

PTB-Prüfregeln

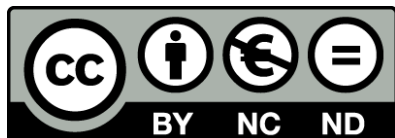
**Strahlenschutzdosimeter für
Photonenstrahlung mit Energien
zwischen 5 keV und 3 MeV**

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

ISSN 0341-7964

Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 11 ist durch Digitalisierung der 1977 erschienenen Druckversion erzeugt worden. Die folgenden Seiten sind Bilddateien.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Empfohlene Zitierweise:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Strahlenschutzdosimeter für Photonenstrahlung mit Energien zwischen 5 keV und 3 keV [online]. Bearbeitet von Berth-Arnim Engelke und Werner Oetzmann. Braunschweig, © 1977, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 11. ISSN 0341-7964.

Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7795/510.20200716G>

Herausgeber:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

ISNI: 0000 0001 2186 1887

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Telefon:(05 31) 592-93 13

Telefax:(05 31) 592-92 92

www.ptb.de

PTB-Prüfregeln

Strahlenschutzdosimeter für Photonenstrahlung mit Energien zwischen 5 keV und 3 MeV

Bearbeitet von Dr. Berth-Arnim Engelke und
Dipl.-Phys. Werner Oetzmann

Herausgegeben von der
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)
in Zusammenarbeit mit den Eichaufsichtsbehörden

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964

<https://doi.org/10.7795/510.20200716G>

Die PTB-Prüfregeln sollen als Unterlage und Richtlinie für die Prüfung von Meßgeräten und Betriebsmitteln dienen. Den wesentlichen Teil einer Prüfregel bildet demnach die ausführliche Beschreibung der Prüfverfahren, der benötigten Normalgeräte und anderer Prüfmittel. Soweit es zum besseren Verständnis nützlich erscheint, wird auch auf die Ausführung der Gerätearten und auf Besonderheiten, die bei ihrer Anwendung zu beachten sind, eingegangen. Das Gebiet der PTB-Prüfregeln umfaßt nicht nur die eich- und beglaubigungsfähigen Meßgeräte, sondern auch Meßgeräte und Objekte anderer Art, die im Bereich der PTB geprüft werden. Die Prüfregeln wenden sich sowohl an die Eichbehörden, staatlich anerkannten Prüfstellen und Überwachungsorgane als auch an die Prüflaboratorien von Industrie und Wirtschaft. Sie werden ferner für die Einrichtung von Prüfstellen und Meßräumen sowie für Lehrzwecke von Nutzen sein.

Schriftleitung : Dipl.-Phys. H. Klages, Bundesallee 100, 33 Braunschweig

PTB-Prüfregeln Band 11

Alle Rechte vorbehalten

Copyright © 1977 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin

Satz und Druck : Wellner-Werbedruck, Braunschweig

Printed in Germany

<https://doi.org/10.7795/510.20200716G>

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	Seite
1. Erläuterungen	1
1.1. Dosisgrößen und Einheiten	1
1.2. Strahlenschutzdosimeter	4
1.3. Richtigkeit eines Meßgerätes	6
2. Umfang der Prüfung	7
2.1. Eichtechnische Prüfung	7
2.2. Überprüfung der Aufzeichnungen über Kontrollmessungen	8
2.3. Nacheichfristen	8
3. Prüfmittel	9
3.1. Strahlenquellen und Zubehör	9
3.2. Meßgeräte	12
3.3. Hilfseinrichtungen	15
4. Meßanordnungen	16
4.1. Meßanordnung zur Prüfung im Prüflaboratorium	16
4.2. Meßanordnungen zur Prüfung am Betriebsort (ortsfeste Prüflinge)	19
5. Eichbedingungen	20
5.1. Eichung im Prüflaboratorium	20
5.2. Eichung außerhalb eines Prüflaboratoriums	20
5.3. Meßbedingungen bei der Ersteichung und Nacheichung	21
6. Ausführung der Prüfung	21
6.1. Beschaffenheitsprüfung	21
6.2. Funktionsprüfung	21
6.3. Meßtechnische Prüfung	22
6.4. Überprüfung der Aufzeichnungen über Kontrollmessungen	32
7. Rückgabe von Dosimetern	34

	Seite
8. Aufzeichnung der Prüfungsergebnisse	34
8.1. Protokoll der Prüfung	34
8.2. Eichschein	35
9. Literatur	36
Anhang :	37
Tab. 1 Umrechnungsfaktoren für Dosis- und Dosisleistungseinheiten	
Tab. 2 Strahlenqualitäten für die Eichung von Strahlenschutzdosimetern	
Tab. 3 Eichfehlergrenzen	
Tab. 4 Höchstzulässige Meßwertänderung bei Änderung der Photonenenergie	
Tab. 5 Höchstzulässige Meßwertänderung bei Änderung des Wertes der Meßgröße	
Formblatt für Eichschein	

Vorbemerkung

Strahlenschutzmessungen dienen dazu, die unerwünschte Strahlenbelastung von Mensch und Tier in den Grenzen zu halten, die der Gesetzgeber in diesbezüglichen Verordnungen, wie der Strahlenschutzverordnung (1), der Röntgenverordnung (2) usw. festgelegt hat. Die Eichpflicht für Strahlenschutzdosimeter soll Gewähr dafür bieten, daß nur geeignete Dosimeter für solche Strahlenschutzmessungen verwendet und dem Benutzer ausreichende Informationen über sein Dosimeter gegeben werden. Hierdurch wird die Sicherheit von Strahlenschutzmessungen wesentlich erhöht.

Nach § 1 der Zweiten Verordnung über die Eichpflicht von Meßgeräten (3) müssen Strahlenschutzdosimeter geeicht sein, wenn sie für Strahlenschutzmessungen auf Grund gesetzlicher Vorschriften, wie z.B. (1) und (2), verwendet werden und nicht nach § 2 und § 5 dieser Verordnung von der Eichpflicht freigestellt sind.

Werden Strahlenschutzdosimeter für andere als die genannten Messungen benutzt, so unterliegen sie hierfür nicht der Eichpflicht. Solche Verwendungszwecke sind: Die Überwachung des technischen Betriebs von kerntechnischen Anlagen (außerhalb einer Strahlenschutzüberwachung), die Überwachung von Produktionsabläufen in der Industrie mit radioaktiven Strahlern und entsprechenden Dosimetern (z.B. Füllstandmesser, Dickenmeßgeräte), die Ausführung von orientierenden Messungen im Strahlenschutz, wobei aber das endgültige Meßergebnis mit einem geeichten Dosimeter zu bestimmen ist, usw.

Bevor ein Strahlenschutzdosimeter geeicht werden kann, muß seine Bauart von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zur Eichung zugelassen sein. Voraussetzung für diese Zulassung ist, daß das Dosimeter bestimmten Anforderungen (4) genügt.

Der weitaus überwiegende Teil aller in Gebrauch befindlichen Strahlenschutzdosimeter unterliegt der Eichpflicht. Der vorliegenden Darstellung wurde daher die Feststellung der Richtigkeit eines Dosimeters (s.1.3.) im Rahmen einer eichtechnischen Prüfung zugrunde gelegt. Mit Ausnahme einiger Stellen in der vorliegenden Darstellung, die vornehmlich im Eichwesen von Bedeutung sind (z.B. Prüfung der Stempel), läßt sich diese Prüfregel auch auf die Prüfung der Richtigkeit eines Strahlenschutzdosimeters außerhalb des Rahmens der Eichpflicht anwenden.

1. Erläuterungen

1.1. Dosisgrößen und Einheiten (5, 6)

1.1.1. Energiedosis

Die von einer ionisierenden Strahlung (7) in einem Material erzeugte Energiedosis D ist der Quotient aus dW_D und dm , wobei dW_D die Energie ist, die auf das Material in einem Volumenelement dV durch die Strahlung übertragen wird, und $dm = \rho dV$ die Masse des Materials mit der Dichte ρ in diesem Volumenelement:

$$D = \frac{dW_D}{dm} = \frac{1}{\rho} \frac{dW_D}{dV} .$$

Die SI-Einheit¹⁾ der Energiedosis ist das "Joule durch Kilogramm" (Kurzzeichen: J kg^{-1})²⁾. Die bisher übliche, besondere Einheit der Energiedosis ist das "Rad" (Kurzzeichen: rd) (s. 1.1.7.).

1.1.2. Energiedosisleistung

Die Energiedosisleistung \dot{D} ist der Differentialquotient der Energiedosis nach der Zeit:

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt} .$$

Die SI-Einheit¹⁾ der Energiedosisleistung ist das "Watt durch Kilogramm" (Kurzzeichen: W kg^{-1}). Außerdem können auch die aus der Einheit der Energiedosis und der Einheit der Zeit sowie deren zugelassenen Vielfachen (8, 9) zusammengesetzten Einheiten für die Energiedosisleistung verwendet werden, z. B. $\text{J kg}^{-1} \text{h}^{-1}$. Die bisher üblichen, besonderen Einheiten für die Energiedosisleistung sind das "Rad durch Sekunde", "Rad durch Minute" und "Rad durch Stunde", wobei die letztgenannte vorwiegend im Strahlenschutz verwendet wird (s. 1.1.7.).

¹⁾ Einheiten des Internationalen Einheitensystems der Meterkonvention (Système International d'Unités)

²⁾ Die 15. Generalkonferenz für Maß und Gewicht hat inzwischen für ionisierende Strahlen den besonderen Namen Gray (Gy) für die SI-Einheit angenommen. Es gilt $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1} = 100 \text{ rd}$.

1.1.3. Ionendosis

Die von einer ionisierenden Strahlung erzeugte Ionendosis J ist der Quotient aus dQ und dm_L , wobei dQ der Betrag der elektrischen Ladung der Ionen eines Vorzeichens ist, die in Luft in einem Volumenelement dV durch die Strahlung unmittelbar oder mittelbar gebildet werden, und $dm_L = \rho_L dV$ die Masse der Luft mit der Dichte ρ_L in diesem Volumenelement:

$$J = \frac{dQ}{dm_L} = \frac{1}{\rho_L} \frac{dQ}{dV}.$$

Die SI - Einheit ¹⁾ der Ionendosis ist das "Coulomb durch Kilogramm" (Kurzzeichen: Ckg⁻¹). Die bisher übliche (s. 1.1.7), besondere Einheit der Ionendosis ist das "Röntgen" (Kurzzeichen: R).

1.1.4. Ionendosisleistung

Die Ionendosisleistung \dot{J} ist der Differentialquotient der Ionendosis nach der Zeit:

$$\dot{J} = \frac{dJ}{dt}.$$

Die SI - Einheit ¹⁾ der Ionendosisleistung ist das "Ampere durch Kilogramm", (Kurzzeichen: Akg⁻¹). Außerdem können auch die aus der Einheit für die Ionendosis und der Einheit der Zeit sowie deren zugelassenen Vielfachen (8, 9) zusammengesetzten Einheiten für die Ionendosisleistung verwendet werden, z.B. Ckg⁻¹h⁻¹. Die bisher üblichen (s. 1.1.7), besonderen Einheiten für die Ionendosisleistung sind das "Röntgen durch Sekunde", "Röntgen durch Minute" und "Röntgen durch Stunde", wobei die Einheit "Röntgen durch Stunde" vorwiegend bei Messungen im Strahlenschutz verwendet wird.

1.1.5. Standard-Gleichgewicht-Ionendosis, Standard-Gleichgewicht-Ionendosisleistung

Besondere praktische Bedeutung für die Dosimetrie hat die "Standard-Gleichgewicht-Ionendosis", d.h. die Ionendosis unter Standardbedingungen.

Sie ist folgendermaßen definiert:

Die Standard-Gleichgewicht-Ionendosis J_s (kurz: Standard-Ionendosis) ist die Ionendosis, die von einer Photonenstrahlung an einem Punkt bei Sekundärelektronengleichgewicht frei in Luft erzeugt wird.

Sekundärelektronengleichgewicht (5, 6) an einem Punkt innerhalb eines Materials besteht, wenn die Summe der kinetischen Energien der von einer Photonenstrahlung erzeugten Sekundärelektronen, die in ein Volumenelement eintreten, das diesen Punkt enthält, gleich der Summe der kinetischen Energien der Sekundärelektronen ist, die aus diesem Volumenelement austreten.

Die Bedingung des Sekundärelektronengleichgewichts in Luft ist realisiert, wenn für alle zur Dosis im Volumen dV (s. 1.1.1.) beitragenden Sekundärelektronen gleiche Erzeugungsbedingungen vorliegen. Das ist der Fall, wenn diese Sekundärelektronen alle in Luft oder einem luftäquivalenten Material durch eine Photonenstrahlung örtlich konstanter Flußdichte (7) erzeugt werden.

Entsprechend 1.1.4. gilt für die Standard-Ionendosisleistung $\dot{J}_s = dJ_s/dt$.

1.1.6. Die Ionendosis J ist mit der unter gleichen Bedingungen (z. B. bei Sekundärelektronengleichgewicht) erzeugten Energiedosis D_L in Luft durch die Beziehung

$$D_L = U_L \cdot J$$

verknüpft, wobei

$$U_L = 0,869 \text{ rd/R} = 33,7 \text{ V}$$

ist.

1.1.7. Die bisher üblichen Einheiten für die Energiedosis (Rad) und die Ionendosis (R) und davon abgeleitete Einheiten für die Energiedosis- und Ionendosisleistung können nach der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen (9) zunächst noch bis zum 31. Dezember 1977 verwendet werden. Tabelle 1 enthält die Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung der SI-Einheiten ¹⁾ aus den bisher üblichen Einheiten.

1.1.8. Im folgenden wird nur der allgemeine Begriff Dosis bzw. Dosisleistung verwendet, sofern nicht der Sachverhalt eine genauere Angabe der Art der Dosisgröße erfordert.

1.2. Strahlenschutzdosimeter

Im Strahlenschutz können zwei Meßaufgaben unterschieden werden:

- a) Die Bestimmung der Ortsdosis³⁾ und Ortsdosisleistung³⁾ (5), d.h. der an einem Ort, wie z.B. am Aufenthaltsplatz von Personen in Kontroll- und Überwachungsbereichen (1, 2) erzeugten Dosis bzw. Dosisleistung, und
- b) die Bestimmung der Personendosis³⁾ (5), d.h. der Dosis, die an einer für die Strahlenexposition als repräsentativ geltenden Stelle der Körperoberfläche einer Person erzeugt wird.

Entsprechend diesen Meßaufgaben unterscheidet man zwischen "Ortsdosimetern" und "Personendosimetern" (10). An diese beiden Arten von Dosimetern werden unterschiedliche technische Anforderungen gestellt.

Mit Ortsdosimetern sind Dosis und Dosisleistung in einem sehr großen Wertebereich zu messen. Dieser Bereich erstreckt sich i. allg. zwischen Energiedosen von etwa 10^{-7} Jkg^{-1} (10^{-5} rd) bis 10 Jkg^{-1} (10^3 rd) und Energiedosisleistungen von etwa $10^{-7} \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (10^{-5} rdh^{-1}) bis $10 \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (10^3 rdh^{-1}) oder entsprechenden Werten der Standard-Ionendosis bzw. Standard-Ionendosisleistung (vgl. 1.1.6.). Daher haben Ortsdosimeter oft viele (bis etwa 30) Meßbereiche. Die meisten dieser Geräte sind Dosisleistungsmesser, manche haben neben Dosisleistungs- auch Dosismeßbereiche, nur wenige sind allein Dosismesser.

Die äußeren Gegebenheiten, unter denen mit Ortsdosimetern zu messen ist, sind sehr unterschiedlich. Die meisten Meßaufgaben erfordern tragbare Geräte. Im allgemeinen sind die Detektoren (z.B. Ionisationskammern, Zählrohre, Szintillatoren mit Sekundärelektronenvervielfachern) bei diesen Geräten fest mit den übrigen Bestandteilen (Meßwertumformer, Anzeigegerät) verbunden, so daß ein kompaktes Gerät (s. Bild 1)⁴⁾ gebildet wird. Ein Detektor kann aber auch als Meßsonde z.B. durch ein

³⁾ Die Definitionen der Orts- und Personendosis, insbesondere die zu verwendenden Meßbedingungen, werden derzeit national und international diskutiert. Hierdurch kann eine Ergänzung der vorliegenden Prüfregel erforderlich werden, die zu gegebener Zeit herausgegeben wird.

⁴⁾ Die in den Bildern jeweils rechts zu sehenden Streichholzschachteln (größte Abmessung 5 cm) sollen eine Vorstellung von der Größe der Geräte geben.

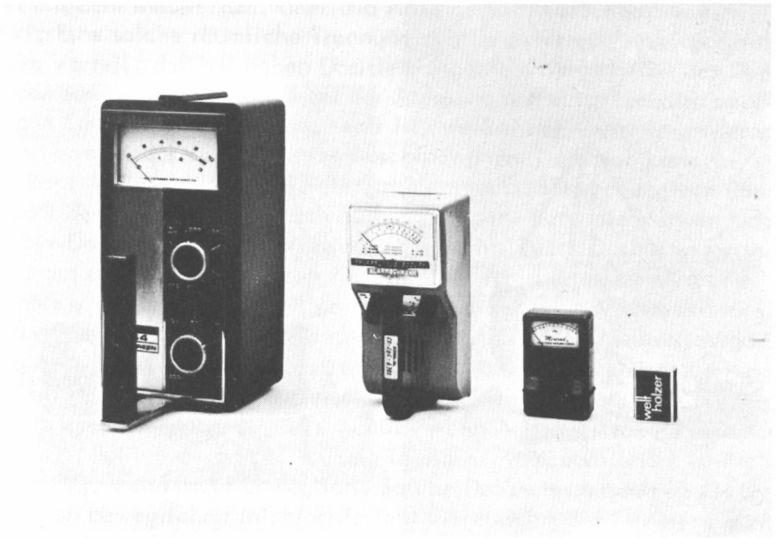


Bild 1 Tragbare Ortsdosimeter mit eingebauten Detektoren

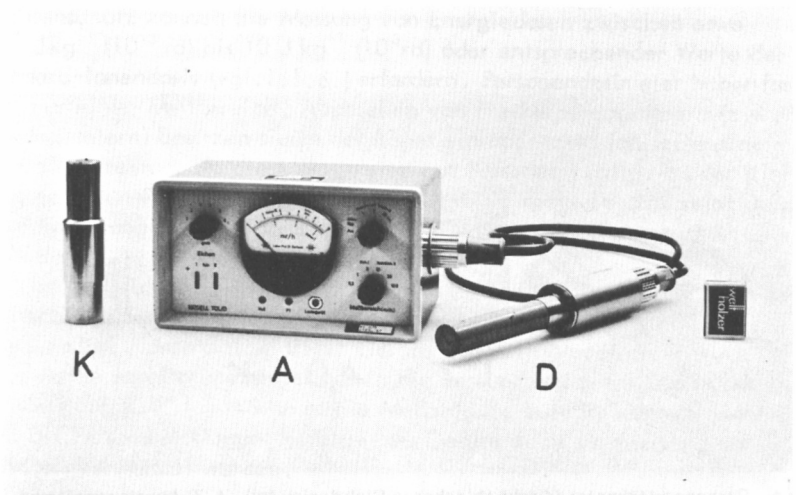


Bild 2 Tragbares Ortsdosimeter mit nichteingebauten Detektoren (Meßsonden). *A* Anzeigegerät, *D* Detektor, *K* radioaktive Kontrollvorrichtung.

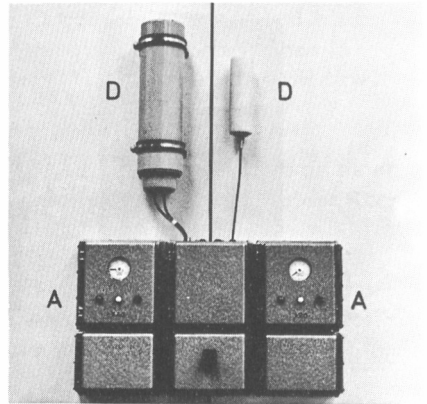
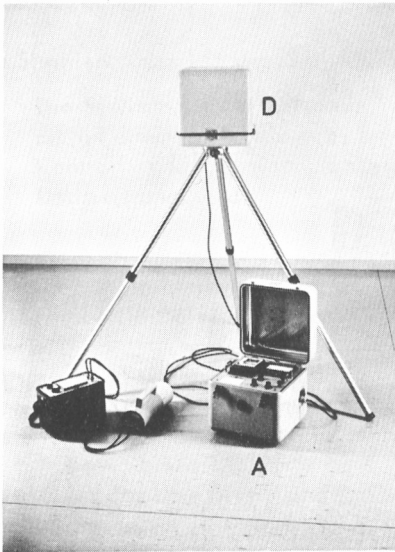


Bild 3 Ortsfest installierbare Ortsdosimeter, A Anzeigerät, D Detektor.

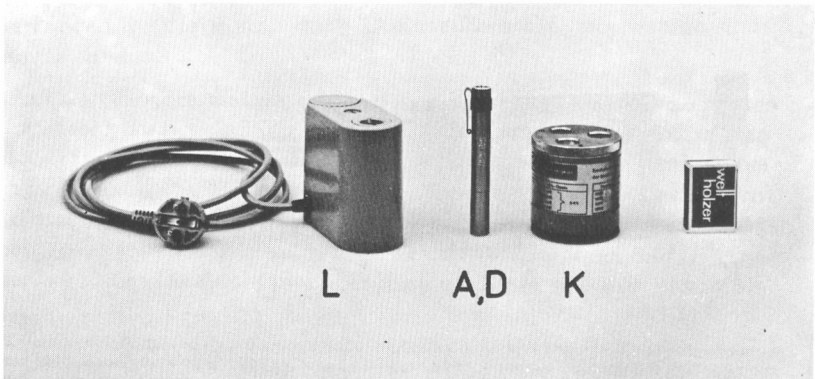


Bild 4 Personendosimeter (direkt ablesbares Stabdosimeter). A, D Anzeigerät und Detektor, L Ladegerät zum Aufladen der Kondensator-Ionisationskammer (Detektor), K Kontrollvorrichtung.

Kabel mit dem Meßwertumformer und Anzeigergerät verbunden sein (s. *Bild 2*). Eine solche räumliche Trennung von Detektor und Anzeigergerät hat den Vorteil, daß bei hohen Dosisleistungen am Meßort (Ort des Detektors) der Benutzer des Gerätes bei der Ablesung nur einer verhältnismäßig geringen Strahlenbelastung ausgesetzt ist, weil er das Gerät in größerem Abstand vom Meßort, evtl. hinter Abschirmwänden, ablesen kann. Für andere Meßaufgaben, z. B. die Strahlenschutzüberwachung von Räumen oder der Umgebung kerntechnischer Anlagen, kann die Verwendung ortsfester Dosimeter (s. *Bild 3*) zweckmäßig sein. Diese Dosimeter bestehen oft aus mehreren Detektoren (in der Regel Ionisationskammern oder Zählrohre), die über z. T. weit davon entfernt liegende Meßwertumformungssysteme mit wiederum an anderen Orten liegenden Meßwertausgabesystemen (Analog-, Digitalinstrumente, Schreiber, Datenverarbeitungsanlagen) verbunden sind. Die verschiedenen Teile eines solchen Dosimeters sind oft durch festinstallierte Kabel verbunden. Ein Abbau einer solchen Anlage zum Zwecke der Prüfung in einem Prüflaboratorium ist nicht zweckmäßig, wenn nicht unmöglich. Solche Dosimeter müssen im Gegensatz zu den beweglichen (nichtortsfesten) Geräten am Betriebsort geprüft werden.

Personendosimeter sind stets Dosismesser. Die Meßaufgaben im Strahlenschutz können die Messung von Energiedosen zwischen etwa $10^{-5} \text{ J kg}^{-1}$ (10^{-3} rd) bis 10 J kg^{-1} (10^3 rd) oder entsprechender Werte der Standard-Ionendosis (vgl. 1.1.6.) erfordern. Personendosimeter haben fast stets nur einen Meßbereich. Abgesehen von Festkörperdosimetern (z. B. Filmdosimetern) besitzen sie in der Regel ein oder zwei Ionisationskammern als Detektor. Da diese Dosimeter von Personen i. allg. an der Kleidung getragen werden müssen, darf ihr Gewicht nicht zu groß sein. Durch diese Forderung sind dem meßtechnischen Aufwand Grenzen gesetzt (s. *Bild 4*).

Die Unterscheidung zwischen Orts- und Personendosimetern rührt von den unterschiedlichen Meßaufgaben im Strahlenschutz her, durch die eine zweckmäßige Konstruktion dieser Geräte wesentlich beeinflußt wird. Beide Arten von Dosimetern erlauben die Bestimmung einer Dosis oder Dosisleistung (s. 1.1.). Wenn es die Meßaufgabe zuläßt, können daher z. B. als Personendosimeter konstruierte Geräte auch zur Messung der Ortsdosis verwendet werden.

Strahlenschutzdosimeter besitzen als Anzeigegerät i.allg. analog- oder digitalanzeigende Instrumente, mitunter auch Schreiber oder Rechner. Daneben können solche Dosimeter auch feste oder einstellbare Dosis- oder Dosisleistungsschwellen haben, bei denen bei Erreichen des Schwellwertes ein akustisches Signal oder ein Lichtsignal erzeugt wird.

Zu manchen Strahlenschutzdosimetern gehört, mitunter als Zusatzeinrichtung, eine Kontrollvorrichtung (s. Bild 4), die eine Überprüfung der Meßbeständigkeit des Dosimeters gestattet.

1.3. Richtigkeit eines Meßgerätes

Die Richtigkeit eines Meßgerätes(11) ist seine Eigenschaft, den richtigen Wert der zu messenden Größe hinreichend genau anzugeben. Im gesetzlichen Meßwesen gilt ein Meßgerät als richtig, wenn seine Fehler oder Meßunsicherheiten innerhalb festgesetzter Grenzen (z.B. Fehlergrenzen) liegen. In diesem Sinne wird im folgenden auch von der "Richtigkeit der Anzeige" gesprochen.

Die Definition des Fehlers (12) ist:

Angezeigter Wert minus richtiger Wert.

Der relative Fehler (12) ist:

$$\frac{\text{Angezeigter Wert minus richtiger Wert}}{\text{richtiger Wert}}$$

Bezeichnet man den vom zu prüfenden Meßgerät (Prüfling) angezeigten Meßwert mit α_P , den mit dem Normalgerät unter gleichen Bedingungen bestimmten richtigen Wert der Meßgröße mit α_N und $q = \alpha_P/\alpha_N$, so ergibt sich für den relativen Fehler in Prozent

$$\delta = (q - 1) \cdot 100.$$

Bei der Kalibrierung (13) eines Meßgerätes wird der Kalibrierungsfaktor K bestimmt, mit dem multipliziert der angezeigte Meßwert den richtigen Meßwert ergibt. Es ist

$$K = \frac{\alpha_N}{\alpha_P} = \frac{1}{q}.$$

Der Fehler des angezeigten Meßwertes und der Kalibrierungsfaktor können von verschiedenen Einflußgrößen abhängen. Bei Dosimetern sind von besonderer Bedeutung die Einflußgrößen Photonenenergie und Meßgröße. Die Prüfung des Einflusses der Meßgröße wird oft auch als Prüfung der "Linearität der Anzeige" bezeichnet.

2. Umfang der Prüfung

2.1. Eichtechnische Prüfung

2.1.1. Grundprüfung

2.1.1.1. Jedes Dosimeter ist bei der Ersteinrichtung und bei der Nacheichung der Grundprüfung zu unterziehen.

2.1.1.2. Die Grundprüfung besteht aus der Beschaffenheitsprüfung, der Funktionsprüfung und der meßtechnischen Prüfung.

(1) Die Beschaffenheit eines Dosimeters ist nach der Eichanweisung, Allgemeine Vorschriften (11) festzustellen. Einzelheiten der Beschaffenheitsprüfung sind in 6.1. angegeben.

(2) Die Funktionsprüfung eines Dosimeters dient der Feststellung, ob die Funktion des Dosimeters die ordnungsgemäße Ausführung einer meßtechnischen Prüfung erwarten läßt. Einzelheiten der Funktionsprüfung sind in 6.2. angegeben.

(3) Bei der meßtechnischen Prüfung wird die Richtigkeit der Anzeige des Prüflings in jedem Meßbereich unter Eichbedingungen (s.5.) geprüft (s.6.3.3.).

2.1.2. Prüfungen nach besonderer Auflage

2.1.2.1. Zusätzlich zur Grundprüfung können nach besonderer Auflage die Einflüsse der Photonenenergie und des Wertes der Meßgröße auf das Verhältnis des vom Prüfling angezeigten Meßwertes zu dem richtigen Meßwert (kurz: Meßwert/Wert der Meßgröße) geprüft werden (s.6.3.4. und 6.3.5.).

2.1.2.2. Eine Prüfung nach besonderer Auflage erfolgt:

(1) Auf Grund der Ergebnisse der Bauartprüfung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt.

(2) Auf Grund vorhandener Erfahrungen über die Eigenschaften der einzelnen Dosimeter einer Bauart nach Auflage der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt oder der Eichbehörde.

(3) Bei Beschädigung der Sicherungsstempel nach Ermessen der Eichbehörde.

2.2. Überprüfung der Aufzeichnungen über Kontrollmessungen

Werden vom Benutzer Kontrollmessungen ausgeführt, um in den Vorteil einer längeren Nacheichfrist zu gelangen, so müssen die Aufzeichnungen über diese Messungen (Anlagen zum Eichschein, s. Anhang) von der Eichbehörde überprüft werden (§.6.4.), wenn sie nicht im Zuständigkeitsbereich eines Strahlenschutzverantwortlichen ausgeführt werden.

2.3. Nacheichfristen

Die Nacheichfrist (14) für Strahlenschutzdosimeter ist

2 Jahre, wenn der Benutzer des Dosimeters keine geeigneten Kontrollmessungen ausführt,

6 Jahre, wenn der Benutzer des Dosimeters nicht in jedem Meßbereich des Dosimeters Kontrollmessungen ausführt und ihre Ergebnisse aufzeichnet, und

unbegrenzt, wenn der Benutzer des Dosimeters in jedem Meßbereich des Dosimeters Kontrollmessungen ausführt und ihre Ergebnisse aufzeichnet. In diesem Falle entfällt damit eine Nacheichung.

Für die Kontrollmessungen muß eine Kontrollvorrichtung verwendet werden, die eine Kontrolle des gesamten Dosimeters (Detektor, Meßwertfassung- und Anzeigesystem) gestattet. Sie muß durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt zugelassen sein. Die Kontrollmessungen müssen mindestens halbjährlich ausgeführt werden. Umfaßt ein Meßbereich mehr als zwei Dekaden, so sind mehrere Kontrollmessungen im Abstand von zwei Dekaden auszuführen.

3. Prüfmittel

3.1. Strahlenquellen und Zubehör

3.1.1. Röntgeneinrichtungen und Zubehör

3.1.1.1. Röntgeneinrichtungen

Für die Prüfung im Prüflaboratorium werden Röntgeneinrichtungen für das Weichstrahl- und Hartstrahlgebiet benötigt. Sie sollten folgende Eigenschaften haben:

	Weichstrahlgebiet	Hartstrahlgebiet
Röhrensorgung	Mindestens 7 bis 60 kV. Stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung. Pulsation (15): $\leq 10\%$ bei max. Röhrenstrom.	Mindestens 30 bis 300 kV. Stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung. Pulsation: $\leq 10\%$ bei max. Röhrenstrom.
Röhrenstrom (Strom durch Elektronenemission aus Kathode)	Mindestens 0,01 bis 30 mA. Stufenlos regelbar.	Mindestens 0,01 bis 10 mA. Stufenlos regelbar.
Anodenmaterial	Wolfram	Wolfram
Härtungsgleichwert von Röhre und Röhrengehäuse (Eigenfilterung)	2 mm Beryllium	3,5 mm Aluminium

Die Röntgeneinrichtung muß einen Ausgang für den Anschluß eines Spannungsmessers (Klasse $\leq 0,2$) zur primärseitigen Spannungsmessung am Hochspannungstransformator haben. 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, bestimmt wird.

Netzspannungsregler: Netzspannungsschwankungen $< 0,3 \%$.

3.1.1.2. Röhrenverschluß

Der Durchmesser seiner Öffnung darf den durch die Blenden festgelegten Durchmesser des Strahlenbündels (s. 3.1.1.3.) nicht einengen. Durch den nicht geöffneten Verschluß soll die Strahlung auf wenigstens $0,1 \%$ geschwächt werden. Hierzu sind z. B. im Weichstrahlgebiet (Röhrenspannung bis 60 kV) etwa 1 mm Blei und im Hartstrahlgebiet (Röhrenspannung bis 300 kV) etwa 15 mm Blei erforderlich. Die Zeit, die für den Öffnungs- und Schließvorgang des Verschlusses erforderlich ist, sollte kleiner als $0,1 \text{ s}$ sein.

3.1.1.3. Blenden

Die Blendenöffnungen sind unter Berücksichtigung des Blendenabstandes vom Brennfleck der Röntgenröhre so zu wählen, daß in 50 cm Abstand vom Brennfleck etwa folgende Durchmesser d_{50} des Strahlenbündels (ohne Halbschatten) erzielt werden:

$$d_{50} = 2; 4 \text{ und } 8 \text{ cm.}$$

Die Blendenöffnungen sollten kreisförmig sein.

Der Außendurchmesser der Blenden muß so groß sein, daß die zu bestrahlenden Teile der verwendeten Dosimeter nur durch die Blendenöffnung direkt bestrahlt werden.

Im Weichstrahlgebiet können die Blenden aus rostfreiem Stahl oder Messing bestehen. Die Dicke der Blenden B_3 und B_4 (s. 4.1.1.3.) soll mindestens je 3 mm betragen.

Im Hartstrahlgebiet sollen die Blenden aus Blei bestehen und zum Schutz gegen Beschädigung eine Umhüllung aus nichtrostendem Stahl oder Messing haben. Die Dicke des Bleis der Blenden B_3 und B_4 soll mindestens je 4 mm sein.

3.1.1.4. Filter

Die Zusammensetzung und Dicke der erforderlichen Filter ist in *Tab. 2* (s. Anhang) angegeben. Die verwendeten Filtermaterialien müssen wenigstens einen Reinheitsgrad von $99,9 \%$ haben. Die Unsicherheit in der

Dicke der einzelnen Filtermaterialien darf höchstens 5 % für Dicken kleiner als 0,5 mm und höchstens 2 % für andere Dicken betragen.

3.1.2. Gammastrahlenquellen mit ausgeblendeter Strahlung

Für die Eichung im Prüflaboratorium werden bei der Grundprüfung (s.2.1.1.) Caesium-137-Gammastrahler mit Aktivitäten⁴⁾ von etwa

$4 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$ (0,001 Ci); $4 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$ (0,01 Ci); $4 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$ (0,1 Ci);
 $4 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$ (1 Ci); $4 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$ (10 Ci); $4 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}$ (100 Ci) und
 $4 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}$ (1000 Ci) und bei der Prüfung nach besonderer Auflage

(s.2.2.2.) zusätzlich Kobalt-60-Gammastrahler mit Aktivitäten von etwa $2 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$ (0,005 Ci); $2 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$ (0,05 Ci); $2 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$ (0,5 Ci);
 $2 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$ (5 Ci) und $2 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}$ (50 Ci) benötigt.

Alle Strahler können in einem Arbeitsbehälter untergebracht sein. Der Dosisleistungsbeitrag am Meßort von den nicht in Strahlposition befindlichen Strahlern sollte nicht größer als 10^{-3} der dort von dem Strahler geringster Aktivität erzeugten Dosisleistung sein, wenn sich letzterer in Strahlposition befindet. Die Abschirmung der Strahlung durch den Arbeitsbehälter muß ausreichenden Strahlenschutz gewährleisten (16). Die Präparate sollen aus 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 auf mehr als 10^{-2} geschwächt wird. Der Kollimator soll eine konische Öffnung haben und ist so zu konstruieren, daß das Halbschattengebiet möglichst klein ist. Durch Verwendung mehrerer austauschbarer Kollimatoren sollen Strahlenbündel der in 3.1.1.3. geforderten Durchmesser ausgeblendet werden können.

⁴⁾ Die 15. Generalkonferenz für Maß und Gewicht hat inzwischen den besonderen Namen Becquerel (Bq) als SI-Einheit der Aktivität angenommen. Es gilt $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1} = 2,7027 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}$.

3.1.3. Gammastrahlenquellen mit nichtausgeblendeter Strahlung

3.1.3.1. Für die Eichung von Personendosimetern werden im allgemeinen Caesium-137-Gammastrahler der Aktivitäten⁴⁾ von etwa $1 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$ (0,3 Ci) und $1 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$ (3 Ci) benötigt. Diese Strahler sollten sich in beweglichen Arbeitsbehältern befinden, die einen ausreichenden Strahlenschutz gewährleisten (16) und aus denen sie sich mit einer Vorrichtung möglichst schnell in die Strahlposition in der Mitte der Haltevorrichtung (s.4.1.2.2.) bringen lassen. Die Zeit für die Verschiebung der Strahler in Strahlposition soll nicht mehr als 3 s betragen.

3.1.3.2. Für die Eichung von ortsfesten Dosimetern am Betriebsort werden im allgemeinen Caesium-137-Gammastrahler der Aktivitäten⁴⁾ von etwa $1 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$ (0,003 Ci); $1 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$ (0,03 Ci); $1 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$ (0,3 Ci) und $1 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$ (3 Ci) in tragbaren Arbeitsbehältern (vgl. 3.1.3.1.) benötigt. Sind für die Prüfung Gammastrahler noch höherer Aktivität erforderlich, so sollten zumindest diese vom Antragsteller am Betriebsort zur Verfügung gestellt werden. Von Strahlern solch hoher Aktivität sollten aus Strahlenschutzgründen im allgemeinen nur ausgeblendete Strahlungsfelder für die Messung erzeugt werden.

3.2. Meßgeräte

3.2.1. Normaldosimeter

Als Gebrauchsnormale müssen Dosimeter für den Energiedosisbereich von $1 \cdot 10^{-7} \text{ Jkg}^{-1}$ ($1 \cdot 10^{-5} \text{ rd}$) bis 10 Jkg^{-1} ($1 \cdot 10^3 \text{ rd}$) und für den Energiedosisleistungsbereich von

$1 \cdot 10^{-7} \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($1 \cdot 10^{-5} \text{ rdh}^{-1}$) bis $10 \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ($1 \cdot 10^3 \text{ rdh}^{-1}$) oder für entsprechende Bereiche der Standard-Ionendosis und -dosisleistung vorhanden sein. Sie müssen eine radioaktive Kontrollvorrichtung besitzen, die auf den Detektor des Dosimeters wirkt.

Normaldosimeter sollten folgende Eigenschaften haben:

Reproduzierbarkeit jedes Meßwertes innerhalb des Meßbereiches unter Wiederholbedingungen (12):

$$\left. \begin{array}{l} \text{Dosis} \quad \leq 1 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} \quad (1 \cdot 10^{-3} \text{ rd}) \\ \text{Dosisleistung} \quad \leq 2 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1} \quad (2 \cdot 10^{-3} \text{ rdh}^{-1}) \end{array} \right\} s_r \leq 3\%$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Dosis} > 1 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} (1 \cdot 10^{-3} \text{ rd}) \\ \text{Dosisleistung} > 2 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1} (2 \cdot 10^{-3} \text{ rdh}^{-1}) \end{array} \right\} s_r \leq 1 \%$$

Reproduzierbarkeit der Kontrollzeit bzw. -anzeige: $s_r \leq 1\%$
 s_r bedeutet die relative Standardabweichung aus 20 Messungen (12).

Maximale Energieabhängigkeit des Kalibrierungsfaktors:

$$\begin{array}{lll} \text{Photonenenergiebereich:} & < 60 \text{ keV} & \pm 20 \% \\ & 30 \text{ bis } 250 \text{ keV} & \pm 20 \% \\ & > 100 \text{ keV} & \pm 20 \% \end{array}$$

3.2.2. Monitordosimeter

Zur Eliminierung von Schwankungen der Photonenstromdichte im Strahlenbündel werden die Anzeigen α_N vom Normaldosimeter und α_P vom Prüfling auf die gleichzeitig erfolgende Anzeige α_M eines Monitordosimeters bezogen. Die Quotienten α_N/α_M und α_P/α_M sind von Stromdichteschwankungen unabhängig. Durch den Detektor des Monitordosimeters (Monitorkammer) soll das Strahlungsfeld möglichst wenig verändert werden, insbesondere dürfen durch ihn keine Inhomogenitäten im wirksamen Teil des Strahlungsfeldes (Schattenbildung) verursacht werden. Die Filterwirkung dieses Detektors, die besonders im Weichstrahlgebiet merklich wird, ist erforderlichenfalls in der Gesamtfiltration zu berücksichtigen.

Diese Forderung erfüllt eine Durchstrahl-Ionisationskammer aus dünnen Kunststofffolien (Dicke $< 50 \mu\text{m}$), die als Meß- und Gegenelektroden dienen. Der Durchmesser dieser Elektroden muß größer sein als der größte vorgesehene Bündeldurchmesser am Orte dieses Detektors. Die Halterung der Monitorkammer und die Halterungen der sie umgebenden Blenden B3 und B4 (s.4.1.1.3.) müssen starr miteinander und mit dem Röhrengehäuse verbunden sein, um die erheblichen Fehler zu vermeiden, die bei einer Dejustierung dieser Teile auftreten können.

Reproduzierbarkeit jedes Meßwertes unter Wiederholbedingungen: $s_r \leq 1\%$ (s.3.2.1.).

3.2.3. Hilfsmessgeräte

- 3.2.3.1. Für die Eichung im Prüflaboratorium:
 Elektrische Stoppuhr (vom Röhrenverschluß gesteuert)
 Handstoppuhr (Halbschwingdauer 0,1 s)

Quecksilberthermometer (0,1 °C-Teilung); Meßbereich 15 °C bis 30 °C
Stationsbarometer; Meßbereich muß alle klimatischen Luftdruckschwankungen am Ort des Prüflaboratoriums umfassen.

Hygrometer

Abstandsmeßgeräte, z.B. Meßband, Strichmaßstab, Taster
Hochspannungsmeßeinrichtung, z.B. Spannungsteiler (s.3.1.1.1.)

3.2.3.2. Für die Eichung außerhalb des Prüflaboratoriums:

Handstoppuhr (Halbschwingdauer 0,1 s)

Quecksilberthermometer (0,1 °C-Teilung); Meßbereich etwa 0 °C bis 40 °C
Aneroid-Barometer: Meßbereich muß alle zu erwartenden klimatischen Luftdruckschwankungen umfassen.

Hygrometer

Abstandsmeßgeräte, z.B. Meßband, Strichmaßstab, Taster

3.2.4. Kontrolle der Richtigkeit der Anzeige der für die Prüfung verwendeten Meßgeräte

3.2.4.1. Die für die Prüfung verwendeten Gebrauchsnormaldosimeter sind in Zeitabständen von 2 Jahren an ein Kontrollnormal der Eichbehörde und diese Kontrollnormale sind in Zeitabständen von 3 Jahren an ein Normal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt anzuschließen. Darüberhinaus ist eine solche Anschlußmessung nach einer Reparatur eines Normaldosimeters auszuführen.

Die Hilfsmeßgeräte (Stoppuhr, Thermometer, Maßstäbe etc.) sollen von eichfähiger Qualität sein.

3.2.4.2. Zwischenkontrolle der Richtigkeit der Anzeige der Normaldosimeter:

(1) Die mit Hilfe ihrer radioaktiven Kontrollvorrichtungen bestimmten Kontrollzeiten oder -anzeigen der Normaldosimeter sind in Zeitabständen von höchstens einer Woche zu messen und aufzuzeichnen. Dabei ist die Aktivitätsabnahme des Radionuklids und erforderlichenfalls der Einfluß einer Luftdichteänderung zu korrigieren. Dient die Messung der Kontrollzeit oder -anzeige nicht nur der Funktionsprüfung, sondern gehen ihre Werte in das Meßergebnis ein, so brauchen diese nicht gesondert aufgezeichnet zu werden, da sie in den Prüfprotokollen enthalten sind.

(2) Wirkt sich eine Änderung der Kontrollzeit oder -anzeige als Fehler am Meßergebnis um mehr als 3 % aus, so sind, gegebenenfalls nach In-

standsetzung, Gebrauchsnormale erneut an ein Kontrollnormal der Eichbehörde und Kontrollnormale erneut an ein Normal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt anzuschließen. Dem Normaldosimeter sind dabei die zugehörigen Kontrollvorrichtungen und Ergebnisse von früheren Zwischenkontrollen beizufügen.

3.2.5. Anschluß von Gebrauchsnormalen an Kontrollnormale

Beim Anschluß (Kalibrierung) eines Gebrauchsnormals an ein Kontrollnormal wird der Kalibrierungsfaktor K (s. 1.3.) des Gebrauchsnormals für verschiedene Werte der Einflußgrößen Photonenenergie, Meßgröße und Dosisleistung (nur bei Dosismessern) bestimmt. Erst- und Nachkalibrierung haben einen unterschiedlichen Prüfumfang.

3.2.5.1. Bei der Erstkalibrierung wird bestimmt:

- (1) K für alle verwendeten Strahlenqualitäten (s. Tab. 2).
- (2) Die Abhängigkeit von K vom Werte der Meßgröße innerhalb des gesamten Meßbereiches.
- (3) Die Abhängigkeit von K von der Dosisleistung innerhalb ihres Nennbereiches, aber höchstens bis $10 \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (10^3 rdh^{-1}).

3.2.5.2. Bei der Nachkalibrierung wird bestimmt:

- (1) K für die Bezugsenergien und mindestens eine weitere Energie.
- (2) K für mindestens einen Wert der Meßgröße innerhalb jedes Meßbereiches. Dieser Wert soll mehr als 50 % des jeweiligen Meßbereich-Endwertes betragen.
- (3) K für mindestens zwei Dosisleistungen, von denen die eine die größte nach 3.2.5.1.(3) und die andere im unteren Teil des Nennbereiches für die Dosisleistung liegen muß.

3.3. Hilfseinrichtungen

3.3.1. Für Eichung im Prüflaboratorium:

Stabile Vorrichtung (1 je Meßplatz), auf dem die Dosimeter oder ihre Detektoren einfach und zuverlässig befestigt werden können und die eine Messung in verschiedenen Abständen von der Strahlenquelle erlaubt. Sie sollte einen Querschlitten mit verstellbaren Anschlägen besitzen, auf dem die Dosimeter auch in Richtung senkrecht zum Strahl verschoben werden können. Ihre Bauteile sollen sich bei Bestrahlung der Dosimeter nicht im Strahlenbündel befinden.

Leuchtschirm mit Handgriff (für Röntgenstrahlung)
Vorrichtung zur Messung von Halbwertschichtdicken (s. 6.3.2.1.(2))

Fernsehanlage zur Fernablesung von Prüflingsanzeigen
Kleiner Tischrechner (programmierbar)
Bewegliche Strahlenschutzwände (erforderlichenfalls)

3.3.2. Für Eichung außerhalb des Prüflaboratoriums:
Stative zur Halterung von Dosimetern und Gammastrahlern
Rechner
Ablesevorrichtung (z.B. Fernrohr)

4. Meßanordnungen

4.1. Meßanordnung zur Prüfung im Prüflaboratorium

4.1.1. Prüfung mit Röntgenstrahlung:

4.1.1.1. Die Meßordnung (s. *Bild 5*) besteht aus dem Röntgenstrahler R mit Röntgengenerator, dem Röhrenverschluß V, den Blenden B₁ bis B₄, dem Filter F, dem Monitordosimeter M und dem Dosimeter (Normaldosimeter N oder Prüfling P) am Meßort.

4.1.1.2. Der Röhrenverschluß (3.1.1.2.) dient zur Unterbrechung des Strahlungsflusses, ohne die Röhrenspannung abschalten zu müssen. Er soll möglichst dicht vor der Röntgenröhre angeordnet sein.

4.1.1.3. Die Blenden (s.3.1.1.3.) dienen zur seitlichen Begrenzung des Strahlenbündels auf den am Meßort gewünschten Bündeldurchmesser. Der Durchmesser der festen Blende B₁ ist so zu wählen, daß der Durchmesser des Strahlenbündels ohne Halbschatten in 50 cm Abstand vom Brennfleck etwa 10 cm beträgt. B₁ soll dicht vor dem Strahlenaustrittsfenster des Röhrengehäuses stehen. Um den Strahlungsuntergrund am Meßort und Meßplatz des Beobachters herabzusetzen, kann eine Strahlenschutzwand aufgestellt werden. Ihre Blendenöffnung B₂ soll das durch B₁ ausgeblendete Bündel nicht begrenzen. Die auswechselbare Blende B₃ dient zur Herstellung des gewünschten Bündeldurchmessers am Meßort. Bei einem Satz dieser Blenden sind die Durchmesser so zu wählen, daß die in 3.1.1.3. angegebenen Werte für den Bündeldurchmesser d_{50} in 50 cm Abstand vom Brennfleck erzielt werden. Zu jeder Blende B₃ ist eine Blende B₄ zu verwenden, deren Durchmesser so zu wählen ist, daß

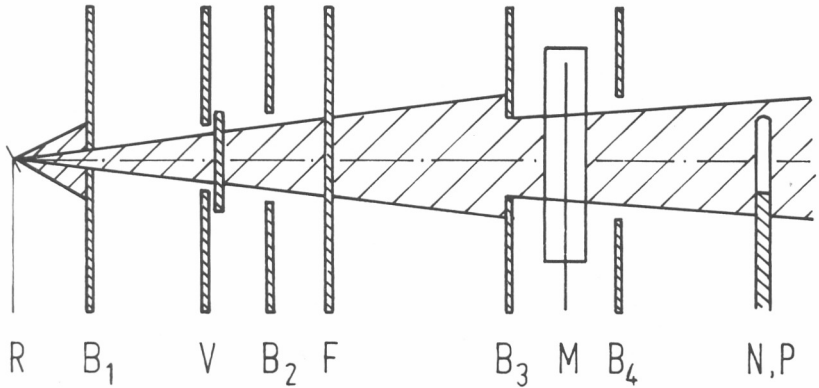


Bild 5: Meßanordnung zur Prüfung im Prüflaboratorium mit Röntgenstrahlung (schematische Darstellung).

der Halbschatten durch sie abgeblendet, das direkte Bündel aber nicht begrenzt wird.

4.1.1.4. Die Filter (§.3.1.1.4.) dienen zur Erzeugung der gewünschten Strahlenqualität. Bei aus verschiedenen Materialien zusammengesetzten Filtern sind die Materialien nach steigender Ordnungszahl so anzuordnen, daß das Filtermaterial niedrigster Ordnungszahl (Aluminium) zum Meßort weist. Dadurch wird der Dosisbeitrag energiereicher Fluoreszenzstrahlung aus Kupfer, Zinn und Blei herabgesetzt.

4.1.1.5. Die Monitorkammer (§.3.2.2.) ist so im Strahlenbündel anzuordnen, daß die Elektroden (Folien) senkrecht zum Zentralstrahl des Bündels stehen.

4.1.2. Prüfung mit Gammastrahlung

4.1.2.1. Im ausgeblendeten Strahlenbündel:

Die Meßanordnung (s. Bild 6) besteht aus dem radioaktiven Strahler S in einem Arbeitsbehälter A, dem auswechselbaren Kollimator Ko und dem am Meßort befindlichen Dosimeter (Normaldosimeter N oder Prüfling P).

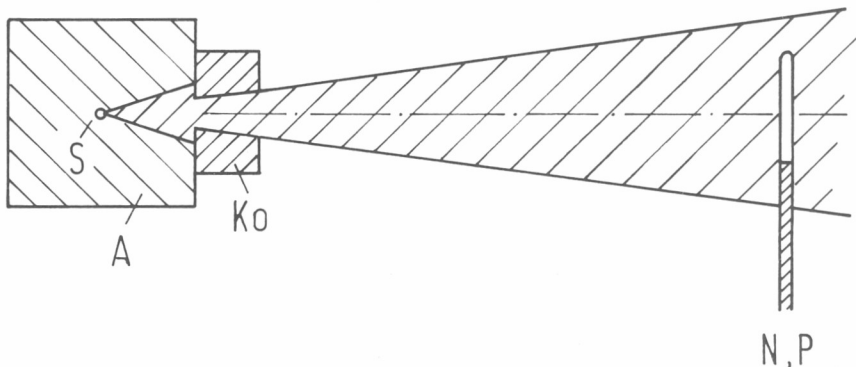


Bild 6: Meßanordnung zur Prüfung im Prüflaboratorium mit ausgeblendeter Gammastrahlung (schematische Darstellung).

4.1.2.2. Mit nichtausgeblendeter Gammastrahlung:

Durch gleichzeitige Bestrahlung von mehreren Personendosimetern P oder anderen Dosimetern ähnlicher Bauart unter gleichen Bedingungen ist zeit-sparendes Arbeiten möglich. Hierzu können die Dosimeter auf einem Kreis mit einem Radius von mindestens 30 cm angeordnet werden, in dessen Mittelpunkt sich der Gammastrahler S (s.3.1.3.1.) befindet (s. Bild7); Die Abweichung der Abstände zwischen den Bezugsorten der einzelnen Dosimeter und dem Mittelpunkt des Gammastrahlers sollte kleiner als 0,5 % sein. Der Abstand benachbarter Dosimeter sollte mindestens 10cm betragen. Diese Vorrichtung ist unter Verwendung von möglichst wenig und leichtem Material z.B. (Holz, Kunststoff) herzustellen, um die Erzeugung von Streustrahlung gering zu halten.

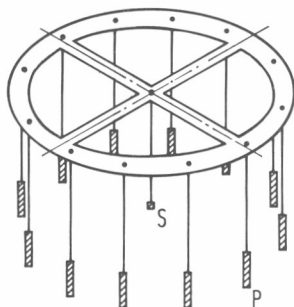


Bild 7: Meßanordnung zur Prüfung nichtortsfester Dosimeter mit nichtausgeblendeter Gammastrahlung (schematische Darstellung).

4.2. Meßanordnung zur Prüfung am Betriebsort (ortsfeste Prüflinge)

Der Prüfling P und das Normaldosimeter N werden so angeordnet, daß sie den gleichen Abstand zu evtl. vorhandenen Streukörpern (z. B. Wänden) haben (s. Bild 8). Der Abstand der Dosimeter soll so groß sein, daß ihre gegenseitige Beeinflussung durch Streustrahlung hinreichend klein ist. Er sollte größer als 20 cm sein. Ein Caesium-137-Gammastrahler S geeigneter Aktivität wird so aufgestellt, daß sein Abstand a vom Meßort des Normaldosimeters und vom Bezugsort des Prüflings gleich ist. Ist ein wirksamer Streukörper vorhanden, so soll dieser derart von der Strahlung getroffen werden, daß Prüfling und Normaldosimeter von etwa der gleichen Streuphotonenflußdichte getroffen werden. Der Abstand zwischen den Dosimetern und dem Gammastrahler sollte größer als 0,3 m, aber nicht kleiner als das 5-fache der größten Abmessung der Detektoren bzw. Dosimeter sein.

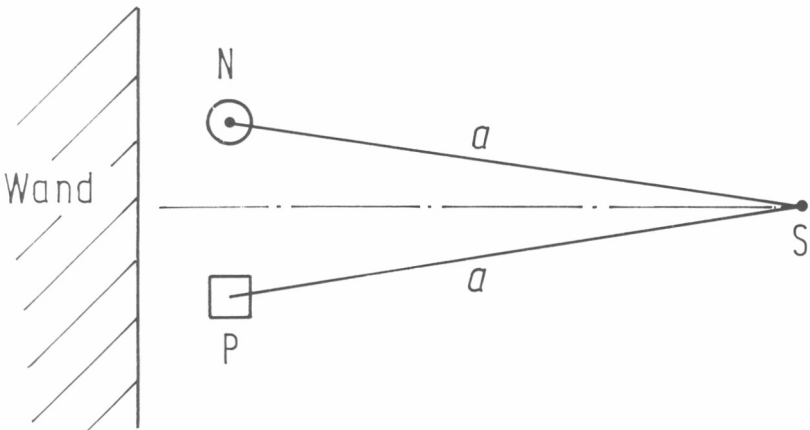


Bild 8: Meßanordnung zur Prüfung ortsfester Dosimeter am Betriebsort (schematische Darstellung).

5. Eichbedingungen

5.1. Eichung im Prüflaboratorium

Die Meßbedingungen bei der Eichung (Eichbedingungen) sind:

1. Photonenenergie: s. 6.3.2.2.
2. Strahleneinfallrichtung: Vorzugsrichtung
3. Lage des Dosimeters: Normallage
4. Dosis
- 4.1. Bei linearen Skalen: Mindestens 50 % des Meßbereich-Endwertes, wenn nichts anderes festgelegt ist.
- 4.2. Bei nichtlinearen Skalen: Mindestens 50 % des Endwertes einer vollständigen Dekade, wenn nichts anderes festgelegt ist.
5. Dosisleistung
- 5.1. Dosismesser: $< 10 \text{ Jkg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} (1 \cdot 10^3 \text{ rdh}^{-1})$
- 5.2. Dosisleistungsmesser: wie 5.1.4.1. und 5.1.4.2.
6. Betriebsspannung: Im Nennbereich (vom Hersteller anzugeben)
7. Umgebungstemperatur: $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$
8. Druck der Außenluft: 900 mbar bis 1060 mbar
9. Relative Luftfeuchte: 45 % bis 75 %
10. Nulleffekt: Bei Ortsdosimetern wird der Nulleffekt bei Dosen bis $5 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} (5 \cdot 10^{-3} \text{ rd})$ und Dosisleistungen bis $5 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} (5 \cdot 10^{-3} \text{ rdh}^{-1})$ am Meßwert korrigiert.

5.2. Eichung außerhalb eines Prüflaboratoriums

Erfolgt die Eichung außerhalb eines Prüflaboratoriums, z.B. bei ortsfesten Dosimetern am Betriebsort (s.6.3.3.2.), so ist es oft nicht möglich, alle in 5.1.geforderten Meßbedingungen einzuhalten. Weicht der Wert einer Einflußgröße bei der Eichung von dem in 5.1.angegebenen Wert ab, so ist der sich bei der Eichung ergebende Wert für q (s.1.3.) hinsichtlich dieser Abweichung der Werte der Einflußgröße zu korrigieren, sofern bei der Zulassung der Bauart zur Eichung nichts anderes festgelegt wurde. Hierzu wird die im Rahmen der Bauartprüfung gemessene Abhängigkeit von q von dieser Einflußgröße verwendet.

5.3. Meßbedingungen bei der Ersteichung und Nacheichung

Die Eichbedingungen sollen bei der Erst- und Nacheichung möglichst gleich sein. Werden Gammastrahler verwendet, so ist insbesondere darauf zu achten, daß diese Prüfungen entweder bei ausgeblendeter oder bei nichtausgeblendeter Strahlung vorgenommen werden.

6. Ausführung der Prüfung

6.1. Beschaffenheitsprüfung

6.1.1. Sie umfaßt

- a) die Prüfung, ob das Meßgerät zur Eichung zugelassen ist,
- b) die Prüfung der Vollständigkeit und Zusammengehörigkeit aller zum Dosimeter gehörenden trennbaren Teile, z.B. Kontrollvorrichtung, Meßsonde, Kabel, an Hand der Geräte- oder Fertigungsnummern und der technischen Unterlagen,
- c) die Überprüfung der Vollständigkeit und Erkennbarkeit aller Kennzeichnungen und Beschriftungen des Dosimeters, insbesondere der Skalen und Anzeigeeinrichtungen,
- d) die Prüfung der Stempelstellen,
- e) die Prüfung, ob das Dosimeter äußere Beschädigungen aufweist,
- f) die Prüfung der Stempel (s. 6.1.2.).

6.1.2. Bei Beschädigung der Sicherungsstempel (vgl. 6.1.1.f) kann eine "Prüfung nach besonderer Auflage" (vgl. 2.1.2.2.(3)) durch die Eichbehörde angeordnet werden.

6.2 Funktionsprüfung

6.2.1. Sie umfaßt

- a) die Kontrolle der Batteriespannungen,
- b) die Kontrolle der Nullpunktanzeige,
- c) die Bestimmung des Selbstablaufes (nur bei Dosismessern),
- d) die Bestimmung der Kontrollanzeige und/oder
- e) die Bestimmung der Kontrollzeit.

6.2.2. Alle Prüfungen sind nach der Bedienungsanleitung des Dosimeters auszuführen. Insbesondere ist darauf zu achten, daß die Messungen erst nach Verstreichen der Anlaufzeit (10) vorgenommen werden. Das gilt auch für die Benutzung des Prüflings im Rahmen der meßtechnischen Prüfung (s. 6.3.).

6.3. Meßtechnische Prüfung

6.3.1. Allgemeines

6.3.1.1. Der Meßort ist der Ort, an dem mit dem Normaldosimeter der Sollwert der Meßgröße bestimmt wird. Bei der Vergleichsmessung (vgl. 6.3.3.) ist der Bezugsort des Prüflings an den Meßort zu bringen. Der Meßort soll auf dem Zentralstrahl (Achse des Strahlenbündels) liegen. Sein Abstand von der benachbarten Blende oder dem Kollimator sollte mindestens 20 cm betragen, außer bei Messungen nach 6.3.5., bei denen erforderlichenfalls auch ein kleinerer Abstand gewählt werden kann.

6.3.1.2. Der Durchmesser des Strahlenbündels am Meßort sollte so gewählt werden, daß der Detektor einschließlich seiner Umhüllung (z.B. Gehäuse) sich vollständig im Gebiet nahezu konstanter Photonenflußdichte befindet und nicht im Halbschattengebiet liegt.

6.3.1.3. Angezeigte Meßwerte sind erst nach der Einstellzeit (10) abzulesen.

6.3.1.4. Bei nicht schwankender Anzeige ist jeder gemessene Wert der Meßgröße mindestens zweimal zu wiederholen. Als Meßwert ist der Mittelwert aus diesen gemessenen Werten zu nehmen. Bei schwankender Anzeige ist als Meßwert der Mittelwert aus mindestens 10 in gleichen Zeitabständen abgelesenen Momentanwerten zu nehmen oder es ist der Mittelwert zu schätzen, wobei die hierfür aufgewendete Zeit groß gegen die Schwankungsdauer der Anzeige sein muß. In letzterem Falle ist als Meßwert das Mittel aus mindestens 5 geschätzten Mittelwerten zu nehmen.

6.3.1.5. Die bei der Messung vorliegende Luftdichte ist bei nicht-luftdichten Ionisationskammern für die Bestimmung des Meßergebnisses erforderlichenfalls zu berücksichtigen. Die Luftdichte kann je nach

Konstruktion des Dosimeters in verschiedener Weise berücksichtigt werden, z.B. mittels einer Einstellvorrichtung am Dosimeter, durch Bezug auf eine Kontrollanzeige oder -zeit oder durch einen mit dem Meßwert zu multiplizierenden Faktor $k_D = (p_0/p) \cdot (T/T_0)$. Dabei ist p der Luftdruck in mbar und T die absolute Temperatur in K; p_0 und T_0 sind die entsprechenden Bezugswerte.

6.3.1.6. Der Nulleffekt oder der Selbstablauf am Prüfling ist bei Ortsdosimetern in den in 5.1.10. angegebenen Dosis- und Dosisleistungsbe-
reichen im Meßergebnis zu berücksichtigen. Bei Personendosimetern wird er nicht berücksichtigt. Die Meßwerte von Normal- und Monitordosimeter sind hinsichtlich des Nulleffektes oder des Selbstablaufes zu korrigieren.

6.3.1.7. Die Meßzeit soll bei Dosismessungen etwa zwischen 40 s und 200 s liegen. Sie soll nur dann länger sein, wenn die Dosisleistung am Meßort zu klein ist.

6.3.1.8. Den richtigen Meßwert α_N (§.6.3.3.1.) erhält man aus dem am Gebrauchsnorm angezeigten Meßwert durch Multiplikation mit dem für die vorliegenden Meßbedingungen (z.B. Photonenenergie, Dosisleistung usw.) gültigen Kalibrierungsfaktor. Letzterer ergibt sich i. allg. aus einer Vergleichsmessung mit einem Kontrollnormal, das an ein Normal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt angeschlossen ist.

6.3.2. Strahlenqualität

6.3.2.1. (1) Zur vollständigen Kennzeichnung der Strahlenqualität an einem Ort oder in einem begrenzten Bereich eines Strahlungsfeldes dient die Energieverteilung der Photonen (Abhängigkeit der spektralen Teilchenstromdichte φ_E (γ) von der Photonenenergie E). Diese kann mit Spektrometern i. allg. aber nur unter erheblichem Aufwand gemessen werden. Aus dieser Verteilung läßt sich die mittlere Energie der Strahlung $\bar{E} = \int \varphi_E \cdot E \cdot dE / \int \varphi_E \cdot dE$ berechnen. In der Dosimetrie kennzeichnet man deshalb die Strahlenqualität meistens mit Hilfe der leicht zu messenden Schwächung der Strahlung durch geeignete Materialien.

Bei Röntgenstrahlung dienen i. allg. zur Kennzeichnung der Strahlenqualität entweder die Röhrenspannung U_R und die mittlere Energie \bar{E} der Strahlung oder die Röhrenspannung, das Gesamtfilter und die 1. Halbwertschichtdicke s_1 (§.6.3.2.1.(2)) eines geeigneten Stoffes oder die effektive

Energie E_{eff} (s. 6.3.2.1. (3)).

Bei Gammastrahlung radioaktiver Strahlenquellen genügt zur Kennzeichnung der Strahlenqualität von \bar{E} , E_{eff} oder s_1 . Für Caesium-137- und Kobalt-60-Gammastrahlung haben \bar{E} und E_{eff} praktisch jeweils den gleichen Wert.

(2) Die 1. Halbwertschichtdicke s_1 einer Strahlung ist diejenige Schichtdicke eines in ein eng ausgeblendetes Strahlenbündel einheitlicher Richtung gebrachten Materials, durch die die Standard-Ionendosisleistung in großem Abstand von der Schicht auf die Hälfte herabgesetzt wird (6), (7), (17).

Zur Bestimmung von s_1 einer Röntgenstrahlung bringt man zwischen B_4 und N (s. Bild 5) einen Absorber A veränderlicher Dicke und zwischen A und N in die Nähe von A eine weitere Blende B_5 , die das Strahlenbündel nicht begrenzen soll. Dabei sollen folgende Abstände eingehalten werden: R bis N etwa 1 m, R bis A etwa 50 cm, M bis A etwa 20 cm. Der Bündeldurchmesser d_A bei A soll 4 cm betragen. s_1 ergibt sich aus der Messung der Standard-Ionendosisleistung j_s mit dem Dosimeter N als Funktion der Dicke x_A von A als der Wert für x_A , bei dem j_s die Hälfte des ohne Absorber ($x_A = 0$) gemessenen Wertes beträgt, also

$$j_s(x_A = s_1) = \frac{1}{2} j_s(x_A = 0)$$

Anforderungen an den Absorber:

Absorbermaterial: Aluminium für weiche Röntgenstrahlung,
Kupfer für harte Röntgenstrahlung und
harte Gammastrahlung.

Reinheit: s. 3.1.1.4.

Unsicherheit der
Dicke: Entweder $\pm 5 \mu\text{m}$ oder $\pm 1 \%$.

Anforderungen an das Dosimeter N:

Die Abhängigkeit des Kalibrierungsfaktors von der Photonenenergie soll möglichst klein sein, damit der Fehler gering bleibt, der durch die unterschiedliche Strahlenqualität bei der Messung von $j_s(x_A = s_1)$ und $j_s(x_A = 0)$ entsteht.

Am Absorber wird bei Strahlenbündeldurchmessern $d_A > 0$ Streustrahlung erzeugt, die den so gemessenen Wert von s_1 verfälscht. Diesbezügliche Korrekturen (17) sind für die oben beschriebene Meßgeometrie in Abhängigkeit von der Strahlenqualität (s. Bild 9) für die Fälle angegeben, in denen sie 1 % überschreiten. Sie sind zu vernachlässigen, wenn ihr Betrag kleiner als 1 % ist.

(3) Die effektive Energie E_{eff} einer nicht-monoenergetischen Photonenstrahlung (Röntgenstrahlung) ist diejenige Photonenenergie einer monoenergetischen Photonenstrahlung, für die die 1. Halbwertschichtdicke gleich der 1. Halbwertschichtdicke der nicht-monoenergetischen Strahlung ist.

6.3.2.2. Bei der Prüfung von Dosimetern, bei denen die Strahlenqualität das Meßergebnis beeinflussen kann, werden folgende Strahlenqualitäten verwendet:

(1) Die Prüfung der Richtigkeit der Anzeige (s. 1.3.) im Rahmen der Grundprüfung (s. 2.1.1.) erfolgt bei der Bezugsenergie (s. Anhang Tab. 2), die zu dem angegebenen Photonenenergie-Nennbereich gehört. Sie wird festgelegt, wenn die Bauart nach den zugrunde gelegten Anforderungen (4) zur Eichung zugelassen wird.

(2) Die Energieabhängigkeit des Verhältnisses Meßwert/Wert der Meßgröße wird im Rahmen der "Prüfung nach besonderer Auflage" (vgl. 2.1.2.1.) bei der Bezugsenergie und bei wenigstens zwei weiteren Photonenenergien geprüft, die innerhalb des Photonenenergie-Nennbereiches liegen müssen.

(3) Alle für die Messungen nach 6.3.3. und 6.3.4. verwendeten Strahlenqualitäten müssen einer der in Tab. 2 angegebenen Serien von Qualitäten angehören. Dabei ist die Serie zu wählen, die bei ausreichender Dosisleistung die am härtesten gefilterte Strahlung enthält.

(4) Zur Kontrolle der Strahlenqualitäten ist die 1. Halbwertschichtdicke s_1 bei den in Tab. 2 angegebenen Bedingungen zu messen. Ist die Abweichung eines Wertes von s_1 bei dieser Kontrolle von dem in Tab. 2 angegebenen Wert größer als die Meßunsicherheit, so kann die Röhrenspannung so verändert werden, daß Übereinstimmung zwischen den gemessenen und angegebenen Werten erzielt wird. Muß dazu die Röhrenspannung um mehr als 10 % geändert werden, so sollte die Röntgeneinrichtung überprüft werden. Diese Kontrolle ist an jeder Röntgen-

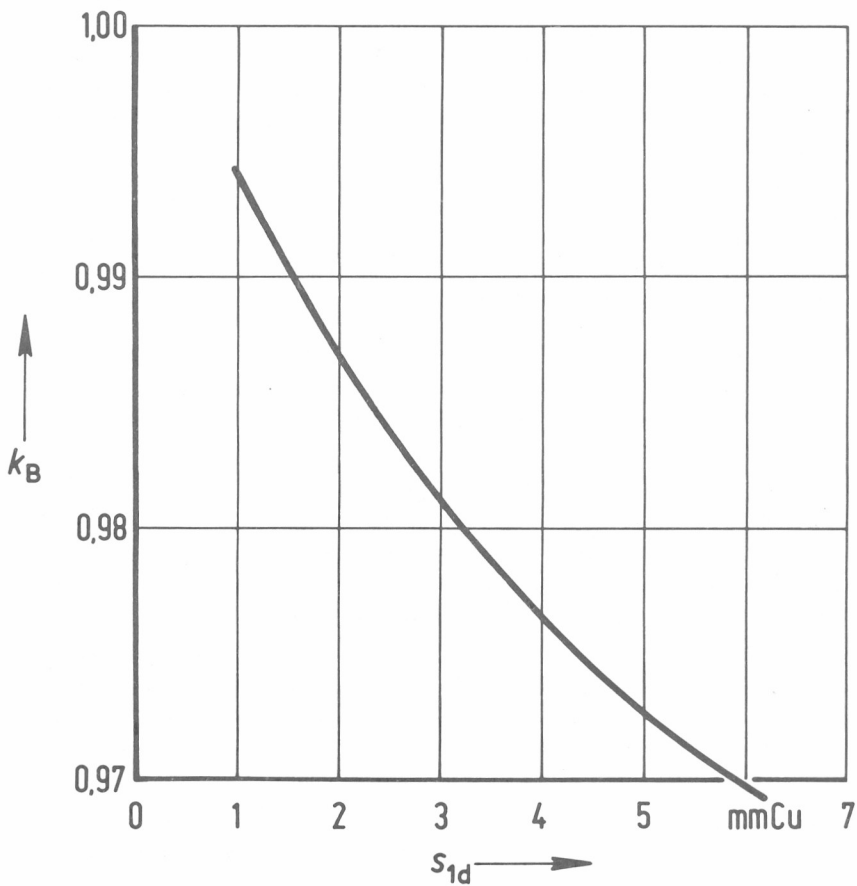


Bild 9: Korrekturfaktor k_B zur Ermittlung der Halbwertschichtdicke s_1 für den Strahlenbündeldurchmesser $d_A = 0$ cm am Orte des Absorbers aus der bei $d = 4$ cm gemessenen Halbwertschichtdicke s_{1d} . Es ist $s_1 = k_B \cdot s_{1d}$.

einrichtung für wenigstens zwei Strahlenqualitäten in Zeitabständen von einem Jahr auszuführen und für alle Strahlenqualitäten nach einer Reparatur, die die Strahlenqualität beeinflussen kann, z.B. nach Röhrenwechsel.

6.3.3. Richtigkeit der Anzeige des Prüflings

Bei der Prüfung der Richtigkeit der Anzeige (s.1.3.) im Rahmen der Eichung (Ersteichung und Nacheichung) eines Dosimeters muß die prozentuale Abweichung $\delta = (q - 1) \cdot 100$ des Meßwertes vom Wert der Meßgröße (s. 1.3.) innerhalb der Eichfehlergrenzen liegen (s. Anhang, *Tab. 3*) wobei q das Verhältnis von Meßwert zu Wert der Meßgröße ist. Bei der Grundprüfung wird die Richtigkeit der Anzeige für je einen Meßwert in jedem Bereich geprüft. Ersteichung und Nacheichungen müssen unter den gleichen Meßbedingungen (z.B. gleicher Strahlenqualität, gleicher Feldgröße) bei einem Dosimeter erfolgen.

Bei der Befundprüfung muß δ innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen liegen, die das 1,2-fache der Eichfehlergrenzen betragen. Das Einhalten der Verkehrsfehlergrenzen ist unter den Meßbedingungen zu überprüfen, die bei der Eichung vorgelegen haben (vgl. 5).

6.3.3.1. Prüfung im Prüflaboratorium

(1) Bei Röntgenstrahlung (Meßanordnung s. *Bild 5*):

Zur Bestimmung von q bei den vorgegebenen Bestrahlungsbedingungen (Strahlenqualität, Dosisleistung, Bündeldurchmesser und Lage des Meßortes) werden nacheinander mit dem Prüfling der Meßwert α_P und mit dem Normaldosimeter der Wert der Meßgröße α_N bestimmt und auf die gleichzeitig mitgemessene Anzeige α_{MP} bzw. α_{MN} des Monitordosimeters bezogen. Dabei muß der Bezugsort des Prüflings an den Meßort gebracht werden.

Normaldosimeter und Monitordosimeter, die zur Kalibrierung eines Prüflings verwendet werden, können Dosis- oder Dosisleistungsmesser sein. Dosisleistungsmesser können dann verwendet werden, wenn die Photonenstromdichte innerhalb der Zeit, die für eine Meßreihe notwendig ist, nicht schwankt und ein zeitlich konstanter Dosisleistungswert abgelesen werden kann, und wenn auch der Prüfling ein Dosisleistungsmesser ist. In diesem Falle kann durch die momentane Ablesung der Meßwerte Zeit gespart werden, während die Dosismessung durch die für die Erzeugung der Dosis er-

forderliche Zeit erheblich länger dauern würde. Schwankt die Photonenstromdichte kurzzeitig, so sollten als Normal- und Monitordosimeter Dosismesser verwendet werden, da diese zeitlich integrierend arbeiten.

q kann aus den Meßwerten α_P , α_N , α_{MP} und α_{MN} von Prüfling, Normal- und Monitordosimeter auf folgende Weisen ermittelt werden:

a) Prüfling, Normal- und Monitordosimeter sind Dosismesser

$$q = \frac{\alpha_P/\alpha_{MP}}{\alpha_N/\alpha_{MN}}$$

b) Prüfling, Normal- und Monitordosimeter sind Dosisleistungsmesser

$$q = \frac{\alpha_P/\alpha_{MP}}{\alpha_N/\alpha_{MN}}$$

Voraussetzung: Nichtschwankende Photonenstromdichte während der Zeit einer Meßreihe; Langzeitschwankung zugelassen.

c) Prüfling ist Dosisleistungsmesser, Normal- und Monitordosimeter sind Dosismesser

$$q = \frac{\alpha_P t_{MP}/\alpha_{MP}}{\alpha_N/\alpha_{MN}}$$

t_{MP} = Zeitdauer der Monitormessung bei der Dosisleistungsbestimmung mit dem Prüfling.

Bei Prüflingen mit reproduzierbar einstellbaren oder fest eingestellten Dosis- und Dosisleistungsschwellen kann die Richtigkeit dieser Schwellenwerte folgendermaßen geprüft werden:

d) Bei einer Dosischwelle wird die Anzeige α_{MP} des Monitordosimeters (Dosismesser) gemessen, die auftritt, wenn am Prüfling der zu überprüfende Dosis-Schwellenwert α_P angezeigt wird (Auslösung eines Signals). Danach wird mit dem Normaldosimeter unter gleichen Bedingungen die Dosis α_N gemessen, die zur Anzeige α_{MN} des Monitordosimeters gehört. q berechnet sich nach der in a) angegebenen Formel.

e) Bei Dosisleistungsschwellen ist als Monitordosimeter ein Dosisleistungsmesser zu verwenden. Es wird zunächst der Röhrenstrom so eingestellt oder der Abstand des Prüflings von der Strahlenquelle so gewählt, daß am Prüfling der Schwellenwert angezeigt wird (Auslösung eines Signals).

Die zugehörige Anzeige α_{MP} des Monitordosimeters wird gemessen. Danach wird unter gleichen Meßbedingungen mit dem Normaldosimeter der Meßwert $\tilde{\alpha}_N$ und gegebenenfalls die zu seiner Erzeugung erforderliche Zeit t_N bestimmt. Die zugehörige Anzeige α_{MN} des Monitordosimeters kann dabei infolge einer Stromdichteschwankung der Strahlung geringfügig von α_{MP} abweichen. Es gilt bei Verwendung eines Dosismessers als Normaldosimeter

$$q = \frac{\alpha_P / \alpha_{MP}}{\alpha_N / (\alpha_{MN} \cdot t_N)} .$$

Bei Verwendung eines Dosisleistungsmessers als Normaldosimeter gilt die in b) angegebene Formel.

(2) Bei Gammastrahlung (Meßanordnung s. Bild 6):

Die Prüfung erfolgt in der gleichen Weise, wie für Röntgenstrahlung in 6.3.3.1.(1) beschrieben wurde, wobei jedoch wegen der Konstanz der Photonenstromdichte während der Meßdauer kein Monitordosimeter verwendet zu werden braucht.

Bei Prüflingen mit reproduzierbar einstellbaren oder fest eingestellten Dosis- und Dosisleistungsschwellen kann die Richtigkeit dieser Schwellenwerte folgendermaßen geprüft werden:

- a) Bei einer Dosischwelle werden unter gleichen Bestrahlungsbedingungen die Zeiten t_P und t_N gemessen, die erforderlich sind, um am Prüfling und am Normaldosimeter einen Meßwert zu erzeugen, der gleich dem zu überprüfenden Dosis-Schwellenwert ist. Es ist

$$q = \frac{t_N}{t_P} .$$

- b) Bei Dosisleistungsschwellen wird der Abstand von der Strahlenquelle ermittelt, bei dem der Meßwert α_P am Prüfling gleich dem zu prüfenden Schwellenwert ist. An diesem Ort wird dann mit dem Normaldosimeter α_N gemessen. Der Wert von q ergibt sich entsprechend 6.3.3.1.(1)e.

(3) Zeitsparendes Arbeiten im Prüflaboratorium:

Im allgemeinen kann dadurch Zeit gespart werden, daß längs des Zentralstrahles des Bündels für die zu verwendeten Strahlenqualitäten, Röhrenströme, Meßabstände und Feldgrößen bei Röntgenstrahlung J_s / α_M und bei Gammastrahlung j_s (einmal) gemessen wird, wobei α_M die Anzeige des Monitordosimeters ist. Hieraus kann erforderlichenfalls nach 1.1.6. D / α_M oder \dot{D} errechnet werden. Diese Werte können dann verwendet wer-

den, um δ bei vielen Prüfungen zu ermitteln, und brauchen nicht jedesmal neu bestimmt werden, sofern die Meßgeometrie nicht verändert wird. Voraussetzung hierfür ist, daß das Monitordosimeter ausreichend langzeitstabil ist und seine Anzeige für die verwendeten Dosis- oder Dosisleistungsbereiche mit der Anzeige eines Normaldosimeters verglichen ist. Die Abnahme der Aktivität und somit der Dosisleistung der Gammastrahlenquellen kann durch den Korrektionsfaktor $k = e^{-\lambda t}$ berücksichtigt werden, wobei λ die Zerfallskonstante des Radionuklids (6) und t die nach Bestimmung von j_s/α_M bis zum Prüftermin verstrichene Zeitspanne ist. Zur Überprüfung der j_s/α_M - Werte sollte täglich ein Kontrollwert am Monitordosimeter nachgemessen werden. Diese Werte können dadurch laufend überprüft werden, daß man eine weitere Monitorkammer zwischen V und B₃ in die Nähe von V (s. Bild 5) in den Strahlengang bringt. Das Verhältnis α_{M1}/α_{M2} der Anzeigen der beiden Monitorkammern muß innerhalb seiner Unsicherheit konstant sein.

6.3.3.2. Prüfung am Betriebsort (Ortsfeste Prüflinge)

Bei ortsfesten Dosimetern erfolgen Ersteinrichtung und Nacheichung unter gleichen Bedingungen am Betriebsort. Hierzu können Prüfling und Normaldosimeter in einer Anordnung nach 4.2. mit der Gammastrahlung eines Caesium-137-Präparates oder der am Betriebsort vorliegenden Strahlung, sofern deren Qualität ausreichend bekannt ist, bestrahlt werden. Die Energieabhängigkeit der Anzeige des Normaldosimeters soll im Energiebereich zwischen 100 keV und 700 keV so gering wie möglich sein, höchstens aber $\pm 20\%$ (s. 3.2.1.) betragen. Aus den Meßwerten α_P und α_N von Prüfling und Normaldosimeter ergibt sich q nach folgenden Beziehungen:

a) Prüfling und Normaldosimeter sind Dosismesser

$$q = \frac{\alpha_P}{\alpha_N}$$

b) Prüfling und Normaldosimeter sind Dosisleistungsmesser

$$q = \frac{\alpha_P}{\alpha_N}$$

c) Prüfling ist Dosisleistungsmesser, Normaldosimeter ist Dosismesser

$$q = \frac{\alpha_P \cdot t_N}{\alpha_N}$$

t_N = Zeitdauer der Erzeugung des Meßwertes α_N .

Ist die Bezugsenergie (s. 6.3.2.2.(1)) für die Prüfung nicht die Photonen-

energie der Caesium-137-Gammastrahlung, so ist q für die Bezugsenergie aus dem mit Caesium-137-Gammastrahlung oder der am Betriebsort vorliegenden Strahlung erhaltenen Wert für q mittels der bei der Bauartzulassung bestimmten Energieabhängigkeit von q zu berechnen.

Ist es z.B. aus baulichen Gründen nicht möglich, die Prüfung mit einer Meßordnung nach 4.2. unter Einhaltung der dort angegebenen Voraussetzungen auszuführen, so kann folgendermaßen verfahren werden: Zunächst wird der Meßort A festgelegt, an dem mit dem Normaldosimeter der Meßwert α_{NA} gemessen werden soll. Dieser Ort ist so zu wählen, daß er bei der Eichung eine schnelle und zuverlässige Ausführung der Messung gestattet und der Unterschied zwischen der dort und am Ort des Prüflings vorliegenden Photonenflußdichte (Primär- und Streustrahlung) möglichst klein ist. Im Rahmen der Ersteichung wird dann mit dem Normaldosimeter der Meßwert α_{NA} am Orte A und der Meßwert α_{NB} am Bezugsort B des Prüflings bei sonst unveränderten Bestrahlungsbedingungen gemessen und

$$r = \frac{\alpha_{NA}}{\alpha_{NB}}$$

berechnet. Die Messung von α_{NB} sollte unmittelbar vor Einbau des ortsfesten Prüflings oder seiner Meßsonde erfolgen, sofern die Meßsonde nicht für diesen Zweck abgenommen und durch das Normaldosimeter ersetzt werden kann. Bei der Ersteichung ergibt sich q nach Messung des Meßwertes α_P mit dem ortsfesten Prüfling nach a), b) oder c). Bei der Nach-eichung brauchen nur α_P und α_{NA} gemessen werden. Die Werte für q ergeben sich dann aus den in a), b) oder c) angegebenen Gleichungen, in die für α_N der Meßwert α_{NA} einzusetzen ist, durch Multiplikation mit dem bei der Ersteichung bestimmten Faktor r .

Bei ortsfesten Dosimetern kann es vorteilhaft sein, Detektor und Anzeigegerät getrennt zu prüfen, um z.B. den Transport von radioaktiven Strahler hoher Aktivität zum Betriebsort zu vermeiden. Dabei ist im Eichlaboratorium der durch eine Dosisleistung j_s erzeugte Ausgangsstrom i_A des Detektors zu messen. Am Betriebsort wird am Anzeigegerät der angezeigte Meßwert α bestimmt, der durch einen aus einer Konstantstromquelle erhaltenen Eingangsstrom i_E erzeugt wird.

Es ist

$$q = \left(\frac{\alpha}{i_E} \right) \left(\frac{i_A}{j_s} \right)$$

Dabei ist darauf zu achten, daß die Konstantstromquelle so an das Anzeigegerät angepaßt ist, daß die elektrischen Detektoreigenschaften nachgebildet werden.

6.3.4. Abhängigkeit des Verhältnisses Meßwert/Wert der Meßgröße von der Photonenenergie (s.2.1.2.1.)

Das Verhältnis q von Meßwert/Wert der Meßgröße wird nach 6.3.3.1, für mindestens drei Photonenenergien (s.6.3.2.2.(2)) ermittelt, die innerhalb des für das Dosimeter vorgesehenen Nennbereiches der Photonenenergie liegen müssen. Eine dieser Energien muß die Bezugsenergie sein. Alle daraus in Prozent folgenden Werte

$$f = \left(\frac{q}{q_0} - 1 \right) \cdot 100$$

müssen innerhalb der durch f_{\max} (s. Anhang, *Tab. 4*) gegebenen Grenzen liegen. Dabei ist q_0 der Wert von q , der sich bei der Bezugsenergie ergibt. Bei Ausdehnung des Nennbereiches unter 10 keV bis 5 keV muß q/q_0 unterhalb von 10 keV zwischen 0,5 und 2 liegen, wobei q_0 für die Bezugsenergie 30 keV zu bestimmen ist.

6.3.5. Abhängigkeit des Verhältnisses Meßwert/Wert der Meßgröße vom Wert der Meßgröße (s.2.1.2.1.)

Bei Dosimetern mit linearen Skalen wird das Verhältnis q von Meßwert/Wert der Meßgröße im allgemeinen bei drei Meßwerten in jedem Meßbereich bestimmt (vgl. 6.3.3.), wobei die Meßwerte etwa gleichmäßig über den Meßbereich verteilt sein sollen.

Bei Dosimetern mit nicht linearen (logarithmischen) Skalen wird q im allgemeinen bei je einem Meßwert in jeder Dekade bestimmt. In beiden Fällen sollte einer dieser Meßwerte in jedem Meßbereich derjenige sein, der im Rahmen der Grundprüfung (s. 2.1.1.2.(3), 6.3.3.) gemessen wird.

Die erforderliche Änderung der Dosis kann durch Verändern der Bestrahlungsdauer, des Röhrenstromes und des Abstandes zwischen Meßort und Strahlenquelle, die der Dosisleistung durch Verändern der beiden letztgenannten Parameter erfolgen.

Ist der Prüfling ein Dosismesser und sein verwendeter Meßumfang so gering, daß alle erforderlichen Dosen allein durch Verändern der Bestrahlungsdauer erhalten werden können, ohne tragbare Meßzeiten (etwa 0,5 min bis 15 min) dabei zu unter- oder überschreiten und ohne Röhrenstrom oder Abstand Prüfling-Strahlenquelle ändern zu müssen, und ist für die Messung ein Monitordosimeter (Dosismesser) verfügbar, so kann die Abhängigkeit von q vom Wert der Meßgröße (Dosis) auf folgende Weise geprüft werden:

Am Prüfling wird ein Meßwert α_P von etwa 80 % des Meßbereich-Endwertes erzeugt und die zugehörige Anzeige am Monitordosimeter α_M gemessen. Anschließend wird α_P bei unveränderter Dosisleistung in solchen Bruchteilen der maximalen Bestrahlungsdauer gemessen, wie sie dem Verhältnis der zu bestimmenden Meßwerte entsprechen. Hängt q nicht vom Wert der Meßgröße ab, so müssen auch die Verhältnisse α_P/α_M vom Beitrag der einzelnen Meßwerte unabhängig sein. Für diese Messungen ist ein Monitordosimeter zu verwenden, dessen Meßwerte α_M sich linear mit der Dosis ändern. Eine Bestrahlungszeit sollte so gewählt werden, daß der entsprechende Meßwert der gleiche ist wie bei der Bestimmung von q im Rahmen der Grundprüfung. Die Dosisleistung ist hierbei so zu wählen, daß sie in dem Bereich liegt, in dem der Meßwert α_P praktisch unabhängig von der Dosisleistung ist.

Alle daraus folgenden Werte $f = (q/q_0 - 1) \cdot 100$ müssen innerhalb der in Tab. 5 (§. Anhang) gegebenen Werte für f_{\max} liegen (4). Dabei ist q_0 der Wert von q , der sich für den Bezugswert der Meßgröße ergibt.

6.4. Überprüfung der Aufzeichnungen über Kontrollmessungen

6.4.1. Der Benutzer eines geeichten Dosimeters muß innerhalb der Nacheichfrist die Kontrollanzeige oder die Kontrollzeit (10) mit der zugehörigen Kontrollvorrichtung messen und die Ergebnisse aufzeichnen, wenn er in den Vorteil einer längeren Nacheichfrist (§. 2.3.) gelangen will. Diese Kontrollmessungen sind mindestens halbjährlich vorzunehmen. Eine hierfür benutzte Kontrollvorrichtung muß die Kontrolle des gesamten Dosimeters (Detektor, System zur Meßwerterfassung und -umformung sowie Anzeigesystem) erlauben und den in den Anforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (4) gestellten Bedingungen genügen. Ihre Bauart muß von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zur Verwendung mit eichfähigen Dosimetern zugelassen sein. Die Kontrollvorrichtung selbst wird nicht geeicht. Die erste Kontrollmessung findet im Rahmen einer Eichung statt.

Die Aufzeichnungen dieser Kontrollmessungen sind von der zuständigen Eichbehörde im Abstand von 2 Jahren zu überprüfen. Hierzu hat der Benutzer den Eichschein der Eichung, bei der die erste Kontrollmessung vorgenommen wurde, und die Aufzeichnungen (Anlagen zum Eichschein) über die Ergebnisse der bis zu 4 Jahren zurückliegenden Kontrollmessungen der zuständigen Behörde zur Überprüfung zu übersenden. Erfolgt diese Aufzeichnung im Zuständigkeitsbereich eines Strahlenschutzverant-

wortlichen, so kann die Eichbehörde auf ihre Überprüfung verzichten.

6.4.2. Innerhalb der Nacheichfrist muß die hinsichtlich des radioaktiven Zerfalls des Nuklids korrigierte Kontrollanzeige α'_K der Bedingung

$$(\alpha'_K)_{\max} \geq \alpha'_K \geq (\alpha'_K)_{\min}$$

mit

$$\alpha'_K = \alpha_K \cdot k_z; \quad (\alpha'_K)_{\max} = \frac{100 + |V|}{100 + \delta} \cdot \alpha_{KO}; \quad (\alpha'_K)_{\min} = \frac{100 - |V|}{100 + \delta} \cdot \alpha_{KO}$$

und die hinsichtlich des radioaktiven Zerfalls des Nuklids korrigierte Kontrollzeit τ'_K der Bedingung

$$(\tau'_K)_{\max} \geq \tau'_K \geq (\tau'_K)_{\min}$$

mit

$$\tau'_K = \tau_K / k_z; \quad (\tau'_K)_{\max} = \frac{100 + \delta}{100 - |V|} \cdot \tau_{KO}; \quad (\tau'_K)_{\min} = \frac{100 + \delta}{100 + |V|} \cdot \tau_{KO}$$

genügen.

Dabei sind

V Verkehrsfehlergrenzen in Prozent; sie betragen das 1,2-fache der Eichfehlergrenzen (s. Tab. 3).

δ Prozentuale Abweichung des Meßwertes vom Wert der Meßgröße bei der Eichung (s. 6.3.3.), bei der die erste Kontrollmessung stattgefunden hat,

t Zeitspanne zwischen einer Kontrollmessung innerhalb der Nacheichfrist und der ersten Kontrollmessung bei der Eichung,

α_{KO} Kontrollanzeige zum Zeitpunkt der Eichung ($t = 0$),

α_K Kontrollanzeige zu einer Zeit t ,

τ_{KO} Kontrollzeit zum Zeitpunkt der Eichung ($t = 0$),

τ_K Kontrollzeit zu einer Zeit t ,

k_z Korrektionsfaktor für Aktivitätsabnahme des Strahlers durch radioaktiven Zerfall, durch den das Ergebnis der Kontrollmessung zum Zeitpunkt t auf den Zeitpunkt $t = 0$ bezogen wird, (s. Beschreibung und Bedienungsanleitung des Dosimeters oder der Kontrollvorrichtung). Es ist $k_z = k^{-1} > 1$ (vgl. 6.3.3.1.(3)).

Bei Dosimetern mit nichtluftdichten Ionisationskammern muß die bei der

Messung der Kontrollanzeige oder Kontrollzeit vorliegende Luftdichte berücksichtigt werden (§.6.3.1.5.). Bei rechnerischer Korrektur sind α_{KO} und α_K die mit k_D multiplizierten Kontrollanzeigen τ_{KO} und τ_K die durch k_D dividierten Kontrollzeiten.

Ist obige Bedingung für die Kontrollanzeige oder die Kontrollzeit nicht erfüllt, so hält das Dosimeter nicht die Verkehrsfehlergrenzen ein.

Bei Dosimetern, bei denen die Empfindlichkeit mit Hilfe von Kontrollmessungen eingestellt wird, brauchen die Ergebnisse der Kontrollmessungen erst dann aufgezeichnet zu werden, wenn eine solche Einstellung des Dosimeters nicht mehr möglich ist.

6.4.3. Der Korrekturfaktor k_z ist vom Hersteller nicht immer in der Form $k_z(t) = e^{\lambda t}$ angegeben, wobei λ die Zerfallskonstante des Radionuklids und t die Zeit ist, sondern es kann die Kontrollanzeige $(\alpha_K)_H$ oder die Kontrollzeit $(\tau_K)_H$ für verschiedene Zeitpunkte angegeben sein. Dabei ist der erste Zeitpunkt im allgemeinen der Zeitpunkt der Kalibrierung des Dosimeters beim Hersteller, der oft nicht mit dem Zeitpunkt der Eichung, d.h. dem Zeitpunkt der Bestimmung von α_{KO} bzw. τ_{KO} übereinstimmt. In diesem Fall ist erforderlichenfalls durch Interpolation der für den Zeitpunkt der Eichung gültige Wert $(\alpha_K)_H$ bzw. $(\tau_K)_H$ und der für den interessierenden Zeitpunkt gültige Wert $(\alpha_K)_H$ bzw. $(\tau_K)_H$ aus den Herstellerangaben zu ermitteln. Hieraus ergibt sich

$$k_z = \frac{(\alpha_{KO})_H}{(\alpha_K)_H} \text{ bzw. } \frac{(\tau_K)_H}{(\tau_{KO})_H}$$

7. Rückgabe von Dosimetern

Ein Dosimeter ist ungeeicht zurückzugeben, wenn die Prüfungen nach 6.2.1. a) bis e) erwarten lassen, daß die meßtechnische Prüfung nicht ordnungsgemäß ausgeführt werden kann. Außerdem ist ein Dosimeter in den Fällen zurückzugeben, die im Abschn. 4.7. der Eichanweisung, Allgemeine Vorschriften, vom 12. Juni 1973 (11) aufgeführt sind.

8. Aufzeichnung der Prüfungsergebnisse

8.1. Protokoll der Prüfung

Im Protokoll sind alle Angaben über die Prüfung aufzuzeichnen, die zu ihrer eindeutigen Beschreibung und für einen Vergleich verschiedener

Prüfungsergebnisse erforderlich sind, sofern sie nicht durch die in Abschn.5. vorgeschriebenen Eichbedingungen ausreichend festgelegt sind.

8.1.1. Angaben über den Antragsteller und Prüfling

- (1) Angaben über Antragsteller
- (2) Angaben über Prüfling:
Hersteller, Bauart, Bezeichnung und Herstellungsnummern für alle Teile des Prüflings. Angabe der Länge des Meßkabels am Prüfling, wenn dieses austauschbar ist und seine Länge den Meßwert beeinflussen kann.
- (3) Datum der Prüfung
- (4) Ort der Prüfung

8.1.2. Angaben zur Ausführung der Prüfung

- (1) Beschaffenheit des Prüflings
- (2) Funktionsprüfung
- (3) Meßtechnische Prüfung
 - a) Meßanordnung: Beschreibung aller Teile der Meßanordnung und ihrer Lage zueinander, sofern diese Teile beweglich sind. Angabe des Abstandes zwischen dem Meßort (s.6.3.1.1.) und der Strahlenquelle sowie des Durchmessers des Strahlenbündels am Meßort (Feldgröße).
 - b) Strahlenqualität: Röhrenspannung, Gesamtfilter (Eigen- und Zusatzfilter), 1. Halbwertschichtdicke, effektive oder mittlere Energie, Röhrenstrom.
 - c) Meßergebnisse der Prüfung: Meßwerte von Prüfling, Normaldosimeter und gegebenenfalls Monitorodosimeter, Kalibrierungsfaktoren des Normaldosimeters und gegebenenfalls verwendete Korrekturen und Kontrollanzeigen oder -zeiten; die aus den (korrigierten) Meßwerten berechneten Werte für δ (s.6.3.3.) und gegebenenfalls f (s.6.3.4., 6.3.5.).

8.2. Eichschein

Über die Eichung ist für den Benutzer des geeichten Dosimeters ein Eichschein auszustellen (Formblatt s. Anlage).

9. Literatur

- (1) Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung); Bundesgesetzblatt, Teil I (1976) S. 2905.
- (2) Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung); Bundesgesetzblatt, Teil I (1973) S. 173.
- (3) Zweite Verordnung über die Eichpflicht von Meßgeräten; Bundesgesetzblatt, Teil I (1975) S. 2161.
- (4) Anforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt an Strahlenschutzdosimeter für die Zulassung zur Eichung; PTB-Mitt. 84 (1974) S. 270.
- (5) DIN 6814, Blatt 3, Juni 1972.
- (6) R.G. Jaeger, W. Hübner: Dosimetrie und Strahlenschutz; Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1974.
- (7) DIN 6814, Blatt 2, April 1970.
Gesetz über Einheiten im Meßwesen;
Bundesgesetzblatt, Teil I (1969) S. 709.
- (9) Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen; Bundesgesetzblatt, Teil I (1970) S. 981.
- (10) DIN 6818, Blatt 1, Entwurf November 1974.
- (11) Eichenweisung, Allgemeine Vorschriften; Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 117 vom 28. Juni 1973.
- (12) DIN 1319, Blatt 3, Januar 1972.
- (13) DIN 1319, Blatt 1, November 1971.
- (14) Verordnung über die Gültigkeitsdauer der Eichung (Eichgültigkeitsdauerverordnung) Bundesgesetzblatt, Teil I (1976) S. 2083.
- (15) DIN 6814, Blatt 6, Oktober 1963.
- (16) DIN 6846, März 1969.
- (17) Kernenergie 11 (1968), Beilage S. B243-B334.

Anhang

Tabelle 1

Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung der SI-Einheiten¹⁾ für die Dosis und Dosisleistung aus den bisher üblichen Einheiten.

a) Energiedosis, Energiedosisleistung

$$1 \text{ rd} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Jkg}^{-1}$$

	$\text{Jkg}^{-1} \text{s}^{-1}$	$\text{Jkg}^{-1} \text{min}^{-1}$	$\text{Jkg}^{-1} \text{h}^{-1}$
1 rds^{-1}	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-1}$	36
1 rd min^{-1}	$1,667 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-1}$
1 rdh^{-1}	$2,778 \cdot 10^{-6}$	$1,667 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-2}$

b) Ionendosis, Ionendosisleistung

$$1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Ckg}^{-1}$$

	$\text{C kg}^{-1} \text{s}^{-1}$	$\text{C kg}^{-1} \text{min}^{-1}$	$\text{C kg}^{-1} \text{h}^{-1}$
1 Rs^{-1}	$2,58 \cdot 10^{-4}$	$1,548 \cdot 10^{-2}$	$9,288 \cdot 10^{-1}$
1 Rmin^{-1}	$4,3 \cdot 10^{-6}$	$2,58 \cdot 10^{-4}$	$1,548 \cdot 10^{-2}$
1 Rh^{-1}	$7,167 \cdot 10^{-8}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$	$2,58 \cdot 10^{-4}$

Tabelle 2

Strahlenqualitäten für Eichung von Strahlenschutzdosimetern

a) Sehr harte Filterung (Serie A) :

Kurzbezeichnung	Röhrenspannung in kV		Zusatzfilterung				1. Halbwertschichtdicke in mm		Mittlere Energie in keV
			in mm				Al	Cu	
			Al	Cu	Sn	Pb	Al	Cu	
A 7,5	7,5	7,5	keine				0,025		6,5
A 10	10	10	0,1				0,05		9
A 15	15	15	0,5				0,15		12
A 20	20	20	1,0				0,35		17
A 30	30	30	4,0				1,2		26
A 40*	40	40		0,21				0,09	33
A 60	60	60		0,6				0,24	48
A 80	80	80		2,0				0,59	65
A 100	100	100		5,0				1,1	83
A 120	120	120		5,0	1,0			1,7	100
A 150	150	150			2,5			2,4	118
A 200*	200	200		2,0	3,0	1,0		3,9	161
A 250	250	250			2,0	3,0		5,2	205
A 300	300	300			3,0	5,0		6,2	248
Cs *	Caesium - 137 - Gammastrahlung							10,8	662
Co	Kobalt - 60 - Gammastrahlung							14,6	1250

* Diese Strahlungen werden als Bezugsstrahlungen verwendet. Sie dienen zur Realisierung der Bezugsenergien 30keV, 150keV und 662keV.

Eigenfilterung: Angepaßt an 2mm Beryllium für Röhrenspannung < 40kV.
Angepaßt an 4mm Aluminium für Röhrenspannung ≥ 40kV.

Angaben der *Tabelle 2a* gelten für einen Abstand Brennfleck-Meßort von 1m.

Dosisleistung in 1m Abstand für Röhrenstrom von 10mA: 1rdh⁻¹ bis 10rdh⁻¹.

Werte für 1. Halbwertschichtdicke gelten für Röhrenstrom von 10mA.

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Strahlenqualitäten für Eichung von Strahlenschutzdosimetern

b) Harte Filterung (Serie B) :

Kurzbezeichnung	Röhrenspannung in kV	Zusatzfilterung			1. Halbwertschichtdicke in mm		Mittlere Energie in keV
		Al	Cu	Sn	Al	Cu	
B 7,5	7,5	keine			0,025		6,5
B 10	10	0,1			0,05		9
B 15	15	0,5			0,15		12
B 20	20	1,0			0,35		17
B 30	30	2,0			0,88		23
B 40 *	40	4,0			1,7		31
B 60	60		0,3			0,18	45
B 80	80		0,5			0,35	58
B 110	110		2,0			0,94	79
B 150	150			1,0		1,8	104
B 200	200			2,0		3,1	134
B 250 *	250			4,0		4,3	169
B 300	300			6,5		5,0	202
Cs *	Caesium - 137 - Gammastrahlung					10,8	662
Co	Kobalt - 60 - Gammastrahlung					14,6	1250

* Diese Strahlungen werden als Bezugsstrahlungen verwendet. Sie dienen zur Realisierung der Bezugsenergien 30 keV, 150 keV und 662 keV.

Eigenfilterung: Angepaßt an 2mm Beryllium für Röhrenspannung < 60 kV.
Angepaßt an 4mm Aluminium für Röhrenspannung ≥ 60 kV.

Angaben der *Tabelle 2b* gelten für einen Abstand Brennfleck-Meßort von 1 m.

Dosisleistung in 1m Abstand für Röhrenstrom von 10mA: 10rdh⁻¹ bis 100rdh⁻¹

Werte für 1. Halbwertschichtdicke gelten für Röhrenstrom von 10mA.

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Strahlenqualitäten für Eichung von Strahlenschutzdosimetern

c) Mäßig harte Filterung (Serie C):

Kurzbezeichnung	Röhrenspannung in kV	Zusatzfilterung		1. Halbwertschichtdicke in mm		Effektive Energie in keV
		in mm		Al	Cu	
		Al	Cu			
C 7,5	7,5	keine		0,025		6,3
C 10	10	keine		0,04		7,3
C 20	20	0,15		0,11		10,3
C 30	30	0,5		0,35		15
C 40	40	1,0		0,80		20
C 60 *	60	3,9		2,4		30
C 80	80	3,2		5,0		40
C100	100		0,15		0,29	49
C150	150		0,50		0,92	74
C200	200		1,0		1,7	97
C250	250		1,6		2,6	121
C300 *	300		2,2		3,4	142
Cs *	Caesium - 137 - Gammastrahlung				10,8	662
Co	Kobalt - 60 - Gammastrahlung				14,6	1250

* Diese Strahlungen werden als Bezugsstrahlungen verwendet. Sie dienen zur Realisierung der Bezugsenergien 30 keV, 150 keV und 662 keV.

Eigenfilterung: Angepaßt an 2 mm Beryllium für Röhrenspannung < 80kV.
Angepaßt an 4 mm Aluminium für Röhrenspannung ≥ 80kV.

Angaben der *Tabelle 2c* gelten für einen Abstand Brennfleck-Meßort von 1 m.

Dosisleistung in 1 m Abstand für Röhrenstrom von 10 mA:

10Rh⁻¹ für Röhrenspannung von 7,5kV,

100Rh⁻¹ bis 500Rh⁻¹ für Röhrenspannung > 7,5kV.

Werte für 1. Halbwertschichtdicke gelten für Röhrenstrom von 10 mA.

Tabelle 3

Eichfehlergrenzen

Dosimeter	Bereich der Meßgröße	Eichfehlergrenzen in %
Ortsdosismesser	$\leq 1 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} (1 \cdot 10^{-3} \text{ rd})$	± 30
	$> 1 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} (1 \cdot 10^{-3} \text{ rd})$	± 20
Ortsdosis- leistungsmesser	$\leq 2 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1} (2 \cdot 10^{-3} \text{ rd h}^{-1})$	± 30
	$> 2 \cdot 10^{-5} \text{ Jkg}^{-1} \text{ h}^{-1} (2 \cdot 10^{-3} \text{ rd h}^{-1})$	± 30
Personen- dosismesser	$\leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ Jkg}^{-1} (0,1 \text{ rd})$	± 30
	$> 1 \cdot 10^{-3} \text{ Jkg}^{-1} (0,1 \text{ rd})$	± 20

Tabelle 4

Höchstzulässige Meßwertänderung bei Änderung der Photonenenergie

Dosimeter	Mindestnennbereich der Photonenenergie	Bezugsenergie	f_{\max}
	in keV	in keV	in %
Orts- und Personen- dosimeter	10 bis 60	30	+ 30 - 40
	30 bis 250	150	± 30
	100 bis 1300	662	± 30

Bei Ausdehnung des Photonenenergie-Nennbereiches bis herab zu 5 keV muß für Energien unterhalb von 10 keV das Verhältnis Meßwert/Wert der Meßgröße zwischen dem 0,5- und 2-fachen seines Wertes bei 30 keV liegen.

Tabelle 5

Höchstzulässige Meßwertänderung bei Änderung des Wertes der Meßgröße

Dosimeter	f_{\max} in %
Ortdosismesser	± 20
Ortdosisleistungsmesser	± 20
Personendosismesser	± 10

Muster

Eichamt: _____ Tagebuch-Nr.:/19 ... Seite 2

3. Stempelung

Das/Die Dosimeter ist/sind mit dem Eichzeichen der unterzeichneten Behörde und mit dem Jahreszeichenals geeicht gekennzeichnet worden.

Ferner sind folgende Sicherungsstempel angebracht worden:
.....
.....
.....

4. Gültigkeit der Eichung

Der Eichschein ist unbegrenzt/bis zum Ablauf des Kalenderjahres / unter Voraussetzung der ordnungsgemäßen Ausführung der vorgeschriebenen Kontrollmessungen (s. Anlage zum Eichschein) gültig. Die Gültigkeit der Eichung eines Dosimeters erlischt nach der Eichgültigkeitsverordnung vom 18. Juni 1970 (BGBl. I, S. 802), in der zuletzt geänderten Fassung, vorzeitig, wenn das Dosimeter in unzulässiger Weise verändert worden ist, seine Stempel verletzt sind und/oder die vorgeschriebenen Grenzwerte bei den Kontrollmessungen nicht eingehalten werden.

....., den 19

(Dienststempel)

.....

Unterschrift

Muster

Eichamt :

Tagebuch-Nr.:/19.... Seite

5. Meßergebnisse

5.1. Grundprüfung

U Röhrenspannung

s_1 1. Halbwertschichtdicke

\bar{E} Mittlere Photonenergie

E_{eff} Effektive Photonenergie

a Abstand Strahlenquelle – Meßort

d_M Durchmesser des Strahlenbündels am Meßort
 δ Abweichung des angezeigten Meßwertes vom richtigen Wert
 α_K Kontrollanzzeige
 τ_K Kontrollzeit

Dosimeter Detektor ⁷⁾	Kurzbe- zeichnung	U in kV	Strahlenqualität ⁸⁾						\bar{E} ¹⁾ $E_{\text{eff}}^{1)}$ in keV	a in m	d_M in cm	Prüfung Meßbe- reich ⁹⁾	Prüfungsergebnis	
			Gesamtfilter in mm		s_1 in mm		δ_1 in mm							δ in %
			Be	Al	Cu	Sn	Pb	Al	Cu					
														19

Bemerkungen ¹¹⁾ :

⁷⁾ Herstellungsnummern angeben.

⁸⁾ Durch diese Strahlenqualität wird die Bezugsenergie dargestellt. Bei Verwendung von Gammastrahlern entfällt die Angabe von Röhrenspannung, Gesamtfiter und 1. Halbwertschichtdicke.

⁹⁾ 1. allg. genug! Angabe des Endwertes des Teilmeßbereiches.

¹⁰⁾ Bei Dosismessern Kontrollanzzeige und Kontrollzeit angeben; dabei ist die fest vorgegebene Größe mit einem Sternchen zu kennzeichnen. Bei Dosisleistungsmessern Kontrollanzzeige angeben.

¹¹⁾ Erforderlichenfalls z. B. nähere Angaben über die Meßanordnung, Angabe des r -Faktors etc.

5.2. Prüfung nach besonderer Auflage

$$f = \left(\frac{q(x)}{q(x_0)} - 1 \right) \cdot 100$$

$q(x)$ Verhältnis von angezeigtem Meßwert zu richtigem Meßwert in Abhängigkeit vom Wert x der Einflußgröße,

$q(x_0)$ Wert von q , wenn Einflußgröße ihren Bezugs-
wert x_0 hat.

f_{max} Höchstzulässige Meßwertänderung bei Änderungen des Wertes x der Einflußgröße.

Übrige Bezeichnung wie in 5.1.

Dosimeter Detektor ⁷⁾	Strahlenqualität ¹²⁾						Prüfung Meß- wert ¹²⁾	Richtiger Wert der Meßgröße ¹²⁾	f in %	f _{max} in %											
	Kurzbe- zeichnung	U ¹⁾ in kV	Be	Al	Cu	Sn					Pb	s ₁ in mm	Al	Cu	\bar{E} ¹¹⁾ B _{eff} ¹¹⁾ in keV	a in m	d _{kt} in cm				

Bemerkungen¹³⁾ :

¹²⁾ Bezugswert der Einflußgröße durch Stern kennzeichnen. Bei Verwendung von Gammastrahlung enthält die Angabe von Rohrensenspannung, Gesamtfilter und 1. Halbwertschichtdicke.
¹³⁾ Z. B. Angabe der Strahlenqualität, wenn für Bestimmung der Abhängigkeit von f vom Wert der Meßgröße (Linearität) eine Strahlung verwendet wurde, die nicht in der Anlage aufgeführt ist.

Anlage Nr. ¹⁾/... zum Eichschein Nr. ²⁾/..

Diese Anlage umfaßt die Seiten 1 bis

Dosimeter:
.....
Herstellungsnummer:

Der Eichschein Nr. /... ist bis zum Ablauf des Kalenderjahres nur dann gültig, wenn bis zu diesem Termin mit dem/den in Abschn. 2 des Eichscheines aufgeführten Dosimeter(n) und der/den Kontrollvorrichtung(en) die Kontrollanzeigen/Kontrollzeiten gemessen und dabei die angegebenen Grenzwerte nicht überschritten werden.

Diese Kontrollmessungen sind vom Zeitpunkt der Eichung an, bei der die erste Kontrollmessung vorgenommen wurde (s. Abschn. 5.1. des Eichscheines), mindestens halbjährlich auszuführen und ihre Ergebnisse auf der Rückseite dieses Formblattes ³⁾ aufzuzeichnen.

Erfolgt eine Überprüfung der Kontrollmessungen, so ist der Eichschein mit seinen Anlagen ⁴⁾ alle zwei Jahre an die Eichbehörde zu schicken.

Termine ⁵⁾ für die Überprüfung dieser Anlage zum Eichschein:

Datum der Eichung:

1. Überprüfung:

2. Überprüfung:

Eine Überprüfung der Ergebnisse der Kontrollmessungen durch die Eichbehörde entfällt, da die Kontrollmessungen im Zuständigkeitsbereich des nachstehend genannten Strahlenschutzverantwortlichen erfolgen:
Ja/Nein

Strahlenschutzverantwortlicher ⁶⁾:

¹⁾ Angabe Kennzahl für Dosimeter/lfd. Nr. der Anlage für dieses Dosimeter.

²⁾ Eichschein Nr. muß ausstellende Eichbehörde erkennen lassen.

³⁾ Für jedes Dosimeter und für jeden Überprüfungszeitraum (2 Jahre) ist ein gesondertes Formblatt zu verwenden. Hat das Dosimeter mehrere austauschbare Detektoren, so ist für jeden Detektor ein gesondertes Formblatt zu nehmen.

⁴⁾ Die Anlagen über den letzten und vorletzten (falls vorhanden) Überprüfungszeitraum.

⁵⁾ Angabe von Monat und Jahr.

⁶⁾ Wechsel des Strahlenschutzverantwortlichen oder Änderungen seines Zuständigkeitsbereiches, durch die die Zuständigkeit für Messungen mit obengenannten Dosimeter erlischt, ist der zuständigen Eichbehörde anzuzeigen.

Muster

Seite

Ergebnisse der Kontrollmessungen

Dosimeter⁷⁾:

Kontrollvorrichtung:

Radionuklid:

α_K' Gemessene Kontrollanzeige (falls erforderlich, Luftdichte-korrektur anbringen)

τ_K Gemessene Kontrollzeit
 k_z Korrektionsfaktor⁸⁾, durch den die Aktivitätsabnahme des Strahlers der Kontrollvorrichtung zwischen dem Zeitpunkt der ersten Kontrollmessung und dem Zeitpunkt der aufzuzeichnenden Kontrollmessung berücksichtigt wird.

$(\alpha_K')_{\max}$, $(\alpha_K')_{\min}$ Obere und untere Grenze der zulässigen Werte für die korrigierte Kontrollanzeige α_K'

$(\tau_K')_{\max}$, $(\tau_K')_{\min}$ Obere und untere Grenze der zulässigen Werte für die korrigierte Kontrollzeit τ_K'

Datum	Meßbereich	$\alpha_K^{(9)}$	$\tau_K^{(9)}$	k_z	$\alpha_K' = \alpha_K \cdot k_z^{(10)}$ $\tau_K' = \tau_K / k_z$	$(\alpha_K')_{\min}^{(10)}$ $(\tau_K')_{\min}$	$(\alpha_K')_{\max}^{(10)}$ $(\tau_K')_{\max}$
(Vom Benutzer auszufüllen)							

Die Überprüfung der Kontrollmessungen ergab, daß obengenanntes Dosimeter die Verkehrsfehlergrenzen bis zum Zeitpunkt der Überprüfung eingehalten/nicht eingehalten hat.

Eichamt:, den 19..

.....
Unterschrift

⁷⁾ Es sind alle im Eichschein angegebenen Teile des Dosimeters und ihre Herstellungsnummern anzugeben.

⁸⁾ k_z ist aus den Angaben der Beschreibung und Bedienungsanleitung des Dosimeters oder der Kontrollvorrichtung zu ermitteln.

⁹⁾ Bei Dosismessern Kontrollanzeige und Kontrollzeit angeben, dabei ist die fest vorgegebene Größe in der 3. oder 4. Spalte mit einem Sternchen zu kennzeichnen. Bei Dosisleistungsmessern Kontrollanzeige angeben.

¹⁰⁾ Nur die nicht fest vorgegebene Größe angeben, bei Dosismessern die Kontrollanzeige oder die Kontrollzeit und bei Dosisleistungsmessern die Kontrollanzeige.

