

Richtlinie E-14 Technische Anforderungen an Eichstellen für Therapie-, Diagnostik- und Strahlenschutzdosimeter

Version 02

Auf Grundlage des § 35 Abs. 9 des Maß- und Eichgesetzes (MEG), BGBl. Nr. 152/1950 i.d.g.F wird folgende Richtlinie des Bundesamtes für Eich und Vermessungswesen für die technische Ausstattung von Eichstellen für Therapie-, Diagnostik- und Strahlenschutzdosimeter und für deren Vorgangsweise bei der Eichung veröffentlicht.

Inhalt

Richtlinie E-14 Technische Anforderungen an Eichstellen für Therapie-, Diagnostik- und Strahlenschutzdosimeter	1
1 Einleitung	4
2 Prüfraum	4
3 Prüfeinrichtungen	5
3.1 Prüfeinrichtungen für die Eichung von Therapiedosimeter in Prüflaboratorien	5
3.1.1 Gammabestrahlungsanlage:	5
3.1.2 Röntgeneinrichtungen:	5
3.1.3 Wasserphantom:	7
3.1.4 Dosimeter:	7
3.1.5 Dosismonitor:	7
3.1.6 Ladungsmesser, Strommesser, Spannungsmesser:	8
3.1.7 Spannungsquellen:	8
3.1.8 Stromquelle:	9
3.1.9 Hilfsmessgeräte:	9
3.1.10 Hilfseinrichtungen in den Prüfräumen:	11
3.2 Prüfeinrichtungen für die Eichung von Diagnostikdosimeter in Prüflaboratorien	12
3.2.1 Röntgeneinrichtungen:	12
3.2.2 Mindestanforderungen an Röntgeneinrichtungen	12
3.2.3 Dosimeter:	13
3.2.4 Dosismonitor:	13
3.2.5 Ladungsmesser, Strommesser, Spannungsmesser:	14
3.2.6 Spannungsquellen:	14
3.2.7 Stromquelle:	15
3.2.8 Hilfsmessgeräte:	15
3.2.9 Hilfseinrichtungen in Prüfräumen:	17
3.3 Prüfeinrichtungen für die Eichung von Strahlenschutzdosimetern in Prüflaboratorien (ausgenommen messtechnische Kontrolle gemäß §12b MEG und Eichung am Aufstellungsort)	17
3.3.1 Allgemeines:	17
3.3.2 Gammabestrahlungsanlagen:	17

3.3.3 Röntgeneinrichtungen:.....	19
3.3.4 Phantome:	20
3.3.5 Dosimeter:	20
3.3.6 Dosismonitor:	20
3.3.7 Ladungsmesser, Strommesser, Spannungsmesser:	21
3.3.8 Spannungsquellen:	21
3.3.9 Stromquelle:	21
3.3.10 Hilfsmessgeräte:.....	22
3.3.11 Hilfeinrichtungen in den Prüfräumen:.....	24
3.4 Messgröße, Messbereich, Messunsicherheit	25
4 Weitere Bestimmungen:	26

1 Einleitung

Durch diese Richtlinie soll sichergestellt werden, dass für Eichstellen für Therapie-, Diagnostik- und Strahlenschutzdosimeter einheitliche Mindestanforderungen gelten, die aufgrund des Maß- und Eichgesetzes und der Eichstellenverordnung aus technischer Sicht an diese Eichstellen zu stellen sind.

2 Prüfraum

Die technische, räumliche und personelle Ausstattung der Eichstelle muss von Art und Umfang der durch die behördliche Beauftragung übertragenen Aufgabe genügen.

Die erforderliche technische und räumliche Ausstattung ist dieser Richtlinie zu entnehmen. Sie ist der zuständigen Behörde zu erläutern. Dabei ist zu beachten, dass entwicklungsbedingte Änderungen möglich sind.

Die räumliche Ausstattung richtet sich nach dem Messverfahren, mit dessen Hilfe die durch die behördliche Beauftragung übertragene Aufgabe unter Erfüllung der Anforderungen in dieser Richtlinie durchgeführt wird.

Die raummäßige Aufteilung der Einrichtung muss eine zuverlässige Durchführung der Prüfungen gestatten.

Die Temperatur des Prüfraums sollte während der Prüfung zwischen 15 °C und 25 °C liegen. Zu ihrer Überwachung ist ein geeichtes oder kalibriertes Thermometer mit einer Auflösung von mindestens 1°C, in geeigneter Weise in jedem Prüfraum anzubringen.

Die relative Luftfeuchte des Prüfraums muss während der Prüfung zwischen 30 % und 75 % liegen. Zu ihrer Überwachung ist ein kalibriertes Hygrometer, mit einer Auflösung von mindestens 5 %, in geeigneter Weise in jedem Prüfraum anzubringen.

Die oben angeführten Umgebungsbedingungen sind durch kontinuierliche Aufzeichnungen der Umgebungsparameter während der Eichung zu überwachen und rückverfolgbar zu speichern.

Um die oben angeführten Anforderungen an die Raumluft zu erfüllen ist eine Klimatisierung der Prüfräume empfehlenswert.

Der Prüfraum muss gut belichtet sein.

In jedem Prüfraum muss der Fußboden mit einem geeigneten Belag versehen sein, der einerseits die Aufladung von Personen mit statischer Elektrizität verhindert und andererseits gestattet, den Raum weitgehend staubfrei zu halten.

Jeder Prüfraum muss die einschlägigen Rechtsvorschriften, auf dem Gebiet der Sicherheitstechnik, des Strahlen-, Brand- und Arbeitnehmerschutzes erfüllen. Ein entsprechender Bewilligungsbescheid für den Betrieb der Prüfräume und Anlagen von der zuständigen Behörde muss vorliegen.

Die Eignung der vorhandenen Prüfräume muss der zuständigen Behörde vor Bewilligung dargelegt werden.

3 Prüfeinrichtungen

3.1 Prüfeinrichtungen für die Eichung von Therapiedosimeter in Prüflaboratorien

Messgrößen: Wasser-Energiedosis und Luftkerma

3.1.1 Gammabestrahlungsanlage:

Um die Unsicherheit der Dosismessung genügend klein halten zu können, werden zur eichtechnischen Prüfung von Therapiedosimetern Kobalt-60-Gammastrahlungsquellen mit genügend hoher Aktivität benötigt, um die Dosisleistungsmessbereiche der eichzugelassenen bzw. als Medizinprodukte in Verkehr gebrachten Dosimeter abzudecken. In der Regel ist eine Aktivität von weniger als 30 TBq nicht ausreichend. Die radioaktive Quelle soll aus einem Material hoher spezifischer Aktivität bestehen, um ihre Abmessungen und somit das Halbschattengebiet möglichst klein zu halten. Um den Dosisleistungsbeitrag der Streustrahlung herabzusetzen, die an den Kollimatorrändern entsteht, sollte der Kollimator aus mehreren Scheiben bestehen, die durch etwa 2 cm breite Spalten voneinander getrennt sind. Die Gesamtdicke eines Kollimators ist so zu bemessen, dass die Strahlung durch sein Material mindestens um den Faktor 10^2 geschwächt wird. Der Kollimator soll einen quadratischen Querschnitt haben und ist so zu konstruieren, dass das Halbschattengebiet möglichst klein ist.

3.1.2 Röntgeneinrichtungen:

Für die Prüfung von Therapiedosimetern werden Röntgeneinrichtungen für das Weichstrahl- und Hartstrahlgebiet benötigt. Sie sollten die in Tabelle 1 aufgeführten Mindestanforderungen erfüllen:

Tabelle 1: Mindestanforderungen an Röntgeneinrichtungen

	Weichstrahlgebiet	Hartstrahlgebiet
Röhrens pannung	Mindestens 10 kV bis 50 (100) kV, möglichst stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung, Welligkeit < 10 % bei max. Röhrenstrom.	Mindestens (50) 100 kV bis 300 kV, möglichst stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung, Welligkeit < 10 % bei max. Röhrenstrom.
Röhrenstrom	Mindestens bis 30 mA, möglichst stufenlos regelbar.	Mindestens bis 10 mA, möglichst stufenlos regelbar.
Anoden-material	Wolfram	Wolfram
Härtungsgleichwert von Röhre und Röhregehäuse (Eigenfilterung)	≤ 1,5 mm Beryllium	≤ 3,5 mm Aluminium

Zur Überprüfung der an einer Röntgenröhre liegenden Hochspannung muss ein sekundärseitiger Anschluss für eine Hochspannungsmesseinrichtung (z.B. Spannungsteiler) vorgesehen sein, um diese Überprüfung bei Bedarf im Laboratorium selbst vornehmen zu können. Dieser Anschluss kann entfallen, wenn die Hochspannung nach einem anderen Verfahren, z.B. aus dem Spektrum der Strahlung, kV-Meter, bestimmt wird.

Röhrenverschluss:

Der Durchmesser der Öffnung des Röhrenverschlusses darf die durch die Blenden festgelegte Feldgröße nicht einengen. Der Verschluss soll die Strahlung auf wenigstens 0,1 % schwächen. Hierzu sind z. B. im Weichstrahlgebiet (Röhrenspannung bis 100 kV) etwa 2 mm Blei und im Hartstrahlgebiet (Röhrenspannung bis 300 kV) etwa 15 mm Blei erforderlich. Die Zeit für den Öffnungs- und Schließvorgang sollte kleiner als 0,1 s sein.

Blenden:

Die Blendenöffnungen sind unter Berücksichtigung des Blendenabstandes vom Brennfleck der Röntgenröhre so zu wählen, dass die in Tabelle 2 angegebenen Durchmesser des Strahlungsfeldes in den dort vorgesehenen Abständen erzielt werden. Die Blendenöffnungen sollten kreisförmig sein. Der Außendurchmesser der Blenden muss so groß sein, dass nur die zu bestrahlenden Teile des Detektors bzw. Dosimeters direkt bestrahlt werden. Im Hartstrahlgebiet sollen die Blenden aus Blei bestehen und können zum Schutz gegen Beschädigung eine Umhüllung aus nicht rostendem Stahl oder Messing haben. Die Dicke der Bleiblenden B1 und B2 (siehe Bild 1) soll mindestens je 4 mm betragen. Im Weichstrahlgebiet können die Blenden aus rostfreiem Stahl oder Messing bestehen. Die Dicke der Blenden B1 und B2 soll mindestens je 3 mm betragen.

Filter:

Die verwendeten Filtermaterialien sollten für Strahlungen, deren 1. Halbwertschichtdicke $s_1(\text{Al}) < 0,2 \text{ mm}$ ist, einen Reinheitsgrad von 99,99 % haben. Für Strahlungen mit $s_1(\text{Al}) > 0,2 \text{ mm}$ soll der Reinheitsgrad mindestens 99,8 % sein. Die Filter müssen homogen gearbeitet sein (insbesondere ohne Luftporen).

3.1.3 Phantome:

Die Abmessungen des Phantoms muss mindestens 30 cm x 30 cm senkrecht zum Strahl und 30 cm in Strahlrichtung betragen. Die Dicke der zur Strahlungsquelle gerichteten Wand des Wasserphantoms soll in dem Teil, durch den die Strahlung in das Phantom eintritt (Eintrittsfenster), höchstens 5 mm betragen. Die Dicke der übrigen Phantomwände muss so groß sein, dass keine Messfehler durch eine Verformung des Phantoms beim Füllen mit Wasser entstehen. Die Halterungshülse (wasserdicht), in der sich die Kammer im Wasserphantom befindet, soll im Bereich des Kammervolumens $\leq 1 \text{ mm}$ dick sein. Das Baumaterial für das Phantomgefäß und die Halterungshülsen der Kammer soll in dem Teil, der von der Nutzstrahlung getroffen wird, PMMA (Acrylglas, Plexiglas®) sein. Die Kammern bzw. ihre Halterungshülsen müssen hinsichtlich ihrer Lage justierbar sein.

3.1.4 Dosimeter:

Die als Bezugsnormale für die messtechnische Prüfung von Therapiedosimetern verwendeten Dosimeter müssen den Anforderungen der Norm ÖVE ÖNORM EN 60731:2007 für Therapiedosimeter der Referenzklasse genügen. Sie müssen im Strahlungsfeld einer Kobalt-60-Gammastrahlungsquelle auf Konstanz überwacht werden. Ihr Ansprechvermögen darf sich um nicht mehr als 0,5 % pro Jahr ändern.

3.1.5 Dosismonitor:

Zur Berücksichtigung von zeitlichen Schwankungen der Dosisleistung im Strahlungsfeld bei Röntgenstrahlung werden die Anzeigen M_n des Normaldosimeters und M des Prüflings auf die gleichzeitig erfolgende Anzeige M_m eines Dosismonitors bezogen. Die Quotienten M_n / M_m und M / M_m sind von der zeitlichen Schwankung der Dosisleistung unabhängig. Durch den Detektor des Dosismonitors (Monitorkammer) soll das Strahlungsfeld möglichst wenig verändert werden, insbesondere dürfen durch ihn keine Inhomogenitäten im wirksamen Teil des Strahlungsfeldes (Schattenbildung) verursacht werden. Diese Forderung erfüllt eine Durchstrahl-Ionisationskammer, deren Elektroden aus dünnen Kunststofffolien (Dicke $< 50 \mu\text{m}$) bestehen. Der Durchmesser der Elektroden darf den größten vorgesehenen Durchmesser des Strahlungsfeldes am Messort nicht einengen. Die Halterung der Monitorkammer und die Halterung der sie umgebenden Blenden B1 und B2 (siehe Bild 2) müssen starr miteinander und mit dem Röhrengehäuse verbunden sein, um

die erheblichen Fehler zu vermeiden, die bei einer Dejustierung dieser Teile auftreten können. Die Filterwirkung der Monitorkammer, die besonders im Weichstrahlgebiet merklich wird, ist erforderlichenfalls in der Gesamtfilterung zu berücksichtigen. Für die Wiederholbarkeit wird eine relative Standardabweichung des Einzelmesswertes von $s_r < 0,2 \%$ gefordert.

3.1.6 Ladungsmesser, Strommesser, Spannungsmesser:

An einen Ladungs-, Strom- und Spannungsmesser, der zur Prüfung und Messung einer Kammer dient, werden folgende Anforderungen gestellt:

Ladungsmesser

- a) Messbereiche: 10^{-7} C bis 10^{-10} C;
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner $0,5 \%$ ($k = 2$);
- c) Temperatureinfluss: höchstens $0,2 \%$ im Temperaturbereich zwischen $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Strommesser

- a) Messbereiche: 10^{-9} A bis 10^{-12} A;
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner $0,5 \%$ ($k = 2$);
- c) Temperatureinfluss: höchstens $0,2 \%$ im Temperaturbereich zwischen $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Spannungsmesser

- a) Messbereiche: 10^{-3} V bis 10^3 V (Gleichspannung);
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner $0,3 \%$ ($k = 2$);
- c) Innenwiderstand: größer als $500 \text{ M } \Omega$ für Spannungen kleiner oder gleich 20 V ;
- d) Temperatureinfluss: höchstens $0,1 \%$ im Temperaturbereich zwischen $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.1.7 Spannungsquellen:

Zur Versorgung der Kammereinheiten mit der Betriebsspannung (Kammerspannung) müssen Spannungsquellen vorhanden sein (häufig im Anzeigegerät integriert).

Einstellbereiche: mindestens 100 V bis 500 V (positive und negative Polarität); Temperatureinfluss: höchstens $0,01 \%$ im Temperaturbereich zwischen $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$;

Welligkeit: höchstens $0,01 \%$.

3.1.8 Stromquelle:

Zur Prüfung eines Anzeigeegerätes in den verschiedenen Dekaden des Messbereiches ist eine Stromquelle erforderlich, die den entsprechenden Stromstärkebereich abdeckt.

Einstellbereich: ca. 10^{-6} A bis ca. 10^{-12} A;

Wiederholbarkeit: relative Standardabweichung $s_r < 0,5$ % für Ströme $I < 10^{-12}$ A, $s_r < 0,3$ % für Ströme $I \geq 10^{-12}$ A;

Der Wert des Stroms ist mit einem Strommesser gemäß obiger Spezifikation zu bestimmen.

3.1.9 Hilfsmessgeräte:

Folgende Messgeräte sind für die Prüfung von Therapiedosimetern in der Eichstelle erforderlich:

Thermometer, Messbereich 15°C bis 30°C , Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als $0,1^{\circ}\text{C}$;

Barometer, der Messbereich muss alle klimatischen Luftdruckschwankungen am Ort der Eichstelle umfassen, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 1 hPa;

Hygrometer, Messbereich 20 % bis 90 % r.F., Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 5 % r.F.;

Stoppuhr, zur Bestimmung der Messzeit, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 0,1 s;

Abstandsmessgeräte, z. B. Messband, Mikrometer, Taster zur Entfernungseinstellung, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 1 mm bei Messungen frei Luft und 0,2 mm bei Messungen im Wasserphantom.

Messanordnungen (typischer Aufbau):

Prüfung bei Gammastrahlung:

Die Messanordnung (siehe Bild 1) besteht aus dem radioaktiven Strahler S in einer Abschirmung (Arbeitsbehälter) A, dem Kollimator Ko und dem am Messort befindlichen Dosimeter (Normaldosimeter N oder Prüfling P) frei in Luft oder in einem Wasserphantom in einer Wasseräquivalent-Tiefe von 5 cm (gemessen von der Phantomvorderwand bei horizontalem Strahlungsfeld).

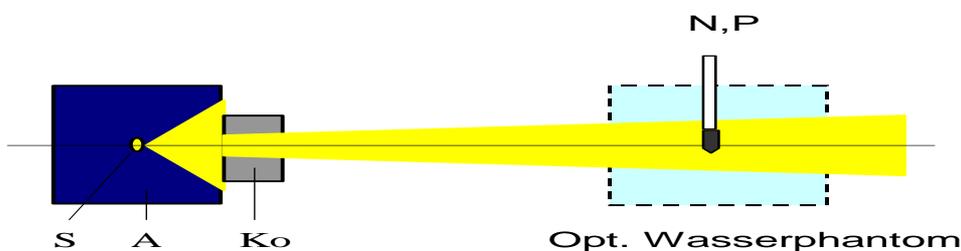


Bild 1: Messanordnung zur eichtechnischen Prüfung von Therapiedosimetern bei ^{60}Co -Gammastrahlung. Es bedeuten: S radioaktiver Strahler, A Abschirmung, Ko Kollimator, N Kammer des Normaldosimeters, P Kammer des Prüflings.

Prüfung bei Röntgenstrahlung mit Monitorkammer:

Die Messanordnung (siehe Bild 2) für Hartstrahlung und für Weichstrahlung besteht aus der Röntgenstrahlungsquelle R, dem Röhrenverschluss V, den Blenden B1 und B2, dem Filter F, dem Dosismonitor M und dem am Messort befindlichen Dosimeter (Normaldosimeter N oder Prüfling P) frei in Luft.

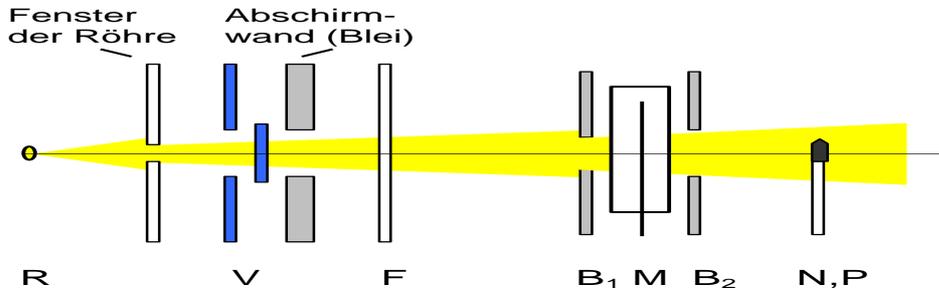


Bild 2: Messanordnung zur eichtechnischen Prüfung von Therapiedosimetern mit Röntgenstrahlung bei Verwendung eines Dosimonitors. Es bedeuten: R Röntgenstrahler, B Blenden, V Röhrenverschluss, F Filter, M Monitorkammer, N Kammer des Normaldosimeters, P Kammer des Prüflings.

Der Röhrenverschluss dient zur Unterbrechung der Bestrahlung, ohne die Röhrenspannung abschalten zu müssen. Er soll möglichst dicht vor der Röntgenröhre angeordnet sein. Die Blenden dienen zur seitlichen Begrenzung des Strahlenfeldes auf die am Messort gewünschte Feldgröße. Die wirksame Größe des Fensters der Röhre sollte bei Hartstrahlung durch eine Bleiblende so eingeschränkt werden, dass der Durchmesser des Strahlenfeldes ohne Halbschatten in 80 cm Abstand vom Brennfleck etwa 10 cm beträgt, bei Weichstrahlung so, dass der Durchmesser des Strahlenfeldes in 40 cm Abstand vom Brennfleck gleich oder größer als 3 cm ist. Um den Strahlungsuntergrund am Messort herabzusetzen, kann eine Strahlenschutzwand aufgestellt werden. Ihre Öffnung soll das durch die Bleiblende am Röhrenfenster ausgeblendete Strahlenfeld nicht begrenzen. Die auswechselbare Blende B1 dient zur Herstellung der gewünschten Feldgröße am Messort. Bei einem Satz dieser Blenden sind die Durchmesser so zu wählen, dass die in Tabelle 2 angegebenen Werte für die Feldgröße erzielt werden. Zu jeder Blende B1 ist eine Blende B2 zu verwenden, deren Durchmesser so zu wählen ist, dass der Halbschatten durch sie abgeblendet, das direkte Strahlenfeld aber nicht begrenzt wird. Die Filter dienen zur Erzeugung der gewünschten Strahlungsqualität. Bei Filtern, die sich aus Aluminium und Kupfer zusammensetzen, sind die Materialien so anzuordnen, dass das Aluminium zum Messort weist. Dadurch wird der Dosisbeitrag der Fluoreszenzstrahlung aus Kupfer herabgesetzt. Die Monitorkammer ist so im Strahlenfeld anzuordnen, dass die Elektroden (Folien) senkrecht zum Zentralstrahl stehen.

Tabelle 2: Angaben zur Messanordnung und zu den Bezugsbedingungen

Art des Detektors	Phantommaterial	Bereich der Röhrenröhrenspannungen U_R , Radionuklid	Abstand Fokus-Messort cm	Mindest Feldgröße am Messort	Wasseräquivalent-Tiefe im Phantom
Flachkammer	-	$10 \text{ kV} \leq U_R \leq 50 \text{ kV}$	40 - 60	Durchmesser 3 cm	-
Kompakt-kammer	-	$50 \text{ kV} \leq U_R \leq 300 \text{ kV}$	80 - 100	Durchmesser 3 cm	-
Kompakt-kammer	-	^{60}Co	100	Durchmesser 10 cm oder 10 cm x 10 cm	-
Kompakt-kammer	Wasser	^{60}Co	100	Durchmesser 10 cm oder 10 cm x 10 cm	5 cm

Strahlungsqualitäten:

Werden bei der Eichung von Therapedosimetern Röntgenstrahlungsqualitäten verwendet, so sind jene aus der ÖNORM S5234-3:2009 oder vergleichbaren Dokumenten zu wählen. Die Strahlungsqualität der Röntgenstrahlung wird in der Regel durch folgende Angaben charakterisiert: Röhrenspannung, Anodenmaterial, Gesamtfilterung, 1. Aluminium- bzw. 1 Kupfer-Halbwertschichtdicke für weiche und harte Röntgenstrahlung. Bei der Gammastrahlung genügt zur Kennzeichnung der Strahlungsqualität die Angabe des Radionuklids.

Die Abhängigkeit der Korrekturfaktoren von der Strahlungsqualität für Therapedosimeter wird bei Röntgenstrahlen durch ihre Abhängigkeit von der 1. Halbwertschichtdicke s_1 und bei Gammastrahlung durch die Abhängigkeit von der Photonenenergie E beschrieben.

Zur Kontrolle der Strahlungsqualitäten ist die 1. Halbwertschichtdicke s_1 zu messen.

Ist die Abweichung eines Wertes von s_1 vom Sollwert größer als 10 %, sollte die Röntgeneinrichtung überprüft werden. Die Kontrolle der Strahlungsqualitäten sollte an jeder Röntgeneinrichtung für wenigstens zwei Strahlungsqualitäten in Zeitabständen von einem Jahr ausgeführt werden und für alle Strahlungsqualitäten nach einer Reparatur, die die Strahlungsqualität beeinflussen kann, z.B. nach Röhrenwechsel.

Das Spektrum der Strahlungsqualitäten sollte hinreichend bekannt sein.

3.1.10 Hilfseinrichtungen in den Prüfräumen:

Stabile Vorrichtung auf der die Kammern einfach und zuverlässig frei in Luft befestigt und positioniert werden können und die eine Messung in verschiedenen Abständen vom Fokus der

Bestrahlungsanlage erlaubt. Sie sollte einen Schlitten mit verstellbaren Anschlägen besitzen, auf dem die Kammern auf allen drei Raumachsen verschoben werden kann. Die Vorrichtung soll sich bei der Bestrahlung der Kammer nicht im Strahlenbündel befinden.

Steht für Messungen im Wasserphantom kein gesonderter Messaufbau zur Verfügung, so muss diese Vorrichtung auch zur Halterung und Positionierung des schweren Wasserphantoms, geeignet sein.

Vorrichtung zur Messung von Halbwertschichtdicken.

3.2 Prüfeinrichtungen für die Eichung von Diagnostikdosimeter in Prüflaboratorien

Messgröße: Luftkerma

3.2.1 Röntgeneinrichtungen:

Für die Prüfung von Diagnostikdosimetern werden Röntgeneinrichtungen für die Mammographie und konventionelle Röntgendiagnostik benötigt. Sie sollten die in Tabelle 3 aufgeführten Mindestanforderungen erfüllen:

3.2.2 Mindestanforderungen an Röntgeneinrichtungen

Tabelle 3: Mindestanforderungen an Röntgeneinrichtungen

	Mammographie	konventionelle Röntgendiagnostik
Röhrenspannung	Mindestens 20 kV bis 50 kV, möglichst stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung, Welligkeit < 10 % bei max. Röhrenstrom.	Mindestens 30 kV bis 150 kV, möglichst stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung, Welligkeit < 10 % bei max. Röhrenstrom.
Röhrenstrom	Mindestens bis 30 mA, möglichst stufenlos regelbar.	Mindestens bis 10 mA, möglichst stufenlos regelbar.
Anodenmaterial	Molybdän	Wolfram
Härtungsgleichwert von Röhre und Röhrengehäuse (Eigenfilterung)	≤ 1,5 mm Beryllium	≤ 3,5 mm Aluminium

Zur Überprüfung der an einer Röntgenröhre liegenden Hochspannung muss ein sekundärseitiger Anschluss für eine Hochspannungsmesseinrichtung (z.B. Spannungsteiler) vorgesehen sein, um diese Überprüfung bei Bedarf im Laboratorium selbst vornehmen zu können. Dieser Anschluss kann entfallen, wenn die Hochspannung nach einem anderen Verfahren, z.B. aus dem Spektrum der Strahlung, kV-Meter, bestimmt wird.

Röhrenverschluss:

Der Durchmesser der Öffnung des Röhrenverschlusses darf die durch die Blenden festgelegte Feldgröße nicht einengen. Der Verschluss soll die Strahlung auf wenigstens 0,1 % schwächen. Hierzu sind in der Diagnostik (Röhrenspannung bis 150 kV) etwa 3 mm Blei erforderlich. Die Zeit für den Öffnungs- und Schließvorgang sollte kleiner als 0,1 s sein.

Blenden:

Die Blendenöffnungen sind unter Berücksichtigung des Blendenabstandes vom Brennfleck der Röntgenröhre so zu wählen, dass die in Tabelle 4 angegebenen Durchmesser des Strahlungsfeldes in den dort vorgesehenen Abständen erzielt werden. Die Blendenöffnungen sollten kreisförmig sein. Der Außendurchmesser der Blenden muss so groß sein, dass nur die zu bestrahlenden Teile des Detektors bzw. Dosimeters direkt bestrahlt werden. Die Blenden sollen aus Blei bestehen und können zum Schutz gegen Beschädigung eine Umhüllung aus nicht rostendem Stahl oder Messing haben. Die Dicke der Bleiblenen B1 und B2 (siehe Bild 3) soll mindestens je 4 mm betragen.

Filter:

Die verwendeten Filtermaterialien sollten für Strahlungen, deren 1. Halbwertschichtdicke $s_1(\text{Al}) < 0,2$ mm ist, einen Reinheitsgrad von 99,99 % haben. Für Strahlungen mit $s_1(\text{Al}) > 0,2$ mm soll der Reinheitsgrad mindestens 99,8 % sein. Die Filter müssen homogen gearbeitet sein (insbesondere ohne Lufteinschlüsse).

3.2.3 Dosimeter:

Die als Bezugsnormale für die messtechnische Prüfung von Diagnostikdosimetern verwendeten Dosimeter müssen den Anforderungen der Norm ÖVE/ÖNORM EN 61674:2007 für Diagnostikdosimeter genügen. Ihr Ansprechvermögen darf sich um nicht mehr als 0,5 % pro Jahr ändern.

3.2.4 Dosismonitor:

Zur Berücksichtigung von zeitlichen Schwankungen der Dosisleistung im Strahlungsfeld bei Röntgenstrahlung werden die Anzeigen M_n des Normaldosimeters und M des Prüflings auf die gleichzeitig erfolgende Anzeige M_m eines Dosismonitors bezogen. Die Quotienten M_n / M_m und M / M_m sind von der zeitlichen Schwankung der Dosisleistung unabhängig. Durch den Detektor des Dosismonitors (Monitorkammer) soll das Strahlungsfeld möglichst wenig verändert werden, insbesondere dürfen durch ihn keine Inhomogenitäten im wirksamen Teil des Strahlungsfeldes

(Schattenbildung) verursacht werden. Diese Forderung erfüllt eine Durchstrahl-Ionisationskammer, deren Elektroden aus dünnen Kunststofffolien (Dicke $< 50 \mu\text{m}$) bestehen. Der Durchmesser der Elektroden muss größer sein als der größte vorgesehene Durchmesser des Strahlungsfeldes am Messort. Die Halterung der Monitorkammer und die Halterung der sie umgebenden Blenden B_1 und B_2 (siehe Bild 3) müssen starr miteinander und mit dem Röhrengehäuse verbunden sein, um die erheblichen Fehler zu vermeiden, die bei einer Dejustierung dieser Teile auftreten können. Die Filterwirkung der Monitorkammer, die besonders bei niedrigen Röhrenspannungen merklich wird, ist erforderlichenfalls in der Gesamtfilterung zu berücksichtigen. Für die Wiederholbarkeit wird eine relative Standardabweichung des Einzelmesswertes von $s_r < 0,2 \%$ gefordert.

3.2.5 Ladungsmesser, Strommesser, Spannungsmesser:

An einen Ladungs-, Strom- und Spannungsmesser, der zur Prüfung und Messung einer Kammer dient, werden folgende Anforderungen gestellt:

Ladungsmesser

- a) Messbereiche: 10^{-7} C bis 10^{-10} C ;
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner $0,5 \%$ ($k = 2$);
- c) Temperatureinfluss: höchstens $0,2 \%$ im Temperaturbereich zwischen $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Strommesser

- a) Messbereiche: 10^{-9} A bis 10^{-12} A ;
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner $0,5 \%$ ($k = 2$);
- c) Temperatureinfluss: höchstens $0,2 \%$ im Temperaturbereich zwischen $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Spannungsmesser

- a) Messbereiche: 10^{-3} V bis 10^3 V (Gleichspannung);
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner $0,3 \%$ ($k = 2$);
- c) Innenwiderstand: größer als $500 \text{ M } \Omega$ für Spannungen kleiner oder gleich 20 V ;
- d) Temperatureinfluss: höchstens $0,1 \%$ im Temperaturbereich zwischen $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2.6 Spannungsquellen:

Zur Versorgung der Kammereinheiten mit der Betriebsspannung (Kammerspannung) müssen Spannungsquellen vorhanden sein (häufig im Anzeigegerät integriert).

Einstellbereiche: mindestens 100 V bis 500 V (positive und negative Polarität); Temperatureinfluss: höchstens $0,01 \%$ im Temperaturbereich zwischen $20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $30 \text{ }^\circ\text{C}$;

Welligkeit: höchstens $0,01 \%$.

3.2.7 Stromquelle:

Zur Prüfung eines Anzeigergerätes in den verschiedenen Dekaden des Messbereiches ist eine Stromquelle erforderlich, die den entsprechenden Stromstärkebereich abdeckt.

Einstellbereich: ca. 10^{-6} A bis ca. 10^{-12} A;

Wiederholbarkeit: relative Standardabweichung $s_r < 0,5$ % für Ströme $I < 10^{-12}$ A, $s_r < 0,3$ % für Ströme $I \geq 10^{-12}$ A;

Der Wert des Stroms ist mit einem Strommesser gemäß obiger Spezifikation zu bestimmen.

3.2.8 Hilfsmessgeräte:

Folgende Messgeräte sind für die Prüfung von Diagnostikdosimetern in der Eichstelle erforderlich: **Thermometer**, Messbereich 15°C bis 30°C , Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als $0,1^{\circ}\text{C}$;

Barometer, der Messbereich muss alle klimatischen Luftdruckschwankungen am Ort der Eichstelle umfassen, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 1 hPa;

Hygrometer, Messbereich 20 % bis 90 % rel. Feuchte, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 5 % r.F.;

Stoppuhr, zur Bestimmung der Messzeit, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 0,1 s;

Abstandsmessgeräte, z. B. Messband, Mikrometer, Taster zur Entfernungseinstellung, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 1 mm bei Messungen frei Luft.

Messanordnungen (typischer Aufbau):

Prüfung bei Röntgenstrahlung mit Monitorkammer:

Die Messanordnung (siehe Bild 3) für Mammographie und konventionelle Röntgenstrahlung besteht aus der Röntgenstrahlungsquelle R, dem Röhrenverschluss V, den Blenden B1 und B2, dem Filter F, dem Dosismonitor M und dem am Messort befindlichen Dosimeter (Normaldosimeter N oder Prüfling P) frei in Luft.

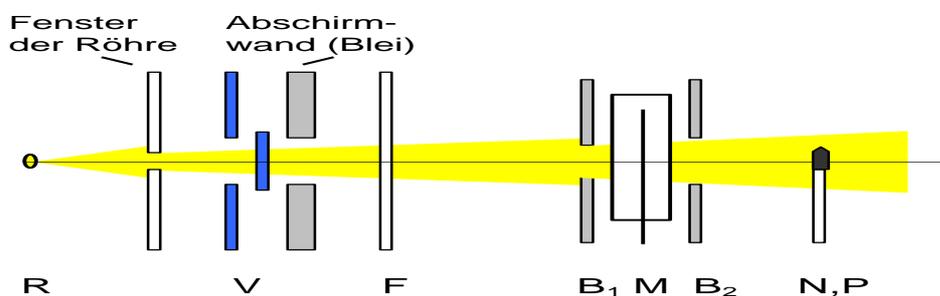


Bild 3: Messanordnung zur eichtechnischen Prüfung von Diagnostikdosimetern mit Röntgenstrahlung bei Verwendung eines Dosismonitors. Es bedeuten: R Röntgenstrahler, B Blenden, V Röhrenverschluss, F Filter, M Monitorkammer, N Kammer des Normaldosimeters, P Kammer des Prüflings.

Der Röhrenverschluss dient zur Unterbrechung der Bestrahlung, ohne die Röhrenspannung abschalten zu müssen. Er soll möglichst dicht vor der Röntgenröhre angeordnet sein. Die Blenden dienen zur seitlichen Begrenzung des Strahlenfeldes auf die am Messort gewünschte Feldgröße. Die wirksame Größe des Fensters der Röhre sollte bei der konv. Röntgendiagnostik durch eine Bleibende so eingeschränkt werden, dass der Durchmesser des Strahlenfeldes ohne Halbschatten in 80 cm Abstand vom Brennfleck etwa 10 cm, in der Mammographie so, dass der Durchmesser des Strahlenfeldes in 60 cm Abstand vom Brennfleck etwa 10 cm beträgt. Um den Strahlungsuntergrund am Messort herabzusetzen, kann eine Strahlenschutzwand aufgestellt werden. Ihre Öffnung soll das durch die Bleibende am Röhrenfenster ausgeblendete Strahlenfeld nicht begrenzen. Die auswechselbare Blende B1 dient zur Herstellung der gewünschten Feldgröße am Messort. Bei einem Satz dieser Blenden sind die Durchmesser so zu wählen, dass die in Tabelle 4 angegebenen Werte für die Feldgröße erzielt werden. Zu jeder Blende B1 ist eine Blende B2 zu verwenden, deren Durchmesser so zu wählen ist, dass der Halbschatten durch sie abgeblendet, das direkte Strahlenfeld aber nicht begrenzt wird. Die Filter dienen zur Erzeugung der gewünschten Strahlungsqualität. Die Monitorkammer ist so im Strahlenfeld anzuordnen, dass die Elektroden (Folien) senkrecht zum Zentralstrahl stehen.

Tabelle 4: Angaben zur Messanordnung und zu den Bezugsbedingungen

Art des Detektors	Verwendung in	Abstand Fokus-Messort cm	Mindest Feldgröße am Messort cm
Flachkammer	Mammographie	40 - 90	10
Flachkammer	Konv. Röntgendiagnostik	80 - 250	20
Kompaktkammer, Halbleiter	Mammographie	40 - 90	10
Kompaktkammer, Halbleiter	Konv. Röntgendiagnostik	80 - 250	10

Strahlungsqualitäten:

Zur Eichung von Diagnostikdosimetern sind in der Regel Strahlungsqualitäten gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61267:2012 zu verwenden. Werden andere Strahlungsqualitäten (z.B. für Mammographiedosimeter) verwendet, so ist die messtechnische Äquivalenz nachzuweisen.

Die Strahlungsqualität der Röntgenstrahlung wird in der Regel durch folgende Angaben charakterisiert: Röhren-Röhrenspannung, Anodenmaterial, Gesamtfilterung, 1. Aluminium- bzw. 1. Kupfer-Halbwertschichtdicke für weiche und harte Röntgenstrahlung.

Die Abhängigkeit der Korrekturfaktoren von der Strahlungsqualität für Diagnostikdosimeter wird durch ihre Abhängigkeit von der 1. Halbwertschichtdicke s_1 beschrieben.

Zur Kontrolle der Strahlungsqualitäten ist die 1. Halbwertschichtdicke s_1 gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61267:2012 bzw. vergleichbaren Dokumenten zu messen. Ist die Abweichung eines Wertes von s_1 vom Sollwert größer als 10 %, sollte die Röntgeneinrichtung überprüft werden. Die Kontrolle der

Strahlungsqualitäten sollte an jeder Röntgeneinrichtung für wenigstens zwei Strahlungsqualitäten in Zeitabständen von einem Jahr ausgeführt werden und für alle Strahlungsqualitäten nach einer Reparatur, die die Strahlungsqualität beeinflussen kann, z.B. nach Röhrenwechsel. Das Spektrum der Strahlungsqualitäten sollte hinreichend bekannt sein.

3.2.9 Hilfseinrichtungen in Prüfräumen:

Stabile Vorrichtung auf der die Kammern bzw. Dosimeter einfach und zuverlässig frei in Luft befestigt und positioniert werden können und die eine Messung in verschiedenen Abständen vom Fokus der Bestrahlungsanlage erlaubt. Sie sollte einen Schlitten mit verstellbaren Anschlägen besitzen, auf dem die Kammern/Dosimeter auf allen drei Raumachsen verschoben werden kann. Die Vorrichtung soll sich bei der Bestrahlung der Kammer/Dosimeter nicht im Strahlenbündel befinden.

Vorrichtung zur Messung von Halbwertschichtdicken.

Fernsehanlage bestehend aus Kamera und Monitor, zur Fernablesung von Prüflingsanzeigen.

3.3 Prüfeinrichtungen für die Eichung von Strahlenschutzdosimetern in Prüflaboratorien (ausgenommen messtechnische Kontrolle gemäß §12b MEG und Eichung am Aufstellungsort)

Messgrößen: Umgebungs-Äquivalentdosis, Richtungs-Äquivalentdosis, Personendosis, Photonen-Äquivalentdosis

3.3.1 Allgemeines:

Für die Eichung von Strahlenschutzdosimetern werden Gammabestrahlungs- und für manche Bauarten auch Röntgenanlagen benötigt.

3.3.2 Gammabestrahlungsanlagen:

Die Gammastrahlungsanlagen müssen den Anforderungen der Normenreihe ÖNORM EN ISO 4037-1:2021 entsprechen.

Um die Unsicherheit der Dosismessung genügend klein halten zu können, werden zur eichtechnischen Prüfung von Strahlenschutzdosimetern Caesium-137 oder ersatzweise Kobalt-60-Gammastrahlungsquellen mit genügend hoher Aktivität benötigt. In der Regel ist eine Aktivität von weniger als 30 TBq nicht ausreichend. Die radioaktive Quelle soll aus einem Material hoher spezifischer Aktivität bestehen, um ihre Abmessungen und somit das Halbschattengebiet möglichst klein zu halten. Um den Dosisleistungsbeitrag der Streustrahlung herabzusetzen, die an den Kollimatorrändern entsteht, sollte der Kollimator aus mehreren Scheiben bestehen, die durch etwa 2 cm breite Spalten voneinander getrennt sind. Die Gesamtdicke eines Kollimators ist so zu bemessen, dass die Strahlung durch sein Material mindestens um den Faktor 10^2 geschwächt wird.

Der Kollimator soll einen runden Querschnitt haben und ist so zu konstruieren, dass das Halbschattengebiet möglichst klein ist.

Zur Prüfung eines Dosimeters in den verschiedenen Dekaden des Messbereiches sind verschiedene Dosisleistungen erforderlich. Diese werden durch eine Abstufung in der Aktivität der Bestrahlungsquellen und/oder durch verschiedene Bestrahlungsabstände bewerkstelligt, wobei vorzugsweise das Nuklid Caesium-137 zu verwenden ist.

Alle Strahlenquellen können in Arbeitsbehältern untergebracht sein. Der Dosisleistungsbeitrag am Messort von den nicht in Strahlenposition befindlichen Strahlenquellen sollte nicht größer als 10^{-3} der dort von der Quelle geringster Aktivität erzeugten Dosisleistung sein, wenn sich letztere in Strahlenposition befindet. Die Abschirmung der Strahlung durch den Arbeitsbehälter muss ausreichenden Strahlenschutz gewährleisten.

3.3.3 Röntgeneinrichtungen:

Die Röntgenstrahlungsanlagen müssen den Anforderungen der Normenreihe ÖNORM EN ISO 4037-1:2021 entsprechen.

Für die Prüfung von Strahlenschutzdosimetern werden Röntgeneinrichtungen für das Weichstrahl- und Hartstrahlgebiet benötigt. Sie sollten die in Tabelle 5 aufgeführten Mindestanforderungen erfüllen:

Tabelle 5: Mindestanforderungen an Röntgeneinrichtungen

Röhrenspannung	Mindestens 10 kV bis 300 kV, möglichst stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung, Welligkeit < 10 % bei max. Röhrenstrom.
Röhrenstrom	Mindestens bis 10 mA, möglichst stufenlos regelbar.
Anodenmaterial	Wolfram
Härtungsgleichwert von Röhre und Röhrengehäuse (Eigenfilterung)	≤ 3,5 mm Aluminium

Zur Überprüfung der an einer Röntgenröhre liegenden Hochspannung muss ein sekundärseitiger Anschluss für eine Hochspannungsmesseinrichtung (z. B. Spannungsteiler) vorgesehen sein, um diese Überprüfung bei Bedarf im Laboratorium selbst vornehmen zu können. Dieser Anschluss kann entfallen, wenn die Hochspannung nach einem anderen Verfahren, z.B. aus dem Spektrum der Strahlung, kV-Meter, bestimmt wird.

Röhrenverschluss:

Der Durchmesser der Öffnung des Röhrenverschlusses darf die durch die Blenden festgelegte Feldgröße nicht einengen. Der Verschluss soll die Strahlung auf wenigstens 0,1 % schwächen. Hierzu sind z. B. im Weichstrahlgebiet (Röhrenspannung bis 100 kV) etwa 2 mm Blei und im Hartstrahlgebiet (Röhrenspannung bis 300 kV) etwa 15 mm Blei erforderlich. Die Zeit für den Öffnungs- und Schließvorgang sollte kleiner als 0,1 s sein.

Blenden:

Die Blendenöffnungen sind unter Berücksichtigung des Blendenabstandes vom Brennfleck der Röntgenröhre so zu wählen, dass die erforderlichen Durchmesser des Strahlungsfeldes in den dort vorgesehenen Abständen erzielt werden. Die Blendenöffnungen sollten kreisförmig sein. Der Außendurchmesser der Blenden muss so groß sein, dass bei Bestrahlung frei in Luft nur die zu bestrahlenden Teile des Detektors bzw. Dosimeters direkt bestrahlt werden. Bei Bestrahlung an Phantomen gemäß ÖNORM EN ISO 4037 3:2012 müssen diese vollkommen bestrahlt werden, um

die entsprechende Rückstreustrahlung zu erzeugen. Im Hartstrahlgebiet sollen die Blenden aus Blei bestehen und können zum Schutz gegen Beschädigung eine Umhüllung aus nicht rostendem Stahl oder Messing haben. Die Dicke der Bleiblenen B1 und B2 (siehe Bild 5) soll mindestens je 4 mm betragen. Im Weichstrahlgebiet können die Blenden aus rostfreiem Stahl oder Messing bestehen. Die Dicke der Blenden B1 und B2 soll mindestens je 3 mm betragen.

Filter:

Die Filter dienen zur Erzeugung der gewünschten Strahlungsqualität. Die verwendeten Filtermaterialien sollten für Strahlungen, deren 1. Halbwertschichtdicke $s_1(\text{Al}) < 0,2$ mm ist, einen Reinheitsgrad von 99,99 % haben. Für Strahlungen mit $s_1(\text{Al}) > 0,2$ mm soll der Reinheitsgrad mindestens 99,8 % sein. Die Filter müssen homogen gearbeitet sein (insbesondere ohne Lufteinschlüsse).

3.3.4 Phantome:

Für die Eichung von Personendosimetern werden fallweise Phantome gemäß ÖNORM EN ISO 4037 3:2012 benötigt.

3.3.5 Dosimeter:

Die als Bezugsnormale für die messtechnische Prüfung von Orts- und Personendosimetern verwendeten Dosimeter müssen den Anforderungen der ÖNORM EN ISO 4037 2:2012 genügen.

3.3.6 Dosismonitor:

Zur Berücksichtigung von zeitlichen Schwankungen der Dosisleistung im Strahlungsfeld bei Röntgenstrahlung werden die Anzeigen M_n des Normaldosimeters und M des Prüflings auf die gleichzeitig erfolgende Anzeige M_m eines Dosismonitors bezogen. Die Quotienten M_n / M_m und M / M_m sind von der zeitlichen Schwankung der Dosisleistung unabhängig. Durch den Detektor des Dosismonitors (Monitorkammer) soll das Strahlungsfeld möglichst wenig verändert werden, insbesondere dürfen durch ihn keine Inhomogenitäten im wirksamen Teil des Strahlungsfeldes (Schattenbildung) verursacht werden. Diese Forderung erfüllt eine Durchstrahl-Ionisationskammer, deren Elektroden aus dünnen Kunststofffolien (Dicke $< 50 \mu\text{m}$) bestehen. Der Durchmesser der Elektroden muss größer sein als der größte vorgesehene Durchmesser des Strahlungsfeldes am Messort. Die Halterung der Monitorkammer und die Halterung der sie umgebenden Blenden B_1 und B_2 (siehe Bild 5) müssen starr miteinander und mit dem Röhrengehäuse verbunden sein, um die erheblichen Fehler zu vermeiden, die bei einer Dejustierung dieser Teile auftreten können. Die Filterwirkung der Monitorkammer, die besonders bei niedrigen Röhrenspannungen merklich wird, ist erforderlichenfalls in der Gesamtfilterung zu berücksichtigen. Für die Wiederholbarkeit wird eine relative Standardabweichung des Einzelmesswertes von $s_r < 0,5$ % gefordert.

3.3.7 Ladungsmesser, Strommesser, Spannungsmesser:

An einen Ladungs-, Strom- und Spannungsmesser, der zur Prüfung und Messung einer Kammer dient, werden folgende Anforderungen gestellt:

Ladungsmesser

- a) Messbereiche: 10^{-7} C bis 10^{-11} C;
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner 1 % ($k = 2$);
- c) Temperatureinfluss: höchstens 0,5 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C.

Strommesser

- a) Messbereiche: 10^{-9} A bis 10^{-13} A;
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner 1 % ($k = 2$);
- c) Temperatureinfluss: höchstens 0,5 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C.

Spannungsmesser

- a) Messbereiche: 10^{-3} V bis 10^3 V (Gleichspannung);
- b) Messunsicherheit gleich oder kleiner 0,3 % ($k = 2$);
- c) Innenwiderstand: größer als 500 M Ω für Spannungen kleiner oder gleich 20 V;
- d) Temperatureinfluss: höchstens 0,1 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C.

3.3.8 Spannungsquellen:

Zur Versorgung der Kammereinheiten mit der Betriebsspannung (Kammerspannung) müssen Spannungsquellen vorhanden sein (häufig im Anzeigerät integriert).

Einstellbereiche: mindestens 100 V bis 500 V (positive und negative Polarität); Temperatureinfluss: höchstens 0,01 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C;

Welligkeit: höchstens 0,01 %.

3.3.9 Stromquelle:

Zur Prüfung eines Anzeigerätes in den verschiedenen Dekaden des Messbereiches ist eine Stromquelle erforderlich, die den entsprechenden Stromstärkebereich abdeckt.

Einstellbereich: ca. 10^{-6} A bis ca. 10^{-12} A;

Wiederholbarkeit: relative Standardabweichung $s_r < 0,5$ % für Ströme $I < 10^{-12}$ A, $s_r < 0,3$ % für Ströme $I \geq 10^{-12}$ A;

Der Wert des Stroms ist mit einem Strommesser gemäß obiger Spezifikation zu bestimmen.

3.3.10 Hilfsmessgeräte:

Folgende Messgeräte sind für die Prüfung von Strahlenschutzdosimetern in der Eichstelle erforderlich:

Thermometer, Messbereich 15°C bis 30°C, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 0,1°C;

Barometer bei Eichstellen für Bauarten von Strahlenschutzdosimetern, bei denen der Luftdruck eine wesentliche Einflussgröße ist. Der Messbereich muss alle klimatischen Luftdruckschwankungen am Ort der Eichstelle umfassen, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 1 hPa;

Hygrometer bei Eichstellen für Bauarten von Strahlenschutzdosimetern, bei denen die rel. Feuchte eine wesentliche Einflussgröße ist. Messbereich 20 % bis 90 % rel. Feuchte, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 5 % r.F.;

Stoppuhr, zur Bestimmung der Messzeit, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 0,1 s;

Abstandsmessgeräte, z. B. Messband, Mikrometer, Taster zur Entfernungseinstellung, Auflösung und Messunsicherheit gleich oder kleiner als 1 mm.

Messanordnungen (typischer Aufbau):

Prüfung bei Gammastrahlung:

Die Messanordnung (siehe Bild 4) besteht aus dem radioaktiven Strahler S in einer Abschirmung (Arbeitsbehälter) A, dem Kollimator Ko und dem am Messort befindlichen Dosimeter (Normaldosimeter N oder Prüfling P) frei in Luft oder an der Oberfläche eines Phantoms.

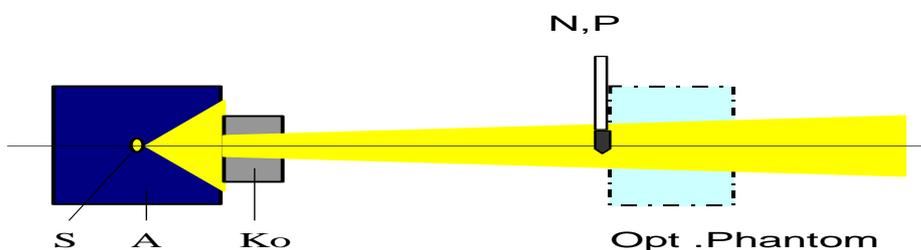


Bild 4: Messanordnung zur eichtechnischen Prüfung von Orts- und Personendosimeter bei ^{137}Cs bzw. ^{60}Co -Gammastrahlung. Es bedeuten: S radioaktiver Strahler, A Abschirmung, Ko Kollimator, N Kammer des Normaldosimeters, P Detektor des Prüflings.

Prüfung bei Röntgenstrahlung mit Monitorkammer:

Die Messanordnung (siehe Bild 5) für Hartstrahlung und für Weichstrahlung besteht aus der Röntgenstrahlungsquelle R, dem Röhrenverschluss V, den Blenden B1 und B2, dem Filter F, dem Dosismonitor M und dem am Messort befindlichen Dosimeter (Normaldosimeter N oder Prüfling P) frei in Luft oder an der Oberfläche eines Wasser-Quaderphantoms.

überprüft werden. Die Kontrolle der Strahlungsqualitäten sollte an jeder Röntgeneinrichtung für wenigstens zwei Strahlungsqualitäten in Zeitabständen von einem Jahr ausgeführt werden und für alle Strahlungsqualitäten nach einer Reparatur, die die Strahlungsqualität beeinflussen kann, z.B. nach Röhrenwechsel.

Das Spektrum der Strahlungsqualitäten sollte hinreichend bekannt sein.

3.3.11 Hilfseinrichtungen in den Prüfräumen:

Stabile Vorrichtung auf der die Kammern bzw. Dosimeter einfach und zuverlässig frei in Luft befestigt und positioniert werden können und die eine Messung in verschiedenen Abständen vom Fokus der Bestrahlungsanlage erlaubt. Sie sollte einen Schlitten mit verstellbaren Anschlägen besitzen, auf dem die Kammern/Dosimeter auf allen drei Raumachsen verschoben werden kann. Die Vorrichtung soll sich bei der Bestrahlung der Kammer/Dosimeter nicht im Strahlenbündel befinden. Steht für Bestrahlungen an Phantomen gemäß ÖNORM EN ISO 4037 3:2012 kein gesonderter Messaufbau zur Verfügung, so muss diese Vorrichtung auch zur Halterung und Positionierung dieser Phantome geeignet sein.

Vorrichtung zur Messung von Halbwertschichtdicken.

Fernsehanlage bestehend aus Kamera und Monitor, falls eine Fernablesung von Prüflingsanzeigen erforderlich ist.

3.4 Messgröße, Messbereich, Messunsicherheit

Für die Prüfung der Dosimeter sind die in Tabelle 6 aufgeführten Mindestanforderungen an die Messgröße zu erfüllen:

Tabelle 6: Mindestanforderungen an die Messgröße

Messgröße	Messbereich Dosisleistung bzw. Dosis	Messbedingungen	Messunsicherheit bezogen auf den Messwert	Bemerkungen
Therapiedosimeter	⁶⁰Co			
Luftkerma	5 mGy/min bis 0,5 Gy/min 50 mGy bis 10 Gy		1,5 % 1,5 %	
Wasser-Energiedosis	5 mGy/min bis 0,5 Gy/min 50 m Gy bis 10 Gy		1,5 % 1,5 %	
Diagnostikdosimeter	Photonenstrahlung 20 kV bis 150 kV			
Luftkerma	100 µGy/h bis 20 Gy/h 2 µGy bis 10 Gy		1,5 % 1,5 %	
Strahlenschutz- dosimeter	Photonenstrahlung 15 kV bis 300 kV, ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co			
Luftkerma	10 µGy/h bis 10 Gy/h 1 µGy bis 10 Gy 50 nGy/h bis 10 µGy/h 5 nGy bis 1 µGy		3 % 3 % 10 % bis *) 3 % 10 % bis *) 3 %	*) Die Messunsicherheit ist abhängig von der Dosis und Dosisleistung und ist für jeden verwendeten Dosiswert zu ermitteln.
Photonen- Äquivalentdosis H_x	10 µSv/h bis 10 Sv/h 1 µSv bis 10 Sv 50 nSv/h bis 10 µSv/h 5 nSv bis 1 µSv		3 % 3 % 10 % bis *) 3 % 10 % bis *) 3 %	
Umgebungs- Äquivalentdosis $H^*(10)$	50 nSv/h bis 10 µSv/h 10 µSv/h bis 10 Sv/h 5 nSv bis 1 µSv 1 µSv bis 10 Sv		10 % bis *) 5 % 5 % 10 % bis *) 5 % 5 %	
Richtungs- Äquivalentdosis $H'(3), H'(0,07)$	50 nSv/h bis 10 µSv/h 10 µSv/h bis 10 Sv/h 5 nSv bis 1 µSv 1 µSv bis 10 Sv		10 % bis *) 5 % 5 % 10 % bis *) 5 % 5 %	
Personendosis $H_p(10), H_p(3), H_p(0,07)$	100 µSv bis 10 Sv		5 %	

4 Weitere Bestimmungen:

Die Einrichtungen der Eichstelle dürfen von den Anforderungen dieser Richtlinie abweichen, wenn die gleiche Messunsicherheit auf andere Weise gewährleistet ist oder der beantragte Ermächtigungsbereich der Eichstelle entsprechend der Minderausstattung eingeschränkt ist.

Es muss gewährleistet sein, dass beim Ausfall von Geräten der Betrieb nach zwei Wochen wieder aufgenommen werden kann.

Für die eichtechnische Prüfung dürfen nur messtechnische Normale benutzt werden, die rückverfolgbar an ein nationales oder internationales Normal angeschlossen sind und hinreichend kleine Fehlergrenzen und Messunsicherheiten einhalten.

Die für die eichtechnische Prüfung benutzten messtechnischen Normale müssen mindestens jährlich rückgeführt werden.

Die Rückführung kann durch Kalibrierungen bei einem Kalibrierlaboratorium des Österreichischen Kalibrierdienstes (ÖKD) oder beim BEV erfolgen. Kalibrierungen, die vom BEV oder dem ÖKD aufgrund bilateraler oder multilateraler Abkommen (z.B. im Rahmen der European Cooperation for Accreditation (EA)) anerkannt werden, sind hierzu gleichwertig.

Die Rückführung von Gebrauchsnormalen kann auch durch eine Werkskalibrierung erfolgen. In diesem Fall muss jedoch, wie vorstehend beschrieben, das Bezugsnormal auf ein nationales Normal rückgeführt sein und der Anschluss des Gebrauchsnormals im Qualitätsmanagement-Handbuch dessen, der die Rückführung vornimmt, eindeutig geregelt sein.

Ein Messunsicherheitsbudget gemäß EA-4/02 bzw. GUM (Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008) ist aufzustellen.

Die Geräteausstattung ist im Einzelnen von der Messstelle anzugeben.

Impressum

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Arltgasse 35 1160 Wien

Stand: Version 02

Dipl. Ing. Dr. Christian Buchner MSc.

Telefon: +43 1 211 10-82 6361

E-Mail: Eichstellen@bev.gv.at