

E DIN 6801-1:2016-06 (D)

Erscheinungsdatum: 2016-05-20

Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Protonen- und Ionenstrahlung - Teil 1: Ionisationskammern

Inhalt	Seite
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	10
4 Messprinzip und Messverfahren	19
5 Ionisationskammern für die Dosismessung und für die Ermittlung von Dosisverteilungen	19
5.1 Allgemeines zur Auswahl der Bauart von Ionisationskammern	19
5.2 Einsatz von Kompaktkammern	20
5.3 Einsatz von Flachkammern	21
5.4 Bragg-peak Kammern	21
5.5 Übersicht zur Auswahl der Bauart von Ionisationskammern	22
5.6 Positionierung von Ionisationskammern.....	22
6 Allgemeines zur Messung der Wasser-Energiedosis	23
6.1 Gleichung zur Ermittlung der Wasser-Energiedosis.....	23
6.2 Der Kalibrierfaktor und zugehörige Bezugsbedingungen.....	23
6.3 Einflussgrößen und Korrektionsfaktoren.....	24
6.4 Referenzbedingungen für die Messung der Wasserenergiedosis von Protonen- und Ionenstrahlung.....	25
6.4.1 Allgemeines.....	25
6.4.2 Referenzbedingungen bei monoenergetischer Strahlung.....	25
6.4.3 Referenzbedingungen für energiemodierte Protonen- und Ionenstrahlung	27
6.4.4 Zusätzliche spezifische Referenzbedingungen	27
6.4.5 Zusammenfassung der Referenzbedingungen.....	28
6.5 Nicht-Referenzbedingungen und zugehörige Korrektionsfaktoren.....	29
7 Ermittlung der strahlungsqualitätsunabhängigen Korrektionsfaktoren.....	29
7.1 Allgemeines.....	29
7.2 Korrektionsfaktor k_p für die Luftdichte.....	29
7.3 Korrektionsfaktor k_p für die Polarität der Kammer spannung	29
7.4 Korrektionsfaktor k_s für unvollständige Sättigung	30
7.5 Korrektionsfaktor k_T für den Einfluss der unterschiedlichen Positionierung von Kompaktkammern bei der Kalibrierung und bei der Messung	30
7.6 Korrektionsfaktor k_{PMMA} für den Einfluss der Fluenzänderung bei Verwendung eines PMMA-Phantoms statt eines Wasser-Phantoms	31
8 Messung der Wasser-Energiedosis.....	31
8.1 Kennzeichnung und Ermittlung der Strahlungsqualität	31
8.2 Messung der Wasser-Energiedosis unter Referenzbedingungen.....	31
8.2.1 Allgemeines.....	31
8.2.2 Bedeutung des Korrektionsfaktors $k_{Q,R}$	32
8.2.3 Experimentelle Werte des Korrektionsfaktors $k_{Q,R}$	32

8.2.4	Berechnete Werte des Korrektionsfaktors $k_{Q,R}$ für Protonen	32
8.2.5	Berechnete Werte des Korrektionsfaktors $k_{Q,R}$ für Alphateilchen	34
8.2.6	Berechnete Werte des Korrektionsfaktors $k_{Q,R}$ für Ionenstrahlung mit $2 < Z \leq 10$	35
8.3	Messung der Wasser-Energiedosis unter Nicht-Referenzbedingungen	35
8.3.1	Allgemeines	35
8.3.2	Tiefendosisverteilungen	36
8.3.3	Querverteilungen	37
8.3.4	Output-Faktoren	37
8.3.5	Verwendung anderer Materialien als das Referenzmaterial PMMA	37
9	Messunsicherheitsanalyse	38
Anhang A (normativ) Berechnung der strahlungsqualitätsabhängigen Korrektionsfaktoren		39
A.1	Trennung von $k_{Q,R}$ in zwei Teilfaktoren	39
A.2	Der Teilfaktor $k'Q$	39
A.2.1	Allgemeines	39
A.2.2	Zahlenwerte für ^{60}Co -Gammastrahlung als Bezugsstrahlung für die Kalibrierung	40
A.2.3	Zahlenwerte für Protonen- und Ionenstrahlung	40
A.3	Der Teilfaktor $k''Q$	42
A.3.1	Allgemeines	42
A.3.2	Zahlenwerte für $k''Q$	42
A.3.3	Umrechnung von p_{Co} -Werten für Kompaktkammern aus dem internationalen Dosimetrieprotokoll TRS 398	44
Anhang B (informativ) Herleitung und Berechnung des Korrektionsfaktors k_T		46
Anhang C (normativ) Erforderliche Umrechnungen und Korrektion zur Bestimmung der Wasser-Energiedosis in einem PMMA-Phantom		47
C.1	Allgemeines	47
C.2	Grundsätzliches	47
C.3	Zahlenwerte	48
C.3.1	Massendichte ρ_{PMMA}	48
C.3.2	Tiefenskalierungsfaktoren c_{PMMA} und f_{PMMA}	48
C.3.3	Korrektionsfaktor k_{PMMA} zur Berücksichtigung des Einflusses der Fluenzänderung bei der Verwendung eines PMMA-Phantoms statt eines Wasserphantoms	49
C.3.4	Zusammenfassung	51
Anhang D (informativ) Zur Positionierung des Bezugspukts von Kompaktkammern bezüglich der Messtiefe bei Protonen- und Ionenstrahlung		52
D.1	Allgemeines	52
D.2	Analytische Berechnung des Verschiebungparameter p bei Vernachlässigung der Streuung	52
D.3	Literaturwerte für den Verschiebungparameter p	55
Anhang E (normativ) Korrektion der unvollständigen Sättigung		56
E.1	Einleitung	56
E.2	Anzuwendendes Verfahren	56
Anhang F (informativ) Massen-Stoßbremsvermögen von Protonen- und Ionenstrahlung und Verhältnis der Massen-Stoßbremsvermögen von Wasser zu Luft		57
F.1	Massen-Stoßbremsvermögen	57
F.2	Bedeutung des mittleren Ionisationspotenzials des Targetmaterials für das elektronische Massen-Stoßbremsvermögen	58
F.3	Inkonsistenz der Datenlage zum mittleren Ionisationspotenzial	59
F.4	Verhältnis des Massen-Stoßbremsvermögens Wasser zu Luft	60
F.5	Näherungsweise Berechnung des Verhältnisses des Massen-Stoßbremsvermögens Wasser zu Luft	61
Literaturhinweise		64

Stichwortverzeichnis	67
Bilder	
Bild 1 — Prozentuale Tiefendosisverteilung von Protonenstrahlung mit einer Anfangsenergie von 235 MeV und einer Energiemodulation mit Hilfe eines mechanischen Modulators	10
Bild 2 — Berechnete Tiefendosisverteilung von ^{12}C Ionen in Wasser mit einer Eingangsenergie je Nukleon von 270 MeV.....	14
Bild 3 — Prozentuale Tiefendosisverteilungen, Bragg-Peak und praktische Reichweite R_p von 200 MeV Protonen (a) und 270 MeV Kohlenstoffionen (b) für eine quasi-unendliche Feldgröße	16
Bild 4 — Tiefenverteilungen der Wasser-Energiedosis in Wasser einer Kohlenstoffstrahlung mit einer maximalen Energie pro Nukleon von 290 MeV bei unterschiedlicher Energiemodulation	18
Bild 5 — Mit Hilfe der biologischen Modellierung errechnete Tiefenverteilungen der RBW-gewichteten Dosis in Wasser bei gleicher Energiemodulation wie in Bild 3 [17]	19
Bild 6 — Prozentuale Tiefendosisverteilung von monoenergetischen Protonen- und Kohlenstoff-Ionenstrahlung in Wasser bei einer quasi-unendlichen Feldgröße, jeweils mit einer praktischen Reichweite von 1,5 cm (Berechnung der Protonenkurve nach Bortfeld 1997 [8], Berechnung der Ionenkurve analog zu Bild 1)	21
Bild 7 — Beispiel der Abmessungen eines PMMA-Phantoms zur Aufnahme einer Farmerkammer mit einem Durchmesser des Messvolumens von 6,1 mm für die Dosisbestimmung unter Referenzbedingungen für monoenergetische Protonen- und Ionenstrahlung	26
Bild A.1 — Nach Gleichung A.3 berechnetes Verhältnis der Massenbremsvermögen von Wasser zu Luft für Protonen, Alphateilchen und Ionenstrahlung mit $2 \leq Z \leq 10$. Die Werte für Protonen sind identisch mit den in TRS 398 [16] angegebenen Werten.....	41
Bild C.1 — Experimentell bestimmte Abhängigkeit des Fluenz-Korrektionsfaktors k_{PMMA} von der wasseräquivalenten Tiefe für 75 MeV Protonen (Palman et al. [32]).....	49
Bild C.2 — Berechnete Abhängigkeit des Fluenz-Korrektionsfaktors $k_{\text{fl,PMMA}}$ von der wasseräquivalenten Tiefe für Protonen (Lühr et al. [25])	50
Bild C.3 — Berechnete Abhängigkeit des Fluenz-Korrektionsfaktors $k_{\text{fl,PMMA}}$ von der wasseräquivalenten Tiefe für Kohlenstoffionen (Lühr et al. [25]).....	51
Bild D.1 — Geometrische Verhältnisse zur analytischen Berechnung des Verschiebungsparameters p bei der Positionierungsvorschrift.....	52
Bild D.2 — Beispiel der Abhängigkeit des analytisch berechneten Verschiebungsparameter p von dem Korrektionsfaktor f	55
Bild F.1 — Einfluss des verwendeten Wertes des Ionisationspotenzials auf die berechnete Tiefe des Bragg-Peaks in Wasser bei einer quasi-unendlichen Feldgröße von Kohlenstoffionen mit einer Anfangsenergie von 270 MeV/n, berechnet mit Shield-Hit (Henkner, 2010 [14])	59
Bild F.2 — Verhältnis des Massen-Stoßbremsvermögens Wasser zu Luft für Kohlenstoffionen nach Gleichung F.9 mit $E_0 = 430$, $I_w = 78$, $I_a = 82,8$ und $R_p = 30,9$. Zusätzlich gezeigt sind die Werte einer Monte Carlo Berechnung für 430 MeV Kohlenstoffionen (Lühr)	62
Bild F.3 — Verhältnis des Massen-Stoßbremsvermögens Wasser zu Luft für Protonen und unterschiedliche Ionensorten, entnommen aus TRS 398 [16]	63

Tabellen

Tabelle 1 — Anwendungsbereich der Norm in Bezug auf die praktische Reichweite und in Bezug auf die Eintrittsenergien pro Nukleon (in MeV)	9
Tabelle 2 — Zusammenstellung der Auswahl der Bauart von Ionisationskammern	22
Tabelle 3 — Zusammenstellung der EINFLUSSGRÖßEN und der Bezugsbedingungen bei der Kalibrierung	24
Tabelle 4 — Zusammenfassung der Referenzbedingungen zur Ermittlung der Energiedosis von Protonen- und Ionenstrahlung	28
Tabelle 5 — Berechnete Werte des Korrektionsfaktors $k_{Q,R}$ für Protonen für unterschiedliche Bauarten von Ionisationskammern als Funktion der Strahlungsqualität R_{res}	33
Tabelle 6 — Berechnete Werte des Korrektionsfaktors $k_{Q,R}$ für Alphateilchen für unterschiedliche Bauarten von Ionisationskammern als Funktion der Strahlungsqualität R_{res}	34
Tabelle 7 — Berechnete Werte des Korrektionsfaktors $k_{Q,R}$ für Ionenstrahlung mit $2 < Z \leq 10$ für unterschiedliche Bauarten von Ionisationskammern als Funktion der Strahlungsqualität R_{res}	35
Tabelle A.1 — Werte der Koeffizienten a, b und c zur Berechnung des Verhältnisses des Massenstoßbremsvermögens nach Gleichung A.3 für Protonen, Alphateilchen und Ionenstrahlung mit $2 \leq Z \leq$	41
Tabelle A.2 — Werte des mittleren Ionisationspotenzials von Wasser und Luft	41
Tabelle A.3 — p_{Co} und k'_Q Werte für ausgewählte Flachkammern	43
Tabelle A.4 — Innenradius r, und Werte für k_r, $p_{Co}^{[DIN]}$ sowie k'_Q für ausgewählte Kompaktkammern	44
Tabelle C.1 — Zahlenwerte, die zur Dosisbestimmung in PMMA benötigt werden	51
Tabelle F.1 — Publierte Werte des mittleren Ionisationspotenzials von Wasser und Luft	60