

DIN 6800-1

ICS 17.240

Ersatz für
DIN 6800-1:1980-06**Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung –
Teil 1: Allgemeines**Procedures of dosimetry with probe-type detectors for photon and electron radiation –
Part 1: GeneralMéthodes dosimétriques à l'aide de sondes pour les rayonnements photonique et
électronique –
Partie 1: Généralités

Gesamtumfang 49 Seiten

DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Sondenmethode	17
4.1 Grundlagen	17
4.1.1 Konzept der Sondenmethode	17
4.1.2 Dosimeterarten und deren Sonden	18
4.1.3 Bedingungen für das Strahlungsfeld der Sekundärteilchen: Gleichgewichtsbedingungen und Bragg-Gray-Bedingungen	18
4.2 Ermittlung der Wasser-Energiedosis nach der Sondenmethode	19
4.2.1 Grundgleichung	19
4.2.2 Positionierung der Sonde	20
4.2.3 Ermittlung des Kalibrierfaktors	20
4.2.4 Einflussgrößen und Bezugsbedingungen für die Kalibrierung	20
4.2.5 Korrektionsfaktoren	22
5 Wasser- und Festkörperphantome	23
5.1 Allgemeines	23
5.2 Wasserphantome	23
5.3 Festkörperphantome	23
5.3.1 Allgemeines	23
5.3.2 Umrechnung der Tiefe im Festkörperphantom auf die äquivalente Wassertiefe	24
5.3.3 Umrechnung der Dosen im Festkörper- und Wasserphantom	27
5.4 Vermeidung von Aufladungseffekten	27
6 Ermittlung von Dosisverteilungen mit Dosimetersonden	28
6.1 Allgemeines	28
6.2 Für die Ermittlung von Dosisverteilungen wesentliche Eigenschaften von Dosimetersonden	28
6.2.1 Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens	28
6.2.2 Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens	28
6.2.3 Volumeneffekt	28
6.2.4 Nichtlinearität der Beziehung zwischen Dosis und Anzeige	30
6.2.5 Homogenität des Ansprechvermögens von flächenhaften Detektoren	30
6.3 Übersicht über Eigenschaften von Dosimetersonden	30
7 Ermittlung der dem Umgebungsmaterial zugeführten Energiedosis in Abwesenheit der Sonde	32
7.1 Allgemeines	32
7.2 Gleichgewichtssonden	32
7.3 Bragg-Gray-Sonden	33
7.4 Bremsvermögensverhältnis nach Spencer-Attix	35
8 Ermittlung der Messunsicherheit	35
8.1 Allgemeines	35
8.2 Angabe des vollständigen Messergebnisses	36
8.3 Die Modellfunktion der Auswertung	36
8.4 Ermittlung der Standardmessunsicherheiten der Eingangsgrößen	36

8.5	Ermittlung der dem Messwert beigeordneten Standardmessunsicherheit	38
8.6	Ermittlung der erweiterten Messunsicherheit.....	40
Anhang A (informativ) Andere Methoden der Dosimetrie		41
Anhang B (informativ) Anschlussmessungen bei Verwendung hochauflösender Detektoren		42
Anhang C (informativ) Ermittlung von Korrekturfaktoren mit Monte-Carlo-Verfahren		43
Literaturhinweise.....		45
Stichwortverzeichnis		47

Bilder

Bild 1 — Einige häufig auftretende Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen	38
--	----

Tabellen

Tabelle 1 — Beispiele von Dosimeterarten, die sich in der Teletherapie für die Sondenmethode eignen.....	18
Tabelle 2 — Die wichtigsten Einflussgrößen und Bezugswerte für die Dosimetrie nach der Sondenmethode in der Teletherapie.....	21
Tabelle 3 — Wasser und einige annähernd wasseräquivalente Phantommaterialien	23
Tabelle 4 — Werte des Quotienten μ_m/μ_w und Verhältnisse der Elektronendichten $\rho_{e,m}/\rho_{e,w}$ für annähernd wasseräquivalente Materialien	25
Tabelle 5 — Werte des Quotienten $(r_{0,w}/\rho_w)/(r_{0,m}/\rho_m)$ für verschiedene annähernd wasseräquivalente Materialien.....	26
Tabelle 6 — Werte des Quotienten $D_{\max,w}/D_{\max,m}$ für verschiedene annähernd wasseräquivalente Materialien	27
Tabelle 7 — Eigenschaften verschiedener Dosimetersonden	31
Tabelle 8 — Dosisumrechnungsfaktoren $s_{m/w}$ für Muskel- und Fettgewebe sowie Knochen bei hochenergetischer Elektronenstrahlung.....	34
Tabelle 9 — Dosisumrechnungsfaktoren $s_{m/w}$ für Muskel- und Fettgewebe sowie Knochen in hochenergetischen Photonenstrahlungsfeldern.....	34
Tabelle 10 — Eigenschaften einiger Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen	37
Tabelle 11 — Muster einer Messunsicherheitsbilanz.....	39

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 080-00-01 AA „Dosimetrie“ des DIN - Normenausschusses Radiologie (NAR) in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft und in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin sowie der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie erarbeitet.

Definierte Begriffe werden in Übereinstimmung mit dem Verfahren bei IEC in KAPITÄLCHEN geschrieben, außer im Inhaltsverzeichnis, in Benennungen und in Überschriften. Ein Stichwortverzeichnis am Ende der Norm enthält alle definierten Begriffe, einschließlich Quellenangabe und englischer Übersetzung.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Reihe DIN 6800; *Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung*, besteht aus:

- Teil 1: Allgemeines zur Dosimetrie von Photonen- und Elektronenstrahlung nach der Sondenmethode
- Teil 2: Dosimetrie hochenergetischer Photonen- und Elektronenstrahlung mit Ionisationskammern
- Teil 4: Filmdosimetrie
- Teil 5: Thermolumineszenzdosimetrie

Änderungen

Gegenüber DIN 6800-1:1980-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Begriffsdefinitionen wurden überarbeitet und aktualisiert.
- b) Der Anwendungsbereich der Norm umfasst nicht mehr die Dosimetrie für die Brachytherapie.
- c) Es werden nur noch DOSIMETER berücksichtigt, für die der KALIBRIERFAKTOR zur Ermittlung der WASSER-ENERGIEDOSIS bekannt ist. Absolutmessende DOSIMETER sowie die damit im Zusammenhang stehenden Fragen der Ermittlung der Sondendosis, des Sondenfaktors usw. werden nicht behandelt.
- d) Die Vorgehensweise zur Ermittlung der WASSER-ENERGIEDOSIS mit kalibrierten DOSIMETERN wird beschrieben, und es werden allgemeine Hinweise zur Positionierung der Sonden, zum KALIBRIERFAKTOR und zu den erforderlichen Korrekturen gegeben.
- e) Ein Kapitel über PHANTOME wurde neu aufgenommen, in dem die Eigenschaften verschiedener wasser-äquivalenter Phantommaterialien angegeben sind. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der WASSER-ENERGIEDOSIS in diesen Festkörperphantomen wird beschrieben und die dazu benötigten Daten werden angegeben.
- f) Die für die Ermittlung von Dosisverteilungen wesentlichen Eigenschaften von DOSIMETERSONDEN werden beschrieben, und es werden Hinweise zur Auswahl geeigneter Sonden für verschiedene Messaufgaben gegeben.
- g) Die Ermittlung der dem Umgebungsmaterial zugeführten DOSIS aus der gemessenen WASSER-ENERGIEDOSIS wird beschrieben. Für einige Materialien werden die für die Umrechnung benötigten Daten angegeben.
- h) Das Verfahren zur Ermittlung der MESSUNSICHERHEIT wird beschrieben.

Frühere Ausgaben

DIN 6800-1: 1980-06

Einleitung

Die Sondenmethode ist das wichtigste Verfahren der klinischen Dosimetrie zur Bestimmung der ENERGIEDOSIS in der STRAHLENTHERAPIE.

Die ENERGIEDOSIS, die einem biologischen Gewebe oder einem anderen Material an einem interessierenden Punkt zugeführt wird, lässt sich in der klinischen Praxis nicht unmittelbar, d. h. durch messtechnische Erfassung von Strahlungswirkungen auf das interessierende Material selbst, messen. Man muss daher ein mittelbares Verfahren, die Sondenmethode, anwenden. Hierbei wird die DOSIMETERSONDE, d. h. das Detektormaterial einschließlich seiner Umhüllung, in das interessierende Material eingebracht oder an diesem befestigt und mit diesem zusammen bestrahlt. Bei entsprechender Kalibrierung des DOSIMETERS lässt sich aus dem Detektorsignal die in der STRAHLENTHERAPIE in der Regel verwendete WASSER-ENERGIEDOSIS am MESSORT ermitteln. Die dem interessierenden Material in Abwesenheit des Detektors am MESSORT zugeführte ENERGIEDOSIS erhält man daraus durch Anwendung eines DOSIS-Umrechnungsfaktors. Bei hochenergetischer PHOTONEN- und ELEKTRONENSTRAHLUNG stimmen die Dosiswerte für Weichteilgewebe und Wasser in sehr guter Näherung überein.

In dieser Norm sind bestimmte Begriffe, Verfahrensregeln, Formeln, Strahlungsfeldbedingungen und Umrechnungsfaktoren der Sondenmethode festgelegt, die für alle Dosimeterarten gemeinsam gelten. Darüber hinaus werden Hinweise auf Beiträge zur MESSUNSICHERHEIT gegeben, und es wird das Verfahren zur Ermittlung der GESAMTUNSICHERHEIT der DOSIS beschrieben.

In weiteren Teilen der Normenreihe DIN 6800 [1] sind die speziellen Regeln für die Anwendung verschiedener Dosimeterarten (z. B. Ionisationskammerdosimeter, Filmdosimeter, Thermolumineszenzdosimeter) nach der Sondenmethode festgelegt. Es ist zu beachten, dass in den weiteren Teilen der Normenreihe DIN 6800 [1], sofern sie älter sind als die vorliegende Norm, nicht zwischen der UNKORRIGIERTEN ANZEIGE und der KORRIGIERTEN ANZEIGE unterschieden wird. Mit dem in den älteren Teilen der Normenreihe DIN 6800 [1] als ANZEIGE bezeichneten Symbol M ist stets die UNKORRIGIERTE ANZEIGE gemeint.

Nicht alle Verfahren der Dosimetrie benutzen die Sondenmethode (siehe Anhang A).

1 Anwendungsbereich

Diese Norm beschreibt die Grundsätze der Anwendung der Sondenmethode für die Dosimetrie in der STRAHLENTHERAPIE.

Die Norm dient zur Messung der ENERGIEDOSIS an einem Punkt in einem bestrahlten Material und zur Ermittlung von Relativwerten der ENERGIEDOSIS an Punkten im oder am menschlichen Körper oder PHANTOM für PHOTONENSTRAHLUNG im Energiebereich von 10 keV bis 50 MeV und ELEKTRONENSTRAHLUNG von 2 MeV bis 50 MeV in der TELETHERAPIE.

Die Norm gilt nicht für die in der Brachytherapie verwendeten Photonen- und Betastrahlungen. Bestimmte Begriffe und Verfahren der Sondenmethode werden jedoch sinngemäß auch in der Brachytherapie mit Photonen- und Betastrahlungen verwendet.

Die Dosimetrie für die Therapie mit Röntgenstrahlung ist in DIN 6809-4 beschrieben.

Verfahren der klinischen Dosimetrie, die über die Dosisermittlung an einem Punkt hinausgehen, sind in der Normenreihe DIN 6809 festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 6800 (ganze Reihe), *Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung*

DIN 6800-2, *Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung — Teil 2: Dosimetrie hochenergetischer Photonen- und Elektronenstrahlung mit Ionisationskammern*

DIN 6800-5, *Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung — Teil 5: Thermolumineszenzdosimetrie*

DIN 6809 (ganze Reihe), *Klinische Dosimetrie*

DIN 6809-4, *Klinische Dosimetrie — Teil 4: Anwendung von Röntgenstrahlen mit Röhrenspannungen von 10 bis 100 kV in der Strahlentherapie und in der Weichteildiagnostik*

DIN V ENV 13005, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe im Stichwortverzeichnis und die folgenden Begriffe.

3.1 Ansprechvermögen

R

<Sondenmethode> Quotient aus der um die NULLANZEIGE M_0 verminderten UNKORRIGIERTEN ANZEIGE M und dem Wert der sie verursachenden WASSER-ENERGIEDOSIS D_W

Anmerkung 1 zum Begriff: Das ANSPRECHVERMÖGEN unter Einwirkung einer EINFLUSSGRÖSSE, bezogen auf das ANSPRECHVERMÖGEN beim BEZUGSWERT dieser EINFLUSSGRÖSSE, dient zur Beschreibung der Auswirkung dieser EINFLUSSGRÖSSE, wenn alle anderen EINFLUSSGRÖSSEN unverändert bleiben. Beispiele für EINFLUSSGRÖSSEN sind die Energie- und Richtungsverteilung der Strahlung oder die Temperatur am MESSORT. Die Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS bei Änderung des MESSWERTES wird als Linearitätsabweichung bezeichnet.

3.2 Anzeige

von einem MESSGERÄT oder MESSSYSTEM gelieferter Größenwert

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der ANZEIGE kann es sich um die UNKORRIGIERTE ANZEIGE oder die KORRIGIERTE ANZEIGE handeln.

[QUELLE: VIM:2007, 4.1, modifiziert, Anmerkungen 1 und 2 durch Anmerkung 1 zum Begriff ersetzt]

3.3 Bezugsbedingungen für die Kalibrierung

Bezugsbedingungen

Bedingungen, unter denen alle EINFLUSSGRÖSSEN und GERÄTEPARAMETER ihre BEZUGSWERTE annehmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der KALIBRIERFAKTOR bezieht sich auf den Betrieb des DOSIMETERS unter BEZUGSBEDINGUNGEN für die KALIBRIERUNG.

3.4

Bezugspunkt

vom Hersteller angegebener Punkt einer DOSIMETERSONDE, durch dessen Lage im Raum die Position der DOSIMETERSONDE gekennzeichnet wird

3.5

Bezugswert

einzelner Wert einer EINFLUSSGRÖSSE oder GERÄTEPARAMETER, der für Bezugszwecke ausgewählt wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: D. h. ein Wert einer EINFLUSSGRÖSSE (oder GERÄTEPARAMETER), bei dem der KORREKTIONSAKTOR bezüglich der Abhängigkeit von dieser EINFLUSSGRÖSSE (oder GERÄTEPARAMETER) den Wert eins annimmt.

[QUELLE: DIN EN 60731:2014-10, 3.9]

3.6

Bragg-Gray-Bedingungen

idealisierte Zustand des STRAHLUNGSFELDES einer PHOTONEN- oder ELEKTRONENSTRAHLUNG in einem Hohlraum innerhalb eines Materials A, der mit einem Material B gefüllt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Zustand besteht dann, wenn

- a) die SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTEN der den Hohlraum durchlaufenden Elektronen der ersten Generation sowie ihre Richtungsverteilung durch den mit dem Material B gefüllten Hohlraum nicht verändert wird,
- b) die Energie, die von den im Material B durch PHOTONEN ausgelösten SEKUNDÄELEKTRONEN auf dieses Material übertragen wird, im Verhältnis zu der insgesamt auf das Material B ÜBERTRAGENEN ENERGIE verschwindend klein ist,
- c) die SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTEN der Elektronen aller Generationen innerhalb des Materials B ortsunabhängig ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Bedingungen bedeuten, dass die am interessierenden Punkt im Material B erzeugte ENERGIEDOSIS allein durch die Energiebilanz der in das Material B ein- und aus ihm austretenden ELEKTRONENSTRAHLUNG der ersten Generation bestimmt wird. (Bei PHOTONENSTRAHLUNG sind dies die Photoelektronen, Comptonelektronen und Elektron-Positron-Paare. Die von ihnen durch Elektron-Elektron-Streuung erzeugten SEKUNDÄELEKTRONEN werden als Elektronen der zweiten Generation bezeichnet.) Aus diesem Grund stehen die in den Materialien A und B erzeugten ENERGIEDOSIS unter BRAGG-GRAY-BEDINGUNGEN im Verhältnis der MASSEN-STOSSBREMSVERMÖGEN der Elektronen der ersten Generation. Bei ELEKTRONENSTRAHLUNG entfällt Bedingung b).

[QUELLE: DIN 6814-3:2016-04, 2.9]

3.7

Dosimetersonde

Sonde, bestehend aus strahlungsempfindlichem festem, flüssigem oder gasförmigem Material (Sondenmaterial), welches eine dosisabhängige Anzeige liefert und ein bestimmtes, für die Messung ausgenutztes Volumen (Messvolumen) einnimmt, sowie im Allgemeinen aus einer das Sondenmaterial umgebenden Wand oder Hülle (Wandmaterial) und gegebenenfalls aus zusätzlichen Bauteilen

Anmerkung 1 zum Begriff: Zusätzliche Bauteile können z. B. elektrische Zuleitungen oder mechanische Verbindungen sein.

3.8

Dosisprofil

funktionelle Abhängigkeit einer Dosisgröße vom Ort

Anmerkung 1 zum Begriff: Es kann sich um ein laterales DOSISPROFIL oder um die Tiefen- oder Absorberdickenabhängigkeit der Dosis handeln. Als Dosisgrößen kommen z. B. die WASSER-ENERGIEDOSIS oder die LUFTKERMA in Frage.

3.9 effektiver Messpunkt

<Sondenmethode> Punkt einer DOSIMETERSONDE, der bei Dosismessungen an den MESSORT zu bringen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Abstand zwischen dem EFFEKTIVEN MESSPUNKT einer DOSIMETERSONDE und ihrem BEZUGSPUNKT wird als „Verschiebung des EFFEKTIVEN MESSPUNKTES“ Δz (engl. EPOM shift) bezeichnet. Der Zahlenwert von Δz hängt von der Bauweise der DOSIMETERSONDE ab.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zur messtechnischen Berücksichtigung der Verschiebung des EFFEKTIVEN MESSPUNKTES dient die POSITIONIERUNGSVORSCHRIFT (s. 4.2.2).

Anmerkung 3 zum Begriff: Mit Hilfe der Positionierung des EFFEKTIVEN MESSPUNKTES am MESSORT erhält man den MESSWERT der WASSER-ENERGIEDOSIS für den betreffenden MESSORT durch Anwendung der Gleichung (1).

3.10 Einflussgröße

<Sondenmethode> Größe, die nicht Gegenstand der Messung ist, und deren Änderung die Beziehung zwischen der UNKORRIGIERTEN ANZEIGE und dem MESSERGESBIS beeinflusst

Anmerkung 1 zum Begriff: EINFLUSSGRÖSSEN können als Störgrößen von außen einwirken (Temperatur, Luftfeuchte, Netzspannung usw.), als Geräteeigenschaften aus dem Gerät selbst stammen (Nullpunktwanderung, Alterung der Bauteile, Anlaufzeit usw.) oder als einstellbare Hilfsgrößen, die zur Ausführung der Messung notwendig sind, in Erscheinung treten (z. B. die STRAHLUNGSQUALITÄT oder die Strahleneinfallsrichtung bei der Messung der DOSIS).

3.11 Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens

Abhängigkeit des ANSPRECHVERMÖGENS eines Detektors von einer Energiekenngröße

Anmerkung 1 zum Begriff: Als Energiekenngröße kann z. B. die Energie monoenergetischer Strahlung, die Energie des Maximums der SPEKTRALEN TEILCHENFLUENZ, die maximale Energie der Teilchen am Ort des Detektors oder der STRAHLUNGSQUALITÄTSINDEX verwendet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die gesamte ENERGIEABHÄNGIGKEIT DES ANSPRECHVERMÖGENS kann in zwei Komponenten unterteilt werden: Die erste Komponente ist die sogenannte intrinsische Energieabhängigkeit der DOSIMETERSONDE, die die Abhängigkeit des Sonden Signals von der ENERGIEDOSIS im Sondenmaterial beschreibt. So variiert z. B. bei TLDs das auf die ENERGIEDOSIS im TLD-Material bezogene Signal bei niederenergetischer Photonenstrahlung um bis zu 15 %. Die zweite Komponente betrifft die Änderung des Umrechnungsfaktors zwischen der ENERGIEDOSIS im Sondenmaterial und der ENERGIEDOSIS im Phantommateri al am MESSORT (z. B. das Verhältnis der Massenbremsvermögen von Wasser und Luft bei Ionisationskammern).

3.12 Energiedosis

D

Differentialquotient aus der mittleren Energie $d\bar{\epsilon}$, die durch IONISIERENDE STRAHLUNG auf ein Material in einem Volumenelement dV übertragen wird, und der Masse dm des Materials mit der Dichte ρ in diesem Volumenelement

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\bar{\epsilon}}{dV}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der ENERGIEDOSIS ist J/kg mit dem Namen „Gray“ und dem Einheitenzeichen Gy; es gilt:

$$1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Anmerkung 2 zum Begriff: Die ENERGIEDOSIS ist eine nicht-stochastische Größe.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Angabe einer ENERGIEDOSIS schließt die Nennung des Bezugsmaterials, das heißt des Materials von dm , ein. Beispiele: WASSER-ENERGIEDOSIS D_W , LUFT-ENERGIEDOSIS D_a (Index „a“ für „air“). In der STRAHLEN-THERAPIE wird in der Regel die WASSER-ENERGIEDOSIS D_W verwendet.

Anmerkung 4 zum Begriff: Ist ein Dosimeter zur Messung der ENERGIEDOSIS für ein bestimmtes Bezugsmaterial kalibriert und wird sein Detektor in einem davon verschiedenen Umgebungsmaterial positioniert, so werden Bezugs- und Umgebungsmaterial genannt. Beispiel: WASSER-ENERGIEDOSIS an einem Punkt in einem gewebeäquivalenten PHANTOM.

Anmerkung 5 zum Begriff: Der Quotient $z = \Delta\varepsilon/\Delta m$ wird als „spezifische Energie“ bezeichnet. Sie ist eine stochastische Größe, d. h. eine Größe, deren Wert zufallsbedingten Schwankungen unterliegt. Die Werteverteilung von z bei wiederholten Ermittlungen unter identischen Bestrahlungsbedingungen wird durch eine Verteilungsfunktion beschrieben. Der Mittelwert der z -Werte stellt eine Schätzung des Erwartungswertes $\langle z \rangle$ dar, der sich als Mittelwert der Verteilung bei unendlich vielen Messungen ergeben würde. Es gilt der Zusammenhang:

$$D = \lim_{\Delta m \rightarrow 0} \langle z \rangle$$

Durch diesen Zusammenhang wird der in diesem Abschnitt verwendete Differentialquotient näher erläutert. Entsprechendes gilt für die als Differentialquotienten definierten Begriffe KERMA und IONENDOSIS.

[QUELLE: DIN 6814-3: 2016-04, 2.2]

3.13

Flachkammer

IONISATIONSKAMMER mit einem Messvolumen von typischerweise $0,01 \text{ cm}^3$ bis $0,5 \text{ cm}^3$, deren Elektroden planparallel zueinander angeordnet sind, wobei die Abmessung des Messvolumens in Strahlungseinfallsrichtung wesentlich kleiner ist als in der dazu senkrechten Richtung

3.14

Halbwertschichtdicke

s

Schichtdicke eines in ein eng ausgeblendetes Strahlenbündel einheitlicher Richtung gebrachten Materials, durch welche die LUFTKERMALEISTUNG hinter der Schicht unter Messbedingungen, die den Ausschluss der STREUSTRAHLUNG gewährleisten, auf die Hälfte herabgesetzt wird

[QUELLE: DIN 6809-1:2010-03, 3.11]

3.15

Homogenitätskoeffizient

H

Verhältnis der ersten Halbwertschichtdicke (HWS) s_1 zur zweiten HWS s_2

$$H = \frac{s_1}{s_2}$$

[QUELLE: DIN 6809-1:2010-03, 3.13]

3.16

Ionisationskammer

Kammer

Detektor für ionisierende Strahlung, bestehend aus einer luftgefüllten Kammer, in der ein elektrisches Feld anliegt, das keine Gasverstärkung bewirkt und das an den Elektroden die Ladungen sammelt, die sich aus den im Messvolumen des Detektors durch ionisierende Strahlung erzeugten Ionen und Elektronen ergeben

ANMERKUNG 1 Für diese Norm umfasst die IONISATIONSKAMMER das Messvolumen, die Sammelelektrode, die Schutz-elektrode (falls vorhanden), die äußere Elektrode (die aus der Kammerwand und gegebenenfalls einer leitenden

Beschichtung besteht), die dem Messvolumen anliegenden Isolatorteile, die Wandverstärkungskappe und die wasser-dichte Umhüllung (falls vorhanden).

ANMERKUNG 2 Es gibt verschiedene Kategorien von IONISATIONSKAMMERN (siehe 3.1.1.1.1 bis 3.1.1.1.7).

[QUELLE: DIN EN 60731:2014-10, 3.1.1.1]

3.17 Kalibrierfaktor

N

<KAMMEREINHEIT mit zugehörigem ANZEIGEGERÄT> Faktor zur Umrechnung des auf BEZUGSBEDINGUNGEN korrigierten ANZEIGEWERTES in den RICHTIGEN WERT der Messgröße am BEZUGSPUNKT der IONISATIONSKAMMER

<Einzel kalibrierte IONISATIONSKAMMER ohne ANZEIGEGERÄT> Faktor mit dem die auf BEZUGSBEDINGUNGEN korrigierte Ionisationsladung oder der Ionisationsstrom auf den am BEZUGSPUNKT der KAMMER gemessenen RICHTIGEN WERT umgerechnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff Dies ist der Kehrwert des ANSPRECHVERMÖGENS unter BEZUGSBEDINGUNGEN.

[QUELLE: DIN EN 60731:2014-10, 3.21]

3.18 Kerma

K

Differentialquotient aus der Summe der Anfangswerte der kinetischen Energien dE_{tr} aller geladenen TEILCHEN, die im Mittel von INDIREKT IONISIERENDER STRAHLUNG aus dem Material in einem Volumenelement dV freigesetzt werden, und der Masse dm dieses Volumenelementes mit der Dichte ρ

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dE_{tr}}{dV}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der KERMA ist J/kg mit dem Namen „Gray“ und dem Einheitenzeichen Gy (siehe auch Anmerkung 1 zu 2.2).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die KERMA ist eine Dosisgröße. Das Wort „KERMA“ ist aus den ersten Buchstaben der Worte „Kinetic Energy Released per Mass“ abgeleitet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Angabe einer KERMA schließt die Nennung des Bezugsmaterials, das heißt des Materials von dm , ein. Beispiele: LUFTKERMA K_a , WASSERKERMA K_w an einem Punkt in einem gewebeäquivalenten PHANTOM.

Anmerkung 4 zum Begriff: Ist ein Dosimeter zur Messung der KERMA für ein bestimmtes Bezugsmaterial kalibriert und wird es in einem davon verschiedenen Umgebungsmaterial positioniert, so werden Bezugs- und Umgebungsmaterial genannt.

Anmerkung 5 zum Begriff: Zum Zusammenhang zwischen der LUFTKERMA und der STANDARD-IONENDOSIS siehe Anmerkungen zu 2.6.

Anmerkung 6 zum Begriff: Man spricht auch von der STOßKERMA $K_{m, coll} = K_m (1 - g_m)$ und der STRAHLUNGSKERMA $K_{m, rad} = K_m g_m$; dabei bezeichnet der Index m das Bezugsmaterial und g den Bruchteil der Summe der im Bezugsmaterial auf SEKUNDÄRELEKTRONEN übertragenen kinetischen Anfangsenergien, der in diesem Material in BREMSSTRAHLUNG umgesetzt wird (s. Tabelle A.1). Beispielsweise beträgt die STOß-LUFTKERMA $K_{a, coll} = K_a (1 - g_a)$, siehe Anhänge zu 2.4 und 2.6. Die Summe aus STOß- und STRAHLUNGSKERMA kann zur Verdeutlichung als GESAMTKERMA bezeichnet werden.

Anmerkung 7 zum Begriff: Die KERMA ist eine nicht-stochastische Größe. Anmerkung 5 zum Begriff ENERGIEDOSIS (siehe 2.2) gilt sinngemäß.

[QUELLE: DIN 6814-3: 2016-04, 2.4]

3.19**Korrektionsfaktor**

<Sondenmethode> Zahlenfaktor, mit dem das unberichtigte Messergebnis (Produkt aus der um die NULLANZEIGE M_0 verminderten UNKORRIGIERTEN ANZEIGE M und dem KALIBRIERFAKTOR N) zum Ausgleich einer systematischen Messabweichung multipliziert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: KORREKTIONSFAKTOREN werden durch Messung oder Rechnung ermittelt und sind mit einer UNSICHERHEIT behaftet. Daher ist ein vollständiger Ausgleich nicht möglich.

3.20**korrigierte Anzeige**

ANZEIGE, in der gegebenenfalls der KALIBRIERFAKTOR sowie einige KORREKTIONSFAKTOREN bereits berücksichtigt sind

3.21**linearer Schwächungskoeffizient**

μ

Quotient dN_p/N_p durch ds ; dabei ist N_p die Anzahl der auf einen Stoff auftreffenden (primären) Photonen, dN_p die Anzahl der Photonen, die auf dem Wegelement ds in diesem Stoff eine oder mehrere WECHSELWIRKUNGEN erleiden, und ds das entsprechende Wegelement:

$$\mu = \frac{1}{N_p} \frac{dN_p}{ds}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Der LINEARE SCHWÄCHUNGSKOEFFIZIENT μ für eine PHOTONENSTRAHLUNG mit der Photonenenergie E ist gleich der Summe aus dem LINEAREN PHOTOSCHWÄCHUNGSKOEFFIZIENTEN τ , dem LINEAREN STREUKOEFFIZIENTEN σ und dem LINEAREN PAARBILDUNGSKOEFFIZIENTEN κ :

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa$$

Bei Photonenenergien im Bereich oberhalb etwa 10 MeV tritt ein zusätzlicher Anteil am LINEAREN SCHWÄCHUNGSKOEFFIZIENTEN aufgrund des KERN-PHOTOEFFEKTES in Erscheinung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der LINEARE SCHWÄCHUNGSKOEFFIZIENT μ ist gleich dem Produkt aus den Anzahldichten der Atome $n_a = N_A \cdot \rho / M$ - dabei ist N_A die Avogadro-Konstante, ρ die Dichte (Massendichte), M die molare Masse des betrachteten Stoffes - und dem TOTALEN WIRKUNGSQUERSCHNITT σ_T :

$$\mu = n_a \cdot \sigma_T$$

Anmerkung 3 zum Begriff: Der LINEARE SCHWÄCHUNGSKOEFFIZIENT ist eine Funktion der Photonenenergie. Liegt ein SPEKTRUM vor, so ist der LINEARE SCHWÄCHUNGSKOEFFIZIENT gleich dem Quotienten $d\phi_E/\phi_E$ durch ds ; dabei ist $d\phi_E/\phi_E$ der Betrag der relativen Änderung der spektralen Photonenflussdichte ϕ_E auf dem Wegelement ds :

$$\mu = \frac{1}{\phi_E} \frac{d\phi_E}{ds}$$

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 8.3.1]

3.22**lineares Stoßbremsvermögen**

S_{col}

Quotient dE durch ds ; dabei ist dE der mittlere Energieverlust, den ein geladenes TEILCHEN der Energie E durch Kollisionen, das heißt durch Anregungen und IONISATIONEN, in einem betrachteten Stoff innerhalb der Weglänge ds erleidet, und ds die entsprechende Weglänge:

$$S_{\text{col}} = \left(\frac{dE}{ds} \right)_{\text{col}}$$

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 8.2.2]

3.23

Luftkerma

K_a

Verhältnis von dE_{tr} zu dm , wobei dE_{tr} die Summe der kinetischen Anfangsenergien aller geladenen Teilchen ist, die durch ungeladene ionisierende Teilchen in Luft der Masse dm freigesetzt wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der LUFTKERMA ist Gy ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Definition ist aus der Definition in C.6 von ICRU 33 [47] abgeleitet.

[QUELLE: DIN EN 60731:2014-10, 3.31]]

3.24

Massen-Schwächungskoeffizient

μ/ρ

Quotient μ durch ρ ; dabei ist μ der LINEARE SCHWÄCHUNGSKOEFFIZIENT eines Stoffes und ρ dessen Dichte

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 8.3.1.1]

3.25

Massen-Stoßbremsvermögen

S_{col}/ρ

Quotient S_{col} durch ρ ; dabei ist S_{col} das LINEARE STOSSBREMSVERMÖGEN eines Stoffes und ρ dessen Dichte

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 8.2.2.1]

3.26

Messergebnis

Menge von Größenwerten, die einer MESSGRÖSSE zugewiesen sind, zusammen mit jeglicher verfügbarer relevanter Information

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein MESSERGEBNIS enthält im Allgemeinen „relevante Information“ über die Menge der Größenwerte, von denen einige repräsentativer für die MESSGRÖSSE sein können als andere. Dies kann in Form einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ausgedrückt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein MESSERGEBNIS wird oft als ein einziger MESSWERT und eine MESSUNSICHERHEIT ausgedrückt. Ein MESSERGEBNIS kann auch die Menge der Größenwerte sein, die in ihrer Gesamtheit eine funktionelle Abhängigkeit, z. B. ein DOSISPROFIL, darstellen.

[QUELLE: VIM:2007, 2.9, modifiziert, Anmerkungen 2 und 3 durch neue Anmerkung 2 zum Begriff ersetzt]

3.27

Messgröße

Größe, die gemessen werden soll

Anmerkung 1 zum Begriff: Man spricht von einer MESSGRÖSSE, z. B. der ENERGIEDOSIS, der HALBWERTSCHICHTDICKE oder der PRAKTISCHEN REICHWEITE, als einem physikalischen Begriff, unabhängig von dem jeweiligen Größenwert bei einer bestimmten Messung.

[QUELLE: VIM:2007, 2.3, modifiziert, Anmerkungen 1,2, 3 und Beispiel 1 durch neue Anmerkung 1 zum Begriff ersetzt]

3.28

Messort

Punkt in dem durch die Messsonde ungestörten PHANTOM, für den der MESSWERT der ENERGIEDOSIS ermittelt wird

3.29

Messunsicherheit

Unsicherheit

nichtnegativer Parameter, der die Streuung der WERTE kennzeichnet, die der MESSGRÖSSE auf der Grundlage der benutzten Information beigeordnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die MESSUNSICHERHEIT kann auch ganz allgemein eine bei der Auswertung von Messungen beteiligte Größe betreffen, ohne dass diese eine MESSGRÖSSE zu sein braucht. Die Benennung STANDARDMESSUNSICHERHEIT wird verwendet, wenn herausgestellt werden soll, dass die MESSUNSICHERHEIT durch eine STANDARDABWEICHUNG ausgedrückt wird.

[QUELLE: VIM:2007, 2.26, modifiziert, Anmerkungen 1,2, 3 und 4 durch neue Anmerkung 1 zum Begriff ersetzt]

3.30

Messwert

GRÖßENWERT, der ein MESSERGEBNIS repräsentiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Unterschied zur ANZEIGE, die je nach Dosimeterart noch unkorrigiert ist oder bereits einige Korrekturen enthalten kann, stellt der MESSWERT den ermittelten Größenwert unter Anwendung aller Korrekturen dar.

[QUELLE: VIM:2007, 2.10, modifiziert, Anmerkungen 1,2, 3 und 4 durch neue Anmerkung 1 zum Begriff ersetzt]

3.31

Nullanzeige

M_0

UNKORRIGIERTE ANZEIGE eines DOSIMETERS in Abwesenheit der NUTZSTRAHLUNG

3.32

Phantom

<Dosimetrie> Objekt, das einen menschlichen Körper oder einen Teil desselben so nachbildet, dass es sich bei einem betrachteten dosimetrischen Verfahren in ausreichender Näherung physikalisch so verhält wie der Körper oder dessen Teil

3.33

Positionierungsvorschrift

<Sondenmethode> im Umgebungsmedium herzustellende Lagebeziehung des BEZUGSPUNKTES einer Sonde zum MESSORT

Anmerkung 1 zum Begriff: Durch die Positionierungsvorschrift wird ein Detektor so platziert, dass sein EFFEKTIVER MESSPUNKT mit dem beabsichtigten MESSORT im Umgebungsmedium zusammenfällt.

3.34

praktische Reichweite

R_p

<Elektronenstrahlung> in einem Standardmedium (Wasser) gemessene Tiefe des Schnittpunktes einer Geraden, die den linear abfallenden Teil einer unter bestimmten Messbedingungen ermittelten Elektronen-Tiefendosiskurve approximiert, mit dem geradlinig nach kleineren Tiefen hin extrapolierten Bremsstrahlungs-Ausläufer dieser TIEFENDOSISKURVE

Anmerkung 1 zum Begriff: Aus der PRAKTISCHEN REICHWEITE lässt sich die wahrscheinlichste Energie der Elektronen an der Phantomoberfläche ermitteln.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die PRAKTISCHE REICHWEITE lässt sich außer aus der TIEFENDOSISKURVE auch aus der Tiefen-Abhängigkeit des Integrals der TEILCHENSTROMDICHTÉ über die STRAHLENFELD-FLÄCHE oder aus der Abhängigkeit des Wertes dieses Integrals von der Dicke vorgeschalteter Materieschichten bestimmen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zu den Messbedingungen siehe DIN 6800-2 [2].

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 5.1.3]

3.35

Primärnormal

NORMAL, das auf einem PRIMÄRMESSVERFAHREN beruht oder auf Grundlage einer Vereinbarung als Artefakt geschaffen ist

[QUELLE: VIM:2007, 2.10, modifiziert, Beispiele 1 bis 4 entfernt]

3.36

räumliches Auflösungsvermögen

<Dosimetrie> Fähigkeit eines räumlich ausgedehnten Detektors zur möglichst punktwisen Erfassung von räumlich verteilten Dosiswerten

Anmerkung 1 zum Begriff: In 6.2.3.2 und 6.2.3.3 sind Parameter zur Beschreibung des lateralen Auflösungsvermögens und Tiefen-Auflösungsvermögens festgelegt.

3.37

Referenzbedingungen für die Dosismessung

Referenzbedingungen

Bedingungen, für die die KORREKTIONSAKTÖREN zur Berücksichtigung des Einflusses der STRAHLUNGSQUALITÄT gelten

Anmerkung 1 zum Begriff: In DIN 6800-2 [2] sind z. B. als REFERENZBEDINGUNGEN FÜR DIE DOSISMESSUNG bestimmte Werte der MESSTIEFE, der FELDGRÖÖE und des FOKUS-OBERFLÄCHEN-ABSTANDES festgelegt.

3.38

Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens

Abhängigkeit des ANSPRECHVERMÖGENS eines DETEKTORS von der Einfallsrichtung einer unidirektionalen Strahlung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die RICHTUNGSABHÄNGIGKEIT DES ANSPRECHVERMÖGENS kann in eine Abhängigkeit des Ansprechvermögens vom Polar- oder Azimutwinkel unterteilt werden.

3.39

Sekundärelektronengleichgewicht

idealisierter Zustand des STRAHLUNGSFELDES einer PHOTONENSTRAHLUNG an einem Punkt innerhalb eines Materials

Anmerkung 1 zum Begriff: SEKUNDÄRELEKTRONENGLICHGEWICHT besteht dann, wenn die in einem kleinen Volumenelement von PHOTONEN an SEKUNDÄRELEKTRONEN abgegebene Energie, soweit sie von diesen aus dem Volumenelement heraus transportiert und nicht danach in BREMSSTRAHLUNG umgewandelt wird, gleich der von SEKUNDÄRELEKTRONEN in das Volumenelement hineintransportierten und darin verbleibenden Energie ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die ENERGIEDOSIS ergibt sich nach 2.2 aus einer Bilanz der in ein Volumenelement hinein- und aus ihm heraus-transportierten Energien von Photonen und Elektronen. Bei SEKUNDÄRELEKTRONENGLICHGEWICHT stehen die in zwei verschiedenen Stoffen bei gleicher SPEKTRALER TEILCHENFLUSSDICHTHE der PHOTONEN erzeugten ENERGIEDOSEN entsprechend dieser Bilanz im Verhältnis der MASSEN-ENERGIEABSORPTIONSKOEFFIZIENTEN.

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei SEKUNDÄRELEKTRONENGLICHGEWICHT an einem Punkt in einem Material ist die SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTHE der SEKUNDÄRELEKTRONEN an diesem Punkt gleich derjenigen, die dort vorhanden wäre, wenn in diesem Material bis zu Entfernungen gleich der maximalen Reichweite der SEKUNDÄRELEKTRONEN die gleiche SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTHE der Photonen wie am interessierenden Punkt bestünde.

Anmerkung 4 zum Begriff: Der Begriff SEKUNDÄRELEKTRONENGLICHGEWICHT lässt sich auch auf andere PRIMÄRSTRAHLUNGSARTEN und andere SEKUNDÄRTEILCHEN erweitern; in diesem Fall spricht man von SEKUNDÄRTEILCHENGLICHGEWICHT. Beispiel ist das Rückstoßprotonen-Gleichgewicht in einem Neutronenstrahlungsfeld.

[QUELLE: DIN 6814-3: 2016-04, 2.8]

3.40

spektrale Teilchenfluenz

Φ_E

Verteilung der TEILCHENFLUENZ Φ in Bezug auf die Energie E der TEILCHEN

$$\Phi_E = \frac{d\Phi_E}{dE}$$

Dabei ist $d\Phi_E$ die Fluenz aller TEILCHEN, deren Energie in dem Energieintervall zwischen E und $E + dE$ liegt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die SPEKTRALE TEILCHENFLUENZ Φ_E ist eine Funktion der Energie.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die TEILCHENFLUENZ ist das Integral ihrer spektralen Verteilung über alle Energien von Null bis Unendlich:

$$\Phi = \int_0^{\infty} \Phi_E dE$$

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 6.2.3.1]

3.41

Störungsfaktor

p

Faktor, mit dem die strahlungsqualitätsabhängigen Abweichungen von den BRAGG-GRAY-BEDINGUNGEN oder den Gleichgewichtsbedingungen korrigiert werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der STÖRUNGSFAKTOR wird oftmals als Produkt aus Einzelstörungsfaktoren p_i dargestellt, die jeder für sich und unabhängig voneinander eine bestimmte Störung berücksichtigen.

Anmerkung 2 zum Begriff: STÖRUNGSFAKTOREN sind oftmals in den KORREKTIONSFAKTOREN zur Berücksichtigung des Einflusses der STRAHLUNGSQUALITÄT enthalten (siehe z. B. DIN 6800-2 [2]).

3.42

Strahlungsfeld

räumliche Verteilung von Strahlung im Vakuum oder in Materie