

# 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 Kermafaktor- 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 Kammer Spannung .....  | 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 |