

**Dosimeter mit Ionisationskammern
für Photonen- und Elektronenstrahlung
zur Verwendung in der Strahlentherapie
Regeln für die Herstellung**

DIN
6817

Dosimeters with ionization chambers for photon and electron radiation in radio-
therapy; rules for manufacture

Ersatz für Ausgabe 10.63

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

Zusammenhang mit der von der International Electrotechnical Commission (IEC) herausgegebenen Internationalen Norm IEC 731 (1982) siehe Erläuterungen.

Die Norm enthält die Festlegung der Anforderungen an Dosimeter mit Ionisationskammern für alle in der Strahlentherapie verwendeten Energiebereiche von Photonen- und Elektronenstrahlung. Der Grundgedanke ist, die Anforderungen auf das medizinisch Notwendige zu beschränken und zugleich so zu formulieren, daß die Überprüfung ihrer Einhaltung ¹⁾ technisch realisierbar ist. Die Norm enthält ferner Anforderungen an Kontrollvorrichtungen für Dosimeter, an die Kennzeichnung und Beschriftung der Geräte, an Gebrauchsanleitungen und Prüfprotokolle. In Anhängen werden Strahlenqualitäten zur Kalibrierung, Beschriftungssymbole sowie schließlich Regeln zur Bestimmung von Meßunsicherheiten bei Dosimetern behandelt.

Die vorliegende Norm kann als Grundlage für die Erfüllung von Forderungen dienen, die in drei neueren Verordnungen der Bundesrepublik Deutschland niedergelegt worden sind:

1. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung – RöV) vom 1. März 1973 (Bundesgesetzblatt I, S. 173–192),
2. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 13. Oktober 1976 (Bundesgesetzblatt I, S. 2905–2995),
3. Zweite Verordnung über die Eichpflicht von Meßgeräten vom 6. August 1975 (Bundesgesetzblatt I, S. 2161–2162) mit Änderungsverordnung vom 21. Dezember 1979 (Bundesgesetzblatt I, S. 2347).

Die beiden erstgenannten Verordnungen verlangen den Einsatz von Dosimetern an Anlagen zur Behandlung von Menschen mit Strahlung. Nach der zuletzt genannten Verordnung sind Therapiedosimeter vom 1. Januar 1983 an eichpflichtig und müssen zwecks Zulassung zur Eichung einer Bauartprüfung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt unterzogen werden. Die vorliegende Norm wird hierbei dienlich sein.

¹⁾ Zu den Abschnitten 4.2.4 und 4.3.4 (Fokus-Kammer-Abstand) sowie 4.4.6 (Äußere Störfelder) konnten Hinweise zur Prüfung der Anforderung noch nicht gegeben werden. Das soll später nachgeholt werden.

Fortsetzung Seite 2 bis 34

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

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck, Meßgrößen und Einheiten	2	5.15 Betriebslage	17
1.1 Anwendungsbereich und Zweck	2	5.16 Temperatur	17
1.2 Meßgrößen und Einheiten	2	5.17 Luftfeuchte	17
2 Begriffe	2	5.18 Streustrahlungseffekt	17
3 Allgemeine Anforderungen	3	5.19 Batterieversorgung	18
3.1 Prüfverfahren	3	5.20 Netzversorgung	18
3.2 Nenngebrauchsbereich der Dosisleistung	3	5.21 Netzstörungen	18
3.3 Prüfung auf Einhaltung der Garantiefehlergrenzen	3	5.22 Rückwirkung angeschlossener Geräte	18
3.4 Nachregeln während der Prüfung	3	6 Kontrollvorrichtung	18
3.5 Bezugswerte	3	6.1 Allgemeines	18
3.6 Prüfwerte	3	6.2 Kontrollvorrichtung für das Anzeigergerät	18
3.7 Tabellarische Übersicht	3	6.3 Kontrollvorrichtung für das Gesamtgerät	19
4 Kammereinheit	7	6.4 Wiederholbarkeit der Messungen mit Kontrollvorrichtung für das Gesamtgerät	19
4.1 Allgemeine Anforderungen	7	7 Kennzeichnung und Beschriftung	19
4.2 Kompaktkammer (Fingerhutkammer)	8	7.1 Kammereinheit	19
4.3 Flachkammer (Weichstrahlkammer und Elektronenkammer)	9	7.2 Anzeigergerät	19
4.4 Kabelverbundene Kammer	10	7.3 Kontrollvorrichtung	19
4.5 Kondensatorkammer	11	8 Gebrauchsanleitung	20
4.6 Offene Ionisationskammer	13	8.1 Allgemeines	20
4.7 Geschlossene Ionisationskammer	14	8.2 Spezielle Kenndaten	20
5 Anzeigergerät	14	8.3 Kammereinheit	20
5.1 Einleitung	14	8.4 Anzeigergerät	20
5.2 Allgemeiner Aufbau	14	8.5 Elektrische Kontrollvorrichtung	21
5.3 Anzeige	15	8.6 Radioaktive Kontrollvorrichtung	21
5.4 Meßbereich	15	9 Prüfscheine	21
5.5 Nenngebrauchsbereich und Meßbereich der Eingangsströme	15	9.1 Allgemeines	21
5.6 Ablesunsicherheit	15	9.2 Kalibrierbedingungen	21
5.7 Wiederholbarkeit	16	9.3 Korrekturfaktoren für Einflußgrößen	21
5.8 Nullpunkteinstellung, Nullpunktwanderung und Nullpunktverschiebung	16	9.4 Kennzeichnung der Teile	21
5.9 Leckstrom im Anzeigergerät von Dosismessern	16	9.5 Prüfschein zur radioaktiven Kontrollvorrichtung	22
5.10 Anlaufzeit	17	Anhang A Begriffe	22
5.11 Linearitätsabweichung	17	Anhang B Bestimmung von Meßunsicherheiten	24
5.12 Bereichsumschaltung	17	Anhang C Strahlenqualitäten zur Kalibrierung von Dosimetern mit Ionisationskammern	28
5.13 Totzeit	17	Anhang D Graphische Symbole	29
5.14 Einstellzeit	17	Stichwortverzeichnis	34

1 Anwendungsbereich und Zweck, Meßgrößen und Einheiten

1.1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für Dosimeter mit Ionisationskammern zur Messung von Röntgen-, Gamma- und Elektronenstrahlung in der Strahlentherapie, für Photonenstrahlung mit Grenzenergien von 5 keV bis 50 MeV, und Elektronenstrahlung mit Anfangsenergien von 1 MeV bis 50 MeV, für einen Bereich der Energiedosis von etwa 10^{-2} Gy bis 10^2 Gy (1 rd bis 10^4 rd) oder der Ionendosis von $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg bis 2,58 C/kg (1 R bis 10^4 R) und für einen Bereich der Energiedosisleistungen von etwa 10^{-4} Gy/s bis 1 Gy/s (10^{-2} rd/s bis 10^2 rd/s) oder der Ionendosisleistung von $2,58 \cdot 10^{-6}$ A/kg bis $2,58 \cdot 10^{-2}$ A/kg (10^{-2} R/s bis 10^2 R/s).

Die Norm gilt für Dosimeter, die hinsichtlich ihrer Meßunsicherheit der Referenzklasse oder der Gebrauchsklasse (siehe Abschnitt 2) angehören und die zur Messung im Strahlungsfeld in Luft oder im Phantom bestimmt sind.

1.2 Meßgrößen und Einheiten

Meßgrößen sind für Messungen im Wasserphantom die Wasserenergiedosis D_w , für Messungen in Luft die Luftkerma $K_a^{(2)}$ und die Standard-Ionendosis J_s sowie die die-

sen Größen jeweils entsprechenden Dosis- und Kerma-Leistungsgrößen. Die Definitionen der Dosisgrößen sind in DIN 6814 Teil 3 angegeben, die Meßverfahren in DIN 6800 Teil 1 und Teil 2 beschrieben.

2 Begriffe

Die in dieser Norm verwendeten Begriffe sind (wie in IEC 731, 1982) im Anhang A wiedergegeben. Mit Ausnahme einiger dieser Begriffe, die im Sinne dieser Norm mit einer etwas eingeschränkten Bedeutung gebraucht werden und daher keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen, sind sie im Einklang mit den Begriffen der Publikation IEC 359 (1971) „Expression of the Functional Performance of Electronic Measuring Equipment“ und dem OIML Vocabulaire de Métrologie Légale – Termes Fondamentaux (1978).

Die in Klammern angegebenen englischen Benennungen im Anhang A sind der Publikation IEC 731 (1982) entnommen.

Begriffe, die im Anhang A nicht definiert sind, sind in den deutschen Normen enthalten, die in dem Verzeichnis „Zitierte Normen und andere Unterlagen“ aufgeführt sind,

²⁾ Der Index *a* steht für das englische Wort „air“.

oder sie entsprechen dem allgemein üblichen wissenschaftlichen Gebrauch.

Werden in dieser Norm in bezug auf die Wirkung von Einflußgrößen Garantiefehlerrgrenzen (siehe Abschnitt A.3.12) durch die Angabe $\pm x\%$ ($\pm y\%$) gekennzeichnet, so bezieht sich die erste Zahl, $\pm x\%$, auf Dosimeter der Referenzklasse und die zweite Zahl, $\pm y\%$, auf Dosimeter der Gebrauchsklasse (siehe Abschnitte A.1.1 und A.1.2).

3 Allgemeine Anforderungen

Damit das vollständige Dosimeter den Anforderungen dieser Norm genügt, müssen alle Teile jeweils für sich die in den entsprechenden Abschnitten beschriebenen Anforderungen erfüllen. Für alle Einflußgrößen ist vom Hersteller der Nenngebrauchsbereich anzugeben. Für einige Einflußgrößen ist ein Mindest-Nenngebrauchsbereich vorgesehen, den das Dosimeter überdecken muß. In bezug auf die elektrische Sicherheit sind die Normen DIN 57 411 Teil 1/ VDE 0411 Teil 1 und DIN IEC 601 Teil 1/VDE 0750 Teil 1 zu beachten.

3.1 Prüfverfahren

3.1.1 In den Abschnitten 4 und 5 sind die Anforderungen an die Kammereinheit und das Anzeigegerät gesondert aufgeführt. Einige Prüfungen werden vorzugsweise an Teilen des Dosimeters vorgenommen, z. B. die Prüfung des Leckstromes und der Nullpunktwanderung, andere jedoch günstiger am Gesamtgerät, z. B. die Prüfung der Kondensatorkammer-Dosimeter und die Prüfung des Einflusses von Hochfrequenz- und zeitlich veränderlichen Magnetfeldern auf die Anzeige der Dosimeter.

3.1.2 Werden Einflußgrößen am Gesamtgerät untersucht, zu denen Garantiefehlerrgrenzen nur für die Teilgeräte angegeben sind, so gelten als Garantiefehlerrgrenzen für das Gesamtgerät die durch geometrische Addition der Einzelwerte sich ergebenden Summenwerte (siehe auch Anhang B).

3.1.3 Werden eine Kammereinheit und ein Anzeigegerät getrennt geprüft, jedoch gemeinsam benutzt, dann darf die Anzeige bei der Verbindung der beiden Teile um nicht mehr als 0,2 % (0,5 %) (siehe Abschnitt A.1.2) von dem Wert abweichen, der aus den Ansprechvermögen der beiden getrennten Teile berechnet wird.

3.2 Nenngebrauchsbereich der Dosisleistung

Werden die Nenngebrauchsbereiche der Dosisleistung für die Kammereinheit und des Eingangsstromes für das Anzeigegerät getrennt geprüft, so müssen für die Kammereinheit die Bedingungen des Abschnittes 4 (zusammengefaßt in Abschnitt 4.1.4), für das Anzeigegerät die Bedingungen des Abschnittes 5 (zusammengefaßt in Abschnitt 5.5) erfüllt werden. Wird der Nenngebrauchsbereich der Dosisleistung am Gesamtgerät geprüft, dann muß er die Bedingungen der Abschnitte 4 und 5 gleichzeitig erfüllen.

3.3 Prüfung auf Einhaltung der Garantiefehlerrgrenzen

Bei der Prüfung auf Einhaltung der Garantiefehlerrgrenzen eines Gerätes durch Variation der Einflußgrößen (siehe Abschnitte A.3.4 und A.3.12) muß die Gesamtunsicherheit der Messung klein gegen die Garantiefehlerrgrenzen sein. Ist das nicht zu erreichen, muß diese Unsicherheit – bezogen auf ein Vertrauensniveau von mindestens 90 % – bei der Beurteilung des Gerätes berücksichtigt werden.

3.4 Nachregeln während der Prüfung

Die Prüfungen sind nach Ablauf der vorgesehenen Anlaufzeit des Gerätes und nach Einstellung etwaiger Regler vorzunehmen. Während einer Messung dürfen die Regler nicht verstellt werden. Nach Schluß der Messung ist zu prüfen, ob die Einflußgrößen und Kenngrößen sich nicht geändert haben.

3.5 Bezugswerte

Für einstellbare Einflußgrößen (siehe Tabelle 1) sollten als Bezugswerte die während der Kalibrierung benutzten Werte gelten. Diese Werte sind vom Hersteller in der Bedienungsanleitung oder dem Prüfprotokoll anzugeben. Der Bezugswert für die Lufttemperatur sollte 20 °C, der für den Luftdruck 101,3 kPa (1013 mbar) und der für die Luftfeuchte 50 % relative Feuchte betragen. Die Bezugswerte für Streustrahlung (siehe Abschnitte 4.4.5, 4.5.5 und 5.18) und äußere Felder (siehe Abschnitt 4.4.6) sollten Null sein.

3.6 Prüfwerte

Für einstellbare Einflußgrößen sollten die Prüfwerte gleich den Bezugswerten sein. Der Prüfwert des Luftdrucks ist der Umgebungsluftdruck. Der Prüfwert der Temperatur liegt zwischen 19 und 25 °C, der der relativen Luftfeuchte zwischen 30 und 75 %. Der Einfluß der äußeren Felder muß vernachlässigbar sein. Die Streustrahlung außerhalb des Nutzstrahlenbündels im Bestrahlungsraum muß so klein wie möglich sein; in unmittelbarer Umgebung des Anzeigegerätes darf sie höchstens 10 µGy/h (≥ 1 mR/h)³⁾ betragen.

3.7 Tabellarische Übersicht

In Tabelle 1 sind die Bezugswerte der Einflußgrößen und die Prüfbedingungen zusammengestellt. Tabelle 2 zeigt die in dieser Norm festgelegten Grenzen der Betriebskenngrößen eines Gerätes unter Prüfbedingungen, Tabelle 3 die Garantiefehlerrgrenzen bei Einwirkung der Einflußgrößen in den Nenngebrauchsbereichen. Die Tabellen geben nicht alle Einzelheiten der Abschnitte 4 und 5 wieder.

³⁾ Für Zwecke dieser Norm werden in Klammern gerundete Werte der entsprechenden Standard-Ionendosisleistung angegeben.

Tabelle 1. **Bezugs- und Prüfwerte****1 a. Kammereinheit** (ρ_w Wasserdampfdichte in Luft, absolute Feuchte)

Prüfgröße, Betriebsgröße	Bezugswert	Prüfwert(bereich)
Strahlenqualität	Wie bei Kalibrierung	Bezugswert
Feldgröße	Wie bei Kalibrierung	Bezugswert
Strahleneinfallsrichtung	Vorzugsrichtung	Bezugswert
Fokus-Kammer-Abstand	Wie bei Kalibrierung	Bezugswert
Dosisleistung	Wie bei Kalibrierung	$\geq$ Bezugswert minus 10 %
Kammerspannung	Nach Herstellerangabe	Bezugswert
Anlaufzeit	$>$ angegebene Anlaufzeit	$>$ angegebene Anlaufzeit
Lufttemperatur	20 °C	19 bis 25 °C
Relative Luftfeuchte	50 %	30 bis 75 %, $\rho_w \leq 10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$
Luftdruck	101,3 kPa	vorhandener Luftdruck
Äußere Felder	Null	vernachlässigbar
Streustrahlung im Bestrahlungsraum	Null	so klein wie möglich

1 b. Anzeigegerät

Prüfgröße, Betriebsgröße	Bezugswert	Prüfwert(bereich)
Skalen	Wie bei Kalibrierung	Bezugs-Skalenwert
Meßbereich	Wie bei Kalibrierung	Bezugs-Meßbereich
Eingangsstrom	Nach Herstellerangabe	Bezugswert
Betriebslage	Nach Vorschrift	Bezugs-Betriebslage
Anlaufzeit	$>$ angegebene Anlaufzeit	$>$ angegebene Anlaufzeit
Lufttemperatur	20 °C	19 bis 25 °C
Relative Luftfeuchte	50 %	30 bis 75 %, $\rho_w \leq 10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$
Streustrahlung am Aufstellungsort	Null	$< 10 \mu\text{Gy/h}$ ($< 1 \text{ mR/h}$)
Batteriebetrieb	Neue Batterien	Gebrauchsfähige Batterien
Netzspannung	Nennwert	Nennwert $\pm 1 \%$
Netzfrequenz	Nennwert	Nennwert $\pm 1 \text{ Hz}$

Tabelle 2. **Grenzen der Betriebskenngrößen unter Prüfbedingungen****2 a. Kammereinheit**

Kenngröße	Grenzen			siehe Abschnitt
	Referenzklasse	Gebrauchsklasse	Fußnote	
Selbstablauf	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	¹⁾	4.4.1, 4.5.1
Langzeitstabilität	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	²⁾	4.1.2
¹⁾ des Stromes bzw. der Ladungsänderung bei der kleinsten vorgesehenen Dosisleistung des Nenngebrauchsbereiches bzw. Meßbereiches				
²⁾ des Ansprechvermögens, im Jahr				

2 b. Anzeigegerät

Kenngröße	Grenzen			siehe Abschnitt
	Referenzklasse	Gebrauchsklasse	Fußnote	
Toter Gang (Wendelpot.)	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,5\%$	¹⁾	5.3.4
Ableseunsicherheit	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,5\%$	¹⁾	5.6
Wiederholbarkeit	$0,2\%$	$0,5\%$	²⁾	5.7
Nullpunkteinstellung	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	¹⁾	5.8
Nullpunktwanderung	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	³⁾	5.8
Nullpunktverschiebung	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	¹⁾	5.8
Linearitätsabweichung	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	⁴⁾	5.11
Einstellzeit	$< 3\text{ s}$	$< 5\text{ s}$	—	5.14
Langzeitstabilität	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	⁵⁾	5.2.5
¹⁾ des kleinsten Wertes des Meßbereiches				
²⁾ relative Standardabweichung der Einzelmessung beim kleinsten Wert des Meßbereiches				
³⁾ der durch den kleinsten Eingangsstrom des Nenngebrauchsbereiches bzw. des Meßbereiches hervorgerufenen zeitlichen Änderung der Anzeige				
⁴⁾ des Ansprechvermögens beim Bezugs-Skalenwert				
⁵⁾ des Ansprechvermögens, im Jahr				

Tabelle 3. **Garantiefehlergrenzen für Einflußgrößen**

3 a. Kammereinheit (ultraharte Strahlung: Photonen- und Elektronenstrahlung ab 1 MeV;
 ϱ_w Wasserdampfdichte in Luft, absolute Feuchte)

Einflußgröße oder Geräteeigenschaft	(Mindest-) Nenngebrauchsbereich	Garantiefehlergrenzen			siehe Abschnitt
		Referenz-klasse	Gebrauchs-klasse	Fuß-note	
Kompaktkammern (Fingerhutkammern)					
Strahlenqualität					
Röntgenstrahlung	70 bis 250 kV Röhrenspannung	± 2 %	± 3 %	1)	4.2.1
Röntgen- und γ-Strahlung	200 kV bis Co-60-γ-Strahlung	± 5 %	± 5 %	1)	4.2.1
ultraharte Strahlung	nach Herstellerangabe	± 2 %	± 3 %	1)	4.2.1
Feldgröße	nach Herstellerangabe	± 1 %	± 2 %	2)	4.2.2
Drehung um Kammerachse	0 bis 360°	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.2.3.1
Neigung der Achse	± 5°	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.2.3.2
Fokus-Kammer-Abstand	30 cm bis 1 m	± 0,2 %	± 0,5 %	2), 3)	4.2.4
Flachkammern					
Strahlenqualität					
weiche Röntgenstrahlung	20 bis 70 kV Röhrenspannung	± 2 %	± 4 %	1)	4.3.1.1
ultraharte Strahlung	nach Herstellerangabe	± 2 %	± 3 %	1)	4.3.1.2
Feldgröße	nach Herstellerangabe	± 1 %	± 2 %	2)	4.3.2
Neigung des Eintrittsfensters	5° in jeder Richtung	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.3.3
Fokus-Kammer-Abstand, weiche Röntgenstrahlung	5 bis 50 cm	± 0,2 %	± 0,5 %	2), 3)	4.3.4
Umpolung der Kammer-spannung, ultraharte Strahlung	—	0,5 %	1,0 %	2)	4.3.1.2
Kabelverbundene Kammern					
Anlaufzeit	zwischen angegebener Anlaufzeit und 6 h	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.4.2
Bestrahlungsnachwirkung	3 s nach Bestrahlungsende	± 0,5 %	± 1,0 %	4)	4.4.3
Dosisleistung	nach Herstellerangabe	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.4.4
Streustrahlung auf Kabel	bestimmte Bedingungen	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.4.5
Potential der Schutzelektrode	± 1 V gegen Sammelelektrode	± 0,5 %	± 1,0 %	5)	4.4.7
Kabelmikrophonie	bestimmte Bedingungen	± 1,0 %	± 2,0 %	5)	4.4.8
Mechanische Kabelbelastung	nach angegebener Anlaufzeit	± 0,5 %	± 1,0 %	5)	4.4.9
Kabelkupplung	nach angegebener Anlaufzeit	± 0,5 %	± 1,0 %	5)	4.4.10
Kondensatorkammern					
Anlaufzeit	zwischen angegebener Anlaufzeit und 6 h	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.5.2
Bestrahlungsnachwirkung	nach zulässiger Benutzung	± 0,5 %	± 1,0 %	6)	4.5.3
Dosisleistung	nach Herstellerangabe	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.5.4
Bestrahlung des Stiels	bestimmte Bedingungen	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.5.5
Dosis	nach Herstellerangabe	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.5.6
Abtrennen vom Meßgerät	üblicher Betrieb	± 0,5 %	± 1,0 %	6)	4.5.7
Offene Kammern					
Luftdruckänderung	plötzliche Änderung bis ± 10 %	10 s	10 s	7)	4.6.2
Temperatur	15 bis 30 °C	± 0,5 %	± 1,0 %	2)	4.6.3
relative Luftfeuchte (Leckstrom)	20 bis 75 %, $\varrho_w \leq 20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$	± 0,5 %	± 1,0 %	5)	4.6.4
Geschlossene Kammern					
Luftdruckänderung	± 10 % für 1 h	—	± 1,0 %	2)	4.7.1
Temperatur	15 bis 30 °C	—	± 1,0 %	2)	4.7.2
relative Luftfeuchte (Leckstrom)	20 bis 75 %, $\varrho_w \leq 20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$	± 0,5 %	± 1,0 %	5)	4.7.4
1) % des Wertes des Kalibrierfaktors im Nenngebrauchsbereich der Strahlenqualität 2) % des Ansprechvermögens innerhalb des Meßbereiches für die Meßgröße 3) empfohlene Werte 4) Leckstrom, % des Ionisationsstromes in einer vorhergehenden 10 min dauernden Bestrahlung 5) % des Ionisationsstromes oder des Ladungsverlustes, der der kleinsten Dosisleistung des Nenngebrauchsbereiches bzw. des Meßbereiches entspricht 6) % des kleinsten Meßwertes des Meßbereiches 7) bis zum Erreichen von 90 % der endgültigen Änderung der Anzeige					

3b. Anzeigegerät

Einflußgröße oder Geräteeigenschaft	(Mindest-) Nenngebrauchsbereich	Garantiefehlergrenzen			siehe Abschnitt
		Referenz-klasse	Gebrauchs-klasse	Fuß-note	
Anlaufzeit	zwischen angegebener Anlaufzeit und 6 h	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.10
Bereichumschaltung	alle Bereiche	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.12
Totzeit	nach Herstellerangabe	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.13
Betriebslage	nach Herstellerangabe	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.15
Temperatur, Anzeige	$\{ 15 \text{ bis } 30^\circ\text{C} \}$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.16
Temperatur, Nullpunktwanderung		$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	2)	5.16
relative Luftfeuchte, Anzeige		$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.17
relative Luftfeuchte, Nullpunktwanderung	$\{ 20 \text{ bis } 75\%, \varrho_w \leq 20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} \}$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	2)	5.17
Streustrahlungseffekt	bis zu $0,2 \text{ mGy/h}$ (20 mR/h)	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	2)	5.18
Batterie	einsatzfähig	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.19
Netzspannung (statisch)	220 V , -15% bis 10%	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.20.1
Netzspannungsschwankung	220 V , -15% bis 10% Änderung in $< 30 \text{ s}$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	3)	5.20.2
Netzfrequenz	$(50 \pm 1) \text{ Hz}$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	1)	5.20.3
Netzstörungen	siehe Abschnitt 5.21	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	3)	5.21
Rückwirkung angeschlossener Geräte	nach Herstellerangabe	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	3)	5.22

1) % Änderung der Anzeige innerhalb des Meßbereiches für die Meßgröße
2) % der durch die kleinste Dosisleistung des Nenngebrauchsbereiches bzw. des Meßbereiches oder den entsprechenden Eingangsstrom hervorgerufenen zeitlichen Änderung der Anzeige
3) % des kleinsten Meßwertes des Meßbereiches

4 Kammereinheit**4.1 Allgemeine Anforderungen****4.1.1 Kammerbauarten**

Nach ihrer Bauart (siehe DIN 6800 Teil 2) werden Kompaktkammern (Fingerhutkammern) (siehe Abschnitt 4.2) und Flachkammern (Weichstrahl- bzw. Elektronenkammern) (siehe Abschnitt 4.3) unterschieden. Weitere Unterscheidungsmerkmale sind die Verbindung der Kammereinheit mit dem Anzeigegerät während der Bestrahlung (siehe Abschnitt 4.4) oder die Trennung (Kondensatorkammern, siehe Abschnitt 4.5) sowie schließlich das Offen- oder Geschlossensein des Kammervolumens gegenüber der Außenluft (siehe Abschnitte 4.6 und 4.7).

4.1.2 Langzeitstabilität

Das Ansprechvermögen von Ionisationskammern kann sich durch Formveränderungen des Wandmaterials oder Beschaffenheitsänderungen der inneren Oberfläche im Laufe mehrerer Jahre oder infolge von Bestrahlung ändern. Die folgenden Anforderungen beziehen sich auf solche Kammer, bei denen Veränderungen nicht durch eine radioaktive Kontrollvorrichtung im Rahmen der Meßvorschrift für das Dosimeter automatisch korrigiert werden, denn in dem Fall sind die für die Kontrollvorrichtung vorgesehenen Anforderungen (siehe Abschnitt 6) für die Langzeitstabilität maßgebend.

Anforderungen: Innerhalb der vorgesehenen Frist für Nachkalibrierungen (Nacheichungen) darf sich das Ansprechvermögen bei Bezugsbedingungen um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1\%$) im Jahr, insgesamt um nicht mehr als $\pm 1\%$ ($\pm 2\%$), nach Bestrahlung mit einer Dosis von 10^4 Gy (bzw. 10^6 R) bei einer Dosisleistung von höchstens $0,1 \text{ Gy/s}$ (bzw. 10 R/s) um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) (siehe Abschnitt 2) ändern.

4.1.3 Bezugspunkt

Der Bezugspunkt der Kammer ist in den Begleitpapieren anzugeben. Nach Möglichkeit sollten für die vorgesehenen Strahlenqualitäten auch Angaben über die Änderung des Ansprechvermögens mit dem Abstand vom Fokus (Abweichung des effektiven Meßorts vom Bezugspunkt) in Luft und gegebenenfalls in einem Phantom gemacht werden (siehe Abschnitt A.2.11).

4.1.4 Dosisleistung

In den Begleitpapieren für Dosismesser ist der Nenngebrauchsbereich der Dosisleistung anzugeben. Der kleinste Wert ist durch die Dosisleistung gegeben, bei der die Forderungen bezüglich Leckstrom erfüllt sind (siehe die Abschnitte 4.4.4, 4.4.9, 4.4.10, 4.5.4 und 4.6.4). Der größte Wert hängt für jede vorgesehene Kammerspannung von der Dosisleistung ab, bei der die Forderungen der Abschnitte 4.4.4 und 4.5.4 erfüllt sind. Der Nenngebrauchsbereich der Dosisleistung ist für γ -Strahlung und Röntgenstrahlung bei konstanter Gleichspannung anzugeben. Für die Benutzung bei gepulster Strahlung sind für gleiche Sättigungsbedingungen wie bei kontinuierlicher Strahlung Angaben zur maximalen Dosis je Strahlimpuls sowie zur Ionensammelzeit zu machen. Den Nenngebrauchsbereichs-Grenzen der Dosisleistung für Dosismesser entsprechen im allgemeinen die Meßbereichsgrenzen für Dosisleistungsmesser.

4.1.5 Feldgröße

In den Begleitpapieren ist im Hinblick auf das mitbestrahlte Kabel das kleinste und das größte vorgesehene Bestrahlungsfeld anzugeben. Die Angaben sind auf kreisförmige oder quadratische Felder mit dem Bezugspunkt der Kammer im Mittelpunkt und der Zuleitung senkrecht zur Feldkante zu beziehen. Innerhalb des Nenngebrauchsbereiches der Feldgrößen müssen die Kammerdimensionen angegeben werden.

schnitten 4.2.2 und 4.3.2 angegebenen Anforderungen erfüllen.

4.1.6 Schutzelektrode

Besitzt eine Kammer eine Schutzelektrode, so liegt diese räumlich zwischen der Sammelelektrode und der Kammerwand und elektrisch auf dem Potential oder in der Nähe des Potentials der Sammelelektrode. Zwischen der Sammelelektrode und der Kammerwand liegt die Kammerspannung. Die Schutzelektrode dient dazu, den Leckstrom von der Kammerwand über den Isolator zur Sammelelektrode abzufangen, eventuell auch zur Homogenisierung des elektrischen Feldes. Veränderliche Potentialdifferenzen zwischen ihr und der Sammelelektrode können Feldverzerrungen im Meßvolumen und damit Änderungen des Ansprechvermögens bewirken. Der Hersteller muß angeben, ob die Kammer eine Schutzelektrode besitzt oder nicht. Eine Abschirmung darf nur dann Schutzelektrode genannt werden, wenn sie ausreichend verhindert, daß ein Strom von der Kammerwand durch den Isolator oder längs seiner Oberfläche zur Sammelelektrode fließt.

4.1.7 Wanddicke

Flachkammern und Kompaktkammern zur Messung von Photonen bei Sekundärelektronen-Gleichgewicht müssen so gebaut sein, daß Elektronen von außerhalb der Kammern nicht nennenswert zum Ionisationsstrom beitragen können. Bei Kompaktkammern mit Wandverstärkungskappe werden die Kappen als Teil der Kammer angesehen (dickwandige Kammern nach DIN 6800 Teil 2). Ihre Abmessungen und Materialien müssen in den Begleitpapieren angegeben werden.

4.1.8 Benutzung im Phantom

Bei Benutzung im Phantom muß die äußere Form der Kammern so gestaltet sein, daß keine das Strahlungsfeld störenden Luftspalte entstehen.

4.1.9 Kammerhalterung

Die Kammereinheit muß so gebaut sein, daß sie bei Messungen frei in Luft mit einer Halterung in jeder Winkelstellung fixiert werden kann. Der Hersteller muß geeignete Halterungen beschreiben oder anbieten, die so konstruiert sind, daß sie das Ansprechvermögen nicht nachweisbar verändern. Ist die Veränderung des Ansprechvermögens nicht vermeidbar, dann muß die Halterung bei der Kalibrierung und bei der Prüfung derjenigen Einflußgrößen verwendet werden, deren Wirkung durch sie eventuell beeinflusst wird (Strahlenqualität, Richtungsabhängigkeit).

4.2 Kompaktkammer (Fingerhutkammer)

Diese Norm gilt für Kompaktkammern mit einem Meßvolumen bis zu etwa 1 cm^3 . Sind sie ausschließlich zur Verwendung in Luft vorgesehen, kann ihr Meßvolumen bis zu 5 cm^3 betragen. Außer an der Anschlußstelle ist das Meßvolumen von einer allseitig gleich starken Wand umgeben.

4.2.1 Strahlenqualitäten

Anforderungen: Kompaktkammern für Photonenstrahlung mittlerer Energie müssen als Mindest-Nenngebrauchsbereich der Strahlenqualitäten den Bereich von 70 kV bis 250 kV Röhrenspannung ($\approx 2\text{ mm Al}$ bis 3 mm Cu Halbwertschichtdicke, siehe Anhang C) umfassen. In diesem Bereich darf sich das Ansprechvermögen nur innerhalb der Grenzen $\pm 2\%$ ($\pm 3\%$) (siehe Abschnitt 2) ändern. Kompaktkammern für Photonenstrahlung der Energie bis 3 MeV müssen (einschließlich einer etwa vorgesehenen Wandverstärkungskappe) eine Wandstärke besitzen, die Sekundärelektronen-Gleichgewicht für ^{60}Co -Strahlung oder Strahlung höherer Energie sicherstellen. Der Nenngebrauchsbereich der Strahlenqualitäten ist anzugeben und muß ^{60}Co -Strahlung einschließen. Das Ansprechvermögen

für ^{60}Co -Strahlung (bei Benutzung der Wandverstärkungskappe) darf sich von dem für 200-kV-Röntgenstrahlung (etwa $1,8\text{ mm Cu}$ Halbwertdicke) um höchstens 5% unterscheiden.

Kompaktkammern für ultraharte Photonen- und Elektronenstrahlung müssen so aufgebaut sein, daß sie die Bragg-Gray-Bedingungen erfüllen (siehe DIN 6800 Teil 1 und Teil 2). Die vorgesehene Strahlenart und der Nenngebrauchsbereich der Strahlenenergien sind anzugeben; im Falle der Photonen muß der Nenngebrauchsbereich ^{60}Co -Strahlung einschließen. Das Ansprechvermögen der Kammern darf im Nenngebrauchsbereich der Strahlenenergien um nicht mehr als $\pm 2\%$ ($\pm 3\%$) von dem Wert abweichen, der sich aus dem Ansprechvermögen für ^{60}Co -Strahlung in der Bezugstiefe in Wasser oder in Luft bei Sekundärelektronen-Gleichgewicht nach Anwendung der vom Hersteller angegebenen Umrechnungsfaktoren ergibt.

Prüfung: Kompaktkammern für mittlere Energien müssen bei mindestens fünf, und zwar etwa den folgenden Strahlenqualitäten geprüft werden: bei 70, 100, 140, 200 und 280 kV und üblicher Filterung, siehe Anhang C. Kompaktkammern für hohe Energien sollen mit ^{60}Co - oder ^{137}Cs -Gammastrahlung oder mit Bremsstrahlung einer Grenzenergie zwischen 1 und 3 MeV geprüft werden, wobei gegebenenfalls Wandverstärkungskappen entsprechend der Bedienungsanleitung zu benutzen sind. Prüfungen der Kammern für ultraharte Photonen- und Elektronenstrahlung müssen mit Strahlung von drei Energien bzw. Grenzenergien geprüft werden: mit ^{60}Co -Gammastrahlung oder äquivalenter Bremsstrahlung, mit Bremsstrahlung einer mittleren und mit Bremsstrahlung der höchsten Grenzenergie des Nenngebrauchsbereiches.

4.2.2 Feldgröße

Folgende physikalische Effekte tragen zur Abhängigkeit des Ansprechvermögens einer Kompaktkammer von der Feldgröße bei:

- Streustrahlung vom Kammerstiel oder Kammerkabel (E: *stem scattering*). Um den Effekt klein zu halten, soll der Stiel möglichst massearm ausgeführt sein. Nur die Streustrahlung aus den Schichten des Stieles, die dem Meßvolumen am nächsten liegen, trägt zur Ionisation im Meßvolumen bei. Der Beitrag ist von der Strahlenqualität abhängig. Sofern das Bestrahlungsfeld bei der Kalibrierung und bei der Benutzung mindestens die ersten 10 mm des Stieles überdeckt, macht sich der Effekt nicht bemerkbar, er ist im Kalibrierfaktor enthalten. Der Effekt muß besonders berücksichtigt werden, wenn eine in Luft kalibrierte Kammer zu Messungen in einem Phantom benutzt werden soll.
- Ionisationsstrom aus Hohlräumen in der Umgebung des Anschlusses der Sammelelektrode im Stiel. Derartige Hohlräume sollten vermieden werden.
- Strahlungsinduzierter Leckstrom aus den bestrahlten Teilen des Isolators und des Kabels, der nur während der Bestrahlung vorhanden und von der momentanen Dosisleistung abhängig ist (E: *stem leakage*; Bezeichnung für Aufzählung b) und c)).
- Strahlungsinduzierter Leckstrom aus den bestrahlten Teilen des Isolators und des Kabels, der nach Beendigung der Bestrahlung langsam abklingt (Bestrahlungsnachwirkung, siehe Abschnitte 4.4.3 und 4.5.3).

Für die unter der Bezeichnung „Stieffekt“ zusammengefaßten Effekte nach Aufzählung a) bis c) gelten die folgenden Anforderungen.

Anforderung: In dem vom Hersteller anzugebenden Nenngebrauchsbereich der Feldgröße bei Bestrahlung in Luft (siehe Abschnitt 4.1.5), der mindestens $14\text{ cm} \times 14\text{ cm}$ oder 16 cm Durchmesser betragen sollte, darf sich das Ansprechvermögen der Kompaktkammer durch die

Zusatzströme im Stiel und Kabel um nicht mehr als $\pm 1\%$ ($\pm 2\%$) ändern. Für alle Feldgrößen, bei denen das Ansprechvermögen um mehr als 1% (2%) von seinem Wert bei der Kalibrierfeldgröße abweicht, sind Korrekturfaktoren für eine verbleibende Unsicherheit von höchstens $\pm 1\%$ ($\pm 2\%$) anzugeben.

Prüfung: Die Prüfung ist bei einer genügenden Anzahl von Strahlenqualitäten auszuführen, so daß eine Interpolation der Korrekturfaktoren möglich ist. Die Korrekturfaktoren für die Feldgröße bei den verschiedenen Strahlenqualitäten beziehen sich auf den Wert 1 bei der Kalibrierfeldgröße.

Bei kabelverbundenen Kammern ist die höchste vorgesehene Kammerspannung, bei Kondensatorkammern etwa 75 % der höchsten vorgesehenen Dosis anzuwenden.

4.2.3 Richtungsabhängigkeit

4.2.3.1 Drehung um die Kammerachse bei Bestrahlung in Luft

Anforderung: In jeder Winkelstellung bei einer vollen Umdrehung der Kammer um ihre Achse und bei Strahleneinfallsrichtung senkrecht zur Kammerachse darf das Ansprechvermögen der Kammer um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) von dem Wert abweichen, der für eine vom Hersteller (für Kalibrierzwecke) anzugebende Bezugs-Einfallsrichtung besteht.

Prüfung: Die Prüfung muß erstens ohne, zweitens gegebenenfalls mit Wandverstärkungskappe sowie mindestens bei der jeweils vorgesehenen höchsten und niedrigsten Strahlenqualität ausgeführt werden.

4.2.3.2 Neigung der Kammerachse bei Bestrahlung in Luft

Anforderung: Der Mindest-Nenngebrauchsbereich für eine Neigung der Kammerachse aus ihrer Lage senkrecht zur Strahlachse beträgt $\pm 5^\circ$. Innerhalb dieses Bereiches darf sich das Ansprechvermögen der Kammer in Luft um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) ändern.

Prüfung: Die Prüfung muß erstens ohne, zweitens gegebenenfalls mit Wandverstärkungskappe sowie mindestens bei der jeweils vorgesehenen höchsten und niedrigsten Strahlenqualität und mit der kleinsten vorgesehenen Feldgröße, bei der die Kammer in allen Neigungslagen noch gleichmäßig bestrahlt wird, vorgenommen werden. Dabei muß die Strahlachse stets durch den Bezugspunkt der Kammer gehen.

4.2.4 Fokus-Kammer-Abstand

Damit der für einen bestimmten Abstand ermittelte Kalibrierfaktor auch in anderen Abständen gültig ist, müssen der Bezugspunkt und der effektive Meßort (siehe Abschnitte A.2.11 und A.2.12) so nahe wie möglich beieinanderliegen. Dieses Ziel läßt sich mit kleinen Abmessungen des Meßvolumens erreichen. Der Bezugspunkt muß für alle Fokus-Kammer-Abstände und alle vorgesehenen Strahlenqualitäten gelten.

Anforderung: Das Ansprechvermögen einer Kompaktkammer in Luft sollte sich im Nenngebrauchsbereich des Fokus-Kammer-Abstands von 25 bis 300 cm um nicht mehr als $\pm 0,2\%$ ($\pm 0,5\%$) ändern.

Anmerkung: Abschätzungen unter vereinfachenden Annahmen (siehe Kondo und Randolph, 1960) zeigen, daß Kammern üblicher Bauart mit einem Meßvolumen bis zu etwa 1 cm^3 die Anforderung gewöhnlich erfüllen.

4.3 Flachkammer (Weichstrahlkammer und Elektronenkammer)

Diese Norm gilt für Flachkammern mit einem flachen zylindrischen Meßvolumen bis zu etwa 1 cm^3 und (als Weichstrahlkammern) einem Eintrittsfenster mit einer flächenbe-

zogenen Masse bis zu etwa 3 mg/cm^2 (siehe DIN 6800 Teil 2). Typische Werte des Meßvolumens liegen bei $0,03$ bis $0,5\text{ cm}^3$. Die Stabilität des Meßvolumens hängt kritisch von der Steifheit des Eintrittsfensters ab.

4.3.1 Strahlenqualität

4.3.1.1 Verwendung bei niedrigen Photonenenergien (Weichstrahlkammer)

Es ist anzugeben, ob die Kammer primär für die Verwendung im Phantom oder frei in Luft vorgesehen ist. Die Anforderung muß nur für die eine oder die andere Verwendungsart erfüllt sein.

Anforderung: Der Mindest-Nenngebrauchsbereich der Strahlenqualitäten umfaßt den Bereich von 20 bis 70 kV Röhrenspannung ($\approx 0,12$ bis 2 mm Al Halbwertdicke, siehe Anhang C). Innerhalb des Nenngebrauchsbereiches darf sich das Ansprechvermögen nur innerhalb der Grenzen $\pm 2,0\%$ ($\pm 4,0\%$) (siehe Abschnitt 2) ändern.

Prüfung: Die Prüfung muß bei mindestens drei Strahlenqualitäten des Nenngebrauchsbereiches erfolgen.

4.3.1.2 Verwendung bei ultraharter Photonen- und bei Elektronenstrahlung im Phantom (Elektronenkammer)

Die Kammer muß so aufgebaut sein, daß sie die Bragg-Gray-Bedingungen erfüllt (siehe DIN 6800 Teil 1 und Teil 2). Die vorgesehene Strahlenart und der Nenngebrauchsbereich der Strahlenenergien sind anzugeben; im Falle der Photonen muß der Nenngebrauchsbereich ^{60}Co -Strahlung einschließen. Für die Benutzung in Wasser vorgesehene Kammern müssen so beschaffen sein, daß die Membran des Eintrittsfensters nicht eingedrückt werden kann. Der Einfluß der Polarität der Kammerspannung auf das Ansprechvermögen ist besonders groß bei Elektronenstrahlung mit Energien unter 10 MeV.

Anforderung: In den Nenngebrauchsbereichen der maximalen Photonenenergie und Elektronenenergie und bei den vorgesehenen Tiefen im Phantom darf das Ansprechvermögen der Kammer um nicht mehr als $\pm 2,0\%$ ($\pm 3,0\%$) von dem Wert abweichen, der sich aus dem Ansprechvermögen für ^{60}Co -Strahlung in Luft bei Sekundärelektronen-Gleichgewicht oder in Wasser unter Bragg-Gray-Bedingungen nach Anwendung der aus anerkannten Tabellen (siehe DIN 6800 Teil 2 oder ICRU-Report 21, 1972 und 23, 1973) entnommenen Umrechnungsfaktoren ergibt. Ferner darf sich das Ansprechvermögen beim Umpolen der Kammerspannung um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) ändern, unabhängig davon, ob der Hersteller die Umpolung im Gebrauch vorgesehen hat oder nicht.

4.3.2 Feldgröße

Anforderung: Der Hersteller muß den Einfluß der Feldgröße auf das Ansprechvermögen messen und Korrekturfaktoren für eine verbleibende Unsicherheit von höchstens $\pm 1,0\%$ ($\pm 2,0\%$) angeben, wenn durch eine Abweichung der Feldgröße von der bei der Kalibrierung benutzten innerhalb des vorgesehenen Feldgrößenbereiches Fehler von mehr als $\pm 1,0\%$ ($\pm 2,0\%$) auftreten (siehe Abschnitt 4.2.2).

Prüfung: Die Prüfung kann durch Vergleich mit einer Kammer erfolgen, deren Ansprechvermögen in Abhängigkeit von der Feldgröße bekannt oder davon unabhängig ist; die Prüfung ist bei hinreichend vielen Strahlenqualitäten auszuführen, so daß Interpolationen möglich sind.

4.3.3 Richtungsabhängigkeit

Anforderung: Der Mindest-Nenngebrauchsbereich für eine Neigung der Ebene des Eintrittsfensters in beliebiger Richtung gegenüber der Bezugslage senkrecht zur Achse des Nutzstrahls beträgt 5° . Innerhalb dieses Bereiches

sich das Ansprechvermögen der Kammer um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) ändern.

Prüfung: Die Prüfung muß bei der höchsten und niedrigsten vorgesehenen Strahlenqualität und mit der kleinsten vorgesehenen Feldgröße vorgenommen werden. Dabei muß der Zentralstrahl stets durch den Bezugsort der Kammer gehen.

4.3.4 Fokus-Kammer-Abstand

Damit der für einen bestimmten Abstand ermittelte Kalibrierfaktor auch in anderen Abständen gültig ist, müssen der Bezugspunkt und der effektive Meßort (siehe Abschnitte A.2.11 und A.2.12) so nahe wie möglich beieinanderliegen. Dieses Ziel läßt sich mit kleinen Abmessungen des Meßvolumens erreichen. Der Effekt ist nur für Weichstrahlkammern bei geringen Fokus-Kammer-Abständen von Bedeutung.

Anforderung: Das Ansprechvermögen einer Flachkammer als Weichstrahlkammer, eingebettet in die Oberfläche eines Phantoms bzw. in Luft, sollte sich im Nenngebrauchsbereich des Fokus-Kammer-Abstands von 5 cm bis 50 cm um nicht mehr als $\pm 0,2\%$ ($\pm 0,5\%$) ändern.

Anmerkung: Abschätzungen unter vereinfachenden Annahmen (siehe Kondo und Randolph, 1960) zeigen, daß Flachkammern üblicher Bauart mit einem Meßvolumen in Strahlrichtung bis zu etwa 2,2 mm Tiefe die Anforderung gewöhnlich erfüllen.

4.4 Kabelverbundene Kammer

Die Erfüllung der meisten Anforderungen dieses Abschnittes läßt sich nur dann nachweisen, wenn sich dem zu untersuchenden Effekt nicht noch der Anlaufeffekt (siehe Abschnitt 4.4.2) überlagert. Daher sollte die Kammerspannung (außer in den Fällen der Abschnitte 4.4.1, 4.4.2, 4.4.9 und 4.4.10) 1 h vor Beginn der Prüfung angelegt werden.

4.4.1 Selbstablauf (Leckstrom)

Anforderung: Der Selbstablauf (ohne Bestrahlungsnachwirkung, siehe Abschnitt 4.4.3) darf $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) (siehe Abschnitt 2) der kleinsten Dosisleistung des Nenngebrauchsbereiches bzw. des Meßbereiches nicht überschreiten.

Prüfung: Nachdem die Kammerelektroden für die Dauer von mindestens 2 h kurzgeschlossen waren, wird die höchste vorgesehene Kammerspannung angelegt. Der Selbstablauf wird nach der angegebenen Anlaufzeit sowie nach 1 h und nach 6 h gemessen.

4.4.2 Anlaufzeit

Anforderung: Während einer Zeitspanne zwischen der für das Dosimeter angegebenen Anlaufzeit und 6 h nach dem Anlegen der Kammerspannung darf das Ansprechvermögen um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) von dem Wert 1 h nach dem Anlegen der Kammerspannung abweichen.

Prüfung: Vor Beginn der Prüfung sollen die Kammerelektroden für mindestens 2 h kurzgeschlossen sein. Die Prüfung kann z.B. mit einer radioaktiven Kontrollvorrichtung ausgeführt werden.

4.4.3 Bestrahlungsnachwirkung (siehe Abschnitt A.4.5)

Anforderung: Innerhalb von 3 s nach dem Ende einer 10 min dauernden Bestrahlung muß der vorübergehende Leckstrom auf $\pm 0,5\%$ ($\pm 1\%$) des Stromes zurückgegangen sein, der während der Bestrahlung im Meßvolumen erzeugt worden war.

Prüfung: Die Prüfung muß bei den Maximalwerten der vorgesehenen Strahlenqualität und der vorgesehenen Feldgröße ausgeführt werden. Die Dosisleistung muß innerhalb des vorgesehenen Bereiches liegen.

4.4.4 Dosisleistungsabhängigkeit (siehe Abschnitt 4.1.4)

Bei niedrigen Dosisleistungen wird das Ansprechvermögen der kabelverbundenen Kammern durch Leckströme verschiedenen Ursprungs beeinflusst, für welche Anforderungen in den Abschnitten 4.4.1, 4.4.2 und 4.4.3 angegeben sind. Bei hohen Dosisleistungen wird das Ansprechvermögen durch Rekombination im Meßvolumen und eventuell durch einen nichtlinear mit der Dosisleistung anwachsenden strahlungsinduzierten Leckstrom aus dem Isolator oder Kabel (siehe Abschnitt 4.2.2, Aufzählung c)) beeinflusst. Besonders bei Beschleunigern, die ihre Strahlung in Impulsen abgeben, ist schon bei vergleichsweise niedrigen mittleren Dosisleistungen mit einem Nichterreichen der Sättigung zu rechnen. Der Einfluß der Leckströme kann als vernachlässigbar angenommen werden, wenn die Anforderungen der Abschnitte 4.2.2 und 4.4.3 erfüllt sind.

Anforderung: Im Nenngebrauchsbereich bzw. Meßbereich der Dosisleistung darf sich das Ansprechvermögen der kabelverbundenen Kammern um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) ändern. Sind für eine Kammer mehrere Kammerspannungen vorgesehen, so muß für jede Spannung der Nenngebrauchsbereich bzw. Meßbereich der Dosisleistung angegeben werden.

Prüfung (bei hohen Dosisleistungen): Das Ansprechvermögen der zu prüfenden Kammer kann mit dem eines Dosimeters verglichen werden, das von der Dosisleistung unabhängig oder dessen Abhängigkeit genau bekannt ist. Alternativ kann die Ionenrekombination durch Verändern der Kammerspannung U geprüft werden. Für die Zwecke dieser Anforderung kann angenommen werden, daß der Haupteffekt die Volumenrekombination ist und der Sättigungsstrom I_s aus der Extrapolation des in Abhängigkeit von $1/U^2$ aufgetragenen Stromes I nach $1/U^2 = 0$ erhalten werden kann. Im Falle von gepulster Strahlung ist I gegen $1/U$ aufzutragen. (Diese Abschätzung ist anwendbar, wenn die Ionensammelzeit in der Kammer kurz gegen die Zeit zwischen zwei Strahlimpulsen und lang gegen die Strahlimpulsdauer ist.) Die Anforderung kann für die vorgesehene Kammerspannung als erfüllt angesehen werden, wenn für die höchste vorgesehene Dosisleistung der Strom I um weniger als $1,0\%$ ($2,0\%$) unter dem Wert von I_s liegt.

4.4.5 Bestrahlung des Kammerstiels und des Kabels mit Streustrahlung

Die Anforderungen dieses Abschnittes beziehen sich auf den Einfluß der Streustrahlung auf diejenigen Teile der Kammereinheit, die sich üblicherweise außerhalb des Nutzstrahlenbündels, aber innerhalb des Bestrahlungsraumes befinden, z. B. Stiel, Kabel, Kupplungen und eventuell Vorverstärker. Die folgende Anforderung geht von der Annahme aus, daß Teile der Kammereinheit in einem Abstand bis zu 50 cm vom Bezugspunkt der Kammer durch Streustrahlung eine Dosisleistung von maximal 10%, Teile in mehr als 50 cm Abstand eine solche von maximal 2% der Dosisleistung im Nutzstrahlenbündel erhalten können. Die Anforderung ist ferner darauf abgestellt, den Streustrahlungseffekt auf $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) der Dosisleistung im Nutzstrahlenbündel zu beschränken.

Anforderung: Wenn diejenigen Teile der Kammereinheit, die sich gewöhnlich außerhalb des Nutzstrahlenbündels befinden, im Nutzstrahlenbündel exponiert werden, dann darf der erzeugte Strom für Teile innerhalb von 50 cm Abstand vom Bezugspunkt der Kammer 5% (10%), für Teile in größerem Abstand 25% (50%) des Stromes nicht übersteigen, der in der Ionisationskammer an demselben Ort des Nutzstrahlenbündels erzeugt wird.

Prüfung: Die Prüfung muß bei der höchsten vorgesehenen Strahlenqualität ausgeführt werden.

4.4.6 Äußere Störfelder

Anforderung: Der Einfluß äußerer elektrostatischer, magnetischer oder elektromagnetischer hoch- oder niederfrequenter Felder auf den von der Kammereinheit gelieferten Strom muß verschwindend klein oder korrigierbar sein.

4.4.7 Isolation der Schutzelektrode

Anforderung: Nach dem Anlegen einer Spannung, die zwischen Schutzelektrode und Sammelelektrode eine Potentialdifferenz von plus oder minus 1 V herbeiführt, darf nach der angegebenen Anlaufzeit der dadurch bewirkte Strom nicht größer sein als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) des Stromes, der dem Wert bei der kleinsten Dosisleistung des Nenngebrauchsbereiches bzw. Meßbereiches entspricht. Das Potential der spannungsführenden Elektrode kann dabei entweder das der Meßelektrode oder das der Schutzelektrode sein.

4.4.8 Mechanische Bewegung des Kabels (Mikrophonie)

In Koaxialkabeln mit hochisolierenden Zwischenlagen treten bei Bewegung der Kabel Störladungen auf. Das kann zu Fehlern führen, wenn die Kabel während der Messung bewegt werden. Die für den Anschluß von Ionisationskammern an das Anzeigergerät verwendeten Kabel sollen diesen Effekt in möglichst geringem Maße zeigen.

Anforderung: Ein 2 m langes Kabel oder Kabelstück hängt zwischen zwei etwa 50 cm auseinanderliegenden Aufhängepunkten frei herab. Der untere Bogen des Kabels wird senkrecht zur Verbindungslinie der Aufhängepunkte mit der Frequenz von $0,5\text{ s}^{-1}$ und einer maximalen Auslenkung von 10 cm (zeitlich sinusförmig) hin- und herbewegt. Der dabei auftretende Mikrophoniestrom darf $\pm 1,0\%$ ($\pm 2,0\%$) des Stromes nicht überschreiten, der der kleinsten vorgesehenen Dosisleistung entspricht.

4.4.9 Mechanische Belastung des Kabels

Anforderung: Ist das Kabel den bei üblicher Benutzung möglichen Belastungen durch Druck, Biegung oder Zerrung ausgesetzt worden, so darf ein dadurch bewirkter Strom nach 15 min nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) des Stromes betragen, der dem Wert bei der kleinsten Dosisleistung des Nenngebrauchsbereiches bzw. Meßbereiches entspricht.

Prüfung: Das Kabel wird für 12 h entweder in einem dafür vorgesehenen Aufbewahrungsbehälter oder auf einer Trommel von 30 cm Durchmesser aufgerollt gehalten; 15 min nach der Streckung des Kabels wird der Strom gemessen. Im aufgerollten Zustand werden Meß-, Schutz- und spannungsführende Elektrode kurzgeschlossen. Zur Messung werden nur die Schutz- und die spannungsführende Elektrode miteinander verbunden, die sich dabei ungefähr auf dem Potential der Meßelektrode befinden.

4.4.10 Kabelkupplungen

Durch das Zusammenschließen von Kupplungen können Potentialdifferenzen entstehen, die sich nur langsam ausgleichen.

Anforderung: Nach Ablauf der angegebenen Anlaufzeit darf nach dem Zusammenschluß einer Kammer mit dem Vorverstärker oder dem Anzeigergerät der dabei auftretende Strom nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) des Stromes betragen, der dem Wert bei der kleinsten Dosisleistung des Nenngebrauchsbereiches bzw. Meßbereiches entspricht.

4.5 Kondensatorkammer

Die hier beschriebenen Kondensatorkammern sind vor allem dadurch gekennzeichnet, daß sie während der Bestrahlung vom Anzeigergerät getrennt sind. Vor der Bestrahlung werden sie am Anzeigergerät auf eine bekannte Kam-

merspannung aufgeladen. Nach der Trennung werden sie bestrahlt, wobei im allgemeinen der Stiel durch eine Verschlusskappe geschützt wird. Nach der Bestrahlung wird die Kammer wieder mit dem Anzeigergerät verbunden. Die gemessene Änderung der Kammerspannung ist ein Maß für die Dosis.

Prüfung: Die Prüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen dieses Abschnittes gilt bei jeder Kammer nur in Verbindung mit dem zugehörigen Anzeigergerät. Für die Behandlung der Kammern vor einer Messung und für ihre Aufbewahrung (geladen oder ungeladen) ist die Anleitung des Herstellers zu beachten.

4.5.1 Selbstablauf (Leckstrom, E: charge leakage)

Anforderung: Der Selbstablauf (ohne Bestrahlungsnachwirkung, siehe Abschnitt 4.5.3) darf $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) (siehe Abschnitt 2) der kleinsten Dosisleistung des Nenngebrauchsbereiches nicht überschreiten.

Prüfung: Nach Entladung der Kammer für die Dauer von mindestens 2 h wird die Kammer voll aufgeladen und mit der Schutzkappe versehen. Der Selbstablauf wird nach etwa 15 min, 1 h und 6 h in der Weise gemessen, daß jedesmal die Kammer voll aufgeladen und die Änderung der Anzeige nach einer Zeitspanne von 5 min abgelesen wird. Nach jeder Messung wird die Kammer voll aufgeladen. Der Trenneffekt (siehe Abschnitt 4.5.7) ist durch Korrektur zu berücksichtigen.

4.5.2 Anlaufzeit

Anforderung: Während einer Zeitspanne zwischen 15 min und 6 h nach der Aufladung einer Kammer, die zuvor für die Dauer von 2 h völlig entladen war, darf das Ansprechvermögen um nicht mehr als $\pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) von dem Wert 1 h nach der Aufladung abweichen.

Prüfung: Vor und nach jeder Messung muß die Kammer aufgeladen werden. Der Trenneffekt (siehe Abschnitt 4.5.7) ist durch Korrektur zu berücksichtigen.

4.5.3 Bestrahlungsnachwirkung

Nach der Bestrahlung mit einer hohen Dosis zeigen Kondensatorkammern einen gegenüber dem Normalwert (siehe Abschnitt 4.5.1) positiv oder negativ veränderten Selbstablauf, der langsam abnimmt (siehe Abschnitt A.4.5).

Anforderung: Nach 10 aufeinanderfolgenden Bestrahlungen mit Wiederaufladung in einer Gesamtzeitspanne von 10 min, wobei in jeder Bestrahlung die höchste vorgesehene Dosis des Meßbereiches mit der höchsten vorgesehenen Dosisleistung erzeugt wurde, darf der zusätzliche Selbstablauf durch Bestrahlungsnachwirkung innerhalb von $10\text{ min} \pm 0,5\%$ ($\pm 1,0\%$) des kleinsten Wertes des Dosismeßbereiches nicht überschreiten.

Prüfung: Die Prüfung muß bei den Höchstwerten der vorgesehenen Strahlenqualitäten und vorgesehenen Feldgrößen erfolgen.

4.5.4 Dosisleistungsabhängigkeit (siehe Abschnitt 4.1.4)

Bei niedrigen Dosisleistungen wird das Ansprechvermögen der Kondensatorkammern durch Leckströme verschiedenen Ursprungs beeinflusst, für welche Anforderungen in den Abschnitten 4.5.1, 4.5.2 und 4.5.3 angegeben sind. Bei hohen Dosisleistungen wird das Ansprechvermögen durch Rekombination im Meßvolumen und eventuell durch einen nichtlinear mit der Dosisleistung anwachsenden strahlungsinduzierten Leckstrom über den vom Nutzstrahl getroffenen Isolator oder im Kammerstiel (siehe Abschnitt 4.2.2, Aufzählung c)) beeinflusst. Der Einfluß des Isolatorleckstromes auf die Dosisleistungsabhängigkeit kann für die folgende Anforderung als unbedeutend angesehen werden, wenn die Kammereinheit die Anforderungen an den Isolatorleckstrom nach Abschnitt 4.2.2 und an die Bestrahlungsnachwirkung nach Abschnitt 4.5.3 erfüllt.