

# PTB-Prüfregeln

**Therapiedosimeter mit Ionisationskammern für Photonenstrahlungen mit Energien unterhalb von 3 MeV**

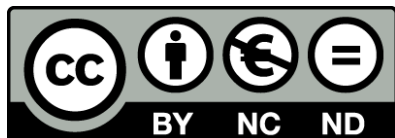
**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**  
Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964



Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 16 ist durch Digitalisierung der 1984 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. Therapiedosimeter mit Ionisationskammern für Photonenstrahlungen mit Energien unterhalb von 3 MeV [online]. Bearbeitet von Berth-Arnim Engelke und Werner Oetzmann. Braunschweig, © 1984, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 16. ISSN 0341-7964.

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

**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](http://www.ptb.de)

# PTB-Prüfregeln

## Therapiedosimeter mit Ionisationskammern für Photonenstrahlungen mit Energien unterhalb von 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/10.7795/510.20200716J>

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: Dr. W. Hauser  
unter Mitwirkung von H. Lohmann  
Bundesallee 100, 3300 Braunschweig

PTB-Prüfregeln Band 16

Alle Rechte vorbehalten  
Copyright © 1984 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig  
Satz und Druck: Waisenhaus-Buchdruckerei und Verlag, 3300 Braunschweig  
Printed in Germany

<b>1.</b>	<b>Allgemeines</b>	
1.1	Dosimetrie in der Strahlentherapie mit Photonenstrahlung	1
1.2	Therapiedosimeter	1
1.3	Dosisgrößen und Einheiten	5
1.3.1	Definitionen	5
1.3.2	Meßgrößen der Therapiedosimeter	7
1.4	Eichpflicht für Therapiedosimeter	7
1.4.1	Gesetzliche Grundlage	7
1.4.2	Nacheichfrist	8
<b>2.</b>	<b>Umfang der eichtechnischen Prüfung</b>	
2.1	Vorbemerkung	8
2.1.1	Eichung	8
2.1.2	Eichtechnische Prüfung	9
2.2	Ersteichung	9
2.2.1	Beschaffenheitsprüfung	9
2.2.2	Funktionsprüfung	10
2.2.3	Meßtechnische Prüfung	10
2.3	Nacheichung	11
2.3.1	Beschaffenheitsprüfung	11
2.3.2	Funktionsprüfung	11
2.3.3	Meßtechnische Prüfung	11
2.3.4	Ausnahme von der Nacheichung	11
2.4	Zusätzliche Prüfungen nach besonderer Auflage	11
2.4.1	Prüfumfang	11
2.4.2	Gründe für besondere Auflagen	12
<b>3.</b>	<b>Prüfmittel</b>	
3.1	Strahlenquellen und Zubehör	12
3.1.1	Röntgeneinrichtungen und Zubehör	12
3.1.2	Gammastrahlenquellen	14
3.2	Meßgeräte	14
3.2.1	Normalmeßgeräte	14
3.2.2	Kontrolle der Richtigkeit der Normalmeßgeräte	16
3.2.3	Monitordosimeter	17
3.2.4	Hilfsmessgeräte	17
3.3	Hilfseinrichtungen	18
3.3.1	Für Eichung im Prüflaboratorium	18
3.3.2	Für Eichung am Betriebsort	18

4.	<b>Meßanordnungen</b>	Seite
4.1	Prüfungen mit Röntgenstrahlung	19
4.1.1	Mit Monitorkammer	19
4.1.2	Ohne Monitorkammer	21
4.2	Prüfung mit Gammastrahlung	21
5.	<b>Eichbedingungen</b>	
5.1	Eichung im Prüflaboratorium	21
5.2	Eichung am Betriebsort	22
6.	<b>Fehlergrenzen</b>	
6.1	Eichfehlergrenzen	22
6.2	Fehlergrenzen für Kontrollmeßwerte bei der Eichung	22
6.3	Verkehrsfehlergrenzen	23
6.4	Fehlergrenzen für Kontrollmeßwerte im Verkehr	24
7.	<b>Ausführung der meßtechnischen Prüfung</b>	
7.1	Allgemeines	25
7.2	Strahlenqualitäten	31
7.2.1	Kennzeichnung der Strahlenqualität	31
7.2.2	Kontrolle der Strahlenqualitäten	32
7.2.3	Festlegung der Strahlenqualitäten für die meßtechnische Prüfung	33
7.3	Prüfung der Richtigkeit eines Dosimeters	34
7.3.1	Anforderungen	34
7.3.2	Ausführung der Prüfung	34
7.3.3	Kalibrierung eines Dosimeters	42
7.4	Prüfung der Richtigkeit einer Kammereinheit	42
7.4.1	Anforderungen	42
7.4.2	Ausführung der Prüfung	43
7.5	Prüfung der Kontrollmeßwerte (radioaktive Kontrollvorrichtung)	44
7.5.1	Anforderung	44
7.5.2	Ausführung der Prüfung	44
7.6	Überprüfung der Aufzeichnungen über Kontrollmessungen	45
7.7	Prüfung einer elektrischen Kontrollvorrichtung	46
7.8	Berücksichtigung der Meßunsicherheiten	46
8.	<b>Rückgabe von Dosimetern</b>	<b>47</b>
9.	<b>Aufzeichnungen</b>	<b>47</b>
9.1	Protokoll der Prüfung	47
9.2	Eichschein	48
10.	<b>Literatur</b>	<b>49</b>



<b>Anhang</b>		Seite
1.	Strahlenqualitäten zur Prüfung von Therapiedosimetern	50
2.	Beispiele für Formblätter	51
<b>Abbildungen</b>		
1	Bauformen der Ionisationskammern von Therapiedosimetern	4
2	Meßanordnung zur Prüfung mit Röntgenstrahlung bei Verwendung eines Monitor-dosimeters	19
3	Meßanordnung zur Prüfung mit Röntgenstrahlung ohne Monitor-dosimeter	20
4	Meßanordnung zur Prüfung mit Gammastrahlung im Zentralstrahl	20
5	Abhängigkeit der relativen Dosisleistung von der Meßtiefe in Wasser	28
6	Dosisleistungsverteilung senkrecht zum Zentralstrahl	29
7	Spektrale Photonenfluenzverteilung einer 200 kV-Röntgenstrahlung	30
8	Korrektionsfaktor zur Ermittlung der Halbwertschichtdicke bei endlichen Strahlenbündeldurchmessern	32
<b>Tabellen</b>		
1	Eigenschaften der Therapie- und Strahlenschutzdosimeter	2
2	Angaben zur Meßanordnung	23
3	Eichfehlergrenzen	24
4	Verkehrsfehlergrenzen	24
5	Strahlenqualitäten	50



# 1. Allgemeines

## 1.1 Dosimetrie in der Strahlentherapie mit Photonenstrahlung

Als Strahlentherapie bezeichnet man die Behandlung von Erkrankungen mit ionisierender Strahlung z. B. mit Röntgen- oder Gammastrahlung. Erkrankungen, die auf diese Weise behandelt werden, sind überwiegend Tumore und deren Metastasen. Liegen sie an oder dicht unter der Hautoberfläche, so werden sie meist mit weicher Röntgenstrahlung (Erzeugungsspannungen zwischen etwa 10 und 70 kV) bestrahlt (Oberflächentherapie). Bei tiefer im Körperinnern liegenden Krankheitsherden (Tiefentherapie) verwendet man Kobalt-60-Gammastrahlung oder Photonen- und Elektronenstrahlung mit Energien oberhalb von 3 MeV, weil hierbei die unvermeidliche Strahlenbelastung der den Krankheitsherd umgebenden gesunden Körperbereiche klein gegen die Strahlenwirkung im Krankheitsherd ist. Photonenstrahlungen mit Energien oberhalb von 3 MeV und Elektronenstrahlungen werden hier jedoch nicht betrachtet, weil die Eichpflicht für Therapiedosimeter derzeit nur solche Dosimeter erfaßt, die bei Photonenstrahlungen mit Energien bis 3 MeV verwendet werden.

Neben Tumoren und deren Metastasen werden in verhältnismäßig geringem Umfang auch entzündliche Erkrankungen mit ionisierender Strahlung behandelt. Hierzu verwendet man oft harte Röntgenstrahlung (Erzeugungsspannungen  $U_R > 100$  kV).

Die Dosis im Krankheitsherd kann in der Regel nicht direkt an dieser Stelle im Patienten gemessen werden. Sie wird daher aufgrund von Dosis-, Dosisleistungs-, Kerma- oder Kermaleistungsmessungen berechnet, die an anderen Orten und unter anderen Umgebungsbedingungen ausgeführt wurden. Solche Messungen werden im Rahmen der Bestrahlungsplanung vor der Bestrahlung des Patienten zum Teil in Phantomen gemacht, durch die man den Körper des Patienten ersetzt, zum Teil aber auch in Luft. Nur selten wird während der Bestrahlung des Patienten die applizierte Dosis in der Nähe des Krankheitsherd selbst gemessen.

## 1.2 Therapiedosimeter

Therapiedosimeter zur Behandlung von Patienten mit Photonenstrahlung von außen sind Dosimeter, die zur Bestimmung des Wertes der von Röntgen- und Gammastrahlung am Meßort erzeugten Dosis, Dosisleistung, Kerma oder Kermaleistung in der Strahlentherapie verwendet werden. Sie müssen diesen Wert in gesetzlichen Einheiten anzeigen und hinsichtlich der Meßunsicherheit und Zuverlässigkeit den Anforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt an Therapiedosimeter mit Ionisationskammern genügen (s. /1/). Hiernach sind

die Monitorodosimeter der Bestrahlungsanlagen sowie die Dosimeter, die nur zur Messung von Relativwerten der Dosis, Dosisleistung, Kerma und Kermaleistung in der Strahlentherapie verwendet werden, nicht Therapiedosimeter im Sinne von § 3 der 2. Eichpflichtverordnung (s. 1.4.1).

Therapiedosimeter unterscheiden sich in verschiedener Hinsicht von den Strahlenschutzdosimetern, für die bereits seit 1975 die Eichpflicht besteht. In Tabelle 1 sind einige charakteristische Eigenschaften dieser Gerätearten einander gegenübergestellt.

Tabelle 1: Eigenschaften der Therapie- und Strahlenschutzdosimeter

Eigenschaften	Therapiedosimeter	Strahlenschutzdosimeter
Art des Dosimeters	Überwiegend Dosismesser	Ortsdosimeter: überwiegend Dosisleistungsmesser Personendosimeter: überwiegend Dosismesser
Art des Detektors	Ionisationskammern	Ionisationskammern, Zählrohre, Szintillatoren mit Sekundärelektronenvervielfachern u. a.
Verwendungsweise des Detektors	nur als Sonde	überwiegend eingebaut in das Anzeigergerät
Dosis- bzw. Dosisleistungsbereiche	$10^{-2}$ bis $10^2$ Gy $10^{-2}$ bis $10^2$ Gy/min	$10^{-7}$ bis $10$ Sv $10^{-7}$ bis $10$ Sv/h
Anforderungen an die Meßunsicherheit	kleiner als 5 %	meist innerhalb des 0,7- bis 1,5fachen des richtigen Meßwertes

Hinsichtlich der Eichpflicht ist die hohe Anforderung an die Meßgenauigkeit der Therapiedosimeter von besonderer Bedeutung. Sie ist durch die Tatsache begründet, daß Dosisänderungen von etwa 5 % schon einen signifikanten Einfluß auf das Ergebnis der Therapie haben können. Demgegenüber ist bei den meisten Strahlenschutzmessungen eine um eine Größenordnung größere Meßunsicherheit ausreichend.

Diese Unterschiede zwischen Therapie- und Strahlenschutzdosimetern kommen auch in den Anforderungen zum Ausdruck, die an die Dosimeter für ihre Zulassung

sung zur Eichung zu stellen sind. Die vergleichsweise hohen Anforderungen an die Meßgenauigkeit der Therapedosimeter haben zwei Konsequenzen:

- a) Die höchstzulässigen Fehlergrenzen für die Auswirkung der Einflußgrößen und sonstigen Geräteeigenschaften auf den Meßwert müssen für Therapedosimeter viel kleiner sein als für Strahlenschutzdosimeter.
- b) Manche Einflüsse, die wegen ihrer Geringfügigkeit im Vergleich zur geforderten Meßunsicherheit bei Strahlenschutzdosimetern vernachlässigbar sind, müssen bei Therapedosimetern berücksichtigt werden.

Ein Therapedosimeter besteht mindestens aus einer Kammereinheit und einem Anzeigegerät. Die Kammereinheit umfaßt die Ionisationskammer und alle Teile, die beständig fest mit ihr verbunden sind wie gegebenenfalls Kammerkabel, Vorverstärker etc. Außerdem können zu einem Therapedosimeter zusätzliche Geräte wie Kontrollvorrichtungen, Ausgabegeräte etc. gehören.

Es gibt zwei sich wesentlich unterscheidende Bauformen der Ionisationskammern /2/ für Therapedosimeter (s. Bild 1):

- Die **Flachkammer** besteht meist aus einem quaderförmigen Kunststoffkörper, in dem sich an seiner Oberfläche ein kleines Meßvolumen befindet. Dieses ist nach außen durch eine Folie (Strahleneintrittsfenster) abgeschlossen, deren Dicke in der Regel etwa  $30\ \mu\text{m}$  beträgt. Die Größe des Meßvolumens liegt zwischen etwa  $0,02\ \text{cm}^3$  und  $0,5\ \text{cm}^3$ . Flachkammern werden meist für Messungen im Gebiet weicher Röntgenstrahlen (Erzeugungsspannungen  $U_R \leq 100\ \text{kV}$ ), verwendet.
- Die **Kompaktkammer** (auch Fingerhutkammer genannt) ist eine zylindrische Kammer. Die das Meßvolumen einschließenden Kammerwände bestehen vornehmlich aus Kunststoff (z. B. Plexiglas) und haben meist eine Dicke von etwa  $0,5\ \text{mm}$ . Die Größe des Meßvolumens liegt zwischen etwa  $0,1\ \text{cm}^3$  und  $5\ \text{cm}^3$ . Derartige Kompaktkammern können für Messungen bei harter Röntgenstrahlung (Erzeugungsspannungen von etwa  $70$  bis  $300\ \text{kV}$ ) eingesetzt werden. Will man sie bei Photonenstrahlung höherer Energie wie bei der Gammastrahlung des Caesium-137 und Kobalt-60 verwenden, so muß man die Wanddicke der Kammer mit Hilfe einer Wandverstärkungskappe vergrößern, um den Dosisaufbaueffekt hinreichend abzuschließen. Für die Kobalt-60-Gammastrahlung ( $1,3\ \text{MeV}$ ) ist hierfür eine Wanddicke von etwa  $4\ \text{mm}$  (Plexiglas) erforderlich.

Als Dosisaufbau bezeichnet man die Zunahme der Dosis im Meßvolumen bei Vergrößerung der Dicke der Kammerwände. Dieser Effekt kommt dadurch zustande, daß Sekundärelektronen aus den meßvolumenfernen Teilen der Kammerwände solange in das Meßvolumen gelangen und dort zur Dosis beitragen können, wie ihre Reichweite größer ist als der Weg zwischen ihrem Entstehungsort und dem Meßvolumen. Der Dosisaufbaueffekt ist also abgeschlossen, wenn die Wanddicke gleich oder größer ist als die Reichweite der Sekundärelektronen maximaler Energie im Kammerwandmaterial.

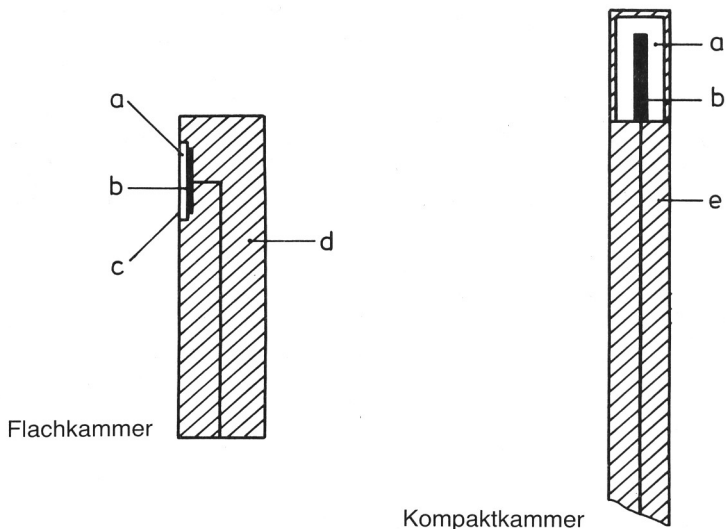


Bild 1: Bauformen der Ionisationskammern von Therapiedosimetern (schematisch)

a Meßvolumen, b Meßelektrode, c Strahleneintrittsfenster (Folie), d Kammerkörper, e Kammerstiel.

Therapiedosimeter besitzen häufig Kontrollvorrichtungen, mit denen ihre Langzeitstabilität überprüft werden kann. Durch solche Kontrollmessungen können die Auswirkungen der zeitlichen Änderung des Ansprechvermögens des Dosimeters sowie der Luftdichte in der Ionisationskammer auf den Meßwert festgestellt und erforderlichenfalls eliminiert werden.

Es gibt radioaktive und elektrische Kontrollvorrichtungen. Eine radioaktive Kontrollvorrichtung besteht aus einem radioaktiven Strahler, der in fester Geometrie auf die Ionisationskammer wirkt. Der hierbei am Dosimeter angezeigte Kontrollmeßwert hängt außer von den Eigenschaften der Kontrollvorrichtung auch von denen der Kammereinheit und des Anzeigegerätes ab. Sie gestattet also die Kontrolle des gesamten Dosimeters (Kammereinheit und Anzeigegerät). Besitzt ein Dosimeter mehrere Meßbereiche, die nicht mit einer radioaktiven Kontrollvorrichtung überprüft werden können, so kann diese durch eine elektrische ergänzt werden. Mit letzterer kann die zeitliche Konstanz der Verhältnisse der Ansprechvermögen der verschiedenen Meßbereiche des Anzeigegerätes überprüft werden.

Dosimeter, die bei der Röntgendiagnostik (Röntgenaufnahmen und -durchleuchtungen) verwendet werden, sind keine Therapiedosimeter. Sie dienen dem Strahlenschutz und der Ermittlung oder Kontrolle diagnostischer Parameter.

## 1.3 Dosisgrößen und Einheiten

### 1.3.1 Definitionen (s. /3/)

#### 1.3.1.1 Energiedosis

Die 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  $\rho$  in diesem Volumenelement:

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

Anmerkung: Bei allen Angaben einer Energiedosis muß das Bezugsmaterial (d. h. das Material von  $dm$ ) genannt werden, wenn dieses Material nicht bereits eindeutig aus dem Zusammenhang ersichtlich ist. Beispiele: Luft-Energiedosis  $D_a$ , Wasser-Energiedosis  $D_w$ . Bei absolut messenden Dosimetern ist das Bezugsmaterial mit dem Meßmedium im Detektor identisch, bei kalibrierten Dosimetern kann das Bezugsmaterial vom Meßmedium im Detektor abweichen. Ist ein Dosimeter zur Messung der Energiedosis für ein bestimmtes Bezugsmaterial kalibriert, und wird es in einem davon verschiedenen Umgebungsmaterial verwendet, so müssen Bezugs- und Umgebungsmaterial genannt werden.

Die SI-Einheit<sup>1)</sup> der Energiedosis ist das Gray (Einheitenzeichen Gy). Bis zum 31. 12. 1985 darf noch die bisher übliche Einheit, das Rad (Einheitenzeichen rd), verwendet werden /4/. Es ist

$$1 \text{ rd} = 0,01 \text{ Gy}$$

#### 1.3.1.2 Kerma

Die Kerma  $K$  ist der Quotient aus  $dW_K$  und  $dm$ , wobei  $dW_K$  die Summe der Anfangswerte der kinetischen Energien aller geladenen Teilchen ist, die von indirekt ionisierender Strahlung (z. B. Photonenstrahlung) aus dem Material in einem Volumenelement  $dV$  freigesetzt werden, und  $dm = \rho dV$  die Masse des Materials mit der Dichte  $\rho$  in diesem Volumenelement:

$$K = \frac{dW_K}{dm} = \frac{1}{\rho} \frac{dW_K}{dV}$$

Anmerkung: Das Wort „Kerma“ ist aus den Anfangsbuchstaben von „Kinetic Energy Released in Material“ abgeleitet. Die Kerma ist eine Dosisgröße. Meßgeräte, die die Kerma oder Kermaleistung anzeigen, werden ebenfalls Dosimeter

<sup>1)</sup> Einheiten des internationalen Einheitensystems der Meterkonvention (Système International d' Unités).

genannt. Bei allen Angaben einer Kerma muß das Bezugsmaterial (d. h. das Material von  $dm$ ) genannt werden. Beispiele: Luftkerma  $K_a$ , Wasserkerma  $K_w$ . Ist ein Dosimeter zur Messung der Kerma für ein bestimmtes Bezugsmaterial kalibriert und wird es in einem davon verschiedenen Umgebungsmaterial verwendet, so müssen Bezugs- und Umgebungsmaterial genannt werden.

Die SI-Einheit der Kerma ist das Gray (Einheitenzeichen Gy). Zur Gültigkeit der bisher üblichen Einheit Rad s. 1.3.1.1.

### 1.3.1.3 Ionendosis

Die 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 ionisierende Strahlung unmittelbar oder mittelbar gebildet werden, und  $dm_L = \rho_L dV$  die Masse der Luft mit der Dichte  $\rho_L$  in diesem Volumenelement:

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

Anmerkung: Unter Luft ist hier trockene Luft zu verstehen.

Die SI-Einheit der Ionendosis ist das „Coulomb durch Kilogramm“ (Einheitenzeichen C/kg). Bis zum 31. 12. 1985 darf noch die bisher übliche Einheit, das Röntgen (Einheitenzeichen R), verwendet werden /4/. Es ist

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

### 1.3.1.4 Standard-Ionendosis

Die Standard-Ionendosis  $J_s$  an einem Punkt in einem beliebigen Material ist diejenige Ionendosis, die von der dort vorhandenen spektralen Photonenfluenzverteilung /5/ in Luft bei Sekundärelektronengleichgewicht erzeugt würde.

Anmerkung: Sekundärelektronengleichgewicht an einem Punkt innerhalb eines Materials besteht, wenn die in einem kleinen Volumenelement von Photonen auf Sekundärelektronen übertragene, von diesen aus dem Volumenelement heraus transportierte und nicht in Bremsstrahlung umgewandelte Energie gleich der von Sekundärelektronen in das Volumenelement hineintransportierten und darin verbleibenden Energie ist. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn das Volumenelement bis zur maximalen Reichweite der Sekundärelektronen allseitig von Material umgeben ist, das in Zusammensetzung und Dichte mit dem Material in dem Volumenelement übereinstimmt, und die spektrale Photonenflußdichte in diesem Bereich örtlich konstant ist.

### 1.3.1.5 Energiedosisleistung, Kermaleistung, Ionendosisleistung

Die Energiedosisleistung, Kermaleistung bzw. Ionendosisleistung ist der Differentialquotient der Energiedosis, Kerma bzw. Ionendosis nach der Zeit:



$$\dot{D} = \frac{dD}{dt} \quad \text{bzw.} \quad \dot{K} = \frac{dK}{dt} \quad \text{bzw.} \quad \dot{J} = \frac{dJ}{dt}$$

Die Einheiten der Dosis- bzw. Kermaleistungen ergeben sich aus der Division der Dosis- bzw. Kermaeinheiten durch die gesetzlich zugelassenen Einheiten der Zeit: Sekunde (s), Minute (min) und Stunde (h).

### 1.3.2 Meßgrößen der Therapiedosimeter

Meßgrößen sind vorerst

- für Messungen in einem Wasser- oder wasseräquivalenten Phantom die Wasser-Energiedosis.  
Anmerkung: Kompaktkammern werden zur Anzeige dieser Größe in einem Wasserphantom kalibriert. Flachkammern für die Weichstrahldosimetrie werden so in einem Plexiglasphantom kalibriert, daß sie die Wasser-Energiedosis in einem Wasserphantom anzeigen.
- für Messungen frei in Luft, d. h. in Luftumgebung unter Ausschaltung vermeidbarer Photonenstreuung, die Standard-Ionendosis, die Luftkerma und die Wasserkerma (s. Anmerkung zu 1.3.1.2).
- außerdem alle von diesen Dosis- und Kermagrößen abgeleiteten Dosis- und Kermaleistungen.

Nach einer Übergangszeit sollen in der Strahlentherapie nur noch die Wasser-Energiedosis und Wasser-Energiedosisleistung verwendet werden.

## 1.4 Eichpflicht für Therapiedosimeter

### 1.4.1 Gesetzliche Grundlage

Die Eichpflicht für Therapiedosimeter wird durch § 3 der 2. Eichpflichtverordnung (Fassung vom 21. Dezember 1979) /6/ eingeführt:

Ab 1. Januar 1983 müssen Therapiedosimeter geeicht sein, wenn sie bei der Behandlung von Patienten mit Photonenstrahlung von außen im Energiebereich zwischen 0,005 und 3 Megaelektronvolt verwendet werden.

Die hier angegebenen Werte für die Photonenenergie sind ihre oberen Grenzwerte im vorliegenden Strahlungsfeld.

In § 4 (2) der 2. Eichpflichtverordnung (Fassung vom 21. Dezember 1979) /6/ ist folgende Übergangsregelung festgelegt:

Bis zum 31. Dezember 1985 dürfen Dosimeter nach § 3 ungeeicht weiterverwendet werden, wenn sie schon am 1. Januar 1983 im Gebrauch waren.

## 1.4.2 Nacheichfrist

Nach der Eichgültigkeitsverordnung (Fassung vom 5. August 1976), zuletzt geändert durch die 4. Verordnung zur Änderung der Eichgültigkeitsverordnung vom 16. Juni 1983 /7/, beträgt die Gültigkeitsdauer der Eichung gemäß § 1 (1)

2 Jahre für Therapiedosimeter\*) ohne geeignete Kontrollvorrichtung und gemäß § 2 (1) Nr. 5b)

6 Jahre für Therapiedosimeter\*) mit geeigneter Kontrollvorrichtung, wenn der Benutzer in jedem Meßbereich des Dosimeters Kontrollmessungen ausführt und ihre Ergebnisse aufzeichnet.

Dabei legt § 2 (3) der Eichgültigkeitsverordnung hinsichtlich der Kontrollvorrichtungen und Kontrollmessungen folgendes fest:

Eine Kontrollvorrichtung im Sinne des Absatzes 1 Nr. 5 ist geeignet, wenn sie die Kontrolle des gesamten Dosimeters (Detektor und Meßwerterfassungs- und Anzeigesystem) gestattet und ihre Bauart von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zugelassen ist. Kontrollmessungen nach diesen Vorschriften müssen mindestens halbjährlich ausgeführt werden.

Nach § 2 (2) Nr. 16 der Eichgültigkeitsverordnung entfällt die Nacheichung für Therapiedosimeter, wenn sie nach jeder Einwirkung, die die Richtigkeit der Messung beeinflussen kann, sowie mindestens alle 2 Jahre in den verwendeten Meßbereichen kalibriert und die Ergebnisse aufgezeichnet werden; die Kalibrierung muß von fachkundigen bestellten Personen mit einem geeichten Therapiedosimeter mit einer Eichgültigkeitsdauer nach § 1 oder nach § 2 (1) Nr. 5b) dieser Verordnung durchgeführt werden, das bei der die Therapie durchführenden Stelle ständig verfügbar ist.

\*) Früher als klinische Dosimeter bezeichnet.

## 2. Umfang der eichtechnischen Prüfung

### 2.1 Vorbemerkungen

#### 2.1.1 Eichung

Ein Dosimeter der in dieser Prüfregele betrachteten Art besteht aus zwei notwendigen Komponenten: der Kammereinheit und dem Anzeigegerät (Meßwertumformer mit Anzeigeeinheit). Eine Kammereinheit kann auch für sich allein ohne das zugehörige Anzeigegerät geeicht werden, wenn ein Geräteprüfschein für die Kammereinheit vorliegt.

Bei einer Kammereinheit ohne radioaktive Kontrollvorrichtung müssen im Gerä-

teprüfschein mindestens der Kalibrierfaktor in Dosis- oder Kermaeinheit durch Ladungseinheit und die Kalibrierbedingungen (Strahlenqualität, Bezugswerte für die Lufttemperatur und den Luftdruck etc.) angegeben sein.

Bei einer Kammereinheit mit radioaktiver Kontrollvorrichtung müssen im Geräteprüfschein mindestens der Kalibrierfaktor für ein Dosimeter und die Kalibrierbedingungen (s. oben) sowie der Kontrollmeßwert mit Bezugsdatum und das Radionuklid bzw. seine Halbwertszeit angegeben sein.

Das Anzeigergerät eines Dosimeters kann nicht ohne Kammereinheit geeicht werden.

### **2.1.2 Eichtechnische Prüfung**

Die eichtechnische Prüfung umfaßt eine Beschaffenheitsprüfung, eine Funktionsprüfung und eine meßtechnische Prüfung sowie die Stempelung.

## **2.2 Ersteichung**

### **2.2.1 Beschaffenheitsprüfung**

Im Rahmen der Beschaffenheitsprüfung sind zu prüfen:

- a) ob das Meßgerät zur Eichung zugelassen ist und evtl. spezielle Zulassungsaufgaben eingehalten sind, soweit das durch Sichtprüfung feststellbar ist,
- b) die Beschriftung und Kennzeichnung aller Teile des Dosimeters oder der Zusatzeinrichtung,
- c) die Skalen und Anzeigeeinrichtungen,
- d) ob alle zum Betrieb des Dosimeters erforderlichen Teile, z. B. Kammereinheiten, Kontrollvorrichtungen, Gebrauchsanleitungen mit Prüfscheinen und Korrektortabellen bzw. -diagrammen vorhanden sind,
- e) ob alle trennbaren Teile entsprechend den technischen Unterlagen und den Gerätenummern zusammengehören,
- f) ob keine äußeren Beschädigungen vorliegen; insbesondere sind die dünnwandigen Strahleneintrittsfenster der Flachkammern (s. 1.2) hierauf zu untersuchen,
- g) die Stempelstellen,
- h) die Angaben des zum Dosimeter gehörenden Geräteprüfscheines, falls vorhanden. Insbesondere ist zu prüfen, ob die dort angegebenen Kalibrierfaktoren für das Dosimeter den PTB-Anforderungen an Therapedosimeter /1/ entsprechen. Ihr Wert muß stets zwischen 0,8 und 1,2 liegen. Auch der Korrekturfaktor, der die Abhängigkeit des angegebenen Kalibrierfaktors von der Strahlenqualität berücksichtigt, ist, soweit möglich, daraufhin zu prüfen, ob er die in den PTB-Anforderungen /1/ festgelegten Grenzen einhält.

## 2.2.2 Funktionsprüfung

Durch die Funktionsprüfung soll festgestellt werden, ob die Funktion des Prüflings eine ordnungsgemäße Ausführung der meßtechnischen Prüfung erwarten läßt. Zur Funktionsprüfung gehören:

- a) Kontrolle der Einstellungen am Dosimeter oder an der Zusatzeinrichtung nach der Gebrauchsanleitung,
- b) Kontrolle der elektrischen Spannungen, soweit in der Gebrauchsanleitung beschrieben,
- c) Kontrolle der Nullpunktanzeige bzw. -einstellung,
- d) Bestimmung des Selbstlaufes (entfällt bei Dosisleistungsmessern),
- e) Prüfung des Dosimeters mit der radioaktiven und der elektrischen Kontrollvorrichtung, falls vorhanden.

## 2.2.3 Meßtechnische Prüfung

### 2.2.3.1 Prüfung des Dosimeters (Kammereinheit und Anzeigegerät)

Die Richtigkeit der Anzeige des Dosimeters wird unter Eichbedingungen (s. 5) bei einer Strahlenqualität für einen Meßwert in mindestens einem Meßbereich geprüft. Bei Dosimetern, deren Nenngebrauchsbereich ganz oder teilweise im Gebiet der Gammastrahlung ( $E_{\text{phot}} > 0,5 \text{ MeV}$ ) liegt, wird außerdem die Richtigkeit eines dieser Meßwerte bei einer anderen Strahlenqualität geprüft (s. 7.2.3).

Sind für eine Kammer im Geräteprüfschein Kalibrierfaktoren für die Wasser-Energiedosis oder -Energiedosisleistung und eine der zulässigen Meßgrößen (Luftkerma, Wasserkerma, Standard-Ionendosis oder die entsprechenden Dosis- oder Kermaleistungen) für die Messung frei in Luft angegeben, so ist die vorstehend beschriebene Prüfung der Richtigkeit der Anzeige des Dosimeters sowohl für die Wasser-Energiedosis bzw. -dosisleistung als auch für eine der für die Messung in Luft vorgesehenen Meßgrößen auszuführen.

Die Richtigkeit der Meßbereiche, die nicht auf diese Weise mit Röntgen- oder Gammastrahlung geprüft wurden, ist durch Bestimmung der relativen Ansprechvermögen mit einer elektrischen Stromquelle festzustellen (s. 7.3.2.3).

Gehört zum Dosimeter eine radioaktive Kontrollvorrichtung, so ist der Kontrollmeßwert zu überprüfen (s. 7.5).

### 2.2.3.2 Prüfung der Kammereinheit eines Dosimeters

Die Richtigkeit des Meßwertes der Ausgangsgröße (Ausgangsladung oder -strom) einer Kammereinheit wird hinsichtlich der Meßgröße und des Einflusses der Strahlenqualität nach 2.2.3.1 geprüft. Bei Kammereinheiten mit radioaktiver Kontrollvorrichtung ist der im Geräteprüfschein angegebene Kontrollmeßwert nicht zu überprüfen, weil die Kontrollvorrichtung zum richtigen Anschluß der Kammereinheit an das Anzeigegerät verwendet wird und daher eine Verlängerung

der Eichgültigkeit nach § 2 (1) Nr. 5b) der Eichgültigkeitsverordnung nicht möglich ist.

### **2.2.3.3 Prüfung der elektrischen Kontrollvorrichtung**

Gehört zum Dosimeter eine elektrische Kontrollvorrichtung zur Überprüfung seiner relativen Ansprechvermögen in den verschiedenen Meßbereichen, so sind die Verhältnisse der Ausgangsspannungen bzw. -ströme der verschiedenen Bereiche der Kontrollvorrichtung zu überprüfen.

## **2.3 Nacheichung**

**2.3.1 Beschaffenheitsprüfung:** Die Prüfung umfaßt 2.2.1 b), d), e), f), g) sowie die Überprüfung der Stempel.

**2.3.2 Funktionsprüfung:** wie 2.2.2.

### **2.3.3 Meßtechnische Prüfung**

(1) Nach termingemäßem Ablauf der Eichgültigkeit oder nach einer Reparatur ist ein Dosimeter oder eine Kammereinheit bei einer Strahlenqualität für einen Meßwert in mindestens einem Meßbereich zu prüfen.

Die Richtigkeit der Meßbereiche, die nicht auf diese Weise mit Röntgen- oder Gammastrahlung geprüft wurden, ist durch Bestimmung der relativen Ansprechvermögen mit einer elektrischen Stromquelle festzustellen (s. 7.3.2.3).

(2) Ist durch die Reparatur der Kalibrierfaktor, der Korrektionsfaktor für die Abhängigkeit von der Strahlenqualität oder der Kontrollmeßwert der radioaktiven Kontrollvorrichtung verändert und in einem neuen Geräteprüfschein angegeben worden, so erfolgt die Nacheichung nach einer Reparatur wie bei der Ersteichung (s. 2.2.3.1, 2.2.3.2).

(3) Gehört zum Dosimeter eine radioaktive Kontrollvorrichtung, so ist der Kontrollmeßwert zu überprüfen (s. 7.5).

(4) Eine elektrische Kontrollvorrichtung ist nach 2.2.3.3 zu prüfen.

### **2.3.4 Ausnahme von der Nacheichung**

Die Nacheichung eines Therapedosimeters nach 2.3.1 bis 2.3.3 entfällt, wenn der fachkundige Benutzer das Dosimeter nach § 2 (2) Nr. 16 der Eichgültigkeitsverordnung regelmäßig kalibriert (s. 1.4.2, 7.3.3).

## **2.4 Zusätzliche Prüfungen nach besonderer Auflage**

### **2.4.1 Prüfumfang**

Zusätzlich zu den meßtechnischen Prüfungen nach 2.2.3 können nach besonderer Auflage die Auswirkungen weiterer Einflußgrößen oder Geräteeigenschaften auf den Meßwert geprüft werden.

### 2.4.2 Gründe für besondere Auflagen

Eine Prüfung nach besonderer Auflage kann erfolgen:

- (1) Aufgrund der Ergebnisse der Bauartprüfung bei der Zulassung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt.
- (2) Aufgrund von 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.

## 3. Prüfmittel für Prüflaboratorien

### 3.1 Strahlenquellen und Zubehör

#### 3.1.1 Röntgeneinrichtungen und Zubehör

##### 3.1.1.1 Röntgeneinrichtungen

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

	Weichstrahlgebiet	Hartstrahlgebiet
Röhrensannung	Mindestens 7 bis 60 kV. Möglichst stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung. Pulsation/8/: $\leq 10\%$ bei max. Röhrenstrom.	Mindestens 30 bis 300 kV. Möglichst stufenlos regelbar, kontinuierliche Gleichspannung. Pulsation: $\leq 10\%$ bei max. Röhrenstrom.
Röhrenstrom	Mindestens bis 30 mA. Möglichst stufenlos regelbar.	Mindestens bis 10 mA. Möglichst stufenlos regelbar.
Anodenmaterial	Wolfram	Wolfram
Härtungsgleichwert von Röhre und Röhrengehäuse (Eigenfilterung)	$\leq 1,5$ mm Beryllium	$\leq 3,5$ mm Aluminium

Die Röntgeneinrichtung sollte einen Ausgang für den Anschluß eines Spannungsmessers (Klasse mindestens 0,2) zur primärseitigen Messung der effektiven Wechsellspannung 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: Spannungsschwankungen  $\Delta U < 0,3 \%$ .

### 3.1.1.2 Röhrenverschluß

Der Durchmesser der Öffnung des Röhrenverschlusses darf den durch die Blenden festgelegten Durchmesser des Strahlenbündels 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.

### 3.1.1.3 Blenden

Die Blendenöffnungen sind unter Berücksichtigung des Blendenabstandes vom Brennfleck der Röntgenröhre so zu wählen, daß die in Tabelle 2 angegebenen Durchmesser des Strahlenfeldes in den dort vorgesehenen Abständen erzielt werden (s. 7.1 (2)). Die Blendenöffnungen sollten kreisförmig sein. Der Außendurchmesser der Blenden muß so groß sein, daß nur die zu bestrahlenden Teile der Kammer 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 Dicke der erforderlichen Filter ist in Tabelle 5 (s. Anhang) angegeben.

Die verwendeten Filtermaterialien sollten für Strahlungen, deren 1. Halbwertschichtdicke  $s_1$  (Al)  $< 0,2$  mm ist, einen Reinheitsgrad von 99,99 % haben. Für Strahlungen mit  $s_1$  (Al)  $\geq 0,2$  mm soll der Reinheitsgrad mindestens 99,8 % sein. Die Toleranz der Dicke der einzelnen Filtermaterialien darf höchstens  $\pm 5 \mu\text{m}$  oder  $\pm 2 \%$  betragen.

### 3.1.2 Gammastrahlenquellen

Zur meßtechnischen Prüfung von Therapiedosimetern werden folgende Gammastrahlenquellen benötigt:

- Caesium-137-Gammastrahler mit einer Aktivität von etwa 37 TBq ( $10^3$  Ci);
- Kobalt-60-Gammastrahler mit einer Aktivität von mindestens 1,85 TBq (50 Ci).

Die Abschirmung der Strahlung durch den Arbeitsbehälter muß ausreichenden Strahlenschutz gewährleisten. 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 austauschbarer Kollimatoren sollen Strahlenbündel der in Tabelle 2 geforderten Durchmesser (s. 7.1 (2)) ausgeblendet werden können.

## 3.2 Meßgeräte

### 3.2.1 Normalmeßgeräte

#### 3.2.1.1 Dosimeter

An die Normaldosimeter für die meßtechnische Prüfung von Therapiedosimetern werden folgende Anforderungen gestellt:

Meßbereiche:

Standard-Ionendosis:  $2 \cdot 10^{-4}$  C kg $^{-1}$  ( $\approx 1$  R) bis 2 C kg $^{-1}$  ( $\approx 10^4$  R)

Energiedosis und Kerma:  $10^{-2}$  Gy (1 rd) bis  $10^2$  Gy ( $10^4$  rd)

Standard-Ionendosisleistung:  $2 \cdot 10^{-4}$  C kg $^{-1}$ min $^{-1}$  ( $\approx 1$  R min $^{-1}$ ) bis  
 $2$  C kg $^{-1}$  min $^{-1}$  ( $\approx 10^4$  R min $^{-1}$ )

Energiedosisleistung

und Kermaleistung:  $10^{-2}$  Gy min $^{-1}$  (1rd min $^{-1}$ ) bis  $10^2$  Gy min $^{-1}$  ( $10^4$  rd min $^{-1}$ )

Wiederholbarkeit eines Meßwertes und der Kontrollanzeige bzw. -zeit:

rel. Standardabweichung des Einzelmeßwertes  $s_r \leq 0,5 \%$

Abhängigkeit des Meßwertes von der Strahlenqualität: innerhalb der in den PTB-Anforderungen /1/ festgelegten Grenzen.

Normaldosimeter müssen eine radioaktive Kontrollvorrichtung besitzen. Sollte diese eine Überprüfung der Richtigkeit der Anzeige in allen Meßbereichen des Dosimeters nicht gestatten, so wird zusätzlich eine elektrische Kontrollvorrichtung benötigt.



### 3.2.1.2 Ladungsmesser, Strommesser, Spannungsmesser

An einen Ladungs-, Strom- und Spannungsmesser, der zur Prüfung einer Kammer oder einer elektrischen Kontrollvorrichtung (s. 2.2.3.2 und 2.2.3.3) dient, werden folgende Anforderungen gestellt:

(1) Ladungsmesser

Meßbereiche:  $10^{-7}$  C bis  $10^{-10}$  C

Wiederholbarkeit: rel. Standardabweichung des Einzelmeßwertes  $s_r \leq 0,3$  %

Temperatureinfluß: höchstens 0,2 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C

(2) Strommesser

Meßbereiche:  $10^{-9}$  A bis  $10^{-12}$  A

Wiederholbarkeit: rel. Standardabweichung  $s_r \leq 0,3$  % für Ströme  $I \geq 10^{-11}$  A,

$s_r \leq 0,5$  % für Ströme  $I < 10^{-11}$  A

Temperatureinfluß: höchstens 0,2 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C

(3) Spannungsmesser

Meßbereiche:  $10^{-3}$  V bis  $10^3$  V (Gleichspannung)

Wiederholbarkeit: rel. Standardabweichung des Einzelmeßwertes  $s_r \leq 0,3$  %

Innenwiderstand: größer als 500 M $\Omega$  für Spannungen kleiner oder gleich 20 V

Temperatureinfluß: höchstens 0,1 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C

### 3.2.1.3 Stromquellen

An eine Stromquelle, die zur Kalibrierung der Strom- und Ladungsmeßeinrichtungen oder zur Überprüfung der relativen Ansprechvermögen eines Dosimeters (s. 7.3.2.3) verwendet wird, werden folgende Anforderungen gestellt:

(1) Referenzstromquelle zur Kalibrierung der Strom- und Ladungsmeßeinrichtungen für die Ströme  $I$ :  $10^{-13}$  A,  $10^{-12}$  A und  $10^{-11}$  A

Wiederholbarkeit: rel. Standardabweichung  $s_r \leq 0,5$  % für  $I < 10^{-12}$  A,

$s_r \leq 0,3$  % für  $I \geq 10^{-12}$  A

(2) Stromquelle mit hohem Innenwiderstand bestehend aus Gleichspannungsquelle und Widerständen mit großen Widerstandswerten zur Prüfung der Anzeigeräte von Dosimetern.

Gleichspannungsquelle:

$10^{-2}$  V bis 100 V (positive und negative Polarität)

Temperatureinfluß: höchstens 0,1 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C

Widerstände:

$10^8\Omega$ ,  $10^9\Omega$ ,  $10^{10}\Omega$ ; relative Änderung der Widerstandswerte in 8 Stunden:

höchstens 0,5 % im Temperaturbereich von 20 °C bis 30 °C

## **3.2.2 Kontrolle der Richtigkeit der Normalmeßgeräte**

### **3.2.2.1 Anschluß der Normalmeßgeräte**

Die für die Prüfung verwendeten Gebrauch-Normalmeßgeräte (Dosimeter, Ladungs-, Spannungs- und Strommesser, Stromquelle) sind in Zeitabständen von 2 Jahren an ein Kontroll-Normalmeßgerät der Eichbehörde oder an eine Normalmeßeinrichtung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt anzuschließen. Die Kontroll-Normalmeßgeräte der Eichbehörden sind in Zeitabständen von 3 Jahren an eine Normalmeßeinrichtung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt anzuschließen. Außerdem sind solche Anschlußmessungen nach der Reparatur eines Normal-Meßgerätes erforderlich.

### **3.2.2.2 Zwischenkontrolle der Richtigkeit der Normalmeßgeräte**

#### (1) Dosimeter

a) 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.

b) Wirkt sich eine Änderung der Kontrollzeit bzw. -anzeige als Fehler am Meßergebnis um mehr als  $\pm 1\%$  aus, so ist, gegebenenfalls nach Instandsetzung, das Normaldosimeter erneut an ein Kontroll-Normaldosimeter der Eichbehörde oder eine Normalmeßeinrichtung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt anzuschließen. Erfolgt dieser Anschluß bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, so sind dem Normaldosimeter dabei die zugehörigen Kontrollvorrichtungen und die Ergebnisse von früheren Zwischenkontrollen beizufügen.

#### (2) Ladungsmesser, Strommesser, Spannungsmesser, Stromquellen

a) Die Richtigkeit der Ladungs- und Strommeßgeräte ist bei häufigem Gebrauch mindestens jährlich mit der Referenz-Stromquelle (s. 3.2.1.3 (1)), die der Spannungsmesser mit einem Gleichspannungsnormal (evtl. s. 3.2.1.3 (2)) zu überprüfen, und die Meßergebnisse sind aufzuzeichnen. Wird hierfür eine Stromquelle nach 3.2.1.3 (2) verwendet, so muß diese einen ausreichend hohen Innenwiderstand besitzen.

b) Tritt bei der Überprüfung nach 3.2.2.2 (2)a) eine Abweichung von der vorhergehenden Überprüfung auf, die größer als  $1\%$  ist, so muß die Ursache dieser Abweichung, erforderlichenfalls durch Instandsetzung, beseitigt werden.

### 3.2.3 Monitordosimeter

Zur Eliminierung von zeitlichen Schwankungen des Photonenstromes im Strahlenbündel werden die Anzeigen  $M_n$  vom Normaldosimeter und  $M$  vom Prüfling auf die gleichzeitig erfolgende Anzeige  $M_m$  eines Monitordosimeters bezogen. Die Quotienten  $M_n/M_m$  und  $M/M_m$  sind von der zeitlichen Schwankung des Photonenstromes 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.

Diese Forderung erfüllt eine Durchstrahl-Ionisationskammer, deren Elektroden aus dünnen Kunststoffolien (Dicke  $< 50 \mu\text{m}$ ) bestehen. Der Durchmesser der Elektroden muß größer sein als der größte vorgesehene Bündeldurchmesser am Meßort. Die Halterung der Monitorkammer und die Halterung der sie umgebenden Blenden  $B_3$  und  $B_4$  (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.

Die Filterwirkung der Monitorkammer, die besonders im Weichstrahlgebiet merklich wird, ist erforderlichenfalls in der Gesamtfilterung zu berücksichtigen.

Wiederholbarkeit: rel. Standardabweichung des Einzelmeßwertes:  $s_r \leq 0,3 \%$ .

### 3.2.4 Hilfsmessgeräte

#### 3.2.4.1 Für die Eichung im Prüflaboratorium

Elektrische Stoppuhr (vom Röhrenverschluß gesteuert)

Handstoppuhr (Auflösung 0,1 s)

Quecksilberthermometer (0,1 °C-Teilung); Meßbereich 15 °C bis 30 °C

Präzisionsbarometer: Meßbereich muß alle klimatischen Luftdruckschwankungen am Ort des Prüflaboratoriums umfassen (Auflösung und Meßunsicherheit gleich oder kleiner als 1 mbar\*)

Hygrometer (Meßunsicherheit höchstens 5 % rel. Feuchte)

Abstandsmeßgeräte, z. B. Meßband, Strichmaßstab, Taster

Hochspannungsmeßeinrichtung, z. B. Spannungsteiler (s. 3.1.1.1)

Die Hilfsmessgeräte (Uhren, Thermometer, Maßstäbe etc.) sollen geeicht oder eichamtlich geprüft sein.

\* Die Werte in dieser Einheit sind zahlgleich denen in der Einheit Hektopascal.

#### 3.2.4.2 Für die Eichung außerhalb des Prüflaboratoriums

Handstoppuhr (Auflösung 0,1 s)

Quecksilberthermometer (0,1 °C-Teilung); Meßbereich 15 °C bis 35 °C

Präzisionsbarometer: Meßbereich muß alle klimatischen Luftdruckschwankun-

gen am Ort des Prüflaboratoriums umfassen (Auflösung und Meßunsicherheit gleich oder kleiner als 1 mbar)

Hygrometer (Meßunsicherheit höchstens 5 % rel. Feuchte)

Abstandsmeßgeräte, z. B. Meßband, Strichmaßstab, Taster

### **3.3      Hilfseinrichtungen**

#### **3.3.1    Für Eichung im Prüflaboratorium**

Stabile Vorrichtung (1 je Meßplatz), auf der die Kammern einfach und zuverlässig befestigt und justiert werden können und die eine Messung in verschiedenen Abständen von der Strahlenquelle erlaubt. Sie sollte einen Querschlitzen 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. Steht für Messungen im Phantom kein besonderer Meßaufbau zur Verfügung, so muß diese Vorrichtung auch zur Halterung und Justierung der Phantome, insbesondere des schweren Wasserphantoms, geeignet sein.

Leuchtschirm mit Handgriff (für Röntgenstrahlung)

Vorrichtung zur Messung von Halbwertschichtdicken (s. 7.2.1 (3))

Kleiner Tischrechner (programmierbar)

Bewegliche Strahlenschutzwände (erforderlichenfalls)

Stabilisierte Gleichspannungsquelle für Messungen mit Ionisationskammern (Kammerspannung):

Bereich: 10 V bis 1000 V (positive und negative Polarität)

Temperatureinfluß: höchstens 0,01 % im Temperaturbereich zwischen 20 °C und 30 °C

Welligkeit: höchstens 0,01 %

Wasserphantom mit Kammerhalterungshülsen (wasserdicht), Plexiglas-Phantom (s. Tabelle 2):

Die zur Strahlenquelle gerichtete Wand des Wasserphantoms soll in dem Teil, durch den die Strahlung in das Phantom eintritt, eine Dicke von 5 mm haben. Außerdem muß die Dicke der Phantomwände so groß sein, daß keine Meßfehler durch eine Verformung des Phantoms beim Füllen mit Wasser entstehen. Die Halterungshülse, in der sich die Kammer im Wasserphantom befindet, soll im Bereich des Kammervolumens 1 mm dick sein. Das Baumaterial für das Phantomgefäß und die Halterungshülsen der Kammer soll in dem Teil, der von der Nutzstrahlung getroffen wird, Plexiglas sein. Die Kammern bzw. ihre Halterungshülsen müssen hinsichtlich ihrer Lage justierbar sein.

#### **3.3.2    Für Eichung am Betriebsort**

Stative zur Halterung der Kammern

Rechner

Phantome (s. 3.3.1) mit Halterungshülsen für Kammern, falls erforderlich

## 4. Meßanordnungen

Für die Messungen im Phantom werden, abgesehen von der Anwesenheit des Phantoms, die gleichen Meßanordnungen verwendet wie für die Messungen frei in Luft.

### 4.1 Prüfung mit Röntgenstrahlung

#### 4.1.1 Prüfung mit Monitorkammer

**4.1.1.1** Die Meßanordnung (s. Bild 2) besteht aus dem Röntgenstrahler R mit Röntngengenerator, dem Röhrenverschluß V, den Blenden B<sub>1</sub> bis B<sub>4</sub>, 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 B<sub>1</sub> sollte so gewählt werden, daß der Durchmesser des Strahlenbündels ohne Halbschatten in 50 cm Abstand vom Brennfleck etwa 10 cm beträgt. B<sub>1</sub> soll dicht vor dem Strahlenaustrittsfenster des Röhrengehäuses stehen. Um den Strahlungsuntergrund am Meßort herabzusetzen, kann eine Strahlenschutzwand aufgestellt werden. Ihre Blendenöffnung B<sub>2</sub> soll das durch B<sub>1</sub> ausgeblendete Bündel nicht begrenzen. Die auswechselbare Blende B<sub>3</sub> dient zur Herstellung des gewünschten Bündeldurchmessers am Meßort. Bei einem Satz dieser Blenden sind die Bündeldurchmesser so zu wählen, daß die in Ta-

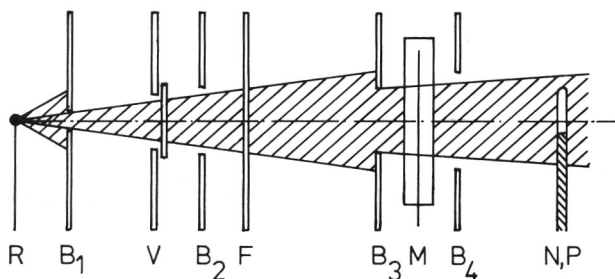


Bild 2: Meßanordnung zur Prüfung mit Röntgenstrahlung bei Verwendung eines Monitordosimeters (schematische Darstellung). R Röntgenstrahler, B Blenden, V Röhrenverschluß, F Filter, M Monitorkammer, N Kammer des Normaldosimeters, P Kammer des Prüflings.

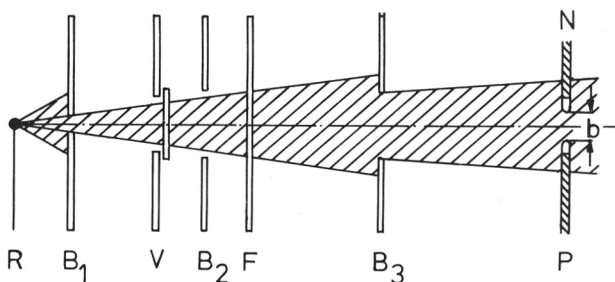


Bild 3: Meßanordnung zur Prüfung mit Röntgenstrahlung ohne Monitordosimeter (schematische Darstellung). R Röntgenstrahler, B Blenden, V Röhrenverschluß, F Filter, N Kammer des Normaldosimeters, P Kammer des Prüflings,  $b$  Abstand zwischen den Kammern.

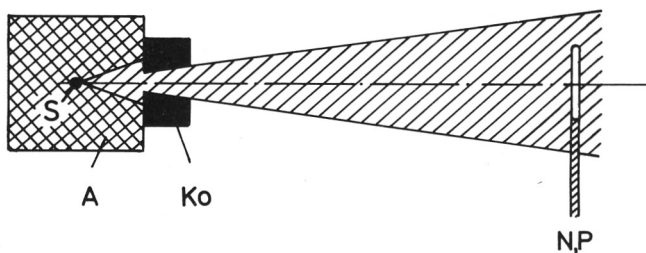


Bild 4: Meßanordnung zur Prüfung mit Gammastrahlung im Zentralstrahl (schematische Darstellung). S Radioaktiver Strahler, A Abschirmung, Ko Kollimator, N Kammer des Normaldosimeters, P Kammer des Prüflings.

belle 2 angegebenen Werte für den Bündeldurchmesser (s. 7.1 (2)) erzielt werden. Zu jeder Blende  $B_3$  ist eine Blende  $B_4$  zu verwenden, deren Durchmesser so zu wählen ist, daß der Halbschatten durch sie abgeblendet, das direkte Bündel aber nicht begrenzt wird.

**4.1.1.4** Die Filter (s. 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 zum Meßort weist. Dadurch wird der Dosisbeitrag energiereicherer Fluoreszenzstrahlung aus Kupfer herabgesetzt (s. Tabelle 5, Fußnote \*).

**4.1.1.5** Die Monitorkammer (s. 3.2.3) ist so im Strahlenbündel anzuordnen, daß die Elektroden (Folien) senkrecht zum Zentralstrahl des Bündels stehen.

Die Röhrenspannung kann sich bei Röntgeneinrichtungen, die nicht spannungsstabilisiert sind, infolge von Netzspannungsschwankungen merklich ändern. Hierdurch kann der Meßwert eines Dosimeters, dessen Kammer sich in einem Phantom befindet, erheblich beeinflußt werden. So ändert sich z. B. die in 2 cm Tiefe in einem Wasserphantom bei Bestrahlung mit einer Röntgenstrahlung der Erzeugungsspannung  $U_R = 50$  kV gemessene Dosisleistung um 3 %, wenn  $U_R$  um 2 kV schwankt. Eine entsprechende Änderung tritt bei Messungen in Luft nicht auf. Dieser Einfluß von Netzspannungsschwankungen kann vermieden werden, wenn nicht mit einer in Luft aufgestellten Monitorkammer in der Meßanordnung nach 4.1.1, sondern in der nach 4.1.2 gemessen wird.

#### **4.1.2 Prüfung ohne Monitorkammer**

Steht keine Monitorkammer zur Verfügung, so können Kompaktkammern ähnlicher Abmessungen in der Meßanordnung nach Bild 3 geprüft werden. Dabei sind die Kammern in einer Ebene senkrecht zum Zentralstrahl so anzuordnen, daß sich ihre Bezugspunkte in gleichem Abstand vom Zentralstrahl befinden und der Abstand  $b$  der einander zugewandten Kammerwände nicht kleiner als 10 mm ist.

Die Abstände der Kammern N und P von der Blende  $B_3$  sollten mindestens 5 cm betragen.

Bei Messungen im Phantom sind die Kammern zueinander parallel anzuordnen, so daß sie in die gleiche Richtung weisen. Die Verbindungslinie zwischen ihren Bezugsorten soll dabei den Zentralstrahl rechtwinklig schneiden.

#### **4.2 Prüfung mit Gammastrahlung**

Die Meßanordnung (s. Bild 4) besteht aus dem radioaktiven Strahler S in einer Abschirmung (Arbeitsbehälter) A, dem auswechselbaren Kollimator  $K_0$  und dem am Meßort befindlichen Dosimeter (Normaldosimeter N oder Prüfling P).

### **5. Eichbedingungen**

#### **5.1 Eichung im Prüflaboratorium**

Die Meßbedingungen bei der Eichung (Eichbedingungen) sind:

1. Strahlenqualitäten: s. 7.2.3
2. Strahleneinfallrichtung: Vorzugsrichtung
3. Dosis: wird erforderlichenfalls bei Bauartzulassung zur Eichung festgelegt

4. Dosisleistung: wird erforderlichenfalls bei Bauartzulassung zur Eichung festgelegt
5. Betriebsspannung:  
Batteriebetrieb: neue Batterien (sie sind vom Antragsteller zur Verfügung zu stellen)  
Netzbetrieb: Netzspannung: Nennwert  $\pm 1 \%$ .  
Netzfrequenz: Nennwert  $\pm 1 \text{ Hz}$
6. Umgebungstemperatur:  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$
7. Druck der Außenluft: vorhandener Luftdruck
8. Relative Luftfeuchte: 30 % bis 75 %
9. Lage der Anzeigeeinheit: Normallage
10. Meßanordnung: s. Tabelle 2 und Abschn. 3.3.1.

## 5.2 Eichung am Betriebsort

Die Eichung von Therapiedosimetern kann an den Gammastrahlenquellen (Caesium-137- oder Kobalt-60-Gammastrahler) des Dosimeterbenutzers erfolgen. Ist eine Eichung unter den Meßbedingungen nach 5.1 wegen der Gegebenheiten am Betriebsort nicht möglich, so kann die Eichbehörde hiervon abweichende Meßbedingungen festlegen. Diese sollten möglichst wenig von den in 5.1 angegebenen Meßbedingungen abweichen. An den Röntgenanlagen der Dosimeterbenutzer können Therapiedosimeter nur unter erheblichen Mehraufwand, z. B. Überprüfung der eingestellten Strahlenqualitäten, geeicht werden.

## 6. Fehlergrenzen

### 6.1 Eichfehlergrenzen

Die Abweichungen des (korrigierten) Meßwertes vom richtigen Wert der Meßgröße bezogen auf den letztgenannten darf die in Tabelle 3 angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten (s. 7.3, 7.4).

Bei der Zulassung zur Eichung wird für jede Bauart festgelegt, welche Korrekturen bei der eichtechnischen Prüfung an den angezeigten Meßwerten anzubringen sind (s. 7.1 (1)).

### 6.2 Fehlergrenzen für Kontrollmeßwerte bei der Eichung

Der im Geräteprüfschein für die Verwendung der radioaktiven Kontrollvorrichtung angegebene Kontrollmeßwert (Kontrollanzeige, -zeit) darf höchstens um  $\pm 1,5 \%$  von dem Wert abweichen, der bei der eichtechnischen Prüfung hierfür bestimmt wurde.



### 6.3 Verkehrsfehlergrenzen

Die Verkehrsfehlergrenzen gelten als eingehalten, wenn bei den Meßbedingungen nach 5.1 die in Tabelle 4 angegebenen Fehlergrenzen nicht überschritten werden (vgl. 7.3, 7.4).

Tabelle 2: Angaben zur Meßanordnung

Art der Kammer	Art der Messung	Bereich der Strahlenqualitäten (Röhrensparnungen $U_R$ , Radionuklide)	Meßabstand <sup>1)</sup> von Strahlenquelle in cm	Felddurchmesser <sup>1)</sup> am Meßort in cm	Tiefe im Phantom Masse/Fläche in $g\text{ cm}^{-2}$
Flachkammer	frei Luft	$7,5\text{ kV} \leq U_R \leq 100\text{ kV}^2)$	30	3	–
	im Phantom <sup>3)</sup>	$7,5\text{ kV} \leq U_R \leq 100\text{ kV}$	30	3	4)
	im Phantom <sup>5)</sup>	$U_R \geq 100\text{ kV}$ , Cs – 137, Co – 60	100	10	5,0
Kompaktkammer	frei Luft	Röntgenstrahlung Cs – 137, Co – 60	100	10	–
	im Phantom <sup>5)</sup>	$U_R \leq 100\text{ kV}$	100	10	2,0
		$100\text{ kV} \leq U_R \leq 300\text{ kV}$ Cs – 137, Co – 60	100	10	5,0

- 1) Richtwerte, Näheres s. 7.1 (2)
- 2) Flachkammern, die mit geeigneter Wandverstärkungskappe für die Strahleneintrittsfolie bei Messungen frei in Luft oberhalb von 100 kV verwendet werden, sind hinsichtlich der Meßanordnung wie Kompaktkammern zu behandeln.
- 3) Phantommaterial: Plexiglas  
Phantomabmessungen: mindestens 12 cm x 12 cm senkrecht zum Strahl und 6 cm in Strahlrichtung
- 4) Phantomtiefen nach Angabe des Geräteprüfscheines oder der Gebrauchsanleitung
- 5) Phantommaterial: Wasser (s. 7.3.2.2(2)c)  
Phantomabmessungen: mindestens 20 cm x 20 cm senkrecht zum Strahl und 15 cm in Strahlrichtung

Tabelle 3: Eichfehlergrenzen

Meßgröße	Strahlenqualität	Eichfehlergrenzen in %
Standard-Ionendosis und -dosisleistung, Luftkerma und -kermaleistung	Röntgenstrahlung $U_R < 30 \text{ kV}$	$\pm 4$
	Röntgenstrahlung $U_R \geq 30 \text{ kV}$ Gammastrahlung 0,5 bis 3 MeV	$\pm 3$
Wasser-Energiedosis und -dosisleistung, Wasserkerma und -kermaleistung	Röntgenstrahlung 7,5 bis 300 kV Gammastrahlung 0,5 bis 3 MeV	$\pm 5$

Tabelle 4: Verkehrsfehlergrenzen

Meßgröße	Strahlenqualität	Fehlergrenzen in %
Standard-Ionendosis und -dosisleistung, Luftkerma und -kermaleistung	Röntgenstrahlung $U_R < 30 \text{ kV}$	$\pm 7$
	Röntgenstrahlung $U_R \geq 30 \text{ kV}$ Gammastrahlung 0,5 bis 3 MeV	$\pm 6$
Wasser-Energiedosis und -dosisleistung, Wasserkerma und -kermaleistung	Röntgenstrahlung 7,5 bis 300 kV Gammastrahlung 0,5 bis 3 MeV	$\pm 8$

Außerdem müssen alle anderen Anforderungen an die Bauart eingehalten werden.

#### 6.4 Fehlergrenzen für Kontrollmeßwerte im Verkehr

Bei Therapiedosimetern im Verkehr dürfen sich die (korrigierten) Ergebnisse der Kontrollmessungen (Kontrollanzeige, -zeit) mit der radioaktiven Kontrollvorrichtung nach § 2 der Eichgültigkeitsverordnung (Fassung vom 5. August 1976) um höchstens  $\pm 3,0 \%$  bezogen auf den im Geräteprüfschein oder Eichschein angegebenen Wert ändern.

## 7. Ausführung der meßtechnischen Prüfung

### 7.1 Allgemeines

**7.1 (1)** Bei Therapiedosimetern ist der angezeigte Meßwert oftmals noch nicht das für die Therapie interessierende Meßergebnis, dessen Genauigkeit und Zuverlässigkeit durch die Eichpflicht gewährleistet werden soll. Dieses Meßergebnis, den Istwert der Dosis, Dosisleistung, Kerma oder Kermaleistung, erhält man durch Multiplikation des angezeigten Meßwertes  $M$  mit dem für die vorliegenden Meßbedingungen gültigen Kalibrierfaktor  $N^P$  und ggf. mit Korrekturen  $k_1^P$ ,  $k_2^P$ ... (z. B. der Korrektur für den Luftdichteinfluß (s. 7.1 (9)), den Einfluß der Strahlenqualität u. a.). Für die Standard-Ionendosis ist also

$$(J_s)_{\text{ist}} = M \cdot N^P \cdot k_1^P \cdot k_2^P \dots$$

Entsprechendes gilt für die anderen Dosis- und Dosisleistungsgrößen wie auch für die Kerma und Kermaleistung. Die Werte für  $N^P$  und  $k_1^P$ ,  $k_2^P$ , ... sind dem zum Dosimeter gehörenden Geräteprüfschein zu entnehmen (hierauf weist der Index P hin), der vom Hersteller, einem Prüflaboratorium, aber auch vom Dosimeterbenutzer (Krankenhausphysiker) erstellt werden kann. Enthält der Geräteprüfschein Kalibrier- und Korrekturfaktoren, die sich auf die Messung der Wasser-Energiedosis im Phantom beziehen, so müssen außer den üblichen Meßbedingungen wie Strahlenqualität, Meßabstand und Feldgröße auch Art und Dicke der Phantommaterialien vor und hinter der Kammer (z. B. Strahleneintrittswand des Phantomgefäßes, Halterungshülse für die Kammer im Phantom) angegeben werden.

Die Abweichung  $\delta$  des Meßergebnisses  $(J_s)_{\text{ist}}$  von dem bei der meßtechnischen Prüfung gemessenen richtigen Wert der Meßgröße  $(J_s)_{\text{soll}}$ , muß bei der Eichung innerhalb der Eichfehlergrenzen, bei der Befundprüfung innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen liegen (s. 7.3 und 7.4). Das gleiche gilt für die anderen, neben  $J_s$  zugelassenen Meßgrößen (s. 1.3.2).

**7.1 (2)** Bei der meßtechnischen Prüfung sind die Meßbedingungen (Strahlenqualität (s. 7.2.3), Feldgröße (s. 7.1(4)), Meßabstand (s. 7.1(5)) so zu wählen, daß sie von den Meßbedingungen, für die der im Geräteprüfschein angegebene und zur Berechnung des Meßergebnisses verwendete Kalibrierfaktor  $N^P$  gilt, möglichst wenig abweichen. Falls bei der Bauartzulassung nichts anderes festgelegt ist, sind bei der eichtechnischen Prüfung folgende Abweichungen von den in Tabelle 2 angegebenen Bezugswerten für den Meßabstand, den Felddurchmesser und die Meßtiefe im Phantom zulässig:

#### a) Messung frei in Luft

Etwa + 50 % bis -30 % vom Bezugswert 30 cm des Meßabstandes,  
± 50 % vom Bezugswert 100 cm des Meßabstandes,  
+ 20 % bis -10 % vom Bezugswert 3 cm des Felddurchmessers,  
± 20 % vom Bezugswert 10 cm des Felddurchmessers.

## b) Messung im Phantom

- + 30 % bis -20 % vom Bezugswert 30 cm des Meßabstandes,
- ± 30 % vom Bezugswert 100 cm des Meßabstandes für Röntgenstrahlung,
- ± 50 % vom Bezugswert 100 cm des Meßabstandes für Gammastrahlung ( $E_{\text{phot}} > 0,5 \text{ MeV}$ ),
- + 10 % bis -5% vom Bezugswert 3 cm des Felddurchmessers,
- ± 10 % vom Bezugswert 10 cm des Felddurchmessers.

Von den in Tabelle 2 angegebenen Phantomtiefen darf höchstens um 10 % abgewichen werden.

Die Abstände von der der Strahlenquelle zugewandten Phantomwand zum Bezugsort des für die Prüfung verwendeten Gebrauchsnormals und zum Bezugsort des Prüflings dürfen bei Prüfungen innerhalb eines Phantoms mit Röntgenstrahlung nicht mehr als 0,2 mm und bei Prüfungen mit Gammastrahlung nicht mehr als 0,3 mm voneinander abweichen.

Bei der Festlegung der Strahlenqualität für die Prüfung ist nach 7.2.3 vorzugehen.

Die Prüfung sollte bei den in Tabelle 2 angegebenen Bezugswerten für den Meßabstand und den Felddurchmesser erfolgen. Hiervon sollte nur dann abgewichen werden, wenn eine Prüfung unter diesen Bedingungen nicht möglich ist. Das ist z. B. der Fall, wenn die Dosisleistung am Meßort eine zu kleine Anzeige liefert oder an einer Meßbereichsgrenze kein eindeutiger Meßwert erhalten wird.

**7.1 (3)** Der Meßort ist der Ort, an dem sich der Bezugspunkt der Kammer bei der Messung befindet. Der Meßort soll auf dem Zentralstrahl (Achse des Strahlenbündels) liegen, außer bei Messungen nach 7.3.2.1 (1), Fall 4 (s. Bild 3).

**7.1 (4)** Die dosimetrische Feldgröße ist bei Messungen frei in Luft der Flächeninhalt der Fläche, die die 50 %-Isodosenkurve in der Ebene am Meßort senkrecht zum Zentralstrahl einschließt.

Für Messungen im Phantom ist die Feldgröße der Flächeninhalt der Fläche, die die 50 %-Isodosenkurve frei in Luft (bei Abwesenheit des Phantoms) in der Ebene der der Strahlenquelle zugewandten Phantomvorderfläche einschließt.

Die 50 %-Isodosenkurve ist die Kurve, die alle in einer bestimmten Ebene liegenden Punkte enthält, an denen der Wert der Standard-Ionendosis 50 % des größten Dosiswertes in dieser Fläche beträgt. Die Isodosenkurven können durch Dosismessungen mit möglichst kleinen Detektoren (kleinen Ionisationskammern) in der vorgeschriebenen Ebene bestimmt werden. Das Ansprechvermögen dieser Detektoren soll möglichst wenig von der Photonenenergie und der Strahleneinfallrichtung abhängen.

**7.1 (5)** Der Meßabstand für Kalibrier- und Eichzwecke ist der Abstand des Meßortes vom Mittelpunkt des Brennflecks einer Röntgenröhre oder vom geometrischen Mittelpunkt der das radioaktive Material enthaltenden Quellenkapsel.

**7.1 (6)** Die angezeigten Meßwerte von Prüfling, Normaldosimeter und gegebenenfalls Monitordosimeter sollen stets so gewählt werden, daß die Ablesefehler möglichst klein sind. Daher sollten alle angezeigten Meßwerte, wenn nichts anderes festgelegt ist, bei Meßgeräten mit Strichskalen möglichst in der oberen Hälfte des Meßbereichs liegen.

**7.1 (7)** Ein bei Abwesenheit der Strahlung am Prüfling, Normaldosimeter und gegebenenfalls Monitordosimeter auftretender Selbstablauf (bei Dosismessern und Meßgeräten für die Kerma) oder eine Nullpunktanzeige (bei Dosisleistungsmessern und Meßgeräten für die Kermaleistung) ist im Meßergebnis zu berücksichtigen.

**7.1 (8)** Jede Dosis-, Kerma-, Dosisleistungs- oder Kermaleistungsmessung ist mindestens zweimal zu wiederholen. Als Meßwert ist der Mittelwert aus den gemessenen Einzelwerten zu nehmen.

**7.1 (9)** Bei offenen Ionisationskammern ist die bei der Messung vorliegende Luftdichte zu berücksichtigen, z. B. mittels einer Einstellvorrichtung am Dosimeter, durch Bezug auf eine Kontrollanzeige bzw. -zeit oder durch den Korrektionsfaktor

$$k_D = (p_0/p) (T/T_0).$$

Dabei ist  $p$  der Luftdruck in mbar und  $T$  die absolute Temperatur in K, und es ist  $p_0 = 1013$  mbar und  $T_0 = 273,2$  K.

**7.1 (10)** Meßgeräte sind erst nach der Anlaufzeit meßbereit. Angezeigte Meßwerte sind erst nach der Einstellzeit abzulesen (s. Gebrauchsanleitung).

**7.1 (11)** Bei der Wahl der Meßzeit ist zu berücksichtigen, daß bei kurzen Meßzeiten Zeitmeßfehler und bei langen Meßzeiten Leckströme, zeitliche Schwankungen des Ansprechvermögens u. a. den Meßwert verfälschen können. In der Regel liegt die Meßzeit zwischen etwa 1 min und 5 min. Sie darf nur dann merklich länger sein, wenn die Dosisleistung am Meßort zu klein ist.

**7.1 (12)** Das zu prüfende Dosimeter ist nach der Gebrauchsanleitung zu betreiben (z. B. Nullpunkteinstellung, Berücksichtigung des Kalibrierfaktors und der Luftdichtekorrektur, Verwendung von Wandverstärkungskappen für die Kammer).

**7.1 (13)** Ändern sich bei Wiederholung laufend die Meßwerte im gleichen Sinn, so ist vor weiteren Messungen die Kammer vorzubestrahlen, um diesen Einlaufeffekt (Aufladungen) zu vermeiden. Bei der Vorbestrahlung ist in der Kammer eine Dosis von einigen Gy (einigen Hundert R) zu erzeugen, sofern in der Gebrauchsanleitung nichts anderes festgelegt ist.

**7.1 (14)** Die Temperatur am Ort der Kammer des Prüflings bzw. des Normaldosimeters kann sich von der Temperatur am Ort der Monitorkammer merklich unterscheiden, insbesondere, wenn letztere in der Nähe der Röntgenröhre steht und durch deren Erwärmung beeinflußt wird. Hierbei kann sich die Temperatur

des Monitordosimeters ändern, obwohl am entfernteren Ort der Prüflings- bzw. Normaldosimeterkammer keine merkliche Temperaturänderung eintritt. Es ist daher notwendig, die Temperatur am Ort der Prüflings- bzw. Normaldosimeterkammer und am Ort der Monitorkammer zu messen und bei offenen Kammern den Einfluß dieser Temperaturen auf die Dosis-, Kerma-, Dosisleistungs- und Kermaleistungsmeßwerte zu berücksichtigen (s. 7.1 (9)).

**7.1 (15)** Röntgen- und Gammastrahlenfelder sind in einer Ebene senkrecht zur Strahlachse meist inhomogen, d. h. an verschiedenen Stellen des Strahlenbündels, die den gleichen Abstand von der Strahlenquelle haben, hat die Dosisleistung verschiedene Werte. Das gilt besonders für Strahlenfelder im Phantom (s. 7.1 (16)). Um dadurch bedingte Fehler zu vermeiden, sollten die Abmessungen der zur Prüfung verwendeten Kammer des Normaldosimeters nach Möglichkeit nur wenig von denen der Kammer des Prüflings abweichen.

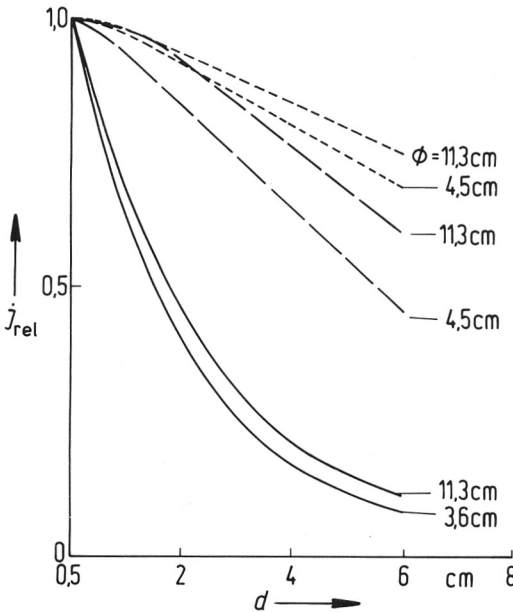


Bild 5: Abhängigkeit der relativen Dosisleistung  $\dot{J}_{rel}$  von der Meßtiefe  $d$  in Wasser für verschiedene Felddurchmesser  $\phi$ .  $\dot{J}_{rel} = \dot{J}_s(d)/\dot{J}_s(0)$ . Strahlenqualitäten:

—————  $s_1$  (Al) = 1,0 mm; —————  $s_1$  (Cu) = 3,0 mm;  
 - - - - -  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ -Strahlung.

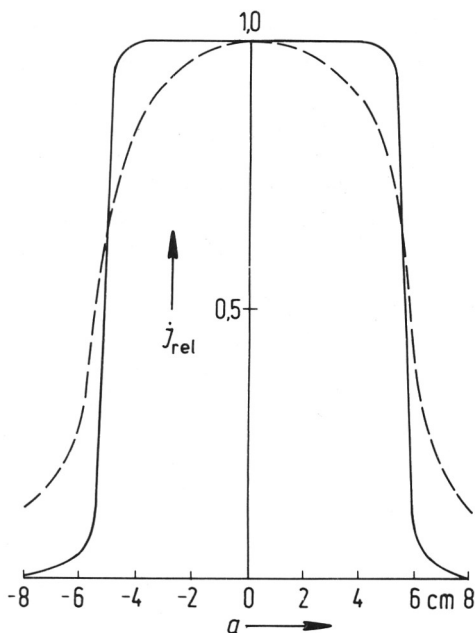


Bild 6: Dosisleistungsverteilung senkrecht zum Zentralstrahl.  
 $a$  Abstand senkrecht vom Zentralstrahl,  $\dot{J}_{\text{rel}} = \dot{J}_s(a)/\dot{J}_s(0)$   
 Strahlenqualität:  $U_R = 150 \text{ kV}$ ,  $s_1 (\text{Cu}) = 0,85 \text{ mm}$   
 ————— frei in Luft, ————— in 5 cm Tiefe im Wasserphantom.

**7.1 (16)** Beim Durchgang eines Strahlenbündels durch festes oder flüssiges Material ändern sich seine Eigenschaften durch Schwächung und Streuung viel stärker als beim Durchgang durch Luft:

Die Dosisleistung nimmt mit wachsender Tiefe im Phantom abhängig von Strahlenqualität und Feldgröße stark ab (Beispiel Bild 5) /9/.

Das in Luft ausgeprägte Plateau der Dosisleistungsverteilung in einer Ebene senkrecht zur Achse des Strahlenbündels verschwindet im Phantom. Die annähernd rechteckige Dosisverteilung frei in Luft geht hierbei in eine glockenförmige über (Beispiel Bild 6).

Entstehen im Phantom in erheblichem Maß Compton-Streuphotonen, deren Photonenenergie erheblich niedriger ist als die der erzeugenden Photonenstrahlung,

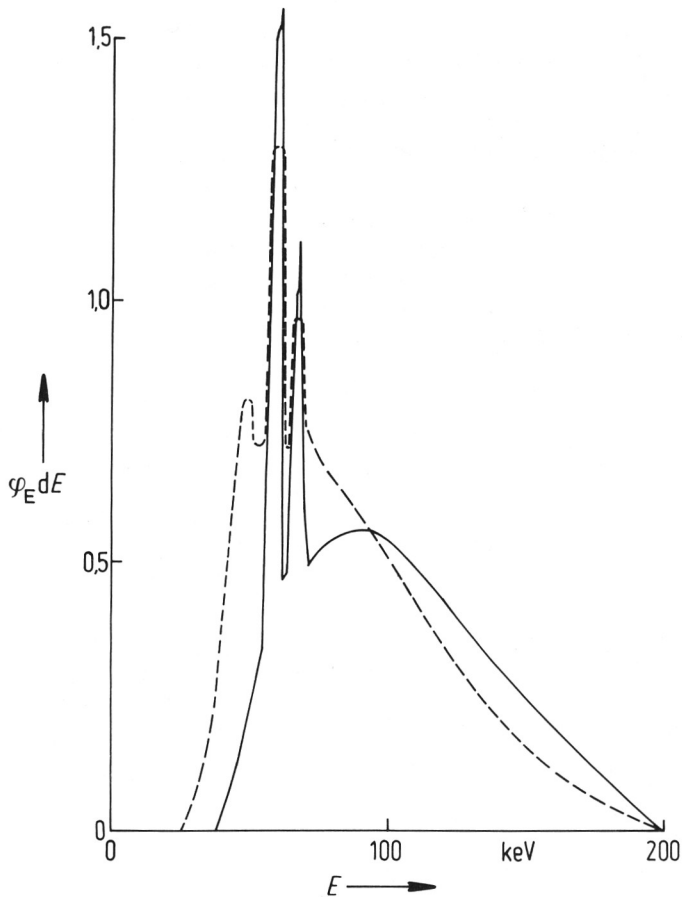


Bild 7: Spektrale Photonenflussverteilung einer 200 kV-Röntgenstrahlung (normiert auf gleiche Photonenfluss).  
 — frei in Luft, — — — — in 5 cm Wassertiefe.

so ist der niederenergetische Teil der Energieverteilung der Photonen im Phantom gegenüber der Energieverteilung frei in Luft erhöht (Beispiel Bild 7). Daher ist die Strahlung im Phantom niederenergetischer als unter sonst gleichen Bedingungen in Luft.



## 7.2 Strahlenqualitäten

### 7.2.1 Kennzeichnung der Strahlenqualität

- (1) Die Strahlenqualität der Röntgenstrahlen wird im klinischen Gebrauch in der Regel durch folgende Angaben charakterisiert:

Röhrenspannung, GesamtfILTER, 1. Halbwertschichtdicke mit Aluminium für weiche und mit Kupfer für harte Röntgenstrahlung.

Bei der Gammastrahlung radioaktiver Strahlenquellen genügt zur Kennzeichnung der Strahlenqualität die Angabe des Radionuklids.

- (2) Die Abhängigkeit der Kalibrier- und Korrektionsfaktoren von der Strahlenqualität wird bei Röntgenstrahlen durch ihre Abhängigkeit von der 1. Halbwertschichtdicke  $s_1$  und bei Gammastrahlen durch die Abhängigkeit von der Photonenenergie  $E$  oder von  $s_1$  beschrieben.

- (3) Die 1. Halbwertschichtdicke  $s_1$  einer Strahlung ist diejenige Schichtdicke eines in ein eng ausgeblendetes Strahlenbündel einheitlicher Richtung gebrachten Stoffes, durch die die Standard-Ionendosisleistung in großem Abstand von der Schicht auf die Hälfte herabgesetzt wird /5/.

Zur Bestimmung von  $s_1$  einer Röntgenstrahlung bringt man zwischen  $B_4$  und N (s. Bild 2) einen Absorber A veränderlicher Dicke und zwischen A und N in die Nähe von A eine weitere Blende  $B_5$ , die das primäre 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 für Röntgenstrahlungen mit Erzeugungsspannungen  $U_R \geq 50$  kV. Ist  $U_R < 50$  kV, so soll der Abstand R bis N etwa 30 cm betragen (7.1 (2)). Die Abhängigkeit von  $s_1$  vom Abstand zwischen R und N ist vernachlässigbar, wenn  $U_R \geq 50$  kV ist. Der Bündeldurchmesser  $d_A$  bei A soll 4 cm betragen, wenn der Korrektionsfaktor nach Bild 8 verwendet wird.  $s_1$  ergibt sich aus der Messung der Standard-Ionendosisleistung  $\dot{J}_s$  mit dem Dosimeter N als Funktion der Dicke  $x_A$  von A als der Wert für  $x_A$ , bei dem  $\dot{J}_s$  die Hälfte des ohne Absorber ( $x_A = 0$ ) gemessenen Wertes beträgt also

$$\dot{J}_s(x_A = s_1) = \frac{1}{2} \dot{J}_s(x_A = 0)$$

Für genaue Bestimmungen von  $s_1$  sollte der Quotient aus der Standard-Ionendosis und der Monitoranzeige anstelle von  $\dot{J}_s$  gemessen werden.

Anforderungen an den Absorber:

Reinheit: s. 3.1.1.4.

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

Anforderungen an das Normaldosimeter:

Die Abhängigkeit des Kalibrierfaktors von der Photonenenergie soll möglichst klein sein, damit der Fehler gering bleibt, der durch die unterschiedliche Strahlenqualität bei der Messung von  $\dot{J}_s(x_A = s_1)$  und  $\dot{J}_s(x_A = 0)$  entsteht.

Am Absorber wird bei Strahlenbündeldurchmessern  $d_A > 0$  Streustrahlung erzeugt, die den so gemessenen Wert  $s_1$  verfälscht. Diesbezügliche Korrekturen /10/ sind für die oben beschriebene Meßgeometrie in Abhängigkeit von der Strahlenqualität in Bild 8 für die Fälle angegeben, in denen sie etwa 1 % überschreiten. Sie sind zu vernachlässigen, wenn ihr Betrag kleiner als 1 % ist. Das ist der Fall bei den  $s_1$ -Werten für Aluminium bei den Strahlenqualitäten bis einschließlich T 100 (s. Tabelle 5).

### 7.2.2 Kontrolle der Strahlenqualitäten

Zur Kontrolle der Strahlenqualitäten ist die 1. Halbwertschichtdicke  $s_1$  bei den im Anhang Tabelle 5 angegebenen Bedingungen zu messen. Ist die Abweichung eines Wertes von  $s_1$  bei dieser Kontrolle von dem in Tabelle 5 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 wer-

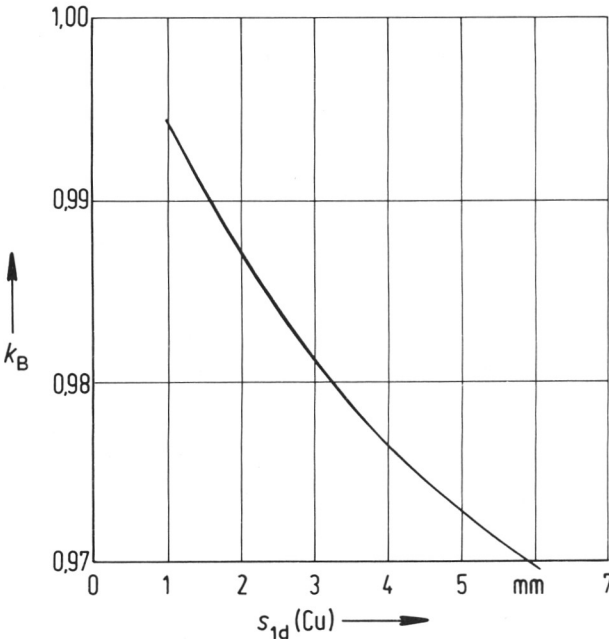


Bild 8: Korrektionsfaktor  $k_B$  zur Ermittlung der Halbwertschichtdicke in Kupfer  $s_1 \text{ (Cu)}$  für den Strahlenbündeldurchmesser  $d_N = 0 \text{ cm}$  am Ort des Absorbers aus der bei  $d = 4 \text{ cm}$  gemessenen Halbwertschichtdicke  $s_{1d}$ . Es ist  $s_1 = k_B \cdot s_{1d}$ .

den, so sollte die Röntgeneinrichtung überprüft werden. Diese Kontrolle ist an jeder Röntgeneinrichtung 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.

### 7.2.3 Festlegung der Strahlenqualitäten für die meßtechnische Prüfung

- (1) Die für die Prüfung verwendeten Strahlenqualitäten legt die Eichbehörde unter Berücksichtigung von 7.2.3 (2) und (3) fest. Dabei werden nur Strahlenqualitäten aus der Tabelle 5 (s. Anhang) verwendet.
- (2) Bei der Auswahl einer Strahlenqualität für die meßtechnische Prüfung ist folgender allgemeiner Gesichtspunkt zu beachten:

Die bei der meßtechnischen Prüfung verwendete Strahlenqualität muß bei Röntgenstrahlung hinsichtlich der 1. Halbwertschichtdicke, bei Gammastrahlung hinsichtlich der Photonenenergie möglichst weitgehend mit der Strahlenqualität übereinstimmen, für die die im Geräteprüfschein angegebenen Kalibrier- und ggf. Korrekturfaktoren gelten (s. 7.1. (1)). Für die Prüfung ist also eine Strahlenqualität aus den in Tabelle 5 angegebenen auszuwählen, die einer im Geräteprüfschein angegebenen möglichst nahe liegt.

Sind im Geräteprüfschein Kalibrierfaktoren für zwei (oder mehrere) Röntgenstrahlenqualitäten angegeben, so kann man für eine Strahlenqualität aus Tabelle 5, die zwischen zwei im Prüfschein angegebenen Qualitäten liegt, den zugehörigen Wert des Kalibrierfaktors durch Interpolation bestimmen. Dabei ist vorher anhand der in der Gebrauchsanleitung angegebenen bauarttypischen Abhängigkeit des Kalibrierfaktors (reziprokes Ansprechvermögen) von der 1. Halbwertschichtdicke zu prüfen, ob eine Interpolation mit ausreichender Genauigkeit möglich ist. Ist das der Fall, so erfolgt die Prüfung bei dieser Strahlenqualität aus Tabelle 5 unter Verwendung des interpolierten Wertes des Kalibrierfaktors. Ist eine solche Interpolation nicht möglich, so ist der Wert des Kalibrierfaktors aus dem Prüfschein zu verwenden, der zu der Strahlenqualität gehört, die einer in Tabelle 5 angegebenen möglichst nahe liegt.

Neuerdings wird im Geräteprüfschein der Kalibrierfaktor  $N_{\lambda_0}$  nur für eine Kalibrierstrahlenqualität  $\lambda_0$  und seine Abhängigkeit von der Strahlenqualität als dimensionsloser Korrekturfaktor  $k_{\lambda}$  angegeben, der bei der Kalibrierstrahlenqualität den Wert eins hat. Außerdem sind dann auch meist die Dosimeter unter Kalibrierbedingungen so justiert, daß der Kalibrierfaktor  $N_{\lambda_0}$  den Wert 1,00 besitzt oder doch nur wenig hiervon abweicht. In diesem Fall ist der „Kalibrierfaktor“  $N_{\lambda}$  für eine von der Kalibrierstrahlenqualität  $\lambda_0$  abweichende Strahlenqualität  $\lambda$  das Produkt  $N_{\lambda_0} \cdot k_{\lambda}$ .

Sind außer dem Kalibrierfaktor nach der Gebrauchsanleitung auch strahlenqualitätsabhängige Korrekturfaktoren am Meßwert des Prüflings anzubringen, so sind ihre Werte in entsprechender Weise durch Interpolation zu bestimmen.

- (3) Bei Dosimetern, deren Nenngebrauchsbereich ganz oder teilweise im Gebiet der Gammastrahlung ( $E_{\text{phot}} > 0,5 \text{ MeV}$ ) liegt, wird bei der Ersteichung die Richtigkeit mit mindestens zwei Strahlenqualitäten geprüft. Dabei muß eine dieser Strahlenqualitäten eine Röntgenstrahlung (Erzeugungsspannung  $U_R \leq 300 \text{ kV}$ ), die andere eine Gammastrahlung ( $E_{\text{phot}} > 0,5 \text{ MeV}$ ) sein. Jede Strahlenqualität, bei der geprüft wird, muß im Strahlenqualität-Nenngebrauchsbereich des Dosimeters liegen.

## 7.3 Prüfung der Richtigkeit eines Dosimeters

### 7.3.1 Anforderungen

- (1) Bei der Prüfung der Richtigkeit eines Dosimeters (Prüfling) im Rahmen der Eichung müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- a) Die prozentuale Abweichung

$$\delta = (q - 1) \cdot 100 \% \quad (1)$$

des Meßergebnisses vom Wert der Meßgröße muß in einem Meßbereich innerhalb der Eichfehlergrenzen (s. 6.1) liegen. Dabei ist  $q$  das Ansprechvermögen (Quotient Meßergebnis/Wert der Meßgröße).

b) Bei Dosimetern mit mehr als einem Meßbereich muß außer der Anforderung a) in den übrigen Meßbereichen noch folgende Anforderung erfüllt sein (vgl. PTB-Anforderungen /1/, Abschnitt 4.2.9):

Besitzt ein Anzeigegerät einen Bereichsumschalter zur Änderung des Skalenfaktors in festgelegten Verhältnissen und zur Wahl zwischen Dosis- und Dosisleistungsbereichen, so darf das Ansprechvermögen in jedem Bereich höchstens um  $\pm 1,0 \%$  von dem des Bezugsbereiches abweichen, sofern nicht Korrekturfaktoren mit Unsicherheiten von höchstens  $\pm 1,0 \%$  angegeben sind oder bei der Bauartzulassung zur Eichung etwas anderes festgelegt wurde. Der Bezugsbereich ist der Meßbereich, in dem die Prüfung nach a) ausgeführt wurde.

- (2) Bei der Prüfung der Richtigkeit eines Dosimeters im Rahmen einer Befundprüfung müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- a) Die Abweichung  $\delta$  nach Gl. (1) muß bei den Meßbedingungen nach 5.1 innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen (s. 6.3) liegen.  
b) Die PTB-Anforderungen /1/ müssen erfüllt sein.

### 7.3.2 Ausführung der Prüfung

#### 7.3.2.1 Prüfung frei in Luft

Im folgenden wird die Prüfung von Dosimetern beschrieben, die Meßwerte der Standard-Ionendosis  $J_s$  oder der Standard-Ionendosisleistung  $\dot{J}_s$  anzeigen. Für Dosimeter, die Meßwerte der Kerma oder Kermaleistung anzeigen (s. 1.3.2) gilt das gleiche, wenn anstelle der Standard-Ionendosis die Wasser- bzw. Luftkerma

( $K_w$  bzw.  $K_a$ ) und anstelle der Standard-Ionendosisleistung die Wasser- bzw. Luftkermaleistung ( $\dot{K}_w$  bzw.  $\dot{K}_a$ ) gesetzt wird.

Dosimeter, die die Standard-Ionendosis, Wasser- oder Luftkerma oder die hiervon abgeleiteten Dosis- oder Kermaleistungen anzeigen, werden ohne Phantom frei in Luft geprüft.

**(1) Prüfung bei Röntgenstrahlung** (Meßanordnung s. 4.1)

Im folgenden wird die Bestimmung des Quotienten  $q$  (Gl. (1)) für 4 Fälle erläutert, die sich durch den Umfang der zur Eichung gestellten Geräte und ihrer Unterlagen wie auch dadurch unterscheiden, ob für die meßtechnische Prüfung ein Monitordosimeter verwendet wird oder nicht.

- Fall 1:** Prüfling: Dosimeter mit radioaktiver Kontrollvorrichtung  
 Geräteprüfschein: Angaben des Kalibrierfaktors, der Korrektionsfaktoren, des Kontrollmeßwertes  
 Prüfung: Verwendung eines Monitordosimeters

Zum Prüfling (Therapiedosimeter) gehört eine zur Verwendung im eichpflichtigen Verkehr zugelassene radioaktive Kontrollvorrichtung und ein Geräteprüfschein. Mit den Kontrollmeßwerten, die mit dieser radioaktiven Kontrollvorrichtung bestimmt werden, sind die am Dosimeter angezeigten Meßwerte zu korrigieren, um Änderungen des Ansprechvermögens des Dosimeters nach seiner Kalibrierung zu eliminieren. Im Geräteprüfschein sind angegeben: der Kalibrierfaktor (s. 7.1 (1); 7.2.3) des Dosimeters und Korrektionsfaktoren, die die Abhängigkeit des Kalibrierfaktors von Einflußgrößen wie z. B. der Strahlenqualität berücksichtigen, sowie der bei der Bestimmung des Kalibrierfaktors mit gemessene Kontrollmeßwert.

Werden zur Eliminierung von Photonenstromschwankungen der Röntgenstrahlung alle Meßwerte auf die gleichzeitige Anzeige eines Monitordosimeters bezogen, so ist in diesem Fall

für zu prüfende Dosismesser 
$$q = \frac{M \cdot M_{mn} \cdot M_k^P \cdot N^P \cdot k_n^P}{J_s \cdot M_{mp} \cdot M_k} \quad (2),$$

für zu prüfende Dosisleistungsmesser 
$$q = \frac{M \cdot M_{mn} \cdot M_k^P \cdot N^P \cdot k_n^P}{\dot{J}_s \cdot M_{mp} \cdot M_k} \quad (3).$$

Dabei ist

- $M$      Angezeigter Meßwert des Dosimeters bei der eichtechnischen Prüfung
- $M_{mp}$    Anzeige des Monitordosimeters bei der Messung mit dem Prüfling
- $M_{mn}$    Anzeige des Monitordosimeters bei der Messung mit dem Normal
- $M_k$      Kontrollanzeige bei der eichtechnischen Prüfung

$M_k^P$  Auf das Datum der eichtechnischen Prüfung bezogene Kontrollanzeige, die aus dem im Geräteprüfschein angegebenen Wert  $M_{k0}^P$  berechnet wird

$J_s, \dot{J}_s$  Richtiger Wert der Meßgröße, der bei der eichtechnischen Prüfung mit dem Normal bestimmt wird

$N^P$  Kalibrierfaktor, der im Geräteprüfschein angegeben ist

$k_n^P$  Korrektionsfaktor, der die Änderung des Kalibrierfaktors bei Abweichungen von den Kalibrierbedingungen berücksichtigt, insbesondere die Abweichung der Strahlenqualität bei der Messung von der Kalibrierstrahlenqualität (vgl. 7.1 (1), 7.2.3), und der im Geräteprüfschein angegeben ist.

Gl. (2) setzt voraus, daß Normaldosimeter und Prüfling Dosismesser sind, und Gl. (3), daß Normaldosimeter und Prüfling Dosisleistungsmesser sind. Wird zur Prüfung eines Dosisleistungsmessers als Normal und als Monitor dosimeter ein Dosismesser verwendet, so ist in Gl. (3)  $\dot{J}_s$  durch  $J_s/t_m$  zu ersetzen, wobei  $t_m$  die Zeitdauer der Messung mit dem Monitor dosimeter bei der Prüflingmessung ist. Zur Verringerung der Meßunsicherheiten sollten Normal- und Monitor dosimeter als Dosismesser betrieben werden.

Bei der eichtechnischen Prüfung sind zur Berechnung von  $q$  nach Gl. (2) bzw. (3)  $M, J_s$  bzw.  $\dot{J}_s$  bzw.  $J_s$  und  $t_m, M_{mn}, M_{mp}$  sowie  $M_k$  zu messen. Die Werte für  $N^P, k_n^P$  und  $M_{k0}^P$  sind dem Geräteprüfschein zu entnehmen.

Der auf den Zeitpunkt der eichtechnischen Prüfung bezogene Kontrollmeßwert  $M_k^P$  (Kontrollanzeige der Dosis in einer vorgegebenen Zeit oder der Dosisleistung) wird aus den im Geräteprüfschein angegebenen und für den Zeitpunkt der Kalibrierung ( $t = 0$ ) gültigen Kontrollmeßwert  $M_{k0}^P$  errechnet nach

$$M_k^P = M_{k0}^P \cdot e^{-\frac{t}{t_{1/2}} \ln 2}$$

Dabei ist

$t$  Zeitspanne zwischen der Messung von  $M_{k0}^P$  (Angabe im Geräteprüfschein) und dem Zeitpunkt der eichtechnischen Prüfung

$t_{1/2}$  Halbwertszeit des Radionuklids der Kontrollvorrichtung.

Ist im Geräteprüfschein eines Dosismessers anstelle der Kontrollanzeige  $M_{k0}^P$  für eine vorgegebene Zeitspanne die Kontrollzeit  $t_{k0}^P$  für eine vorgegebene Anzeige am Dosimeter angegeben, so ist in Gl. (2)  $1/t_k^P$  anstelle von  $M_k^P$  und  $1/t_k$  anstelle von  $M_k$  zu setzen, wobei  $t_k$  die bei der eichtechnischen Prüfung gemessene Kontrollzeit zur Erzeugung der Anzeige ist, auf die sich  $t_k^P$  bezieht. Die Kontrollanzeigen  $M_k$  und  $M_k^P$  sind stets auf die gleiche Kontrollzeit zu beziehen. Erforderlichenfalls sind sie entsprechend umzurechnen.

Bei zeitsparendem Arbeiten kann ein mit dem Normal bestimmter richtiger Wert der Meßgröße mit einigen unmittelbar davor oder danach gemessenen Anzeigen  $M_1, M_2, \dots$  der Prüflinge 1, 2,  $\dots$  zur Bestimmung der Richtigkeit dieser Prüflinge verwendet werden.

Besitzt ein zu prüfender Dosimeter Zeitschwellen, mit denen die Dauer der Dosismessung festgelegt wird, so muß der Quotient  $M/t_s$  aus der gemessenen Dosis  $M$  und der als Zeitschwellenwert  $t_s$  eingestellten Meßzeit innerhalb der Eichfehlergrenzen liegen.  $q$  wird nach Gl. (3) berechnet, wobei in dieser Gleichung  $M/t_s$  anstelle von  $M$  zu setzen ist.

**Fall 2:** Kein Kalibrierfaktor verfügbar, ansonsten wie Fall 1

Ist im Geräteprüfschein kein Kalibrierfaktor angegeben, oder ist es nicht möglich, aus den Angaben im Prüfschein den Kalibrierfaktor für die Strahlenqualität zu ermitteln, bei der geprüft werden soll (vgl. 7.2.3), so sind in Gl. (2) und (3)  $N^P$  und  $k_n^P$  gleich eins zu setzen.

**Fall 3:** Kein Kontrollmeßwert verfügbar, ansonsten wie Fall 1

Gehört zum Dosimeter keine zur Verwendung im eichpflichtigen Verkehr zugelassene Kontrollvorrichtung, oder ist, wenn eine solche Kontrollvorrichtung vorhanden ist, im Geräteprüfschein kein Kontrollmeßwert angegeben, so muß in Gl. (2) und (3) bei offenen Kammern zur Berücksichtigung der Luftdichtänderung in der Kammer

$$\frac{M_k^P}{M_k} = k_D = \frac{p_0 \cdot T}{p \cdot T_0}$$

gesetzt werden. Dabei ist  $T$  die Temperatur in K,  $p$  der Luftdruck in mbar,  $T_0 = 293,2$  K und  $p_0 = 1013$  mbar.

Besitzt das Dosimeter eine Vorrichtung, durch die die Meßwerte mit der Luftdichtekorrektur  $k_D$  korrigiert werden, so sind in Gl. (2) und (3)  $M_k^P$  und  $M_k$  gleich eins zu setzen. Der angezeigte Meßwert  $M$  ist dann der hinsichtlich  $k_D$  korrigierte Wert.

**Fall 4:** Meßtechnische Prüfung ohne Monitor-dosimeter, ansonsten wie Fall 1

Steht für die Prüfung kein Monitor-dosimeter zur Verfügung, so erfolgt die meßtechnische Prüfung folgendermaßen: Normaldosimeter und Prüfling werden in der in 4.1.2 dargestellten Weise angeordnet (s. Bild 3). Nun werden gleichzeitig die Werte  $J_s$  bzw.  $\dot{J}_s$  mit dem Normaldosimeter und  $M$  mit dem Prüfling bestimmt (Messung A). Danach wird die Lage von Normaldosimeter und Prüfling vertauscht und die Messung wiederholt (Messung B). Aus den Messungen A und B werden  $(M/J_s)_A$  bzw.  $(M/\dot{J}_s)_A$  und  $(M/J_s)_B$  bzw.  $(M/\dot{J}_s)_B$  berechnet. Hieraus ergibt sich, wenn Prüfling und Normaldosimeter Dosimeter sind

$$\left(\frac{\bar{M}}{J_s}\right) = \left[ \left(\frac{M}{J_s}\right)_A \cdot \left(\frac{M}{J_s}\right)_B \right]^{1/2}$$

$$q = \left(\frac{\bar{M}}{J_s}\right) \cdot \frac{M_k^P}{M_k} \cdot N^P \cdot k_n^P \quad (4),$$

wenn Prüfling und Normaldosimeter Dosisleistungsmesser sind

$$\left(\frac{\bar{M}}{J_s}\right) = \left[ \left(\frac{M}{J_s}\right)_A \cdot \left(\frac{M}{J_s}\right)_B \right]^{1/2}$$

$$q = \left(\frac{\bar{M}}{J_s}\right) \cdot \frac{M_k^P}{M_k} \cdot N^P \cdot k_n^P \quad (5),$$

und wenn der Prüfling ein Dosisleistungsmesser und das Normaldosimeter ein Dosismesser ist

$$\left(\frac{\overline{M \cdot t_n}}{J_s}\right) = \left[ \left(\frac{M \cdot t_n}{J_s}\right)_A \cdot \left(\frac{M \cdot t_n}{J_s}\right)_B \right]^{1/2}$$

$$q = \left(\frac{\overline{M \cdot t_n}}{J_s}\right) \cdot \frac{M_k^P}{M_k} \cdot N^P \cdot k_n^P \quad (6),$$

Dabei ist  $t_n$  die Zeit, die zur Erzeugung der Dosis  $J_s$  aufgewendet wurde.

## (2) Prüfung bei Gammastrahlung (Meßanordnung s. 4.2)

### a) Bestimmung von $q$

$q$  wird wie bei Röntgenstrahlung mit den Gl. (2) und (3) ermittelt. Da bei Gammastrahlung wegen ihres in der Meßdauer konstanten Photonenstromes kein Monitordosimeter verwendet wird, ist in diesen Gleichungen  $M_{mn} = M_{mp} = 1$  zu setzen.

### b) Bemerkungen zur Prüfung

Im allgemeinen kann beim Arbeiten mit Gammastrahlung dadurch Zeit gespart werden, daß längs des Zentralstrahls des Bündels für die zu verwenden-



den Gammastrahler, Meßabstände und Feldgrößen  $\dot{J}_s$  (einmal) gemessen wird. Diese Werte können dann verwendet werden, um  $\delta$  bei vielen Prüfungen zu ermitteln, und brauchen nicht jedesmal neu bestimmt zu werden, sofern die Meßgeometrie nicht verändert wird. Sie sind in Zeitabständen von einem halben Jahr unter Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls zu überprüfen. Die Abnahme der Aktivität und somit der Dosisleistung der Gammastrahlenquelle kann durch den Korrektionsfaktor

$$k = e^{-\frac{t}{t_{1/2}} \ln 2}$$

berücksichtigt werden, wobei  $t_{1/2}$  die Halbwertszeit des Radionuklids und  $t$  die nach Bestimmung von  $\dot{J}_s$  bis zum Prüftermin verstrichene Zeitspanne ist. Beim Arbeiten mit Röntgenstrahlung ist ein derartiges Vorgehen wegen der Schwankung der Flußdichte der Strahlung nicht möglich.

### 7.3.2.2 Prüfung im Phantom

Dosimeter, die die Wasser-Energiedosis oder -dosisleistung anzeigen, werden im Phantom geprüft.

#### (1) Bestimmung von $q$

$q$  wird in der gleichen Weise bestimmt, wie es in 7.3.2.1 (1) für Röntgenstrahlung und in 7.3.2.1 (2) für Gammastrahlung beschrieben wurde. Dabei sind in diesen Abschnitten die Standard-Ionendosis  $J_s$  bzw. -dosisleistung  $\dot{J}_s$  durch die Wasser-Energiedosis  $D_w$  bzw. die Wasser-Energiedosisleistung  $\dot{D}_w$  zu ersetzen.

#### (2) Bemerkungen zur Prüfung

a) Bei der Prüfung sind die in 5.1 angegebenen Meßbedingungen unter Berücksichtigung von 7.1 (2) einzuhalten.

b) Zur meßtechnischen Prüfung von Flachkammern (s. Tabelle 2), mit denen die Wasser-Energiedosis oder -dosisleistung im Wasserphantom mit Röntgenstrahlen bis zu 100 kV Erzeugungsspannung gemessen wird, ist das zur Kammer gehörende Plexiglasphantom zu verwenden. Es ist vom Antragsteller für die Prüfung zur Verfügung zu stellen. Die Kammer ist hierbei nach den Angaben des Geräteprüfscheines oder der Gebrauchsanleitung so im Phantom anzuordnen, daß sie den Wert der Wasser-Energiedosis oder -dosisleistung mißt. Das bei der Prüfung für das Normal der Eichbehörde verwendete Phantom soll aus Plexiglas sein. Seine Abmessungen sollen senkrecht zum Strahl mindestens 12 cm x 12 cm und in Strahlrichtung mindestens 6 cm betragen.

Die meßtechnische Prüfung von Flachkammern mit Röntgenstrahlung, deren Erzeugungsspannung gleich oder größer als 100 kV ist, oder mit Gammastrahlung erfolgt in der gleichen Weise wie die der Kompaktkammern (s. c)). Dabei ist die Kammer in die hierfür vorgesehene wasserdichte Halterungs-

hülse zu stecken, wenn nichts anderes im Geräteprüfschein oder in der Gebrauchsanleitung vorgeschrieben ist.

c) Bei der meßtechnischen Prüfung der Kompaktkammern werden die Kammer des Normaldosimeters und die des Prüflings unter den gleichen Bedingungen im Wasserphantom der Eichbehörde bestrahlt. Beide Kammern sollten dabei in ihre zugehörigen Halterungshülsen gesteckt werden, wenn nichts anderes in den Geräteprüfscheinen oder den Gebrauchsanleitungen vorgeschrieben ist.

Die Prüfung kann auch in einem Plexiglasphantom unter gleichwertigen Meßbedingungen (s. Tabelle 2) vorgenommen werden, wenn das aufgrund der Bauartprüfung des Dosimeter oder der Kammereinheit zugelassen ist und der Hersteller oder Antragsteller ein geeignetes Plexiglasphantom zur Verfügung stellt.

d) Bei Prüfungen im Wasserphantom ist die Wasser-Energiedosis oder -dosisleistung zu bestimmen (s. 1.3.2). Dabei sind die Kalibrierfaktoren (s. 7.1 (1)) für das Normaldosimeter und den Prüfling zu verwenden, die für die bei dieser Prüfung vorliegenden Meßbedingungen gelten. Normaldosimeter und Prüfling sollen sich bei der Prüfung im gleichen Meßabstand (s. 7.1 (5)) von der Strahlenquelle befinden.

Oftmals unterscheidet sich das Wasserphantomgefäß, das bei der Eichung verwendet wird, in Material und Dicke von dem, in dem der Prüfling kalibriert wurde. Der Unterschied hinsichtlich des Materials und der Dicke der Vorderwand des Phantomgefäßes hat bei Materialien, deren chemische Zusammensetzung der des Wasser ähnlich ist (organische Kunststoffe wie Plexiglas), nur einen vernachlässigbaren Einfluß auf das Ergebnis der Prüfung. Daher ist es ausreichend, anstelle der in flächenbezogenen Massen von  $2,0 \text{ g cm}^{-2}$  bzw.  $5,0 \text{ g cm}^{-2}$  angegebenen Meßtiefen (s. Tabelle 2) die Tiefen  $2,0 \text{ cm}$  bzw.  $5,0 \text{ cm}$  zu verwenden /11/.

Kann nicht die zur Kammer gehörende Halterungshülse bei der Eichung verwendet werden, so dürfen die Unterschiede in der Dicke der Kammerhalterungshülsen, die bei der Kalibrierung des Prüflings und seiner eichtechnischen Prüfung verwendet wurden,  $\pm 1 \text{ mm}$  betragen, um noch vernachlässigt werden zu können.

e) Das Phantom soll so im Strahlenbündel angeordnet sein, daß der Zentralstrahl senkrecht auf die Phantomvorderwand in der Mitte des für den Strahleneintritt vorgesehenen Bereiches einfällt.

f) Weicht die Umgebungstemperatur von der Temperatur im Phantom ab, so gleicht sich letztere nur langsam an die Umgebungstemperatur an. Es dauert beispielsweise etwa 10 Stunden, bis eine anfängliche Temperaturdifferenz von  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  zwischen dem Wasserphantom (Abmessungen  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ ) und seiner Umgebung nur noch etwa  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  beträgt. Bei Temperaturunterschieden zwischen dem Phantom und seiner Umgebung muß

mit der Messung solange gewartet werden, bis die Temperatur am Meßort im Phantom nicht mehr als 0,5 °C von der Umgebungstemperatur abweicht.

g) Bei Wasserphantomen kann sich im Laufe der Zeit das Phantomgefäß verformen. Hierdurch können Fehler in den Meßtiefen entstehen. Daher sind die eingestellten Meßtiefen regelmäßig zu überprüfen.

### 7.3.2.3 Elektrische Prüfung des Anzeigergerätes

#### (1) Anforderung

Die Richtigkeit der Anzeige in den Meßbereichen, die nicht nach 7.3.1 (1) a) überprüft wurden, kann ohne Strahlung allein am Anzeigergerät geprüft werden. Dabei ist die Anforderung 7.3.1 (1) b) einzuhalten.

#### (2) Bemerkungen zur Prüfung

Zur Prüfung wird anstelle der Kammereinheit eine kalibrierte Stromquelle (s. 3.2.1.3) oder eine zum Dosimeter gehörende elektrische Kontrollvorrichtung an das zu prüfende Anzeigergerät angeschlossen. Diese elektrische Kontrollvorrichtung muß von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt hierfür zugelassen und von der Eichbehörde geprüft sein.

Die Nullpunkteinstellung bzw. -anzeige muß in jedem Meßbereich kontrolliert werden. Dabei ist der Eingang abzuschirmen, sofern die Gebrauchsanleitung nichts anderes festlegt. Vor dem Zusammenschalten der elektrischen Stromquelle mit dem Prüfling (Anzeigergerät des Dosimeters) muß sichergestellt werden, daß zwischen den Masseleitungen der beiden Geräte keine Potentialdifferenzen bestehen. Auf gute Erdung und Abschirmung zur Ableitung von Störströmen und zur Beseitigung des Einflusses von Fremdspannungen ist zu achten. Vorsicht ist geboten, wenn der Eingangsverstärker auf Kammer Spannungspotential liegt. In diesem Fall müssen ggf. spezielle Verbindungskabel verwendet werden. Außerdem sollte die Zusammenschaltung nur bei kurzzeitig ausgeschaltetem Anzeigergerät erfolgen.

Nach dem Zusammenschalten der Geräte wird zunächst der Eingang des Anzeigergerätes durch einen möglichst großen Innenwiderstand der Stromquelle (stromerzeugende Spannung gleich Null) belastet und in allen Meßbereichen die Nullpunktanzeige kontrolliert. Eventuell auftretende Nullpunktverschiebungen in den empfindlichen Meßbereichen müssen bei den Messungen mit der Stromquelle berücksichtigt werden. Beträgt die Nullpunktverschiebung im empfindlichen Meßbereich mehr als 2 % des Meßbereich-Endwertes, dann sollte die Prüfung mit größerem Innenwiderstand der Stromquelle erfolgen. Die stromerzeugende Spannung sollte möglichst groß sein, um den Einfluß der Offsetspannung des Prüflings klein zu halten. Durch Umpolung der stromerzeugenden Spannung kann dieser Einfluß ggf. eliminiert werden, indem der Mittelwert aus beiden Anzeigen als Nullpunktanzeige genommen wird.

Besitzt der Prüfling Dosis- oder Dosisleistungsschwellen, so sind diese bei

der meßtechnischen Prüfung wie weitere Meßbereiche zu behandeln. Ihre Werte  $M_s$  dürfen von den am Anzeigergerät gleichzeitig im Bezugsmeßbereich angezeigten Meßwerten  $M$  höchstens um  $\pm 1,0\%$  abweichen (vgl. 7.3.1 (1) b)). Bei dieser Prüfung können die Werte  $M_s$  und  $M$  mit einer elektrischen Stromquelle erzeugt werden. Die Werte von  $M_s$ , für die die entsprechenden Werte von  $M$  außerhalb des Bezugsmeßbereiches von  $M$  liegen, können durch Vergleich der Verhältnisse zweier Schwellenwerte  $M_{s1}/M_{s2}$  mit dem Verhältnis der sie erzeugenden Ströme  $i_1/i_2$  oder der für ihre Erzeugung erforderlichen Zeiten  $t_1/t_2$  bei konstantem Eingangsstrom überprüft werden. Sind im Geräteprüfschein unterschiedliche Kalibrier- oder Korrektionsfaktoren für  $M_s$  und  $M$  angegeben, so gilt obige Forderung für die Abweichung der Schwellenwerte von den angezeigten Meßwerten für die Produkte dieser Werte mit den entsprechenden Kalibrier- oder Korrektionsfaktoren.

### 7.3.3 Kalibrierung eines Dosimeters

Der Kalibrierfaktor  $N$  ist der Kehrwert des Ansprechvermögens  $q$ , also

$$N = \frac{1}{q} .$$

Zur Bestimmung von  $N$  ermittelt man  $q$  nach 7.3.2.1 oder 7.3.2.2 (s. 2.3.4) in jedem verwendeten Meßbereich. Die Ergebnisse der Kalibrierung sind in einem Kalibrierschein festzuhalten (s. 9.1). Dieser muß Angaben über das kalibrierte Dosimeter, den Zeitpunkt der Kalibrierung, den Meßabstand, die Feldgröße und ggf. die Tiefe im Phantom, die klimatischen Bedingungen und die Strahlenqualität enthalten. Bei der Kalibrierung im Phantom sind außerdem das Phantommateriale, die Abmessungen des Phantoms und gegebenenfalls die der Kammerhalterungshülse anzugeben. Außerdem ist die Meßgröße anzugeben, die dem Kalibrierfaktor zugrunde liegt.

## 7.4 Prüfung der Richtigkeit einer Kammereinheit ohne zugehöriges Anzeigergerät

### 7.4.1 Anforderungen

- (1) Eine Kammereinheit kann ohne das zugehörige Anzeigergerät eines geeichten Dosimeters geeicht werden, wenn ein Geräteprüfschein für die Kammereinheit vorliegt.

Bei einer Kammereinheit ohne radioaktive Kontrollvorrichtung müssen im Geräteprüfschein mindestens der Kalibrierfaktor in Dosis- oder Kermaeinheit durch Ladungseinheit und die Kalibrierbedingungen (Strahlenqualität, Bezugswerte für die Lufttemperatur und den Luftdruck etc.) angegeben sein. Diese Kammereinheit darf vom Benutzer nur dann verwendet werden, wenn sie gegen eine Kammereinheit gleicher Bauart ausgetauscht wird, die geeicht

ist und für die Kalibrierfaktoren in Dosis- oder Kermaeinheit durch Ladungseinheit für die gleichen Kalibrierbedingungen angegeben sind.

Bei einer Kammereinheit mit radioaktiver Kontrollvorrichtung müssen im Geräteprüfschein mindestens der Kalibrierfaktor für ein Dosimeter und die Kalibrierbedingungen (s. oben) sowie der Kontrollmeßwert mit Bezugsdatum und das Radionuklid bzw. seine Halbwertszeit angegeben sein.

- (2) Die Prüfung der Richtigkeit einer Kammereinheit ohne das zugehörige Anzeigegerät erfolgt mittels Gl. (1) in Abschnitt 7.3.1 (1). Bei der Eichung muß  $\delta$  innerhalb der Eichfehlergrenzen, bei der Befundprüfung innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen für Therapiedosimeter liegen (vgl. 6.1 und 6.3).

#### 7.4.2 Ausführung der Prüfung

- (1) Bestimmung von  $q$

$q$  wird bei der Prüfung mit Röntgen- und Gammastrahlung, frei in Luft wie auch im Phantom nach den Gleichungen (2) bis (6) ermittelt. Dabei sind die entsprechenden Abschnitte 7.3.2.1 (1), 7.3.2.1 (2) und 7.3.2.2 zu berücksichtigen.  $M$  und  $M_k$  bedeuten hier die Meßwerte, die an dem Meßgerät angezeigt werden, das an die zu prüfende Kammereinheit angeschlossen ist (Ladungsmesser, Dosimeteranzeigegerät, etc.).

- (2) Bemerkungen zur Prüfung

a) Zur Messung von  $M$  und  $M_k$  ist die Kammereinheit an ein geeignetes Anzeigegerät für die Dosis oder Kerma, z. B. das Anzeigegerät des Gebrauchsnormaldosimeters der Eichbehörde, anzuschließen. Zur Prüfung der Richtigkeit einer Kammereinheit sollte ein Ladungsmeßgerät oder das Anzeigegerät eines Dosismessers oder Meßgerätes für die Kerma verwendet werden, weil die Unsicherheit der Meßwerte durch Schwankung der Anzeige dabei viel geringer ist als bei Messung des Stromes bzw. der Dosisleistung oder Kermaleistung.

Das Anzeigegerät sollte einen solchen Meßbereich besitzen, daß die Ableseunsicherheit eines Meßwertes höchstens 0,2 % beträgt und die erforderlichen Meßwerte in angemessener Zeit (s. 7.1 (11)) erzeugt werden können.

b) Zur Messung von  $M$  und  $M_k$  ist stets dasselbe Anzeigegerät zu verwenden. Weichen  $M$  und  $M_k$  erheblich voneinander ab, so ist erforderlichenfalls die Abweichung von der Linearität der Anzeige zu korrigieren. Werden  $M$  und  $M_k$  in verschiedenen Meßbereichen gemessen, so ist erforderlichenfalls der Meßbereichsfaktor zu berücksichtigen. Wenn möglich, so sollten  $M$  und  $M_k$  im gleichen Meßbereich gemessen werden.

Die Kontrollanzeigen  $M_k$  und  $M_k^P$  sind stets auf die gleiche Kontrollzeit zu beziehen. Erforderlichenfalls sind sie entsprechend umzurechnen.

c) Die Kammereinheit muß mit der Kammeranspannung und der Spannungspolarität betrieben werden, die in ihrer Gebrauchsanleitung für sie

angegeben sind. Das anzuschließende Anzeigergerät muß für den Anschluß geeignete Stecker besitzen und die für die Kammer vorgesehene Kammer-  
spannung in der richtigen Polarität liefern. Ist letzteres nicht gegeben, so muß die Kammer-  
spannung aus einer gesonderten Spannungsquelle entnommen werden. Vorsicht ist geboten, wenn die berührbaren elektrisch leitenden Teile der Kammer-  
einheit nicht auf Erdpotential liegen, ggf. sind vom Antragsteller entsprechende Stecker und Schaltbilder anzufordern.

d) Beim Zusammenschalten von Kammer-  
einheit, Anzeigergerät und Kammer-  
spannungsquelle sind Erdungsschleifen zu vermeiden. Erdungs-  
schleifen können zu Nullpunktverschiebungen und größeren Selbstabläufen  
führen. Der Nullpunkt des zusammengeschalteten Meßsystems (Kammer-  
einheit, Anzeigergerät, Kammer-  
spannungsquelle) ist zu prüfen. Der Selbstab-  
lauf (s. 7.1 (7)) des Meßsystems ist nach Vorbestrahlung der Kammer (s. 7.1  
(13)) zu messen.

## 7.5 Prüfung der Kontrollmeßwerte (radioaktive Kontrollvorrichtung)

### 7.5.1 Anforderung

Die für die Verwendung der radioaktiven Kontrollvorrichtung aus dem Wert  $M_{k0}^P$   
im Geräteprüfschein ermittelte Kontrollanzeige  $M_k^P$  (s.7.5.2 (1)) darf höchstens  
um  $\pm 1,5\%$  von dem Wert  $M_k$  abweichen, der bei der eichtechnischen Prüfung  
hierfür bestimmt wurde. Also

$$\left| \left( \frac{M_k}{M_k^P} - 1 \right) \cdot 100 \right| \leq 1,5 \quad (7)$$

Dabei müssen  $M_k^P$  auf das Datum der eichtechnischen Prüfung und  $M_k^P$  sowie  $M_k$   
auf die Temperatur  $+ 20^\circ\text{C}$  und den Luftdruck 1013 mbar bezogen sein (s. 7.5.2  
(2)).

Ist anstelle der Kontrollanzeige  $M_k^P$  für eine vorgegebene Zeit die Kontrollzeit  $t_k^P$   
für eine vorgegebene Anzeige am Dosimeter angegeben, so ist in vorstehender  
Gleichung  $t_k^P/t_k$  anstelle von  $M_k/M_k^P$  zu setzen. Dabei ist  $t_k$  die bei der eichtechni-  
schen Prüfung gemessene Kontrollzeit.

### 7.5.2 Ausführung der Prüfung

- (1) Der vom Hersteller, einem Kalibrierlabor etc. angegebene Kontrollmeßwert  
ist hinsichtlich des radioaktiven Zerfalls des Radionuklids im Zeitraum zwi-  
schen der Messung des angegebenen Kontrollmeßwertes und seiner eich-  
technischen Überprüfung nach 7.3.2.1 (1), Fall 1 zu korrigieren.
- (2) Die angegebene Kontrollanzeige  $M_k^P$  muß auf die Luftdichte bei  $+ 20^\circ\text{C}$  und  
1013 mbar bezogen sein. Wenn das nicht der Fall ist, so muß sie auf diese  
Luftdichte umgerechnet werden. Die auf die Temperatur  $T$  (in Kelvin) und den

Luftdruck  $p$  (in mbar) bezogene Kontrollanzeige  $M_k^P(T, p)$  wird in die Kontrollanzeige  $M_k^P(T_0, p_0)$  umgerechnet nach

$$M_k^P(T_0, p_0) = M_k^P(T, p) \cdot \frac{T \cdot p_0}{T_0 \cdot p}$$

mit  $T_0 = 293,2 \text{ K}$  und  $p_0 = 1013 \text{ mbar}$ .

- (3) Der bei der eichtechnischen Prüfung gemessene Kontrollmeßwert  $M_k$  ist in der gleichen Weise wie  $M_k^P$  nach 7.5.2. (2) auf  $+ 20 \text{ °C}$  und  $1013 \text{ mbar}$  zu beziehen.
- (4) Es ist sorgfältig darauf zu achten, daß in die Öffnung der Kontrollvorrichtung nichts hineinfällt. Da der Abstand zwischen radioaktivem Strahler und Kammer in der Kontrollvorrichtung meist sehr klein ist, können schon kleine Veränderungen der Lage der Kammer in der Kontrollvorrichtung zu merklichen Fehlern führen.
- (5) Wegen ihrer großen Masse benötigt eine radioaktive Kontrollvorrichtung längere Zeit, um nach einer Temperaturänderung die neue Temperatur anzunehmen. Daher muß eine Kontrollvorrichtung längere Zeit vor der Messung des Kontrollmeßwertes bei der Temperatur aufbewahrt werden, die bei der Messung herrscht. Der Angleich der Temperatur der Kontrollvorrichtung an die Umgebungstemperatur ist durch Temperaturmessung in der Kontrollvorrichtung festzustellen. Die Temperatur der Kontrollvorrichtung soll bei der Messung der Kontrollmeßwerte höchstens  $0,5 \text{ °C}$  von der Umgebungstemperatur abweichen.

## 7.6 Überprüfung der Aufzeichnungen über Kontrollmessungen

Der Benutzer eines geeichten Dosimeters muß innerhalb der Nacheichfrist die Kontrollanzeige oder die Kontrollzeit mit der zugehörigen Kontrollvorrichtung messen und die Ergebnisse aufzeichnen, wenn er in den Vorteil einer längeren Nacheichfrist (s. 1.4.2) gelangen will. Diese Kontrollmessungen sind mindestens halbjährlich vorzunehmen. Eine hierfür benutzte Kontrollvorrichtung muß die Kontrolle des gesamten Dosimeters (Kammereinheit und Anzeigegerät) erlauben und den in den PTB-Anforderungen /1/ gestellten Bedingungen genügen. Reicht zur Prüfung aller Meßbereiche des Dosimeters eine radioaktive Kontrollvorrichtung nicht aus, dann kann die Messung mit der radioaktiven Kontrollvorrichtung durch die Messung des relativen Ansprechvermögens der verschiedenen Meßbereiche (Meßbereichsfaktoren) mittels einer elektrischen Kontrollvorrichtung ergänzt werden (s. 7.3.1 (1) b)). Beide Messungen zusammen erlauben eine Kontrolle des gesamten Dosimeters in allen Meßbereichen. Die Bauarten beider Kontrollvorrichtungen müssen von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zur Verwendung mit dem eichpflichtigen Dosimeter zugelassen sein. Die Kontrollmessungen sind nach der Gebrauchsanleitung für das Dosimeter bzw. die Kontrollvorrichtung auszuführen. Die zuständige Eichbehörde kann

nach ihrem Ermessen die Aufzeichnungen dieser Kontrollmessungen überprüfen. Hierzu werden der Eichschein der letzten Eichung, der zum Dosimeter gehörende Prüfschein mit den Kontrollmeßwerten und die Aufzeichnungen über die Ergebnisse der Kontrollmessungen benötigt.

## 7.7 Prüfung einer elektrischen Kontrollvorrichtung

Die elektrische Kontrollvorrichtung eines Dosimeters ist alle 6 Jahre durch die Eichbehörde zu prüfen. Dabei ist ihre Beschaffenheit nach 2.2.1 bzw. 2.3.1 soweit erforderlich zu überprüfen. Der Umfang ihrer meßtechnischen Prüfung und die dabei einzuhaltenden Fehlergrenzen werden bei der Bauartzulassung der Kontrollvorrichtung festgelegt.

Werden bei Kontrollmessungen nach der Eichgültigkeitsverordnung die von der Eichbehörde auf den Anlageblättern zum Eichschein (s. Anhang, Formblätter 4,5) für das Therapiedosimeter angegebenen Grenzwerte nicht eingehalten, so müssen das Dosimeter sowie die radioaktive und die elektrische Kontrollvorrichtung erneut zur Eichung gestellt werden. Dabei sollte zunächst nach 7.3.1 und 7.3.2 geprüft werden, ob das Dosimeter richtig mißt. Ist das der Fall, so ist die elektrische Kontrollvorrichtung zu prüfen.

## 7.8 Berücksichtigung der Meßunsicherheiten

Da die Meßunsicherheit bei der eichtechnischen Prüfung im Vergleich mit den Eichfehlergrenzen nicht vernachlässigt werden kann, ist der durch die Eichfehlergrenzen festgelegte Bereich um die Unsicherheit des Kalibrierfaktors des Gebrauchsnormals der Eichbehörde zu vergrößern. Alle übrigen Beiträge zur Meßunsicherheit, wie z. B. die Unsicherheit der Anzeigen von Normal, Monitor und Prüfling, der Temperatur- und Luftdruckmessung und der geometrischen Anordnung des Prüflings im Strahlenfeld, sind so klein wie möglich zu halten und werden vernachlässigt.

Beispiele:

1. Ermittelter Eichfehler (Abweichung des Meßergebnisses vom richtigen Wert der Meßgröße) nach 7.3  
Eichfehlergrenzen nach 6.1  
Unsicherheit des Kalibrierfaktors des Normals

$$\begin{aligned}\delta &= -3,4 \% \\ \delta_0 &= \pm 3,0 \% \\ u &= \pm 1,2 \%\end{aligned}$$

Ergebnis:  $|\delta| < |\delta_0| + |u|$

Das Dosimeter erfüllt die eichtechnische Anforderung.

2. Ermittelter Eichfehler nach 7.3  
 $\delta_0$  und  $u$  wie Beispiel 1

$$\delta = 4,4 \%$$

Ergebnis:  $|\delta| > |\delta_0| + |u|$

Das Dosimeter erfüllt nicht die eichtechnische Anforderung.



## **8. Rückgabe von Dosimetern**

Ein Dosimeter ist ungeeicht zurückzugeben, wenn die Prüfungen nach 2.2.1 und 2.2.2 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 /12/ aufgeführt sind.

## **9. Aufzeichnungen**

### **9.1 Protokoll der Prüfung**

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

#### **9.1.1 Angaben über den Prüfling**

Hersteller, Typenbezeichnung und Herstellungsnummer für alle Teile des Prüflings. Angabe der Länge des Meßkabels am Prüfling bei der Kalibrierung und der Messung der Kontrollzeit bzw. -anzeige, wenn diese den Meßwert beeinflussen kann.

#### **9.1.2 Angaben über sonstige Meßgeräte**

Angaben über das Normaldosimeter, Monitor-dosimeter und elektrische Meßgeräte (Stromquelle, Ladungsmesser etc.) wie 9.1.1. Angaben über das Monitor-dosimeter sind nur erforderlich, wenn es gegen andere ausgetauscht werden kann.

#### **9.1.3 Angaben über die Prüfung**

##### **9.1.3.1 Datum der Prüfung**

##### **9.1.3.2 Meßanordnung**

Beschreibung der Lage aller Teile der Meßanordnung zueinander, sofern diese beweglich sind. Angabe des Abstandes zwischen dem Meßort und dem Brennfleck der Röntgenröhre bzw. dem geometrischen Mittelpunkt der das radioaktive Material enthaltenden Quellenkapsel.

Angabe des Durchmessers des Strahlenbündels (Feldgröße) am Meßort bei Messungen frei in Luft und an der Phantomoberfläche bei Messungen im Phantom (s. 7.1 (4)).

Bei Phantommessungen Angabe der Meßtiefe sowie des Materials und der Dicke der Phantomvorderwand und der Wand der Kammerhalterungshülse.

### 9.1.3.3 Strahlenqualität

Röntgenstrahlung:

Röhrenspannung, Gesamtfilter (Eigen- und Anpassungsfilter sowie Zusatzfilter),  
1. Halbwertschichtdicke, Röhrenstrom.

Gammastrahlung:

Radionuklid, Kennzeichnung der Quelle.

### 9.1.3.4 Klimatische Bedingungen im Meßraum:

Umgebungstemperatur, Druck der Luft, Luftfeuchte.

### 9.1.3.5 Meßergebnisse der Prüfung:

Bei der Prüfung verwendete Meßbereiche des Prüflings, Normaldosimeters und gegebenenfalls des Monitordosimeters und der elektrischen Prüfmittel (Normalstromquelle etc.),

Kontrollzeiten bzw. -anzeigen,

Meßwerte am Prüfling und Normaldosimeter sowie die Meßgröße,

Meßwerte der elektrischen Prüfung.

## 9.2 Eichschein

- (1) Ein Eichschein muß von der Eichbehörde ausgestellt werden. Darin wird die Zusammengehörigkeit der Dosimeterteile (Kammereinheiten, Anzeigegerät und Kontrollvorrichtungen) durch Angabe ihrer Gerätenummer festgelegt. Außerdem ist anzugeben, ob das Dosimeter als Therapie- oder als Strahlenschutzdosimeter geeicht worden ist. Im letzteren Falle ist ein für Strahlenschutzdosimeter gebräuchliches Formblatt zu verwenden. Die Meßgröße (s. 1.3.2), hinsichtlich der die Eichung erfolgt, ist anzugeben.
- (2) Gehören zum Dosimeter eine radioaktive oder eine radioaktive und elektrische Kontrollvorrichtung, so sind dem Eichschein (Formblatt 1) die entsprechenden Anlageblätter (Formblatt 4 oder 4 und 5) beizulegen, in die die Eichbehörde die zulässigen Grenzen für die Kontrollmeßwerte und der Gerätebenutzer die Ergebnisse seiner Kontrollmessungen nach § 2 der Eichgültigkeitsverordnung eintragen kann.

Das Ergebnis der Eichung einer Kammereinheit (ohne zugehöriges Anzeigegerät) und der ihr zugeordneten radioaktiven Kontrollvorrichtung wird dem Antragsteller unter Verwendung des Formblattes 2 mitgeteilt.

Ist eine elektrische Kontrollvorrichtung einem bestimmten Dosimeter nicht fest zugeordnet, sondern auch in Verbindung mit anderen Anzeigegeräten verwendbar, so ist das Ergebnis der Prüfung der Kontrollvorrichtung nach 7.7 dem Antragsteller unter Verwendung des Formblattes 3 mitzuteilen.

## 10. Literatur

- /1/ Anforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt an Therapedosimeter mit Ionisationskammern für die Zulassung zur Eichung, vom 1. September 1982; PTB-Mitt. **93** (1983), S. 176.
- /2/ DIN 6817, z. Zt. Entwurf.
- /3/ DIN 6814, Teil 3, z. Zt. Entwurf.
- /4/ Zweite Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 12. Dezember 1977; BGBl. I, S. 2537.
- /5/ DIN 6814, Teil 2, vom Januar 1980.
- /6/ Verordnung zur Änderung der Zweiten und Dritten Verordnung über die Eichpflicht von Meßgeräten vom 21. Dezember 1979. BGBl. I, S. 2347.
- /7/ Vierte Verordnung zur Änderung der Eichgültigkeitsverordnung vom 16. Juni 1983; BGBl. I, S. 707.
- /8/ DIN 6814, Blatt 6, vom Oktober 1963.
- /9/ Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy. Brit. J. Radiol., Suppl. 17 (1983).
- /10/ Kernenergie **11** (1968), Beilage S. B 243 – B 334.
- /11/ Schneider, U., PTB-Jahresbericht 1984, in Vorbereitung.
- /12/ Eichanweisung, Allgemeine Vorschriften, vom 12. Juni 1973; Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 117, vom 28. Juni 1973.

# Anhang

## 1. Strahlenqualitäten zur Prüfung von Therapedosimetern

Tabelle 5: Strahlenqualitäten

Kurzzeichen	Röhren- gleichspannung in kV	Feste Filter*) in mm	Zusatzfilter in mm	Halbwert- dicke**) in mm
T 7,5	7,5	1,5 Be	–	0,02 Al
T 10	10	1,5 Be	–	0,03 Al
T 15	15	1,5 Be	0,05 Al	0,07 Al
T 20	20	1,5 Be	0,15 Al	0,11 Al
T 30	30	1,5 Be	0,50 Al	0,36 Al
T 40	40	1,5 Be	0,80 Al	0,71 Al
T 50	50	1,5 Be	1,0 Al	0,94 Al, 0,03 Cu
T 70	70	4,0 Al	–	2,8 Al, 0,09 Cu
T 100	100	4,0 Al	0,5 Al	4,4 Al, 0,17 Cu
T 120	120	4,0 Al	2,0 Al	0,28 Cu
T 140	140	4,0 Al	5,0 Al	0,50 Cu
T 150	150	4,0 Al	0,5 Cu	0,85 Cu
T 200	200	4,0 Al	1,0 Cu	1,65 Cu
T 250	250	4,0 Al	1,6 Cu	2,5 Cu
T 280	280	4,0 Al	3,0 Cu	3,4 Cu
Gamma- strahlung Nuklid	Energie in keV			
<sup>137</sup> Cs	662	–	–	–
<sup>60</sup> Co	1170 + 1332	–	–	–

\*) Die feste Filterung besteht aus dem Härtinggleichwert der Röntgenröhre und einem Anpassungsfilter. Zur Unterdrückung der Fluoreszenzstrahlung sollten sich bei Verwendung von Kupferfiltern mindestens 0,5 mm Aluminium des Anpassungsfilters zwischen dem Kupferfilter und der Ionisationskammer befinden.

\*\*) Die angegebenen Werte sind Richtwerte. Die wahren Werte der Halbwertdicke können je nach verwendeter Röntgeneinrichtung um einige Prozent von den Richtwerten abweichen.

**2. Beispiel für Formblätter**

**Formblatt 1**

Eichamt .....

**Eichschein**

Nr. ....

für Therapedosimeter

Antragsteller .....

Dieser Eichschein umfaßt die Seiten 1 bis .....

Zu diesem Schein gehören die folgenden Anlagen:

- Kontrollmessungen mit radioaktiver Kontrollvorrichtung
- Kontrollmessungen mit elektrischer Kontrollvorrichtung
- 

Sie sind Bestandteil dieses Eichscheinnes.

Bei der Eichung wurden die Angaben des Geräteprüfscheinnes

Kennzeichnung .....

ausgefertigt von ..... Datum .....

verwendet.

**1. Bestandteile des Prüflings**

Lfd. Nr.	Bestandteil	Typ	Zulassungszeichen	Hersteller	Geräte-Nr.*
1	Anzeigegerät				
	Kammereinheit				
	Radioaktive Kontrollvorrichtung				
	Elektrische Kontrollvorrichtung				

\* Bei radioaktiven Kontrollvorrichtungen sind ggf. die Gerätenummern des Prüfstrahlers und des Prüfstrahlerhalters anzugeben.

Verbindungskabel zwischen Kammereinheit und Anzeigegerät:

Länge ca. .... m

Eichscheine ohne Unterschrift und ohne Dienstsiegel haben keine Gültigkeit. Die Eichscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge und Änderungen bedürfen der Genehmigung der Eichbehörde.

## 2. Ergebnis der Prüfung

Bei der Prüfung wurden die für die Eichung geltenden Fehlergrenzen eingehalten. Das Dosimeter darf im eichpflichtigen Verkehr zur Messung folgender dosimetrischer Größen verwendet werden:

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Wasser-Energiedosis | <input type="checkbox"/> Wasser-Energiedosisleistung |
| <input type="checkbox"/> Wasserkerma         | <input type="checkbox"/> Wasserkermaleistung         |
| <input type="checkbox"/> Luftkerma           | <input type="checkbox"/> Luftkermaleistung           |
| <input type="checkbox"/> Standard-Ionendosis | <input type="checkbox"/> Standard-Ionendosisleistung |

## 3. Stempelung

Der Hauptstempel wurde auf der Frontseite des unter 1. Lfd. Nr. .... angegebenen Anzeigergerätes angebracht.

Mit dem Eichzeichen wurden die folgenden unter 1. angegebenen Zusatzeinrichtungen und Kammereinheiten versehen:

Lfd. Nr. ...., ...., ...., ...., ...., ...., ...., ...., ...., ...., ...., ...., ...., ...., ....

Sicherungsstempel wurden an folgenden unter 1. genannten Bestandteilen angebracht:

Lfd. Nr. ...., .... Sicherungsstempel

"	...., ....	"
"	...., ....	"
"	...., ....	"
"	...., ....	"
"	...., ....	"
"	...., ....	"
"	...., ....	"
"	...., ....	"
"	...., ....	"

## 4. Gültigkeit der Eichung

Die Eichung der unter 1. angegebenen Geräte ist nur gültig, wenn die im Geräteprüfschein angegebenen Werte bei der Verwendung der Geräte berücksichtigt werden.

Die Gültigkeit der Eichung endet mit Ablauf des im Hauptstempel angegebenen Kalenderjahres. Sie verlängert sich bis , wenn Kontrollmessungen entsprechend der Verordnung über die Gültigkeitsdauer der Eichung durchgeführt und die Ergebnisse in den Anlageblättern zu diesem Eichschein mindestens halbjährlich im gesamten Zeitraum aufgezeichnet werden.

Für Kontrollmessungen darf nur die zur Kammereinheit gehörende radioaktive Kontrollvorrichtung benutzt werden. Wird zur Ergänzung der Kontroll-

messungen mit der radioaktiven Kontrollvorrichtung das Anzeigegerät mit einer elektrischen Kontrollvorrichtung überprüft, so muß diese hierfür zugelassen und von der Eichbehörde geprüft sein.

Die Gültigkeit der Eichung erlischt vorzeitig, wenn das Therapiedosimeter verändert wird, Stempel verletzt oder unkenntlich geworden sind oder bei Kontrollmessungen die von der Eichbehörde auf den Anlageblättern angegebenen Grenzwerte nicht eingehalten werden.

5. Nacheichung

Die Nacheichung hat im Laufe des im Hauptstempel angegebenen Kalenderjahres zu erfolgen, sofern nicht die Gültigkeit der Eichung (siehe Abschnitt 4) verlängert worden ist. Sie kann entfallen, wenn das Dosimeter nach § 2 (2) Nr. 16 der Eichgültigkeitsverordnung regelmäßig von fachkundigen bestellten Personen kalibriert wird. Zur Nacheichung sind der Geräteprüfschein, dieser Eichschein und ggf. seine Anlagen vorzulegen.

Ort und Tag der Eichung .....

(Unterschrift)

(Dienstsiegel)





Eichamt .....

**Eichschein**

Nr. ....

für eine Kammereinheit mit radioaktiver Kontrollvorrichtung

Antragsteller .....

Dieser Eichschein umfaßt 2 Seiten.

Bei der Eichung wurden die Angaben des Geräteprüfscheines

Kennzeichnung .....

ausgefertigt von ..... Datum .....

verwendet.

**1. Bestandteile des Prüflings**

Lfd. Nr.	Bestandteil	Typ	Zulassungszeichen	Hersteller	Geräte-Nr.*
1	Kammereinheit				
2	Radioaktive Kontrollvorrichtung				

\* Bei radioaktiven Kontrollvorrichtungen sind ggf. die Gerätenummern des Prüfstrahlers und des Prüfstrahlerhalters anzugeben.

**2. Ergebnis der Prüfung**

Bei der Prüfung wurden die für die Eichung geltenden Fehlergrenzen eingehalten. Die Kammereinheit darf im eichpflichtigen Verkehr zur Messung folgender dosimetrischer Größen verwendet werden:

- Wasser-Energiedosis und Wasser-Energiedosisleistung
- Wasserkerma und Wasserkermaleistung
- Luftkerma und Luftkermaleistung
- Standard-Ionendosis und Standard-Ionendosisleistung

Die Richtigkeit des Meßwertes der Ausgangsgröße der Kammereinheit wurde unter Berücksichtigung des folgenden, im Geräteprüfschein vorgegebenen Kontrollmeßwertes überprüft: .....

Eichscheine ohne Unterschrift und ohne Dienstsiegel haben keine Gültigkeit. Die Eichscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge und Änderungen bedürfen der Genehmigung der Eichbehörde.

3. Stempelung

Der Hauptstempel            wurde auf der Kammereinheit angebracht.

Mit dem Eichzeichen        wurden die folgenden unter 1. angegebenen Zusatz-einrichtungen versehen:

Lfd. Nr.    ....., ....., ....., ....., ....., ....., ....., ....., .....

Sicherungsstempel wurden an folgenden unter 1. genannten Bestandteilen angebracht:

Lfd. Nr.....,        ..... Sicherungsstempel

"        .....,        .....        "

"        .....,        .....        "

4. Gültigkeit der Eichung

Die Eichung der unter 1. angegebenen Geräte ist nur gültig, wenn die im Geräteprüfschein angegebenen Werte bei der Verwendung der Geräte berücksichtigt werden und die Kammereinheit mit einem Anzeigegerät betrieben wird, das hierfür zugelassen und geeicht ist. Diese Kammereinheit darf vom Benutzer nur dann verwendet werden, wenn sie gegen eine Kammereinheit gleicher Bauart ausgetauscht wird, die geeicht ist.

Die Gültigkeit der Eichung endet mit Ablauf des im Hauptstempel angegebenen Kalenderjahres. Die Gültigkeit der Eichung erlischt vorzeitig, wenn die Kammereinheit oder die Kontrollvorrichtung verändert wird, Stempel verletzt oder unkenntlich geworden sind.

5. Nacheichung

Die Nacheichung hat im Laufe des im Hauptstempel angegebenen Kalenderjahres zu erfolgen, sofern sie nicht nach § 2 (2) Nr. 16 der Eichgültigkeitsverordnung entfällt. Zur Nacheichung sind der Geräteprüfschein und dieser Eichschein vorzulegen.

Ort und Tag der Eichung .....

(Unterschrift)

(Dienstsiegel)

Eichamt .....

**Eichschein**

Nr. ....

für eine Kammereinheit ohne radioaktive Kontrollvorrichtung

Antragsteller .....

Dieser Eichschein umfaßt 2 Seiten.

Bei der Eichung wurden die Angaben des Geräteprüfscheines

Kennzeichnung .....

ausgefertigt von ..... Datum .....  
verwendet.

1. Angaben zur Kammereinheit

Typ	Zulassungszeichen	Hersteller	Geräte-Nr.

2. Ergebnis der Prüfung

Bei der Prüfung wurden die für die Eichung geltenden Fehlergrenzen eingehalten. Die Kammereinheit darf im eichpflichtigen Verkehr zur Messung folgender dosimetrischer Größen verwendet werden:

- Wasser-Energiedosis und Wasser-Energiedosisleistung
- Wasserkerma und Wasserkermaleistung
- Luftkerma und Luftkermaleistung
- Standard-Ionendosis und Standard-Ionendosisleistung

---

Eichscheine ohne Unterschrift und ohne Dienstsiegel haben keine Gültigkeit. Die Eichscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge und Änderungen bedürfen der Genehmigung der Eichbehörde.

3. Stempelung

Der Hauptstempel wurde auf der Kammereinheit angebracht.

4. Gültigkeit der Eichung

Die Eichung der unter 1. angegebenen Geräte ist nur gültig, wenn die im Geräteprüfschein angegebenen Werte bei der Verwendung der Geräte berücksichtigt werden und die Kammereinheit mit einem Anzeigegerät betrieben wird, das hierfür zugelassen und geeicht ist. Diese Kammereinheit darf vom Benutzer nur dann verwendet werden, wenn sie gegen eine Kammereinheit gleicher Bauart ausgetauscht wird, die geeicht ist und für die Kalibrierfaktoren in Dosis- oder Kermaeinheit durch Ladungseinheit oder in Dosisleistungs- oder Kermaleistungseinheit durch Stromeinheit für die gleichen Kalibrierbedingungen angegeben sind.

Die Gültigkeit der Eichung endet mit Ablauf des im Hauptstempel angegebenen Kalenderjahres. Die Gültigkeit der Eichung erlischt vorzeitig, wenn die Kammereinheit oder die Kontrollvorrichtung verändert wird, Stempel verletzt oder unkenntlich geworden sind.

5. Nacheichung

Die Nacheichung hat im Laufe des im Hauptstempel angegebenen Kalenderjahres zu erfolgen, sofern sie nicht nach § 2 (2) Nr. 16 der Eichgültigkeitsverordnung entfällt. Zur Nacheichung sind der Geräteprüfschein und dieser Eichschein vorzulegen.

Ort und Tag der Eichung .....

(Unterschrift)

(Dienstsiegel)

Eichamt .....

**Prüfschein**


Nr. ....

Gegenstand: Elektrische Kontrollvorrichtung

Antragsteller:



Hersteller:

Bauart:

Zulassungs-  
zeichen 

Stempelung: Die elektrische Kontrollvorrichtung als Zusatzeinrichtung zu Anzeigegeräten von Dosimetern ist mit dem Eichzeichen gekennzeichnet und mit ..... Sicherungsstempeln versehen.

Die elektrische Kontrollvorrichtung ist für folgende Bauarten von Anzeigegeräten geeichter Dosimeter geeignet; sie ist in Verbindung mit einer hierfür zugelassenen radioaktiven Kontrollvorrichtung zur Verwendung nach der Eichgültigkeitsverordnung vom 5. August 1976 (BGBl. I S. 2082) zugelassen:

.....  ; ..... 

Die Prüfung erfolgte gemäß dem Zulassungsschein der PTB Nr. ....

Ergebnis: Bei der Prüfung wurden die vorgeschriebenen Fehlergrenzen eingehalten.

Gültigkeit  
der Prüfung: Die Gültigkeit der Prüfung erlischt mit Ablauf des 6. Jahres nach der hier bescheinigten Prüfung oder vorzeitig, wenn die Kontrollvorrichtung verändert wird, Stempel verletzt oder unkenntlich geworden sind oder bei Kontrollmessungen die von der Eichbehörde auf den Anlageblättern zum Eichschein für das Therapiedosimeter angegebenen Grenzwerte nicht eingehalten werden.

Ort und Tag der Prüfung: .....

(Unterschrift)

(Dienstsiegel)



Anlage Nr. .... zum Eichschein Nr. .... des Eichamtes .....

**Kontrollmessungen mit der radioaktiven Kontrollvorrichtung  
zur Verlängerung der Gültigkeit der Eichung nach der  
Eichgültigkeitsverordnung**

Aufzeichnung der Dosisleistungen/Kermaleistungen

Radioaktive Kontrollvorrichtung Typ ..... Geräte-Nr. ....

Kammereinheit Typ ..... Geräte-Nr. ....

Anzeigegerät Typ ..... Geräte-Nr. ....

Kontrollmeßwert lt. Geräteprüfschein: ..... vom .....

Kontrollanzeige (20 °C, 1013 mbar) am .....  $M_K^P =$  .....

Meßbereich: ..... Bezugsdatum für Kontrollanzeigen: .....

$$k_D = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_0}{p}; \quad T \text{ in K}; p \text{ in mbar}; T_0 = 293,2 \text{ K}; p_0 = 1013 \text{ mbar}$$

$$k_z = e^{\frac{t \cdot \ln 2}{t_{1/2}}}; \quad t \text{ Zeitraum zwischen Datum der Messung und Bezugsdatum}$$

$t_{1/2} = \dots$  Jahre (Halbwertszeit des Radionuklids)

Kontrollanzeige  $M_K$

Datum	Temp. in °C	Druck in mbar	$M_K$ in	$k_D$	$k_z$	$M_K^i = M_K \cdot k_D \cdot k_z$ in	Unterschrift
						$M_{Kmin}^i =$ $M_{Kmax}^i =$	Eichamt
							Benutzer

Die Gültigkeit der Eichung erlischt, wenn die angegebenen Grenzwerte von  $M_K^i$  unter- oder überschritten werden.





Anlage Nr. .... zum Eichschein Nr. .... des Eichamtes .....

**Kontrollmessungen mit der radioaktiven Kontrollvorrichtung  
zur Verlängerung der Gültigkeit der Eichung nach der  
Eichgültigkeitsverordnung**  
Aufzeichnung der Dosis/Kerma

Radioaktive Kontrollvorrichtung      Typ ..... Geräte-Nr. ....  
Kammereinheit                              Typ ..... Geräte-Nr. ....  
Anzeigergerät                                Typ ..... Geräte-Nr. ....

Kontrollmeßwert lt. Geräteprüfschein: ..... vom .....  
Kontrollanzeige (20 °C, 1013 mbar) am .....  $M_k^P =$  .....  
für die Kontrollzeit  $t_k^P =$  .....<sup>s</sup>

Meßbereich: ..... Bezugsdatum für Kontrollanzeigen: .....

$$k_D = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_0}{p}; \quad T \text{ in K}; p \text{ in mbar}; T_0 = 293,2 \text{ K}; p_0 = 1013 \text{ mbar}$$

$$k_z = e^{\frac{t \cdot \ln 2}{t_{1/2}}}; \quad t \text{ Zeitraum zwischen Datum der Messung und Bezugsdatum}$$

$t_{1/2} = \dots$  Jahre (Halbwertszeit des Radionuklids)

Kontrollanzeige  $M_K$  für die vorgegebene Meßzeit (Kontrollzeit  $t_k^P$ )

Datum	Temp. in °C	Druck in mbar	$M_k$ in	$k_D$	$k_z$	$M'_K = M_K \cdot k_D \cdot k_z$ in	Unterschrift
						$M'_{Kmin} =$ $M'_{Kmax} =$	Eichamt
							Benutzer

Die Gültigkeit der Eichung erlischt, wenn die angegebenen Grenzwerte von  $M'_K$  unter- oder überschritten werden.



Anlage Nr. .... zum Eichschein Nr. .... des Eichamtes .....

**Kontrollmessungen mit der radioaktiven Kontrollvorrichtung  
zur Verlängerung der Gültigkeit der Eichung nach der  
Eichgültigkeitsverordnung**  
Aufzeichnung der Kontrollzeiten

Radioaktive Kontrollvorrichtung Typ ..... Geräte-Nr. ....  
Kammereinheit Typ ..... Geräte-Nr. ....  
Anzeigegerät Typ ..... Geräte-Nr. ....

Kontrollmeßwert lt. Geräteprüfschein: ..... vom .....

Kontrollzeit (20 °C, 1013 mbar) am .....  $t_k^P = \dots\dots\dots$  s  
für die Kontrollanzeige  $M_k^P = \dots\dots\dots$

Meßbereich: ..... Bezugsdatum für Kontrollzeiten: .....

$$k_D = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{p_0}{p}; \quad T \text{ in K}; p \text{ in mbar}; T_0 = 293,2 \text{ K}; p_0 = 1013 \text{ mbar}$$

$$k_z = e^{\frac{t \cdot \ln 2}{t_{1/2}}}; \quad t \text{ Zeitraum zwischen Datum der Messung und Bezugsdatum}$$

$t_{1/2} = \dots$  Jahre (Halbwertszeit des Radionuklids)

Kontrollzeit  $t_k$  für die vorgegebene Kontrollanzeige  $M_k^P$

Datum	Temp. in °C	Druck in mbar	$t_k$ in s	$k_D$	$k_z$	$t'_K = t_k / (k_D \cdot k_z)$ in	Unterschrift
						$t'_{Kmin} =$ $t'_{Kmax} =$	Eichamt
							Benutzer

Die Gültigkeit der Eichung erlischt, wenn die angegebenen Grenzwerte von  $t'_K$  unter- oder überschritten werden.



Anlage Nr. .... zum Eichschein Nr. .... des Eichamtes .....

**Kontrollmessungen mit der elektrischen Kontrollvorrichtung am Anzeigegerät des Dosimeters**

Anzeigegerät: Typ ..... Geräte-Nr. ....; Typ ..... Geräte-Nr. ....

Elektrische Kontrollvorrichtung: Typ .....

Datum	El. Kontroll- vorrichtung Geräte-Nr.	Meßkanal	Anzeigen in den Meßbereichen				Auswertung* $k_1 = M_{II}/M_I$   $k_2 = M_{III}/M_I$   $k_3 = M_{IV}/M_I$ ..... $\leq k_1 \leq$ ..... $\leq k_2 \leq$ ..... $\leq k_3 \leq$ .....	Unterschrift
			I $M_I$	II $M_{II}$	III $M_{III}$	IV $M_{IV}$		

\* Die Gültigkeit der Eichung erlischt, wenn die angegebenen Grenzwerte von  $k_1$ ,  $k_2$  und  $k_3$  überschritten werden.

