

# DIN 6802-6:2013-01 (D)

## Neutronendosimetrie - Teil 6: Verfahren zur Bestimmung der Energiedosis mit Ionisationskammern

---

Inhalt	Seite
Vorwort .....	5
1 Anwendungsbereich und Zweck .....	6
1.1 Klinische Anwendungsbereiche .....	6
1.2 Zweck .....	6
2 Normative Verweisungen .....	6
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen .....	7
3.1 Begriffe .....	7
3.2 Symbole und Abkürzungen .....	7
4 Kurzbeschreibung des Verfahrens und des Messprinzips .....	8
4.1 Ionisationskammermethode .....	8
4.2 IONISATIONSKAMMER im gemischten STRAHLUNGSFELD .....	9
4.3 Zweikammermethode .....	9
4.4 Bestimmung der Dosiskomponenten .....	10
5 IONISATIONSDOSIMETER .....	10
5.1 Aufbau eines IONISATIONSDOSIMETERS für NEUTRONEN .....	10
5.2 Bauarten von IONISATIONSKAMMERN .....	11
5.2.1 Geometrische und konstruktive Eigenschaften .....	11
5.2.2 KAMMERN mit hoher Neutronenempfindlichkeit .....	11
5.2.3 KAMMERN mit geringer Neutronenempfindlichkeit .....	11
5.2.4 KAMMERN für spezielle Anwendungen .....	11
6 Methode zur Bestimmung der ENERGIEDOSIS mit IONISATIONSKAMMERN .....	12
6.1 Grundlagen .....	12
6.2 Gewebeäquivalente IONISATIONSKAMMER .....	12
6.2.1 Allgemeines .....	12
6.2.2 Gleichgewichtskammer im reinen Neutronenstrahlungsfeld .....	12
6.2.3 Hohlraumkammer im reinen Neutronenstrahlungsfeld .....	13
6.2.4 Korrekturen der Anzeige .....	13
6.2.5 Kalibrierung im Photonen-Referenzstrahlungsfeld .....	13
6.3 Bestimmung der ENERGIEDOSIS in einem reinen Neutronenstrahlungsfeld .....	14
7 Gewebeäquivalente Materialien .....	14
7.1 Allgemeines .....	14
7.2 Phantommaterial .....	14
7.3 Kammermaterial .....	15
8 Physikalische Grundlagen zur Berechnung der ENERGIEDOSIS .....	15
8.1 Allgemeines .....	15
8.2 W-Werte für geladene SEKUNDÄRTEILCHEN in gewebeäquivalentem Gas .....	16
8.3 Energiedosis-Konversionsfaktoren .....	17
8.4 Verhältnis der Kerma-faktoren- und der MASSEN-ENERGIEABSORPTIONSKOEFFIZIENTEN .....	17
8.5 Relatives ANSPRECHVERMÖGEN der Messsonden .....	18
8.5.1 Neutronenansprechvermögen .....	18
8.5.2 Photonenansprechvermögen .....	19
8.5.3 Neutronenunempfindliche Sonde .....	19

9	Korrektionsfaktoren für die Bestimmung der Gewebekerma und -dosis frei in Luft und im Phantom .....	20
9.1	Allgemeines .....	20
9.2	Korrektionsfaktor $f$ für die Dichte des Kammergases .....	20
9.3	Korrektionsfaktor $f_w$ für die Wandeffekte .....	21
9.4	Korrektionsfaktor $f_S$ für das Nichterreichen der Sättigung .....	21
9.5	Korrektionsfaktor $f_V$ für den Verdrängungseffekt .....	21
9.6	Korrektionsfaktor $f$ für Streuung durch den Kammerstiel .....	22
9.7	Korrektionsfaktor $f_T$ für die Temperatureffekte .....	22
10	Zu prüfende Eigenschaften des Messsystems .....	22
10.1	Anzeige bei Änderung der Polarität der Kammerstromung .....	22
10.2	LECK- und OFFSETSTROM .....	22
10.3	Strahlungsempfindlichkeit der elektrischen Zuleitungen und der Steckverbindungen .....	23
10.4	Zusammensetzung des Kammergases .....	23
11	DOSISMONITORE .....	24
11.1	Monitorsystem .....	24
11.2	PRIMÄRER DOSISMONITOR .....	24
11.3	SEKUNDÄRER DOSISMONITOR .....	24
12	Kalibrierung .....	24
12.1	Kalibrierung der KAMMERN im Photonenstrahl .....	24
12.2	Kalibrierung der DOSISMONITORE des Neutronenstrahls .....	25
13	Kontrollvorrichtungen .....	25
13.1	Allgemeines .....	25
13.2	Kontrollvorrichtung mit radioaktivem Prüfstrahler .....	25
13.3	Elektrische Kontrollvorrichtung .....	25
14	UNSICHERHEITEN der Dosisangabe .....	25
14.1	Allgemeines .....	25
14.2	Bestimmung der UNSICHERHEIT .....	26
15	Phantome .....	27
15.1	Allgemeines .....	27
15.2	Primärphantom .....	27
15.3	Sekundärphantom .....	27
15.4	MOULAGE .....	28
Anhang A (normativ) Zusammenfassung des Verfahrens zur Kalibrierung der Strahlmonitore eines Neutronenstrahles (Kurzanleitung) .....		29
Anhang B (normativ) Basisdaten und UNSICHERHEITEN .....		30
Anhang C (informativ) Berechnungsbeispiel zur Bestimmung der UNSICHERHEIT der Neutronendosis mit der Zweikammermethode .....		32
C.1	Allgemeines .....	32
C.2	Berechnungsmodell .....	32
C.3	Bestimmung der Größe $X$ und der UNSICHERHEIT $u(X)$ .....	33
C.4	Bestimmung der Größe $Y$ und der UNSICHERHEIT $u(Y)$ .....	34
C.5	Bestimmung von $D_n$ und $u(D_n)$ .....	35
Anhang D (informativ) Übersicht über typische Neutronenquellen für medizinische Anwendungen		36
Literaturhinweise .....		37
Stichwortverzeichnis .....		40

## Bilder

Bild 1 -- $nW$ - und $cn / WW$ -Werte für TE-Gas (auf Methan-Basis) als Funktion der Neutronenenergie $E$ .....	16
Bild 2 -- Kermaverhältnis $R$ von ICRU-Muskelgewebe zu A150-Plastik als Funktion der Neutronenenergie $E$ .....	18
Bild 3 -- Relatives Neutronenansprechvermögen $k_U$ von Geiger-Müller-Zählrohren als Funktion der Neutronenenergie $E$ .....	20

## Tabellen

Tabelle 1 -- Relative Zusammensetzung und Dichte von Gewebematerial sowie von in der Dosimetrie üblichen Materialien und Gasen .....	15
Tabelle 2 -- Zahlenwerte $k$ des Kermafaktors für Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff sowie des Verhältnisses $R_k$ der Kermafaktoren für Kohlenstoff und Sauerstoff für einige Neutronenenergien .....	17
Tabelle 3 -- Empfohlene Zahlenwerte des Korrektionsfaktors $f_V$ für den Verdrängungseffekt .....	22
Tabelle 4 -- Verhältnis der Anzeigen $M$ bei Füllung mit Luft bzw. Kammergas von gewebe-äquivalenten IONISATIONSKAMMERN und neutronenunempfindlichen KAMMERN unter sonst gleichen Bedingungen bei Bestrahlung mit $^{90}\text{Sr}$ (in einer Testvorrichtung), $^{60}\text{Co}$ und 14- MeV-Neutronen .....	23
Tabelle B.1 -- Basisdaten und UNSICHERHEITEN bei der Bestimmung der ENERGIEDOSIS im $^{60}\text{Co}$ - Referenzstrahlungsfeld frei in Luft .....	30
Tabelle B.2 -- Basisgrößen und UNSICHERHEITEN für die Bestimmung der Gesamtenergiedosis im Gewebe .....	30
Tabelle B.3 -- UNSICHERHEITEN von Kerma-Fluenz-Konversionsfaktoren .....	31
Tabelle B.4 -- UNSICHERHEIT der Kermaverhältnisse von A150-Plastik zu Gewebe .....	31
Tabelle C.1 -- Verwendete Korrelationskoeffizienten .....	34
Tabelle D.1 -- Kennzeichnende Eigenschaften einiger Neutronentherapieanlagen, die in Deutschland benutzt werden oder wurden [24], [30] .....	36