Stufenkeil und Dosimeter nebeneinander auf das Phantom legen, Abb. 2), sodass für beide Prüfungen nur eine Röntgenaufnahme benötigt wird. Sofern zur quantitativen Do-

sismessung ein Thermolumineszenzdosimeter (TLD, speziell angefordertes Personendosimeter) verwendet wird, so ist bei mehrmaliger Exposition des TLD darauf zu achten, dass der Film nur einmal exponiert wird, d.h. der Film ist nach der ersten Exposition zu entwickeln.

Diese Prüfung ist erstmals unmittelbar nach der Abnahme- oder Zustandsprüfung der Röntgenanlage durchzuführen, wobei die auf dem Röntgenbild dargestellte Schwärzungstreppe dann die Vergleichsbasis (Referenzwert) für alle später im Rahmen der Konstanzprüfung der Röntgenanlage erstellten Testbilder darstellt. Durch Vergleich der optischen Dichten innerhalb des abgebildeten Phantoms und der verschiedenen Treppen des Stufenkeils (Kontrast) können eventuelle Veränderungen festgestellt werden. Dies kann visuell von Auge erfolgen, indem Referenzbild und Testbild unmittelbar nebeneinander gehalten und verglichen werden oder unter Verwendung eines Densitometers.

Das Ergebnis der Prüfung wird in einem Protokoll festgehalten (Muster gemäss Anhang 3, Seiten 85/86).

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Bei der Festlegung der Ausgangswerte können die Ergebnisse zufälligerweise an den Grenzen des normalen Schwankungsbereiches gelegen haben. Deshalb sollten als Ausgangswerte die Mittelwerte der Konstanzprüfungen, gemessen an mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen, verwendet werden.

Nach technischen Änderungen an der Röntgenanlage oder am Filmverarbeitungssystem sind in Zusammenarbeit mit der Service-Firma neue Ausgangswerte für die Konstanzprüfung festzulegen. Wenn bei hoher Spannung die Belichtungsautomatik benutzt wird (z.B. an einem Thorax-Aufnahmeplatz), muss die Absorption des Patienten-Phantoms mit einer Zusatzplatte (z.B. 1 mm dicke Kupferplatte) erhöht werden, da sonst die Schaltzeit zu kurz wird.

Es sollen nur betriebsübliche Einstellungen benutzt werden (Bsp.: An einem Hartstrahl-Thorax-Aufnahmeggerät mit Belichtungsautomatik gibt es nur eine Aufnahme mit dem Patienten-Phantom mit z.B. 125 kV).

5. Sollwert, Toleranzbereich

Alle Stufen des Stufenkeils müssen auf dem Film sichtbar sein. Die optische Dichte sollte innerhalb ± 0.2 mit Belichtungsautomatik und ± 0.3 mit manueller Einstellung liegen. Die maximale Toleranz für den Kontrast liegt ebenfalls bei ± 0.2 mit Belichtungsautomatik und ± 0.3 mit manueller Einstellung. Steht kein Densitometer zur Verfügung, so dürfen die Stufen mit gleicher optischer Dichte zwischen Referenzbild und Testbild um nicht mehr als eine Stufe differieren. Es ist empfehlenswert, die optischen Dichten der einzelnen Stufen wenigstens auf dem Referenzbild an einem Densitometer messen zu lassen (durch Röntgen-/Film-Firma, Medizin-Physiker, usw.).

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

sowie unmittelbar nach der Abnahmeprüfung bei der Neuinstallation einer Röntgenanlage oder nach der Zustandsprüfung anlässlich einer Anlagewartung oder Reparatur (= Ermittlung der Referenzwerte) oder wenn der Verdacht besteht, dass sich Geräteparameter verändert haben.

7. Massnahmen

Beim Ueberschreiten einer zulässigen Toleranz soll die Konstanzprüfung sicherheitshalber wiederholt werden. Bei Bestätigung einer Abweichung sollte versucht werden, die Ursache dafür abzuklären. Anschliessend muss allenfalls eine Reparatur veranlasst werden.

Falls sich bei Aufnahmen mit Belichtungsautomatik die optische Dichte der Aufnahme verändert hat, ist vermutlich die Belichtungsautomatik defekt. Ist beim Betrieb mit Belichtungsautomatik die Oberflächendosis kleiner bzw. grösser und gleichzeitig der Kontrast vermindert bzw. erhöht, so hat sich die Röhrenspannung erhöht bzw. erniedrigt.

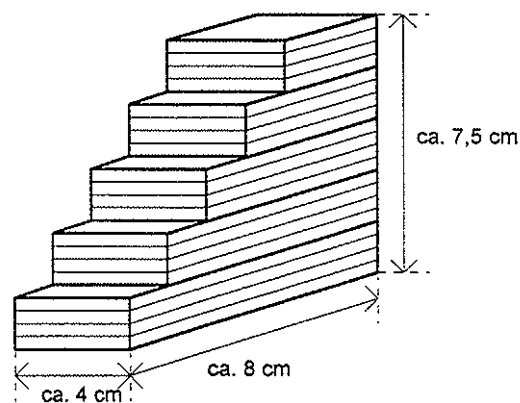


Abb. 1

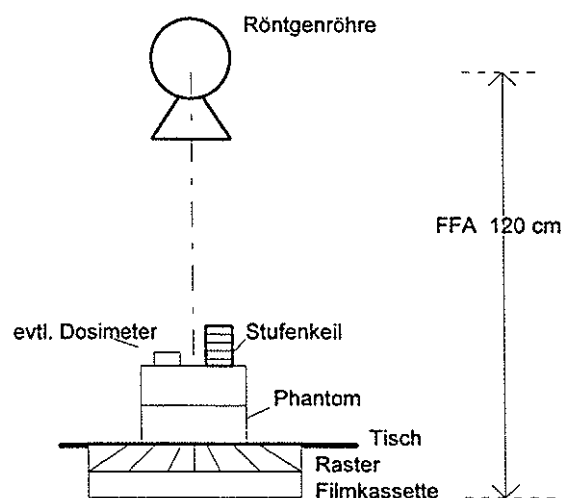


Abb. 2

Merkblatt 13

Zustands- und Funktionsprüfung des Streustrahlenrasters

1. Zweck

Mit diesem Test sollen der Zustand, die Funktionsweise und die richtige Positionierung des Streustrahlenrasters überprüft werden.

2. Erforderliches Material

- Kupferplatte (176 mm x 169 mm, 1,5 mm dick); kann im Fachhandel bezogen werden oder über das Sekretariat der SGSMP.
- Film-Folien-Kombination, wie sie im täglichen Betrieb benützt wird (Kassette 35 cm x 35 cm).

3. Durchführung

- Anbringen der Platte am Blendenausgang (Lichtvisier). Die Masse sind so gewählt, dass die Platte auf handelsübliche Geräte passt.
- Exposition eines Films mit Streustrahlenraster und mit der folgenden Einstellung:
 - Spannung: 75 kV
 - Stromzeitprodukt: 15 mAs
 - Fokus-Film-Abstand: festgelegt durch den Fokussierungsabstand des Rasters
- Entwicklung des Films unter Normalbedingungen.
- Abschätzung der Homogenität des Films von Auge (Achtung: das Beleuchtungsfeld am Negatoskop ist einzublenden) oder Messung der optischen Dichte mit einem Densitometer. Die Messungen sind im Mittelpunkt des Nutzstrahlenbündels vorzunehmen, sowie auf den Hauptachsen bis 3 cm vom Feldrand entfernt.

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Falls der Film zu dunkel oder zu hell ist (günstigste optische Dichte ca. 1.0), muss das mAs-Produkt korrigiert werden (durch Halbierung oder Verdoppelung).

Man hat aufgrund des Heeeffektes eine grössere Aenderung der optischen Dichte in der Achse Anode-Kathode zu erwarten.

Falls das Ergebnis zufriedenstellend ist, kann auf den Test gemäss Merkblatt 14 (Homogenität des Nutzstrahlenfeldes) verzichtet werden; andernfalls ist dieser Test durchzuführen, um die Ursache der Inhomogenität der Filmschwärzung einzugrenzen.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Die Homogenität ist nicht ausreichend, wenn von Auge ein Unterschied in der optischen Dichte (Schwärzung) festzustellen ist.

Wird die Homogenität mit einem Densitometer gemessen, so beträgt die Toleranzgrenze +/- 15% der in der Mitte des Films gemessenen optischen Dichte.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder wenn Verdacht auf schlechte Funktionsweise des Rasters besteht.

7. Massnahmen

Falls die Inhomogenität von Auge zu erkennen ist oder falls die mit dem Densitometer erhaltenen Messergebnisse die Toleranzgrenzen überschreiten, ist der Grund dafür zu suchen. Mögliche Ursachen sind:

- Inhomogenität des Nutzstrahlenfeldes (siehe Merkblatt 14)
- Fehler in der Positionierung des Rasters (Dezentrierung)
- Raster nicht im richtigen Fokussierungsabstand
- Raster verbogen oder in schlechtem Zustand.

Falls die Rasterstreifen eines bewegten Rasters von Auge sichtbar sind, liegt eine Störung in der Laufrasterlade (Bewegungssystem des Rasters) vor.

Merkblatt 14

Homogenität des Nutzstrahlenfeldes

1. Zweck

Das Ziel dieser Kontrolle ist die Ueberprüfung der Homogenität des Nutzstrahlenfeldes, falls der Test gemäss Merkblatt 13 ein unbefriedigendes Ergebnis geliefert hat.

2. Erforderliches Material

- Kupferplatte (176 mm x 169 mm, 1.5 mm dick); kann im Fachhandel bezogen werden oder über das Sekretariat der SGSMP.
- Film-Folien-Kombination, wie sie im täglichen Betrieb benützt wird (Kassette 35 cm x 35 cm).

3. Durchführung

- Anbringen der Platte am Blendenausgang (Lichtvisier). Die Masse sind so gewählt, dass die Platte auf handelsübliche Geräte passt.
- Exposition eines Films ohne Streustrahlenraster und mit der folgenden Einstellung:
 - Spannung: 75 kV
 - Stromzeitprodukt: 10 mAs
 - Fokus-Film-Abstand: 120 cm
- Entwicklung des Films unter Normalbedingungen.
- Abschätzung der Homogenität des Films von Auge (Achtung: das Beleuchtungsfeld am Negatoskop ist einzublenden) oder Messung der optischen Dichte mit einem Densitometer. Die Messungen sind im Mittelpunkt des Nutzstrahlenbündels vorzunehmen, sowie auf den Hauptachsen bis 3 cm vom Feldrand entfernt.

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Falls der Film zu dunkel oder zu hell ist (günstigste optische Dichte ca. 1,0), muss das mAs-Produkt korrigiert werden (durch Halbierung oder Verdoppelung).

Man hat aufgrund des Heeleffektes eine grössere Aenderung der optischen Dichte in der Achse Anode-Kathode zu erwarten.

Der Test gemäss diesem Merkblatt (Homogenität des Nutzstrahlenfeldes) ist nur durchzuführen, wenn der Test mit Streustrahlenraster gemäss Merkblatt 13 ein unbefriedigendes Ergebnis liefert.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Die Homogenität ist ungenügend, wenn Unterschiede in der optischen Dichte (Schwärzung) von Auge erkennbar sind.

Wird die Homogenität mit einem Densitometer gemessen, so beträgt die Toleranzgrenze +/- 15% der in der Mitte des Films gemessenen optischen Dichte.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder wenn Verdacht auf Inhomogenität des Strahlenfeldes besteht.

7. Massnahmen

Falls die Inhomogenität von Auge erkennbar ist oder falls die mit dem Densitometer erhaltenen Messergebnisse die Toleranzgrenzen überschreiten, ist der Grund dafür zu suchen. Mögliche Ursachen sind:

- Objekt im Strahlengang
- Qualität der Verstärkerfolien
- Zustand der Anodenoberfläche.

Merkblatt 15

Brennfleckgrösse

1. Zweck

Der Brennfleck (Fokus) einer Röntgenröhre hat die Tendenz, mit der Alterung der Röntgenröhre grösser zu werden, was zu einer Verminderung des Auflösungsvermögens (Unschärfe) der Bilder führt. Der beschriebene Test gestattet es, den Zustand des Brennflecks festzustellen.

2. Erforderliches Material

a)

- Kupferplatte (176 mm x 169 mm) von 1,5 mm Dicke mit einem Loch von weniger als 0,5 mm Durchmesser (D) im Zentrum; eine derartige Platte kann im Handel bezogen werden oder über das Sekretariat der SGSMP.
- Film-Folien-Kombination, wie sie im täglichen Betrieb benützt wird (z.B. Kassette 13 cm x 18 cm)

oder

b)

- Spezialvorrichtung zur Messung des Brennflecks (Schlitzkamera, Lochkamera, Stern-testkamera), im Handel erhältlich.

3. Durchführung

Die Benützung der Ausrüstung a) wird nachstehend beschrieben; bei Benützung der Ausrüstung b) beachte man die in der Gebrauchsanweisung beschriebene Methode.

- Anbringen der Platte am Blendenausgang (Lichtvisier). Die Masse sind so gewählt, dass die Platte auf handelsübliche Geräte passt. Achtung: das Loch in der Platte muss im Zentralstrahl des Strahlenbündels liegen.
- Messung des Abstands zwischen Fokus und Kupferplatte (FKA). Die Lage des Brennflecks ist auf der Röhrenhaube durch ein Kreuz oder einen Punkt markiert (Abb. 1).
- Exposition mit folgenden Einstellungen:

• Spannung	75 kV
• Strom	50 % des max. Stroms für 0,1 sec
• Stromzeitprodukt	10 mAs
• Fokus-Film-Abstand (FFA)	120 cm
• Zentralstrahl	senkrecht auf den Film.
- Entwicklung des Films, Messung der Ausdehnung (Länge und Breite) des Brennflecks (siehe Abb. 2) und Bestimmung des Mittelwertes I_f .
- Berechnung der Brennfleck-Abmessung O_f gemäss folgender Formel:

$$O_f = \frac{FKA \cdot I_f - FFA \cdot D}{FFA - FKA}$$

Alle Grössen sind in Millimetern (mm) einzusetzen; siehe Berechnungsbeispiel am Schluss des Merkblattes.

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Durch Verwendung einer Lupe mit Netz lässt sich die Genauigkeit der Brennfleckmessung erhöhen.

Falls der Film zu dunkel oder zu hell ist (günstigste optische Dichte ca. 1,5), ist das mAs-Produkt zu korrigieren (durch Halbierung oder Verdoppelung).

Für Doppelfokusröhren ist der Test für jeden Brennfleck einzeln durchzuführen. Das hier beschriebene Vorgehen ist nicht anwendbar für Brennflecke mit Abmessungen kleiner als 0,6 mm (z.B. Mammographie). Für derartige Brennflecke muss eine aufwendigere Messmethode angewendet werden, z.B. Benützung einer geeigneten Schlitz- oder Lochkamera.

Der Fokus-Film-Abstand (FFA) muss nicht unbedingt 120 cm betragen; bei Wahl eines anderen FFA ist das mAs-Produkt entsprechend anzupassen.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Die Abmessung des Brennflecks wird vom Hersteller der Röntgenröhre für genau vorgegebene Betriebsbedingungen gewährleistet. Die Abnützung der Röhre führt zu einer Vergrößerung des Brennflecks.

Sollwert (Referenzwert): Angabe durch den Hersteller

Toleranzgrenze: $< 2 \times$ Sollwert

Die Toleranzgrenze beruht im wesentlichen auf den Empfehlungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC).

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder wenn vermutet wird, dass eine Verschlechterung der Bildqualität, insbesondere des Auflösungsvermögens (Schärfe), auf einer Vergrößerung des Brennflecks beruht; sowie nach einem Röntgenröhren-Wechsel anschliessend an die Zustandsprüfung.

7. Massnahmen

Die Vergrößerung des Brennflecks bedingt einen Verlust an Auflösungsvermögen der Bilder. Falls die Abmessungen ausserhalb des Toleranzbereiches liegen, empfiehlt sich eine Ueberprüfung der Bildqualität. Wenn die beobachtete Unschärfe nicht akzeptabel ist, sollte Verbindung mit der Herstellerfirma aufgenommen werden, um abzuklären, ob ein Röhrenwechsel angezeigt ist.

Abb. 1

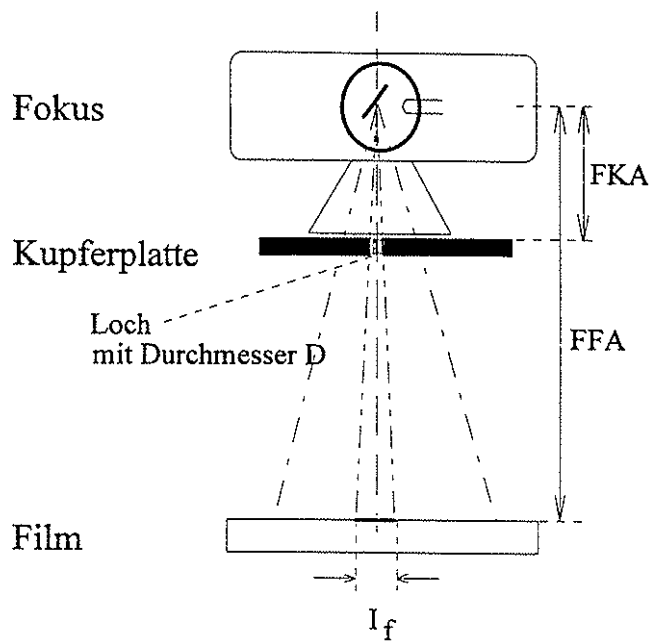
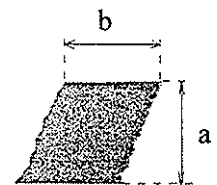


Abb. 2

Ermittlung der
Fokus-Abmessungen



$$I_f = \frac{a+b}{2}$$

Berechnungsbeispiel:

$$\begin{aligned} FFA &= 1200 \text{ mm} \\ FKA &= 255 \text{ mm} \\ I_f &= 10 \text{ mm} \\ D &= 0,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$O_f = \frac{FKA \cdot I_f - FFA \cdot D}{FFA - FKA} = \frac{255 \cdot 10 - 1200 \cdot 0,5}{1200 - 255} = \frac{2550 - 600}{945} = 2,06 \text{ mm}$$

Weitere Prüfungen

Merkblatt 16

Analyse von Fehl- bzw. Wiederholungsaufnahmen (Ausschussrate)

1. Zweck

Für jeden wirtschaftlich orientierten Betrieb muss es ein Anliegen sein zu erfahren, ob der Filmverbrauch in einem vernünftigen Verhältnis zur Anzahl der produzierten brauchbaren Röntgenbilder steht. Gegebenenfall kann durch eine Reduktion von Wiederholungsaufnahmen die Arbeitsbelastung des Personals sowie die Strahlenexposition von Patient und Personal reduziert werden.

Im Rahmen des Qualitätssicherungsprogrammes ist es daher empfehlenswert, aufgrund einer periodischen Abklärung festzustellen, ob und in welchem Ausmass im Betrieb qualitativ ungenügende Röntgenbilder produziert werden. Es können sich gegebenenfalls Hinweise ergeben, dass Veränderungen oder Fehler an den eingesetzten Hilfsmitteln bzw. Methoden vorliegen. Man erhält im weiteren Informationen, welche Bildqualitätsmerkmale am häufigsten zu Kritik Anlass geben und somit besonderer Beachtung bedürfen.

2. Erforderliches Material

Fehlaufnahmen bzw. qualitativ unbefriedigende Röntgenbilder, gesammelt über eine bestimmte Zeitperiode (z.B. Schachtel neben Entwicklungsautomaten aufstellen).

3. Durchführung

- Festlegen einer geeigneten Methode, um den gesamten Filmverbrauch ab jenem Datum zu erfassen, ab welchem mit der Sammlung von Fehlaufnahmen begonnen wird.
- Höchstens während eines Monats (oder über jenen Zeitraum, der benötigt wird um ca. 1000 Röntgenbilder anzufertigen) werden alle Ausschussaufnahmen gesammelt sowie die Anzahl während dieser Zeit insgesamt verbrauchter Filme festgestellt.
- Der diagnostizierende Arzt analysiert (evtl. zusammen mit MTRA, Arztgehilfin) die fehlerhaften Bilder und bestimmt die wahrscheinliche Ursache für das qualitativ ungenügende Bild (es kann vorkommen, dass der Grund nicht mehr ersichtlich ist).
- Die Art der Fehler und die Anzahl Wiederholungsaufnahmen werden auf einem Formular registriert (siehe Anhang 5 auf Seite 89).
- Die Ausschussrate wird bestimmt nach:

$$\frac{\text{Anzahl Wiederholungsaufnahmen}}{\text{Gesamtzahl verbrauchter Filme}} \cdot 100 \%$$

Zum Beispiel: Wiederholungsaufnahmen: 132
Gesamtzahl verbrauchter Filme: 1142

$$\rightarrow \text{Ausschussrate} = \frac{132}{1142} \cdot 100 \% = 11,6 \%$$

- Man bestimmt nun den Anteil von Wiederholungsaufnahmen für jede Fehlerkategorie (z.B. "zu dunkel") wie folgt:

$$\frac{\text{Anzahl Bilder pro Fehlerkategorie}}{\text{Gesamtzahl Wiederholungsaufnahmen}} \cdot 100 \%$$

Zum Beispiel: 39 zu dunkle Bilder
132 Wiederholungsaufnahmen insgesamt

$$\rightarrow \text{Anteil zu dunkle Bilder: } \frac{39}{132} \cdot 100 \% = 29,5 \%$$

4. Probleme

Vor Beginn der Untersuchung sollten alle Beteiligten über die durchzuführende Analyse informiert werden, wobei insbesondere zu betonen ist, dass es nicht darum geht, die Arbeitsweise einzelner Personen zu kontrollieren.

Das Resultat der Untersuchung, deren Bedeutung und die evtl. zu treffenden Massnahmen sollten allen Beteiligten bekannt gegeben werden.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Die Ausschussrate sollte weniger als 10% betragen, anzustreben sind maximal 5%.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

7. Massnahmen

Sofern die Ausschussrate über 10% liegt, sind möglichst rasch Massnahmen zur Verbesserung der Qualität zu treffen.

Liegt die Ausschussrate unter 10% können zwei Möglichkeiten vorliegen:

a) Die Qualität der Röntgenbilder ist gut.

Das im Betrieb angewendete Programm zur Sicherstellung des Qualitätsniveaus ist zweckmässig.

b) Es werden auch qualitativ ungenügende Bilder akzeptiert.

Eine Qualitätskontrolle kann aufzeigen, wie ein qualitativ verbessertes Bild zusätzlichen Informationsgehalt aufweisen und damit eine bessere ärztliche Leistung bringen kann.

Massnahmen zur Qualitätssicherung sind wirksam, wenn sie die Gesamtausschussrate zu senken vermögen bzw. stabil halten, sofern diese bereits zufriedenstellend ist.

Die prozentuale Verteilung der Fehlaufnahmen auf die einzelnen Fehlerkategorien ergibt Hinweise, welche Ursachen für Bildwiederholungen besonderer Aufmerksamkeit bedürfen.

Merkblatt 17

Filmkassetten mit Verstärkerfolien

1. Zweck

Es soll der adäquate Zustand von Kassetten und Folien kontrolliert werden, ferner sollen Unschärfen erkannt werden, die durch schlechte Film-Folien-Kontakte verursacht werden. Eine gute Röntgenfilmkassette - als ein wichtiger Bestandteil der modernen Röntgeneinrichtung - muss zwei wesentliche Eigenschaften besitzen: einen optimalen, gleichmässigen Andruck zwischen Folien und Film und eine sichere Handhabung. Insbesondere führt ein schlechter Kontakt zwischen Film und Folien zu Unschärfen auf den Aufnahmen. Eine periodische Ueberprüfung der Kassetten und Folien trägt deshalb wesentlich dazu bei, eine gleichmässige Qualität der Aufnahmen sicherzustellen.

2. Erforderliches Material

- Drahtgitternetz (Metalldrähte z.B. aus Kupfer, mit einem Durchmesser von ca. 0,5 mm und einem Abstand von 1 - 6 mm, mindestens Kassettengrösse. Für Verstärkerfolien in der Mammographie: Drahtgitternetz mit 0,06 mm Metalldrahtdurchmesser und 0,06 - 0,36 mm Abstand). Drahtgitternetze sind im Fachhandel erhältlich; sie können gegebenenfalls auch über das Sekretariat der SGSMP bezogen werden.
- Kassette(n) mit Film.

3. Durchführung

- Zustand der Filmkassette überprüfen, vor allem Verschlüsse und Scharniere sowie auf Sauberkeit. Dichtheit der Kassette mit Film testen (Kassette dem Licht aussetzen, dann Film entwickeln).
- Aeusseren Zustand der Folie von Auge überprüfen, vor allem ihre Oberflächenbeschaffenheit (Beschädigung der Schutzschicht, Fingerabdrücke, Kosmetika, Kontrastmittel, Sekrete, Staub, Kratzer usw.). Mit Hilfe einer UV-Lampe sind Verunreinigungen leicht zu erkennen. Folie gegebenenfalls reinigen (unbedingt vom Hersteller empfohlene Folienreiniger verwenden).
- Erste Erkenntnisse über die Gleichmässigkeit der Verstärkerfolien lassen sich über ein Homogenitätstestbild erzielen (gleichmässige Exposition der gesamten Kassette; niedrige Röhrenspannung, kleine Exposition; z.B. 75 kV/10mAs). Damit lassen sich auch allfällige Verunreinigungen und mechanische Beschädigungen feststellen.
- Andruck Folie-Film prüfen:
Drahtgitternetz direkt auf Kassette legen. Feldgrösse etwas über den Kassettenrand hinaus einblenden. Exponieren, so dass das Gitternetz auf dem Film abgebildet wird (optische Dichte ca. 1.5; typische Expositionsparameter: z.B. 60 kV, 5 mAs, FFA = 150 cm, kleiner Fokus). An denjenigen Stellen, wo der Kontakt zwischen Folie und Film ungenügend ist, wird das Gitter unscharf abgebildet. Zur optimalen Beurteilung des Films empfiehlt sich ein grosser Betrachtungsabstand vom Negatoskop (ca. 2 m).

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Manche Generatortypen verfügen nicht über entsprechend kurze Schaltzeiten, um ein empfindliches Film-Folien-System im gewohnten Umfang ohne Schwächungskörper zu ex-

ponieren. In diesem Fall muss ein homogener Absorber verwendet werden (z.B. 1,5 mm Kupfer).

Bei Verwendung einer UV-Lampe sind die Vorsichtsmassnahmen gegen Strahlenschäden zu beachten.

Werden mehrere gleichartige Kassetten verwendet, so müssen sie bei gleicher Exposition die gleiche Qualität und gleiche optische Dichte erbringen. Dieses Problem kann mit der hier beschriebenen Prüfung nicht erfasst werden, darauf wird in Merkblatt 18 eingegangen. Die Kompatibilität von Film und Folien wird mit dieser Prüfung nicht kontrolliert. Eine optimale Kompatibilität ermöglicht insbesondere eine minimale Exposition für eine bestimmte optische Dichte. Ebenso ist mit dieser Prüfung keine Aussage möglich über die Empfindlichkeit des Film-Folien-Systems.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Beurteilungskriterium für einen adäquaten Kontakt zwischen Folien und Film ist die Gleichförmigkeit der Abbildung des Drahtgitternetzes über das ganze Feld. Die Beurteilung ist subjektiv.

Bereiche mit schlechtem Film-Folien-Kontakt erfordern entsprechende Massnahmen (siehe Punkt 7).

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

sowie bei Verdacht, dass ungenügende Qualität der Aufnahmen auf fehlerhafte Kassetten und Folien zurückzuführen ist.

7. Massnahmen

Mögliche Fehlerquellen, die behoben werden können oder die eine Neubeschaffung von Kassette und/oder Folie bedingen:

- Undichte Kassette (Randbelichtung)
- Verbogene Kassette
- Schadhafte Verschlüsse oder Scharniere an der Kassette
- Schmutz oder Fremdkörper in der Kassette (z.B. Kontrastmittel, Sekrete, Staub)
- Kratzer oder andere mechanische Beschädigungen der Folie
- Luft zwischen Film und Folie (schlechter Andruck)
- falsche Montage der Folie
- Filzabrieb oder defekte Schaumstoffeinlagen.

Die Folie verschlechtert sich durch Beanspruchung in der täglichen Praxis oder durch natürliche Alterung. Dadurch vermindert sich die Bildqualität und erhöht sich die notwendige Systemdosis. Ein rechtzeitiger Ersatz der Folien bzw. der Kassetten muss sichergestellt sein.

Merkblatt 18

Gleichwertigkeit der verwendeten Kassetten

1. Zweck

Bei Verwendung mehrerer gleichartiger Kassetten muss sichergestellt sein, dass sie gleichwertig und somit untereinander austauschbar sind. Das heisst, dass bei gleichen Expositionsbedingungen an einem Röntgengerät die gleichen optischen Dichten der Filme erreicht werden.

2. Erforderliches Material

Gleichartige Kassetten, (d.h. gleicher Kassettentyp, gleiche Verstärkerfolien), die bereits gemäss Merkblatt 17 auf Homogenität geprüft worden sind, mit gleichem Filmtyp (aus gleicher Filmschachtel).

3. Durchführung

An einer Röntgenanlage werden die Kassetten bei senkrechter Strahlrichtung in einen möglichst grossen Abstand vom Fokus gelegt. Es werden die Ecken von vier zusammenstossenden Kassetten exponiert. Das Feld soll möglichst gross sein, aber mindestens 20 cm x 20 cm. Werden mehr als vier gleichartige Kassetten geprüft, so ist eine als Referenzkassette bei allen Gruppen mit einzubeziehen.

Die Exposition der Kassetten erfolgt mit einer Röhrenspannung, die ihrem Verwendungszweck entspricht, oder mit ca. 75 kV, und einem mAs-Produkt, das eine optische Dichte des Filmes von ca. 1.0 bewirkt. Die Einstellparameter zur Erreichung dieser optischen Dichte werden mit Vorteil zuerst an einer einzelnen Kassette ermittelt.

Die Filme müssen vor der Entwicklung so bezeichnet werden, dass sie der entsprechenden Kassette eindeutig zugeordnet werden können (z.B. mit Nummern). Die Entwicklung der Filme erfolgt unter Normalbedingungen.

Der Vergleich bezüglich der optischen Dichte der Filme an einem Schaukasten (Negatoskop) kann gut von Auge vorgenommen werden, oder die optischen Dichten können mit einem Densitometer gemessen werden. Es sollen die optischen Dichten im Gebiet der zusammenstossenden Ecken verglichen werden, um den Einfluss von Inhomogenitäten zu reduzieren.

4. Probleme, Fehler, Einschränkungen

Es wird auf das Merkblatt 17 (Filmkassetten mit Verstärkerfolien) verwiesen.

Die Empfindlichkeit der Filme nimmt im Laufe der Zeit ab. Diese Verminderung wird hier nicht geprüft.

Die Kassetten sollten stets gut sichtbar numeriert sein, so dass sie identifiziert werden können.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Die Gleichwertigkeit der Kassetten (bzw. der Folien) ist ungenügend, wenn von Auge Unterschiede ($\pm 1/2$ Belichtungspunkt) zwischen den Filmen erkennbar sind. Wird die optische Dichte mit einem Densitometer gemessen, so beträgt die Toleranzgrenze $\pm 10\%$ des Mittelwertes der Filme in der gleichen Gruppe. Werden mehrere Gruppen (mehr als vier

Kassetten) geprüft, so müssen zusätzlich die verschiedenen Gruppen untereinander mit Hilfe der Filme aus der Referenzkassette verglichen werden.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder wenn Verdacht auf Verschlechterung der Kassette bzw. der Folie besteht.

Die Kontrolle sollte auch bei der Neuanschaffung von Kassetten bzw. Folien durchgeführt werden.

7. Massnahmen

Falls Unterschiede in der optischen Dichte von Auge erkennbar sind, oder falls die mit dem Densitometer gemessenen Werte die Toleranzgrenze überschreiten, liegt der Grund bei:

- der Kassette: unterschiedliche Kassettentypen, Fremdkörper, mechanische Beschädigung
- der Folie: Empfindlichkeitsänderung einzelner Folien (z.B. infolge Alterung, Beschädigung), unterschiedliche Folientypen
- dem Film: unterschiedliche Filme, unterschiedliche Filmtypen, unterschiedliche Entwicklungen.

Allenfalls müssen die Kassette oder die Folien darin ersetzt werden.

Merkblatt 19

Kontrolle der Negatoskope

1. Zweck

Die ständige Gewährleistung von optimalen visuellen Bedingungen für die Beurteilung von Röntgenfilmen beeinflusst die Qualität der Röntgenuntersuchungen wesentlich. Diese Tatsache wird oft zu wenig beachtet, obwohl für die Sicherstellung von guten Sichtverhältnissen nur kleine finanzielle Aufwendungen notwendig sind. Als Folge davon werden die Auswirkungen der bemerkenswerten technischen Entwicklungen im Bereich der Röntgenanlagen und des Filmmaterials vermindert.

Die folgenden Begriffe auf dem Gebiet der Lichtmessung werden in der vorliegenden Empfehlung verwendet:

- Die *Leuchtdichte* ist die photometrische Grösse, die direkt vom Auge wahrgenommen wird und somit eine besondere praktische Bedeutung hat. Sie ist die pro Flächeneinheit der Lichtquelle emittierte Lichtstrahlleistung, die auf eine Fläche von 1 m^2 im Abstand von 1 m von der Quelle auftrifft. Ihre SI-Einheit ist das Candela/Quadratmeter (cd/m^2). Eine gleichmässig streuende Lichtquelle hat eine konstante Leuchtdichte in allen Beobachtungsrichtungen.
- Die *Beleuchtungsstärke* in einem Punkt ist das Verhältnis des Lichtflusses, der auf ein Flächenelement im Punkt auftrifft, zu diesem Flächenelement. Ihre SI-Einheit ist das Lumen/Quadratmeter (lm/m^2), genannt Lux (lx).

Die Bedingungen für die optische Prüfung der Röntgenfilme müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- a) Die notwendige Leuchtdichte am Auge des Betrachters ist ungefähr $100 \text{ cd}/\text{m}^2$. Ausgehend von diesem Wert und dem Bereich der optischen Dichte der verwendeten Filme werden die Referenzwerte für die Leuchtdichte auf der Oberfläche des Negatoskopes festgelegt (vgl. Ziffer 5).
- b) Bei der Prüfung von sehr dunklen Stellen auf einem Röntgenfilm (optische Dichte um 2.5 herum) wird die Verwendung eines Aufhellers (auch Grellichtlampe oder Irisleuchte genannt) empfohlen, der mit einem verstellbaren Blendensystem ausgerüstet ist.
- c) Die Lichtfarbe des Negatoskops sollte weiss oder bläulich sein.
- d) Alle Negatoskope eines Institutes sollten die gleiche Leuchtdichte und die gleiche Lichtfarbe haben.
- e) Das Negatoskop sollte ein Blendensystem besitzen, mit dem auf das betrachtete Filmformat eingeblenet werden kann. Damit kann die Blendung des Beobachters verhindert werden.
- f) Die Umgebungsbeleuchtung im Raum mit dem Negatoskop sollte genügend schwach sein, um eine gute Wahrnehmung der Kontraste zu gewährleisten, aber trotzdem genügend gross, um die Blendung des Beobachters zu verhindern (die Grenzwerte sind in Ziffer 5 spezifiziert).

Es werden Kontrollverfahren für die Leuchtdichte und die Homogenität eines Negatoskopes sowie für die Umgebungsbeleuchtung angegeben. Für die Kontrollen der Negatoskope wird eine einfache Methode vorgeschlagen, sowie eine erweiterte Methode, die mindestens für radiologische Institute mit mehreren Negatoskopen empfohlen wird.

2. Erforderliches Material

2.1. Einfache Methode

Photoapparat mit eingebautem Belichtungsmesser und manueller Einstellung der Expositionsbedingungen (Filmempfindlichkeit, Blendenöffnung, Expositionszeit) oder separater Belichtungsmesser.

2.2. Erweiterte Methode

Messgerät für die Leuchtdichte mit einem Messbereich bis etwa 10'000 cd/m² und Beleuchtungsstärken bis etwa 30'000 lx. Ein solches Gerät ist im Fachhandel erhältlich (Preis ca. Fr. 200.-).

3. Durchführung

3.1. Einfache Methode

3.1.1. Kontrolle der Leuchtdichte der Negatoskope

- Negatoskop einschalten und 10 min warten bis zum Beginn der Kontrolle
- Leuchtfeld des Negatoskopes ganz öffnen
- Visuelle Kontrolle der Oberfläche des Negatoskops, um grobe Unterschiede in der Leuchstärke oder in der Farbe zu erkennen. Nötigenfalls die in Ziffer 7 angegebenen Massnahmen ergreifen.
- Falls das Resultat der visuellen Kontrolle befriedigend ist, mit Hilfe des Photoapparates oder des separaten Belichtungsmessers die Leuchtdichte approximativ messen.
- Am Photoapparat oder Belichtungsmesser die Filmempfindlichkeit 21 DIN/ASA einstellen. Am Photoapparat Blende 8 einstellen.
- Das Objektiv des Photoapparates oder das Fenster des Belichtungsmessers (ohne Streuscheibe) im Zentrum der Leuchtfläche auf die Oberfläche aufsetzen.
- Beim Photoapparat die Belichtungszeit auf richtige Exposition einstellen. Der Zusammenhang zwischen Belichtungszeit und Leuchtdichte ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

Belichtungszeit (s)	Leuchtdichte (cd/m ²)
1/500	4'000
1/250	2'000
1/125	1'000
1/8	60
1/4	30

- Bei Verwendung eines Belichtungsmessers den Belichtungswert (BW) ablesen. Der Zusammenhang zwischen diesem Wert und der Leuchtdichte ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

Belichtungswert (BW)	Leuchtdichte (cd/m ²)
17	12 000
16	6 000
15	3 000
14	1 500
13	750
12	400
11	200
10	100
9	50

3.1.2. Kontrolle der Umgebungsbeleuchtung

Diese Messung kann nur mit einem Belichtungsmesser mit Streuscheibe durchgeführt werden.

- Negatoskop ausschalten
- Die Umgebungsbeleuchtung in 30 cm Abstand im Zentrum des Negatoskops in der horizontalen Ebene messen.

Der ungefähre Zusammenhang zwischen dem gemessenen Belichtungswert (BW) und der Beleuchtungsstärke ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

Belichtungswert (BW)	Beleuchtungsstärke (lx)
2	10
3	25
4	50
5	100
6	200

3.2. Erweiterte Methode

3.2.1. Kontrolle der Leuchtdichte der Negatoskope

- Negatoskop einschalten und 10 min warten bis zum Beginn der Kontrolle.
- Leuchtfeld des Negatoskops ganz öffnen. Falls die Leuchtstärke reguliert werden kann, so ist auf den üblichen Wert einzustellen und die Position des Regulierknopfes zu notieren.
- Visuelle Kontrolle der Oberfläche des Negatoskopes, um grobe Unterschiede in der Lichtstärke oder in der Farbe zu erkennen. Nötigenfalls die in Ziffer 7 angegebenen Massnahmen ergreifen.
- Falls das Resultat der visuellen Kontrolle befriedigend ist, so wird mit Hilfe des speziellen Lichtmessgerätes die Leuchtdichte gemessen. Der für diese Messung geeignete Detektor muss in Kontakt mit der Oberfläche des Negatoskops sein.
- Leuchtdichte im Zentrum des Negatoskops messen.
- Messungen in der vier Ecken des Leuchtfeldes (auf den Diagonalen, 5 cm von jeder Ecke entfernt). Berechnung der Abweichungen vom Wert im Zentrum.
- Falls die Kontrolle mit einem Gerät durchgeführt wird, das nur die Beleuchtungsstärke misst (in lx), so erhält man die Leuchtdichte (in cd/m^2) durch die Division des Ablesewertes in lx durch die Zahl $\pi = 3,14$. In diesem Fall ist es besonders wichtig, dass der Detektor in Kontakt mit der Oberfläche des Negatoskops ist.

3.2.2. Kontrolle der Leuchtdichte bei Aufhellern

- Das Leuchtfeld ganz öffnen.
- Die Leuchtdichte im Zentrum des Aufhellers mit dem Lichtmessgerät bestimmen.

3.2.3. Kontrolle der Umgebungsbeleuchtung

- Negatoskop ausschalten. Anpassung des Detektors des Gerätes für die Messung der Beleuchtungsstärke.
- Umgebungsbeleuchtungsstärke 30 cm vom Zentrum des Negatoskops entfernt in der horizontalen Ebene messen.

4. Probleme, Fehlermöglichkeiten, Einschränkungen

Der grosse Spielraum in der optischen Dichte, der gewöhnlich auf einem einzigen Film enthalten ist, führt dazu, dass die optimale Einstellung für die Leuchtdichte des Negatoskops nur für einen begrenzten Bereich der optischen Dichte Gültigkeit hat. Besonders

für die Prüfung sehr dunkler Stellen wird die Verwendung eines Aufhellers mit einstellbaren Blenden empfohlen.

Im Falle der einfachen Kontrollmethode sind Abweichungen bis zu einem Faktor 2 vom richtigen Wert möglich, aufgrund der Unterschiede in der spektralen Empfindlichkeit der Messzellen und der unterschiedlichen Geometrie bei der Lichtausbeute.

5. Sollwert, Toleranzbereich

Der Wert für die Leuchtdichte im Zentrum des Negatoskops sollte mindestens $2'000 \pm 500$ cd/m^2 ($6'000 \pm 1'500$ lx) sein für Filme mit optischen Dichten zwischen 1 und 2. Der Abfall der Leuchtdichte in den Ecken des Leuchtfeldes sollte weniger als 50 % des Wertes im Zentrum betragen.

Bei Aufhellern für die Betrachtung von Stellen mit grosser Schwärzung sollte die Leuchtdichte im Zentrum $10'000 \pm 5'000$ cd/m^2 ($30'000 \pm 15'000$ lx) betragen. Die Umgebungsbeleuchtungsstärke im Raum des Negatoskops sollte zwischen 50 und 100 lx liegen.

6. Häufigkeit der Kontrolle

Jährlich

oder beim Wechsel von Fluoreszenzröhren im Negatoskop oder bei sichtbaren Veränderungen.

7. Massnahmen

Wenn ein sichtbarer Unterschied in der Lichtstärke oder in der Farbe bemerkt wird oder wenn die Toleranz für die Abweichung überschritten wird, so soll eine kompetente Person die äussere und innere Fläche des Negatoskops sorgfältig reinigen.

Bleibt der Unterschied bestehen, so sind die Fluoreszenzröhren sowie die Starter auszuwechseln. Es wird empfohlen, gleichzeitig alle Röhren eines Negatoskops zu wechseln, selbst wenn sie keine Mängel aufweisen.

Bei jedem Röhrenwechsel soll die Innenfläche sorgfältig gereinigt werden.

Wenn der Mittelwert der Leuchtdichte ausserhalb der angegebenen Grenzwerte liegt, so ist der Typ der Fluoreszenzröhren zu wechseln.

Anhänge

Anhang 1

Toleranzbereiche für einzelne Prüfpunkte

	<i>Prüfung auf Konstanz¹⁾</i>	<i>Merkblatt</i>
1. Röntgenanlage		
- Spannung	Zielwert $\pm 5 \%$	
- Expositionszeit	Zielwert $\pm 10 \%$	
- Röhrenstrom	Zielwert $\pm 15 \%$	
- Exposition (mAs-Produkt)	Zielwert $\pm 15 \%$	
- Dosis auf der Oberfläche (Konstanz) ¹⁾	Zielwert $\pm 25 \%$	11
(Reproduzierbarkeit) ²⁾	Zielwert $\pm 10 \%$	
- Optische Dichte des Prüffilmes	Zielwert ± 0.2 (Bel. automat) ± 0.3 (manuelle Einst.) oder visuelle Beurteilung	7, 11, 12
- Abweichung Lichtvisierfeld-Nutzstrahlenfeld (Rand und Zentrum)	$\pm 1 \%$ des FFA,	9
- Abweichung Zentralstrahl-Senkrechtstrahl	max. $1,5^\circ$ (max. 1 cm bei 100 cm FFA)	10
2. Filmverarbeitung		
- Optische Dichte	Zielwert $\pm 0,15$ oder visuelle Beurteilung (Testbild)	1 2
- Kontrast	Zielwert $\pm 0,15$ oder visuelle Beurteilung (Testbild)	1 2
- Grundscheier	$< 0,25$ oder visuelle Beurteilung (Testbild)	1 2
3. Kassette, Folie		
- Folienunschärfe (Unschärfe des Metallgitters)	visuelle, qualitative Beurteilung	17
- Auflösung: feinzeichnend (Klasse 50)	> 4 Lp/mm	
hochverstärkend (Klasse 200)	$> 2,8$ Lp/mm	

¹⁾ Konstanz: Unterschied zwischen periodischen Kontrollen

²⁾ Reproduzierbarkeit: Unterschied zwischen direkt aufeinanderfolgenden Messungen

(Merkblatt 1)

Anhang 2

Protokoll für die Überprüfung der Filmverarbeitung

Sensitometer- stufe	gemessene optische Dichte D am Film Nr.					
	1	2	3	4	5	6
1 (Grundschleier)						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
Datum der Messung						

(Merkblätter 2, 6, 7, 9, 12)

Anhang 3

Protokoll für die Konstanzprüfung bei medizinischen Röntgenaufnahmegeräten (Direktradiographie)

I. Identifikation der Röntgenanlage BAG-Bewilligungs-Nr.:

 -

 .

 .

 .

vom (Datum):

Betreiber / Abteilung:

Raum: Arbeitsplatz:

Hersteller / Anlagentyp / Generator:

Streustrahlenraster: Typ: Ser. No.:

☐ Tischraster ☐ laufend
☐ Wandraster ☐ stehend

II. Prüfbedingungen

a) **Einstellungen:** - Fokus: ☐ klein ☐ gross

- Formateinstellung: ☐ manuell ☐ automatisch Feldgrösse cm x cm

- Fokus-Film-Abstand (FFA):cm / Fokus-Phantomoberfläche-Abstand:cm

- Exposition: ☐ freie Einstellung ☒ Belichtungsautomatik

Einstellung 1

Einstellung 2

.....kV

.....kV

Programm:

.....mAs

.....mAs

Messfeld: ☐ li / ☐ mi / ☐ re

.....mA,S mA,S
(Einstellwerte immer vom unteren Skalenende her einstellen)

Belichtungskorrektur: + / 0 / -

b) **Prüfmittel:** - bezeichnete Kassette aus Routinebetrieb Kennzeichnung:

Format:cm xcm Folientyp: Filmtyp:

- Entwicklungsmaschine:

- Phantom/Prüfkörper: Orientierung:

- Dosimeter:

- Stufenkeil (Schwärzungstreppe):

- Beurteilung von opt. Dichte (Schwärzung) und Kontrast mittels:

☐ Densitometer: ☐ Auge (visueller Vergleich)

Bezugsort auf Film für: opt. Dichte Kontrast

Messung der ☐ Bruttodichte oder der ☐ Nettodichte

(Merkblatt 11)

Anhang 4

Messprotokoll für Kontrolle der Oberflächendosis

Raum: _____

Röntgenanlage:

Röhrenspannung: _____ kV

Brennfleck, Fokus: ☐ klein ☐ gross

Exposition (bei freier Einstellung): _____ mA, _____ s, _____ mAs

Programmwahl: _____

Belichtungskorrektur:

Fokus-Film-Distanz: cm

Fokus-Oberflächen-Distanz: cm

Feldgrösse auf Phantom-Oberfläche: _____ cm x _____ cm

Folie:

Filmtyp: _____

Phantom (Material, Dicke, usw.): _____

Dosimeter (Art, Typ): _____ Nr.: _____

[illegible]

(Merkblatt 16)

Anhang 5

Formular zur Erfassung von Fehlaufnahmen

Betrieb: _____

Raum: _____

Zeitperiode: _____

erfasst von: _____

<i>I. Wiederholungsgrund</i>	<i>Anzahl</i>	<i>%-Anteil</i>
zu dunkel (überexponiert)		
zu hell (unterexponiert)		
zuviel Kontrast		
zuwenig Kontrast (zu grau)		
unscharf		
Entwicklungsfehler		
Einstellung, Lagerung		
Zentrierung		
Organ abgeschnitten		
Doppelexposition		
keine Exposition		
Rasterprobleme		
<i>II. Total Wiederholungsaufnahmen</i>		100 %
<i>III. Gesamtfilmverbrauch</i> (entwickelte Filme):		
<i>IV. Ausschussrate</i> (II/III) = _____ x 100% = _____ %		

(Merkblatt 8)

Anhang 6

Protokoll für die Konstanzprüfung an zahnärztlichen Aufnahmegeräten

I. Identifikation der Röntgenanlage BAG-Bewilligungs-Nr.:

 -

 .

 .

 .

Betreiber / Abteilung:

Raum: Arbeitsplatz:

Hersteller / Anlagetyp / Generator:

Gerätekategorie: ☐ Tubusgerät ☐ Spitztubus cm ☐ Rundtubus cm
☐ Panoramagerät ☐ Fernröntgen

Zeitschalter-Nr.: Prüfkörper:

II. Prüfbedingungen (für Ermittlung des Ausgangszustandes sowie nachfolgender Konstanzprüfungen)

a) **Einstellungen** am Gerät (sofern individuell einstellbar):

Röhrenspannung in kV: Röhrenstrom in mA:

Expositions-/Umlaufzeit in s Automatikasten: Korrekturtasten:

b) Filmverarbeitung:

Film/Hersteller und Typ: Film-Folien-Kombination:

Dunkelkammer:

☐ Handentwicklung☐ Entwicklungsmaschine (Typ/Nr.):

Durchlaufzeit/Entwicklungszeit: Entwicklertemperatur:

III. Prüfergebnisse (in der jeweiligen Kalenderwoche eintragen) Ausgangszustand ermittelt am:

(Darstellung der Prüfergebnisse: = keine Veränderung + / - Tendenz zu höherer / geringerer Dichte x ausserhalb der Toleranz)

JAHRE:

[illegible][illegible]

Literatur

Inzwischen sind zahllose Veröffentlichungen zum Thema Qualitätsprüfungen in der Röntgendiagnostik erschienen. Nachfolgend ist eine willkürliche Auswahl weiterführender Literatur zusammengestellt. Hier sind auch weitere Methoden zur Durchführung solcher Prüfungen zu finden.

- Agfa-Röntgen; Qualitätssicherung im medizinischen Röntgen; Agfa-Gevaert AG, Leverkusen, 2. Auflage (1988).
- American Association of Physicists in Medicine
Equipment Requirements and Quality Control for Mammography; AAPM Report No. 29, Report of Task Group No. 7, Diagnostic X-Ray Imaging (1990).
Standardized Methods for Measuring Diagnostic X-Ray Exposures; AAPM Report No. 31, Report of Task Group No. 8, Diagnostic X-Ray Imaging Committee (1990).
- Bäuml A. (Ed.); Quality Control and Assurance in Diagnostic Radiology; Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, ISH-Heft 38; Neuherberg (1984).
- DGMP- und PTB-Berichte:
Bronder Th., Jakschik J. und DGMP-Arbeitskreis; Vorschlag für die Zustandsprüfung an Röntgenaufnahmeeinrichtungen im Rahmen der Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik; DGMP- und PTB-Bericht Nr. 3; Physikalisch Technische Bundesanstalt und Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik e.V.; Berlin (1985); 52 S.
Bronder Th., Jakschik J. und DGMP-Arbeitskreis; Vorschlag für die Zustandsprüfung an Röntgendurchleuchtungseinrichtungen im Rahmen der Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik; DGMP- und PTB-Bericht Nr. 4; Physikalisch Technische Bundesanstalt und Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik e.V.; Berlin (1987); 56 S.
- DIN 6868; Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben.
Teil 1: Allgemeines (1985)
Teil 2: Filmverarbeitung; Konstanzprüfung der visuellen optischen Dichte (1985).
Teil 3: Konstanzprüfung bei Direktradiographie (1985).
Teil 4: Konstanzprüfung bei Durchleuchtung mit Röntgen-Bildverstärker und bei Aufnahmen vom Ausgangsschirm des Röntgenbildverstärkers (1987).
Teil 5: Konstanzprüfung in der zahnärztlichen Röntgenaufnahmetechnik (1989).
Teil 6: Konstanzprüfung bei Röntgen-Computertomographie-Einrichtungen (1989).
Teil 7: Konstanzprüfung für die Mammographie (1990).
Teil 8: Konstanzprüfung bei Einrichtungen zur digitalen Subtraktionsangiographie (1991).
Teil 9: Abnahmeprüfung zahnärztlicher Röntgeneinrichtungen; Regel für die Prüfung der Bildqualität nach Errichtung, Instandsetzung und Änderung.
Teil 50: Abnahmeprüfung an medizinischen Röntgeneinrichtungen für Aufnahme, Durchleuchtung und Filmverarbeitung (1990).
Teil 51: Abnahmeprüfung zahnärztlicher Röntgeneinrichtungen; Regeln für die Prüfung der Bildqualität nach Errichtung, Instandsetzung und Änderung.
Teil 52: Abnahmeprüfung an Mammographie-Einrichtungen (1990).
Teil 53: Abnahmeprüfung bei Röntgen-Computertomographie-Einrichtungen (1990).
Teil 54: Abnahmeprüfung bei Einrichtungen zur digitalen Subtraktionsangiographie (Entwurf 1992).
Teil 55: Abnahmeprüfung an medizinischen Röntgeneinrichtungen; Funktionsprüfung der Filmverarbeitung (Entwurf 1991).
- Drexler G., Eriskat H., Schibilla H., Haybittle J.-L., Secretan J.L. (Eds.); Criteria and Methods for Quality Assurance in Medical X-ray Diagnosis; British Journal of Radiology, Supplement No. 18; The British Institute of Radiology, London (1985); 179 S.
- Du Pont; Qualitätssicherung nach der neuen Röntgenverordnung; Ein Leitfaden zur praktischen Durchführung (1988).
- Eder H.; Prüfmethode für Qualitätssicherung und Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik; LAS-Bericht; Bayrisches Landesinstitut für Arbeitsschutz; München (1985); 161 S.

- Holeczke F., Kärcher K.H.; Kainberger F.; Mader H.; Seyss R. (Red.); Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik; Strahlenschutz 1/89; Verband für medizinischen Strahlenschutz in Österreich aus Physik, Technik, Biologie, Medizin und Rechtsvorschriften (1989).
- Holeczke F., Seyss R., Börner W., Messerschmidt O. (Hrsg.); Qualitätskontrolle in der Radiologie und Nuklearmedizin unter dem Aspekt des Strahlenschutzes; Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Band Abnahmeprüfung an medizinischen Röntgeneinrichtungen, Georg Thieme Verlag Stuttgart (1986); 210 S.
- Kodak; Grundsätzliches zur Qualitätssicherung; Cat. No. 705 7359; Kodak AG, Stuttgart.
- Meier-Duis H., Mödder U. (Hrsg.); Qualitätssicherung in der Radiologie; Blackwell Wissenschaft, Berlin (1992), 278 S.; ISBN 3-89412-099-1.
- Moores B.M., Stieve F.E., Eriskat H., Schibilla H. (Edts.); Technical and Physical Parameters for Quality Assurance in Medical Diagnostic Radiology; BIR-Report 18, British Institute of Radiology, London (1989); ISBN 0-905749-18-9.
- Moores B.M., Wall B.F., Eriskat H., Schibilla H. (Edts.); Optimization of Image Quality and Patient Exposure in Diagnostic Radiology; BIR-Report 20, British Institute of Radiology, London (1989); ISBN 0-905749-21-9.
- National Council on Radiation Protection in Medicine; Quality Assurance for Diagnostic Imaging Equipment; NCRP Report No. 99, Bethesda (1990).
- Organisation Mondiale de la Santé; Assurance de la qualité en radiodiagnostic; OMS Genève (1984); ISBN 92 4 254 164 8.
- Stender H.-S., Stieve F.-E. (Hrsg.); Bildqualität in der Röntgendiagnostik; Qualitätssicherung in der Medizin; Deutscher Ärzte-Verlag, Köln (1990); 186 S.; ISBN 3-7691-0200-2.
- Stender H.-S., Stieve F.-E.; Praxis der Qualitätskontrolle in der Röntgendiagnostik; Gustav Fischer Verlag (1986); 480 S.
- Stender H.-S., Stieve F.-E.; Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik; Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1985), 202 S.; ISBN 3-13-670801-6.
- Strahlenschutzprogramm der Kommission der Europäischen Gemeinschaft; Qualitätskriterien für Röntgenaufnahmen in der medizinischen Diagnostik; Arbeitsvorlage, 2. Auflage (1990), Nr. XII/173/90.
Qualitätskriterien für Röntgenaufnahmen in der Pädiatrie; Arbeitsvorlage, Entwurf (1992), Nr. XII/307/91/DE.
- Ramm B., Nunnemann A.; Röntgenqualitätsprüfungen und Strahlenschutz; Grundlagen und praktische Durchführung für Ärzte, Zahnärzte, Medizinphysiker und MTRA; Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1992), 94 S.; ISBN 3-432-99831-7.
- Vorstand der Bundesärztekammer; Leitlinien der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik; Deutsches Ärzteblatt 86, Heft 27 (39), (1989).
- Wellhöfer Dosimetrie; Kompaktkurs zur praktischen Durchführung der Konstanzprüfung nach § 16 RöV; Wellhöfer Dosimetrie, Schwarzenbruck (1992).
- ZVEI - Zentralvorstand Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V., Fachverband Elektromedizinische Technik, Frankfurt
 - ZVEI-Information Nr. 2 zur Röntgenverordnung, Hinweise zur rationellen und kostengünstigen Durchführung der Abnahmeprüfung nach § 16 und § 45 RöV
 - ZVEI-Information Nr. 3, 4, 5 zur Röntgenverordnung, Filmverarbeitung: Hinweise zur Durchführung der Prüfungen nach § 16 und § 45 RöV
 - ZVEI-Information Nr. 6 zur Röntgenverordnung, Konstanzprüfung der Filmverarbeitung nach § 16 RöV, Sensitometer und Densitometer
 - ZVEI-Information Nr. 8 zur Röntgenverordnung, Prüfverfahren zur Qualitätssicherung von Röntgenfilmen, Verstärkungsfolien und Kassetten.

Zusammensetzung der Arbeitsgruppe

(Stand im März 1994)

Dr. A. von Arx, Ringstrasse 5, 4600 Olten	SGSMP
Frau I. Cordt, Institut für Medizinische Radiobiologie der Universität, August-Forelstr. 7, 8029 Zürich	SGSMP
Dr. med. J.-C. Ducommun, Regionalspital Biel, 2502 Biel	SGMR
E. Elmer (Vorsitz) Bundesamt für Gesundheitswesen, Abt. Strahlenschutz Bollwerk 27, 3001 Bern	SGSMP
Dr. M. Grecescu Institut de Radiophysique appliquée Centre universitaire, 1015 Lausanne	SGSMP
Dr. med. W. Hedtler Merian-Iselin Spital, Röntgeninstitut Föhrenstr. 2, 4054 Basel	SGMR
B. Hümbelin Universitätsspital, Röntgendiagnost. Zentralinstitut Rämistr. 100, 8091 Zürich	SVMTRA
Frau F. Ionescu-Farca Rätisches Kantons- und Regionalspital, Radio-Onkologie Loestr. 170, 7000 Chur	SGSMP
Prof. Dr. J. Roth Kantonsspital, Abt. für Radiologische Physik 4031 Basel	SGSMP
PD Dr. J.-F. Valley Institut de Radiophysique appliquée Centre universitaire, 1015 Lausanne	SGSMP

Verzeichnis von bisher erschienenen SGSMP - Empfehlungen

- Empfehlung Nr. 1:* Physikalische und dosimetrische Kontrollen in der perkutanen Strahlentherapie
- November 1982, Revision 1991
(erhältlich auf französisch und deutsch)
- Empfehlung Nr. 2:* Physikalische und dosimetrische Kontrollen in der gynäkologischen Curietherapie (Afterloading-Geräte)
- Juni 1984
(erhältlich auf französisch und deutsch)
- Empfehlung Nr. 3:* Physikalische Kontrollen am Simulator in der Strahlentherapie
- Juni 1984
(erhältlich auf französisch und deutsch)
- Empfehlung Nr. 4:* Dosimetrie von hochenergetischer Photonen- und Elektronenstrahlung
- Mai 1986, Revision 1992
(erhältlich auf französisch, deutsch und englisch)
- Empfehlung Nr. 5:* Qualitätsprüfungen in der Röntgendiagnostik (Anweisungen zur Durchführung)
- Juli 1987, Revision 1995
(erhältlich auf französisch und deutsch)
- Empfehlung Nr. 6:* Physikalische und dosimetrische Kontrollen der dermatologischen Röntgentherapiegeräte in Arztpraxen und in kleinen Spitälern
- November 1990
(erhältlich auf französisch und deutsch)

(Bezugsquelle: Sekretariat der SGSMP, Abt. med. Strahlenphysik, Inselspital, 3010 Bern)

