

DIN 6803-1

ICS 01.040.11; 11.040.50; 11.040.60

**Dosimetrie für die Photonen-Brachytherapie –
Teil 1: Begriffe**

Dosimetry for Photon-Brachytherapy –
Part 1: Terms and Definitions

Dosimétrie pour Curiethérapie avec Rayonnements Photoniques –
Partie 1: Notations et Définitions

Gesamtumfang 63 Seiten

DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 Dosisgrößen	7
3.2 Strahlungskomponenten	8
3.3 Strahlungsqualität	10
3.4 Strahlungsquellen	14
3.5 Dosisberechnung	20
3.6 Dosismessung	25
3.7 Dosimetrische Qualitätssicherung	35
Anhang A (informativ) Beispiele zur Erläuterung der Begriffe	37
Literaturhinweise	50
Stichwortverzeichnis	58

Bilder

Bild A.1 — Primärspektrum der aus der Oberfläche eines ^{192}Ir -Strahlers austretenden Photonen in der Transversalebene	37
Bild A.2 — Primärspektrum der aus der Oberfläche eines ^{169}Yb -Strahlers austretenden Photonen in der Transversalebene	38
Bild A.3 — Primärspektrum der aus der Oberfläche eines ^{125}I -Strahlers austretenden Photonen in der Transversalebene	38
Bild A.4 — Photonenspektrum eines elektronischen Brachytherapie-Röntgenstrahlers bei 50 kV Anodenspannung ohne Applikator	39
Bild A.5 — Photonenspektrum eines elektronischen Brachytherapie-Röntgenstrahlers bei 50 kV Anodenspannung mit Applikator	39
Bild A.6 — Radiale Dosisfunktionen typischer Strahler (^{103}Pd , ^{125}I , ^{241}Am , ^{169}Yb , ^{192}Ir , ^{198}Au und ^{137}Cs) sowie eines hypothetischen Strahlers (^{125}IAg)	40
Bild A.7 — Primär- und Streustrahlungs-separierte (PSS) Dosisdaten und Gesamtdosis eines ^{192}Ir -Strahlers in einem Nylon-Katheter	41
Bild A.8 — PSS-Dosisdaten: Gesamtdosis, Primärdosis, und gesamte Streudosis für einen ^{192}Ir -Strahler nach Multiplikation mit r^2	42
Bild A.9 — PSS-Dosisdaten: Gesamtdosis, Primärdosis, und gesamte Streudosis für einen ^{125}I -Strahler nach Multiplikation mit r^2	43

Bild A.10 — Änderung der mittleren Photonenenergie $\bar{E}_F$ mit dem Abstand r des interessierenden Punktes vom Strahler-Mittelpunkt eines ^{192}Ir-Photonenstrahlers	44
Bild A.11 — Änderung der mittleren Photonenenergie $\bar{E}_F$ mit dem Abstand r des interessierenden Punktes vom Strahler-Mittelpunkt eines mit 40 kV betriebenen elektronischen Brachytherapie-Röntgenstrahlers.....	45
Bild A.12 — Änderung der mittleren Photonenenergie $\bar{E}_F$ der Gesamtstrahlung sowie der Primärstrahlung und Streustrahlung eines ^{192}Ir-HDR-Strahlers als Funktion des Abstandes r vom Strahler-Mittelpunkt	46
Bild A.13 — Beispiele des Aufbaus verschiedener Strahlertypen von ^{125}I- bzw. ^{103}Pd-Seeds	47
Bild A.14 — TG-43 Referenzpunkt P_{Ref}.....	48
Bild A.15 — Polarkoordinatensystem eines Einzelstrahlers und Dosis-Berechnungspunkt $P(r, \theta)$	48
Bild A.16 — Kalibrierung eines Strahlers mit einer Ionisationskammer	49

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 in Benennungen, im Inhaltsverzeichnis, im Stichwortverzeichnis, in Überschriften, in Bildunterschriften und in Literaturhinweisen. Ein Stichwortverzeichnis am Ende der Norm enthält alle definierten Begriffe einschließlich Formelzeichen, Ursprungsangabe und englischer Benennung. Begriffe, die in anderen Normen definiert sind, z. B. in DIN 6814-2:2000-07 [95] DIN 6814-3:2016-08 [68], DIN 6814-4:2006-10 [108] und DIN 6814-8:2016-08 [28], und in der vorliegenden Norm vorausgesetzt werden, sind ebenfalls im Stichwortverzeichnis enthalten.

Die vorliegende Norm ist eine Begriffsnorm. Verfahren zur Dosisberechnung oder Dosismessung sind nicht Gegenstand dieser Norm. Festlegungen dieser Verfahren sowie der STRAHLER-REFERENZDATEN, DETEKTOR-REFERENZDATEN und Referenzdaten von PHANTOMEN sind weiteren Teilen der Reihe DIN 6803 vorbehalten.

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

Die Normenreihe DIN 6803, *Dosimetrie für die Photonen-Brachytherapie*, besteht zur Zeit aus:

- *Teil 1: Begriffe*
- *Teil 2: Strahler, Strahlerkalibrierung, Strahlerprüfung und Dosisberechnung*
- *Teil 3: Dosismessverfahren, Verifikationsmessungen und in-vivo Dosimetrie*

Einleitung

Diese Norm enthält die speziell zur Dosimetrie für die PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE benötigten Begriffe, einschließlich ihrer Benennungen und Begriffsbestimmungen. Die Begriffe werden aufeinander aufbauend dargestellt, in logischer Reihenfolge und unter Berücksichtigung der komplexen physikalischen Situation der Dosimetrie für die PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE ([1] bis [22]). Das Stichwortverzeichnis enthält die Benennungen in alphabetischer Reihenfolge.

Die in der BRACHYTHERAPIE (BT) verwendeten radioaktiven PHOTONEN-STRAHLER können GAMMASTRAHLUNG, CHARAKTERISTISCHE RÖNTGENSTRAHLUNG und BREMSSTRAHLUNG emittieren, die im RADIOAKTIVEN STOFF und in den inaktiven Materialien innerhalb eines STRAHLERS einschließlich der Strahlerhülle entstehen (siehe Bilder A.1 bis A.3). Betastrahlung, Konversionselektronen und Augerelektronen werden in der Regel im STRAHLER absorbiert. Wenn das nicht der Fall ist, wird diese STRAHLUNG zusätzlich bei der Dosimetrie berücksichtigt, z. B. bei Dosismessungen in Luft im Nahbereich von ^{192}Ir -STRAHLERN. Miniaturisierte ELEKTRONISCHE BRACHYTHERAPIE-RÖNTGENSTRAHLER emittieren gefilterte BREMSSTRAHLUNG und CHARAKTERISTISCHE RÖNTGENSTRAHLUNG (siehe Bilder A.4 und A.5).

Wegen der starken Energieabhängigkeit der konkurrierenden Wechselwirkungen – besonders im Energiebereich unter 150 keV – wird die Dosimetrie der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE in die folgenden drei STRAHLUNGSQUALITÄTS-Bereiche unterteilt [14] [23] [24].

- HOCHENERGETISCHE BT-PHOTONEN (HE, en: high energetic BT-photons), mit MITTLEREN ENERGIEEN der PRIMÄRSPEKTREN $> 150 \text{ keV}$, z. B. ^{192}Ir , ^{137}Cs , ^{60}Co ;
- MITTELENERGETISCHE BT-PHOTONEN, (ME, en: medium energetic BT-photons), mit MITTLEREN ENERGIEEN der PRIMÄRSPEKTREN zwischen 50 keV und 150 keV, z. B. ^{169}Yb ;
- NIEDERENERGETISCHE BT-PHOTONEN, (LE, en: low energetic BT-photons), mit MITTLEREN ENERGIEEN der PRIMÄRSPEKTREN $< 50 \text{ keV}$ [1] [5], z. B. ^{125}I , ^{131}Cs , ^{103}Pd ; sowie ELEKTRONISCHE BRACHYTHERAPIE-RÖNTGENSTRAHLER [11] [92].

Für die Dosimetrie der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE nach der SONDENMETHODE ist die Charakterisierung der STRAHLUNGSQUALITÄT Q jedes BRACHYTHERAPIE-PHOTONEN-STRAHLERTYPS sowie der Änderung der STRAHLUNGSQUALITÄT im BRACHYTHERAPIE-PHOTONEN-Strahlungsfeld erforderlich [24] [25].

Auf die strahlenbiologische und strahlentherapeutische Relevanz der REFERENZDOSISLEISTUNG $\dot{D}_{\text{PD}}$ am REFERENZ-DOSISPUNKT P_{D} der DOSISVERORDNUNG wurde im ICRU Report 38 hingewiesen [26], und es wurden die drei folgenden Bereiche der REFERENZDOSISLEISTUNG definiert:

- BESTRAHLUNG mit HOHER DOSISLEISTUNG (HDR, en: high dose rate): $\dot{D}_{\text{PD}} > 12 \text{ Gy/h}$ ($> 0,2 \text{ Gy/min}$);
- BESTRAHLUNG mit MITTLERER DOSISLEISTUNG (MDR, en: medium dose rate): $12 \text{ Gy/h} \geq \dot{D}_{\text{PD}} \geq 2 \text{ Gy/h}$;
- BESTRAHLUNG mit NIEDRIGER DOSISLEISTUNG (LDR, en: low dose rate): $\dot{D}_{\text{PD}} < 2 \text{ Gy/h}$ ($< 0,033 \text{ Gy/min}$).

Die hyperfraktionierte HDR-BRACHYTHERAPIE, die als BRACHYTHERAPIE mit GEPULSTER DOSISLEISTUNG (PDR, en: pulsed dose rate) bezeichnet wird, ermöglicht dem mitbestrahlten gesunden Gewebe durch die Bestrahlungspausen eine ähnliche Erholung wie die LDR-Bestrahlung. Die strahlenbiologischen Kategorien HDR, LDR und PDR [27] sind in DIN 6814-8:2016-08 [28] definiert.

In der vorliegenden Norm wird auf die wichtigsten STRAHLER-REFERENZDATEN relevanter STRAHLERTYPEN hingewiesen, zu denen die PRIMÄR- und STREUSTRahlungSSPEKTREN sowie die nach PRIMÄRDOSIS und STREUDOSIS separierten DOSISDATEN (PSS-DOSISDATEN) gehören, die sich mit zunehmendem Abstand vom STRAHLER rasch von einem überwiegenden Dosisanteil der PRIMÄRSTRahlung zu einem überwiegenden Dosisanteil der STREUSTRahlung ändern (siehe Bilder A.7 bis A.9). Wichtige STRAHLER-REFERENZDATEN relevanter STRAHLERTYPEN, z. B. die TG-43 Consensus Daten von AAPM TG-43, finden sich in den Datenbanken des Joint AAPM/IROC Houston Registry (ehemals Datenbank des Radiological Physics Center, MD Anderson Hospital, Houston) [33] und der GEC-ESTRO [32]. In der Datenbank der Carleton Universität (Ottawa, Kanada) [29] bis [31] wurden zusätzlich auch PRIMÄRSPEKTREN und PSS-DOSISDATEN ausgewählter STRAHLER veröffentlicht (siehe Bilder A.1 bis A.3).

Die Begriffe „ENERGIEDOSIS“ und „KERMA“ sind bereits in DIN 6814-3:2016-08 [68] festgelegt, daher werden ihre Definitionen in dieser Norm nicht wiederholt. In DIN 6814-3:2016-08 [68] ist auch festgelegt, dass die Angabe von Werten der ENERGIEDOSIS oder KERMA die Nennung des Materials einschließt, für welches diese Größen im jeweiligen Anwendungsfall gelten sollen. Besondere Bedeutung für Dosisangaben in der Strahlentherapie und damit auch in der BRACHYTHERAPIE hat die WASSER-ENERGIEDOSIS, weil sich die ärztliche Dosisverordnung auf die zugeführte WASSER-ENERGIEDOSIS bezieht. Andere in der BRACHYTHERAPIE wichtige Dosisgrößen sind die WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG und die LUFTKERMALEISTUNG, weil Angaben dieser Größen zur KALIBRIERUNG von STRAHLERN für die BRACHYTHERAPIE dienen (siehe Begriff 3.4.17). Aus diesem Grund enthält der Abschnitt 3 die Definitionen dieser auf Wasser bzw. Luft bezogenen Größen.

Einige Begriffe der Dosimetrie für die PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE sind in DIN 6814-3:2016-08 und in DIN 6814-8:2016-08 definiert und werden hier zitiert. Soweit Begriffe der Dosimetrie, die in den Begriffsnormen DIN 6814-2:2000-07, DIN 6814-3:2016-08, DIN 6814-4:2006-10 und DIN 6814-8:2016-08 für die Teletherapie definiert sind und in der vorliegenden Norm zur Verwendung in der Dosimetrie für die PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE modifiziert wurden, ist dies im Text angegeben.

Bezüglich der KENNDOSISLEISTUNG in der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE findet z. Zt. ein Paradigmen-Wechsel von der KENN-LUFTKERMALEISTUNG $\dot{K}_{\delta,100}$ zur KENN-WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG $\dot{D}_{w,1}$ statt [34] [76]. Von verschiedenen Nationalen Metrologischen Instituten (NMI) wurden – sowohl für HE-PHOTONEN-STRahLER als auch für LE-PHOTONEN-STRahLER – $\dot{D}_{w,1}$ -PRIMÄRNORMALE entwickelt [35] [36], die die KALIBRIERUNG von STRAHLERN in Einheiten der WASSER-ENERGIEDOSIS in Wasser im Abstand $r_0 = 1$ cm vom STRAHLER-MITTELPUNKT auf der STRAHLER-TRANSVERSALEBENE ermöglichen [37]. In der Normenreihe DIN 6803 werden neben den SI-Einheiten dieser KENNDOSISLEISTUNGEN auch die noch in Gebrauch befindlichen Einheiten erwähnt und die Umrechnungen zwischen diesen angegeben. Fehler in der BRACHYTHERAPIE beruhen häufig auf Umrechnungsfehlern [38].

Zur Messung der WASSER-ENERGIEDOSIS in der Umgebung eines BRACHYTHERAPIE-PHOTONEN-STRahLERS werden die Begriffe KALIBRIERFAKTOR, ANSPRECHVERMÖGEN und EFFEKTIVER MESSPUNKT des DOSIMETRIE-DETEKTORS sowie die KORREKTIONSFAKTOREN für zahlreiche EINFLUSSGRÖßEN benötigt. Im Zusammenhang mit dem Begriff „ANSPRECHVERMÖGEN“ wird für die Dosimetrie der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE besonders auf die komplexen intrinsischen Mechanismen der Signalerzeugung im DETEKTOR hingewiesen [21] [24].

Dem Charakter einer Begriffsnorm entsprechend werden in dieser Norm ausschließlich Benennungen und Begriffsbestimmungen festgelegt; es handelt sich nicht um Verfahrensregeln. Ziel ihrer möglichst vollständigen Zusammenstellung ist die Vermeidung von Missverständnissen und die Eindeutigkeit von Zahlenwerten in der klinischen Praxis und der methodischen Weiterentwicklung der Dosimetrie für die PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE. Die Häufigkeit der praktischen Anwendung ergibt sich für jeden in dieser Norm festgelegten Begriff aus den in weiteren Teilen dieser Normenreihe festgelegten Verfahren zur Dosisberechnung und Dosismessung. Die in Anmerkungen und Abbildungen angegebenen Anwendungsbeispiele dienen lediglich zur Erläuterung der Begriffe.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Dosimetrie von radioaktiven PHOTONEN-STRAHLERN und von ELEKTRONISCHEN BRACHYTHERAPIE-RÖNTGENSTRAHLERN zur TEMPORÄREN INTERSTITIELLEN, INTRAKAVITÄREN, INTRALUMINALEN, ENDOVASKULÄREN (INTRAVASALEN) BRACHYTHERAPIE oder zur KONTAKTHERAPIE sowie zur PERMANENTEN BESTRAHLUNG mit radioaktiven SEEDS in der INTERSTITIELLEN BRACHYTHERAPIE, bei der STRAHLER mittels geeigneter STRAHLERFÜHRUNGEN oder APPLIKATOREN in der Nähe des zu bestrahlenden Gewebes oder direkt in diesem positioniert werden.

Die Norm gilt für die Dosimetrie in der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE mit PHOTONEN-STRAHLUNG oberhalb einer Abschnideenergie δ (typischerweise 5 keV oder 10 keV) bis zu 1,5 MeV (d. h. einschließlich ^{60}Co -Gammastrahlung).

Die klinische Dosimetrie der BRACHYTHERAPIE mit Betastrahlung wird in ISO 21439:2009 geregelt.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Dosisgrößen

3.1.1

Wasser-Energiedosis

D_w

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

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der WASSER-ENERGIEDOSIS ist „Gray“ (Gy, $1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$).

Anmerkung 2 zum Begriff: In der Strahlentherapie ist mit der oft verwendeten Kurzbezeichnung DOSIS die WASSER-ENERGIEDOSIS gemeint.

Anmerkung 3 zum Begriff: Wasser ist das Bezugsmaterial, das heißt das Material von dm .

[QUELLE: DIN 6814-3:2016-08, 2.2, modifiziert — Der Begriff ENERGIEDOSIS wird ergänzt]

3.1.2

Wasser-Energiedosisleistung

$\dot{D}_w$

Differenzialquotient dD_w durch dt , wobei dD_w die WASSER-ENERGIEDOSIS ist, die durch IONISIERENDE STRAHLUNG in einem Zeitintervall dt in Wasser erzeugt wird

$$\dot{D}_w = \frac{dD_w}{dt}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Strahlentherapie ist mit der oft verwendeten Kurzbezeichnung DOSISLEISTUNG die WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG gemeint.

[[QUELLE: DIN 6814-3:2016-08, 3.2, modifiziert – in DIN 6814-3 wird der für die BRACHYTHERAPIE benötigte Begriff WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG nur in der Definition zu KENNDOSISLEISTUNG für die Teletherapie verwendet]

3.1.3

Luftkermaleistung $\dot{K}_a$

Differenzialquotient dK_a durch dt , wobei dK_a die LUFTKERMA ist, die in der Zeit dt erzeugt wird

$$\dot{K}_a = \frac{dK_a}{dt}$$

[QUELLE: DIN 6814-3:2016-08, 2.5, modifiziert — in 6814-3 wird der für die BRACHYTHERAPIE benötigte Begriff LUFTKERMALEISTUNG nur in der Definition zu KENN-LUFTKERMALEISTUNG verwendet]

3.2 Strahlungskomponenten

3.2.1

Photonenstrahlung

IONISIERENDE STRAHLUNG, die aus PHOTONEN besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Sammelbegriff für GAMMASTRAHLUNG, RÖNTGENSTRAHLUNG (CHARAKTERISTISCHE RÖNTGENSTRAHLUNG bzw. BREMSSTRAHLUNG) und VERNICHTUNGSSTRAHLUNG einschließlich der durch Wechselwirkungen mit Materie entstehenden STREUSTRAHLUNG und FLUORESCENZSTRAHLUNG

Anmerkung 2 zum Begriff: In der Dosimetrie für die PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE braucht VERNICHTUNGSSTRAHLUNG nicht berücksichtigt zu werden; auch wenn bei ^{60}Co -STRAHLUNG die Schwellenenergie für die Paarbildung von 1,022 MeV überschritten wird, ist die Wahrscheinlichkeit zur Entstehung von VERNICHTUNGSSTRAHLUNG gering [19].

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 3.4.2, modifiziert — in 6814-2 fehlt in der Definition zu PHOTONENSTRAHLUNG die Vernichtungsstrahlung]

3.2.2

Primärstrahlung

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> PHOTONENSTRAHLUNG, die einen interessierenden Punkt außerhalb des STRAHLERS ohne vorausgehende Wechselwirkungen im Umgebungsmaterial erreicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Als PRIMÄRSTRAHLUNG bezeichnet man in der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE die gesamte innerhalb des STRAHLERS, d. h. durch spontane Kernumwandlungen sowie durch Sekundärprozesse innerhalb des RADIOAKTIVEN STOFFES, des TRÄGERS, der MARKER oder der Strahlerhülle erzeugte PHOTONENSTRAHLUNG, soweit sie den STRAHLER verlässt ([29] bis [32], [42] [43]). Abweichend von dieser für Dosisberechnungen und Dosismessungen in der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE geltenden, auf die aus dem STRAHLER austretende Strahlung bezogene Definition der PRIMÄRSTRAHLUNG wird in der Strahlungsphysik auch die von einem RADIONUKLID emittierte Strahlung als PRIMÄRSTRAHLUNG bezeichnet, siehe z. B. Begriffsbestimmung der PRIMÄRSTRAHLUNG in DIN 6814-2:2000-07 [95] und Definition der KENN-LUFTKERMALEISTUNG in DIN 6814-3:2016-08 [68].

Anmerkung 2 zum Begriff: Im STRAHLER einschließlich des Hüllmaterials (z. B. in einer Goldhülle) kann durch hochenergetische Betastrahlung (z. B. bei ^{170}Tm) BREMSSTRAHLUNG erzeugt werden, deren MITTLERE ENERGIE höher sein kann als die maximale Energie der GAMMASTRAHLUNG oder der CHARAKTERISTISCHEN RÖNTGENSTRAHLUNG des STRAHLERS [39]. Auch Sekundärelektronen der PHOTONENSTRAHLUNG des RADIONUKLIDS können im STRAHLER BREMSSTRAHLUNG erzeugen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die spektrale Verteilung der PRIMÄRSTRAHLUNG wird auf dem Wege der PHOTONEN von der STRAHLER-OBERFLÄCHE bis zum interessierenden Punkt durch die SCHWÄCHUNG im Umgebungsmaterial kontinuierlich verändert. Auf die STRAHLER-OBERFLÄCHE beziehen sich die spektralen Verteilungsfunktionen N_E und R_E (siehe Begriffe 3.3.1 und 3.3.2); an beliebigen anzugebenden Raumpunkten wird das PHOTONEN-SPEKTRUM durch die SPEKTRALE PHOTONENFLUENZ Φ_E (siehe Begriff 3.3.3) gekennzeichnet. Zur vollständigen Information über die PRIMÄRSTRAHLUNG gehört daher die Angabe des interessierenden Punktes im umgebenden Medium sowie die Spezifizierung des umgebenden Mediums.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die im Umgebungsmaterial und möglicherweise in der STRAHLERFÜHRUNG und in einem APPLIKATOR entstehende PHOTONEN-SEKUNDÄRSTRAHLUNG gehört nicht zur PRIMÄRSTRAHLUNG.

Anmerkung 5 zum Begriff: Die von der STRAHLER-OBERFLÄCHE nach außen emittierten Sekundärelektronen haben bei HE-STRAHLERN Reichweiten in der Größenordnung von 1 mm in Wasser. Ihre Dosisanteile können beachtenswert sein; sie werden jedoch nicht als Anteil der PRIMÄRSTRAHLUNG bezeichnet.

3.2.3

Streustrahlung

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> durch Compton-Effekt oder Rayleigh-Streuung erzeugte PHOTONENSTRAHLUNG mit einer von der PRIMÄRSTRAHLUNG abweichenden Richtungsverteilung und (im Falle des Compton-Effektes) mit einem anderen SPEKTRUM

Anmerkung 1 zum Begriff: Man unterscheidet zwischen den SPEKTREN der an Punkten des Umgebungsmaterials entstehenden STREUSTRAHLUNG und den SPEKTREN der an Punkten des Umgebungsmaterials eintreffenden STREUSTRAHLUNG [40].

Anmerkung 2 zum Begriff: Die an einem interessierenden Punkt eintreffende STREUSTRAHLUNG enthält Anteile von einmal gestreuten (en: single scatter) und von mehrfach gestreuten PHOTONEN (en: multiple scatter).

3.2.4

Fluoreszenzstrahlung

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> CHARAKTERISTISCHE RÖNTGEN-FLUORESZENZSTRAHLUNG, die als SEKUNDÄRSTRAHLUNG durch Wechselwirkungen von PHOTONEN mit Materie entsteht

Anmerkung 1 zum Begriff: In der ophthalmologischen BRACHYTHERAPIE kann FLUORESZENZSTRAHLUNG Bedeutung erhalten. Eine geeignete Rückstreumaterialschicht an der Innenseite von APPLIKATOR-Kalotten kann zur Erzeugung von RÖNTGENFLUORESZENZSTRAHLUNG genutzt werden, um durch diese indirekte Bestrahlung die MITTLERE ENERGIE und damit das Eindringvermögen der STRAHLUNG zu erniedrigen und so distale Risikostrukturen zu schonen [41].

3.2.5

Gesamtstrahlung

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Summe aus PRIMÄRSTRAHLUNG und PHOTONEN-SEKUNDÄRSTRAHLUNG (STREUSTRAHLUNG und FLUORESZENZSTRAHLUNG) an einem interessierenden Punkt außerhalb des STRAHLERS

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch 3.6.11, Anmerkung 2 zum Begriff (¹²⁵I).

3.2.6

Gesamtdosis

D_{tot}

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Summe aus der PRIMÄRDOSIS, der GESAMTSTREUDOSIS und dem Dosisanteil der FLUORESZENZSTRAHLUNG

Anmerkung 1 zum Begriff: Die radiale Verteilung der GESAMTDOSIS wird – abgesehen vom Einfluss der Geometriefunktion (s. 3.5.14) – durch die RADIALE DOSISFUNKTION $g(r)$ beschrieben (siehe auch Bild A.6 bis Bild A.9 [19] [42] [43]).

3.2.7

Primärdosis

D_{prim}

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> durch PRIMÄRSTRAHLUNG an einem Punkt im Medium erzeugte WASSER-ENERGIEDOSIS

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verteilung der PRIMÄRDOSIS in der STRAHLER-TRANSVERSALEBENE ist charakteristisch für die STRAHLUNGSQUALITÄT eines STRAHLERTYPS, unabhängig von der räumlichen Ausdehnung des Mediums (siehe auch 3.3.8 sowie Bild A.7 bis Bild A.9 [24] [42] [43]).

Anmerkung 2 zum Begriff: Zur Angabe der PRIMÄRDOSIS an einem Punkt in einem Medium gehört auch die Spezifikation dieses Mediums.

3.2.8

Streudosis

D_{scatt}

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> durch STREUSTRAHLUNG an einem Punkt im Medium erzeugte WASSER-ENERGIEDOSIS

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Verhältnis der STREUDOSIS zur PRIMÄRDOSIS ändert sich mit dem Abstand r vom STRAHLER-MITTELPUNKT (siehe auch Bild A.7 bis Bild A.9 [40] [42] [43]).

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Anteil der STREUDOSIS an der GESAMTDOSIS an einem Punkt in einem Medium ist von der räumlichen Ausdehnung des streuenden Materials abhängig. Die Berücksichtigung der STREUDOSIS ist daher von klinischer Bedeutung (z. B. bei der INTERSTITIELLEN BRACHYTHERAPIE des Mammakarzinoms) [14] [44] [45].

3.2.9

Primär- und Streudosis-separierte Dosisdaten

PSS-Dosisdaten

Ergebnisse von Berechnungen der PRIMÄRDOSIS und der STREUDOSIS durch MONTE-CARLO-SIMULATION

Anmerkung 1 zum Begriff: Die PSS-DOSISDATEN kommerziell erhältlicher STRAHLERTYPEN sind z. B. in der Carleton Datenbank zusammengestellt (siehe Bild A.7 bis A.9 [29] [30] [31] [42] [43]).

3.3 Strahlungsqualität

3.3.1

spektrale Teilchenzahl

N_E
<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Verteilungsfunktion der Anzahl N der PHOTONEN in Bezug auf die Photonenenergie E

$$N_E = dN/dE$$

Anmerkung 1 zum Begriff: dN ist die Anzahl aller aus der STRAHLER-OBERFLÄCHE austretenden PHOTONEN mit Energien zwischen E und $E + dE$, wobei dE die Breite des Energieintervalls ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit der SPEKTRALEN TEILCHENZAHL ist „Eins durch Megaelektronenvolt“ (MeV^{-1}). In der Praxis wird auch keV^{-1} verwendet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Größe N_E bezieht sich auf die gesamte STRAHLER-OBERFLÄCHE.

Anmerkung 4 zum Begriff: Komponenten des SPEKTRUMS mit vernachlässigbarem Dosisbeitrag werden hierbei nicht berücksichtigt.

Anmerkung 5 zum Begriff: Nach ICRU 85a, 2011 [46].

3.3.2

spektrale Strahlungsenergie

R_E
<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Verteilungsfunktion der STRAHLUNGSENERGIE R der PHOTONEN in Bezug auf die Photonenenergie E

$$R_E = dR/dE$$

Anmerkung 1 zum Begriff: dR ist die gesamte STRAHLUNGSENERGIE aller aus der STRAHLER-OBERFLÄCHE austretenden PHOTONEN mit Energien zwischen E und $E + dE$, wobei dE die Breite des Energieintervalls ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es gilt $R_E = E \cdot N_E$.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die SPEKTRALE STRAHLUNGSENERGIE ist dimensionslos. Zur Darstellung der Funktion R_E dienen Tabellen oder Diagramme, in denen die Bruchteile der gesamten STRAHLUNGSENERGIE in den Energieintervallen dE angegeben sind.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die Größe R_E bezieht sich auf die gesamte STRAHLER-OBERFLÄCHE.

Anmerkung 5 zum Begriff: Komponenten des SPEKTRUMS mit vernachlässigbarem Dosisbeitrag werden hierbei nicht berücksichtigt.

Anmerkung 6 zum Begriff: In STRAHLER-Datenbanken ([29] bis [32]) wird das PRIMÄRSPEKTRUM eines PHOTONEN-STRAHLERS durch die normierte SPEKTRALE STRAHLUNGSENERGIE R_E/R gekennzeichnet (siehe auch Bild A.1 bis Bild A.3).

Anmerkung 7 zum Begriff: Nach ICRU 85a, 2011 [46].

3.3.3

spektrale Photonenfluenz

Φ_E

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Verteilungsfunktion der PHOTONENFLUENZ Φ in Bezug auf die Photonenenergie E an einem anzugebenden Raumpunkt

$$\Phi_E = d\Phi/dE$$

Anmerkung 1 zum Begriff: $d\Phi(E)$ ist die FLUENZ aller PHOTONEN mit Energien in dem Energieintervall zwischen E und $E + dE$, wobei dE die Breite des Energieintervalls ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit der SPEKTRALEN PHOTONENFLUENZ ist „Eins durch Quadratmeter und Megaelektronenvolt“ ($\text{m}^{-2} \cdot \text{MeV}^{-1}$).

Anmerkung 3 zum Begriff: Die SPEKTRALE PHOTONENFLUENZ ist eine Funktion der Photonenenergie.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die SPEKTRALE PHOTONENFLUENZ dient zur Kennzeichnung des SPEKTRUMS der GESAMTSTRAHLUNG der PHOTONEN an einem anzugebenden Punkt im Medium. Sie kann bei Bedarf auch in die Anteile der PRIMÄRSTRAHLUNG und der STREUSTRAHLUNG an diesem SPEKTRUM zerlegt werden.

Anmerkung 5 zum Begriff: Komponenten des SPEKTRUMS mit vernachlässigbarem Dosisbeitrag werden hierbei nicht berücksichtigt.

3.3.4

Primärspektrum

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> SPEKTRUM der PRIMÄRSTRAHLUNG an einem anzugebenden Raumpunkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Kennzeichnung des SPEKTRUMS der PRIMÄRSTRAHLUNG beim Austritt aus der STRAHLER-OBERFLÄCHE dienen die SPEKTRALE TEILCHENZAHL N_E und die SPEKTRALE STRAHLUNGSENERGIE R_E als Verteilungsfunktionen. Es ist anzugeben, welche der Funktionen N_E oder R_E verwendet wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiele für PRIMÄRSPEKTRUM $R_E = dR/dE$ für den HE-, ME- und LE-Bereich zeigen Bild A.1 bis Bild A.3 für radioaktive STRAHLER ([29] bis [32]) und Bild A.4 und A.5 für einen ELEKTRONISCHEN BRACHYTHERAPIE-RÖNTGENSTRAHLER [92]. Die Carleton Datenbank enthält PRIMÄRSPEKTRUM kommerziell erhältlicher STRAHLER. Die in der Carleton Datenbank angegebenen Werte von R_E gelten für die aus der STRAHLER-OBERFLÄCHE austretenden PHOTONEN.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Linien-SPEKTRUM der im STRAHLER erzeugten PHOTONENSTRAHLUNG (GAMMASTRAHLUNG und CHARAKTERISTISCHE RÖNTGENSTRAHLUNG) sowie die kontinuierlichen SPEKTRUM der durch BETA-STRAHLUNG erzeugten BREMSSTRAHLUNG finden sich in Datensammlungen der Radionuklid-Zerfallsdaten [47] [48] [49]. Da verschiedene veröffentlichte SPEKTRUM bei MONTE-CARLO-SIMULATION unterschiedliche Ergebnisse der WASSER-ENERGIEDOSIS in Wasser liefern, wird empfohlen [49], die SPEKTRUM des National Nuclear Data Center [47] zu verwenden, um konsistente Ergebnisse zu erhalten.

Anmerkung 4 zum Begriff: Als Verteilungsfunktion zur Kennzeichnung des PRIMÄRSPEKTRUMS sowie der SPEKTRUM der SEKUNDÄRSTRAHLUNG und GESAMTSTRAHLUNG an einem beliebigen Raumpunkt dient die SPEKTRALE PHOTONENFLUENZ Φ_E in Verbindung mit der Angabe des interessierenden Punktes. Komponenten des SPEKTRUMS mit vernachlässigbarem Dosisbeitrag werden hierbei nicht berücksichtigt.

Anmerkung 5 zum Begriff: Die SPEKTRALE PHOTONENFLUENZ Φ_E der PRIMÄRSTRAHLUNG an Punkten außerhalb einer STRAHLERFÜHRUNG oder eines APPLIKATORS wird als GEFILTERTES PRIMÄRSPEKTRUM bezeichnet [50].

3.3.5

Sekundärspektrum

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> SPEKTRALE PHOTONENFLUENZ Φ_E der PHOTONEN-SEKUNDÄRSTRAHLUNG (STREUSTRAHLUNG und FLUORESZENZSTRAHLUNG) an einem anzugebenden Raumpunkt

3.3.6

mittlere Primärenergie an der Strahler-Oberfläche $\bar{E}_N$

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> arithmetischer Mittelwert der SPEKTRALEN TEILCHENZAHL N_E der aus der STRAHLER-OBERFLÄCHE austretenden PRIMÄRSTRAHLUNG

Anmerkung 1 zum Begriff: Die MITTLERE ENERGIE der aus der STRAHLER-OBERFLÄCHE austretenden PRIMÄRSTRAHLUNGSPHOTONEN, $\bar{E}_N$, lässt sich mit den Daten der Funktion $R_E = E \cdot N_E$, z. B. aus der Carleton Datenbank ([29] bis [31]) errechnen. Es gilt $\bar{E}_N = \int E \cdot N_E \cdot dE / \int N_E \cdot dE = \int R_E \cdot dE / \int (R_E/E) dE$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Komponenten des SPEKTRUMS mit vernachlässigbarem Dosisbeitrag werden hierbei nicht berücksichtigt.

3.3.7

mittlere Energie am Messort $\bar{E}_F$

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Mittelwert der Photonenenergie der GESAMTSTRAHLUNG in Bezug auf die SPEKTRALE PHOTONENFLUENZ Φ_E an einem anzugebenden MESSORT im Medium

$$\bar{E}_F = \int E \cdot \Phi_E \cdot dE / \int \Phi_E \cdot dE$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die MITTLERE ENERGIE der BRACHYTHERAPIE-PHOTONEN ändert sich mit der Entfernung des MESSORTES vom STRAHLER-MITTELPUNKT durch energieabhängige SCHWÄCHUNG der PRIMÄRSTRAHLUNG im umgebenden Medium sowie durch die an den MESSORT gelangende STREUSTRAHLUNG, deren SPEKTRUM zu geringeren Energien hin verschoben ist (siehe Bilder A.10 bis A.12).

Anmerkung 2 zum Begriff: In der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE kann die MITTLERE ENERGIE AM MESSORT durch MC-SIMULATION oder durch Messung (für HE-STRAHLER) bestimmt werden (siehe auch Bild A.10 bis Bild A.12 [4] [25] [40] [51] [52] [99]).

3.3.8

Q**Strahlungsqualität**

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Parameter zur Kennzeichnung und Klassifizierung der relativen SPEKTRALEN TEILCHENFLUSSDICHTEN einer Strahlungsart für einen betrachteten Ort

Anmerkung 1 zum Begriff: Die in den folgenden Anmerkungen genannten Parameter sind anwendungstypisch. In den Anmerkungen 3 bis 5 sowie 9 sind spektrale Kenngrößen, in den Anmerkungen 6 bis 8 Kenngrößen zur Beschreibung des Eindringvermögens der PHOTONENSTRAHLUNG eines STRAHLERS in das umgebende Medium Wasser angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTEN als Verteilungsfunktion kann nur mit erheblichem Aufwand ermittelt werden. Eine repräsentative Kennzeichnung durch geeignet gewählte einzelne Parameter ist in der Praxis im Allgemeinen ausreichend.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die STRAHLUNGSQUALITÄT der aus der STRAHLER-OBERFLÄCHE von BRACHYTHERAPIE-PHOTONEN-STRAHLERN austretenden PRIMÄRSTRAHLUNG wird durch die Funktionen N_E oder R_E gekennzeichnet.

Anmerkung 4 zum Begriff: Zur spektralen Klassifizierung eines STRAHLERS ist in der Praxis oftmals eine Kennzeichnung durch einen geeignet gewählten Parameter ausreichend; Beispiel: Mittelwert $\bar{E}_N$ der Verteilungsfunktion N_E .

Anmerkung 5 zum Begriff: PHOTONENSTRAHLER in der BRACHYTHERAPIE können nach Maßgabe der MITTLEREN ENERGIE der PRIMÄRSPEKTREN in drei PHOTONEN-Energiegruppen unterteilt werden: HE, HOCHENERGETISCHE BT-PHOTONEN, ME, MITTELENERGETISCHE BT-PHOTONEN und LE, NIEDERENERGETISCHE BT-PHOTONEN [23] [24] [34] (siehe dazu auch 3.3.9 bis 3.3.11).

Anmerkung 6 zum Begriff: Als Hilfsmittel zur Kennzeichnung der STRAHLUNGSQUALITÄT der drei BRACHYTHERAPIE-PHOTONEN-Energiegruppen dient auch die RADIALE DOSISFUNKTION $g(r)$ (siehe auch Bild A.6 bis Bild A.9) [13] [15] [19] [42] [43] [53].

Anmerkung 7 zum Begriff: Als Hilfsmittel zur Kennzeichnung der STRAHLUNGSQUALITÄT unterschiedlicher PHOTONEN-STRAHLERTYPEN dient der BRACHYTHERAPIE-STRAHLUNGSQUALITÄTSINDEX Q_P^{BT} [24], der Quotient aus der PRIMÄRDOSIS $D_{prim,P}(r = 2 \text{ cm})$ eines PUNKTSTRAHLERS in Wasser im Abstand $r = 2 \text{ cm}$ und der PRIMÄRDOSIS $D_{prim,P}(r_0 = 1 \text{ cm})$ am TG-43 REFERENZPUNKT im Abstand $r_0 = 1 \text{ cm}$, $Q_P^{BT} = \frac{D_{prim,P}(r=2 \text{ cm})}{D_{prim,P}(r_0=1 \text{ cm})} \cong \frac{1}{4} \cdot e^{-\mu_{eff} \cdot 1 \text{ cm}}$.

Dabei ist μ_{eff} der EFFEKTIVE LINEARE SCHWÄCHUNGSKOEFFIZIENT von Wasser [42] [43].

Die hierzu benötigten PRIMÄRDOSIS-Werte D_{prim} können mit hoher Auflösung z. B. aus der Carleton TG-43 Datenbank ([29] bis [31]) entnommen werden [24] [42] [43]. Für STRAHLER der AKTIVEN LÄNGE L kann Q^{BT} aus den Dosiswerten in der STRAHLER-TRANSVERSALEBENE $D_{prim,L}(r = 2 \text{ cm}, \theta_0 = \pi/2)$ und $D_{prim,L}(r_0 = 1 \text{ cm}, \theta_0 = \pi/2)$ unter Berücksichtigung der GEOMETRIEFUNKTION [5] in sehr guter Näherung berechnet werden [24]. Es gilt:

$$Q_L^{BT} = \frac{D_{prim,L}(r = 2 \text{ cm}, \theta_0 = \pi/2)}{D_{prim,L}(r_0 = 1 \text{ cm}, \theta_0 = \pi/2)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\tan^{-1}(L/4 \text{ cm})}{\tan^{-1}(L/2 \text{ cm})} \cdot \exp(-\mu \cdot 1 \text{ cm})$$

Anmerkung 8 zum Begriff: Der Parameter Q^{BT} ist eine Kenngröße für das Eindringvermögen der PRIMÄRSTRAHLUNG und das Potential zur Erzeugung von STREUSTRAHLUNG im Nahbereich des STRAHLERS.

Anmerkung 9 zum Begriff: Die STRAHLUNGSQUALITÄT der GESAMTSTRAHLUNG an einem bestimmten MESSORT $P(r, \theta)$ wird durch die Funktion Φ_E gekennzeichnet. In der Praxis ist oftmals die Kennzeichnung durch deren arithmetischen Mittelwert $\bar{E}_F$ ausreichend (siehe auch Bild A.10 für ^{192}Ir und Bild A.11 für ELEKTRONISCHE BRACHYTHERAPIE-RÖNTGENSTRAHLER).

3.3.9

hochenergetische BT-Photonen

HE-Photonen

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Bezeichnung für die PHOTONENSTRAHLUNG eines STRAHLERS mit einer MITTLEREN ENERGIE der PRIMÄRSPEKTREN oberhalb von 150 keV

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele sind die HE-PHOTONEN-STRAHLER ^{192}Ir , ^{137}Cs und ^{60}Co [24] [34]. Die MITTLERE FREIE WEGLÄNGE in Wasser liegt bei ca. 13 cm (^{60}Co) [16].

3.3.10

mittelenenergetische BT-Photonen

ME-Photonen

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Bezeichnung für die PHOTONENSTRAHLUNG eines STRAHLERS mit einer MITTLEREN ENERGIE der PRIMÄRSPEKTREN zwischen 50 keV und 150 keV

Anmerkung 1 zum Begriff: Im AAPM TG-186 Report:2012 wird der Bereich der ME-Photonen (en: intermediate energy range) zwischen 50 keV bis 150 keV festgelegt [14].

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Energiebereich unter 150 keV ändern sich ABSORPTION und STREUUNG in den verschiedenen Gewebearten, Phantommaterialien und Detektormaterialien im Verhältnis zu Wasser stark [14] [24] [34].

Anmerkung 3 zum Begriff: Beispiele sind die ME-PHOTONEN-STRAHLER ^{169}Yb (HDR) [30] [54] [55] und ^{169}Yb (LDR, in Erprobung befindlich) [56] sowie ^{170}Tm [39].

Anmerkung 4 zum Begriff: STRAHLER, die MITTELENERGETISCHE BT-PHOTONEN emittieren, sind im Hinblick auf die klinische Anwendung noch in der Entwicklung [54] [55] [56].

3.3.11

niederenergetische BT-Photonen

LE-Photonen

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Bezeichnung für die PHOTONENSTRAHLUNG eines STRAHLERS mit einer MITTLEREN ENERGIE der PRIMÄRSPEKTREN unter 50 keV

Anmerkung 1 zum Begriff: Im AAPM TG-43 Report [1] [5] wurde 50 keV als Obergrenze des LE-Bereiches angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiele sind die LE-PHOTONEN-STRAHLER ^{103}Pd , ^{125}I und ^{131}Cs , sowie ELEKTRONISCHE BRACHYTHERAPIE-RÖNTGENSTRAHLER [11] [24] [34] [92]. Die MITTLERE FREIE WEGLÄNGE in Wasser liegt bei ca. 1 cm (^{125}I) [19].

3.4 Strahlungsquellen

3.4.1

Photonen-Brachytherapie

BRACHYTHERAPIE, bei der PHOTONENSTRAHLUNG eingesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE werden PHOTONEN emittierende STRAHLER mittels STRAHLERFÜHRUNGEN oder APPLIKATOREN in unmittelbarer Nähe zu dem zu bestrahlenden Gewebe oder direkt in dem Gewebe positioniert.

3.4.2

Afterloading-Brachytherapie

Nachlade-Verfahren zur INTRAKAVITÄREN, INTERSTITIELLEN oder INTRALUMINALEN BRACHYTHERAPIE sowie zur KONTAKTTHERAPIE, bei dem zunächst ein unbeladener APPLIKATOR oder mehrere unbeladene APPLIKATOREN (bzw. Katheter) gelegt werden, die nachträglich über eine (oder mehrere) STRAHLERFÜHRUNGEN mit einem drahtgeführten EINZELSTRAHLER beladen werden, der nach Ablauf einer vorgewählten BESTRAHLUNGSZEIT zur Beendigung der TEMPORÄREN BESTRAHLUNG wieder in den STRAHLERAUFBEWAHRUNGSBEHÄLTER zurückgeführt wird

3.4.3

Strahler

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> UMSCHLOSSENER RADIOAKTIVER STOFF oder Teil einer Apparatur, der zur BRACHYTHERAPIE geeignet ist und PHOTONENSTRAHLUNG emittieren kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach AAPM TG-43U1:2004 [5].

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff STRAHLER entspricht physikalisch dem englischen Begriff „source“ [5]. Er macht jedoch deutlich, dass er sich auf den für den klinischen Einsatz konfektionierten STRAHLER einschließlich des TRÄGERS, der MARKER, der Umhüllung und eventuellem STRAHLERFÜHRUNGSDRAHT bezieht.

3.4.4

Strahlertyp

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> kommerziell erhältlicher Typ eines BRACHYTHERAPIE-PHOTONEN-STRAHLERS

Anmerkung 1 zum Begriff: Die REFERENZDATEN kommerziell lieferbarer STRAHLERTYPEN von EINZELSTRAHLERN und SEEDS werden in der GEC-ESTRO Datenbank [32] und im AAPM/IORC Register [33] sowie in der Carleton TG-43 Datenbank [29] [30] [31] veröffentlicht.

3.4.5

Einzelstrahler

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> zylindersymmetrischer radioaktiver STRAHLER, der an der Spitze eines flexiblen, dünnen STRAHLER-FÜHRUNGSDRAHTES angeschweißt ist und zur Erzielung einer gewünschten PHYSIKALISCHEN DOSISVERTEILUNG während der AFTERLOADING-STRAHLENTHERAPIE schrittweise bewegt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: EINZELSTRAHLER sind dauerhaft gekennzeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Nach AAPM TG-43U1:2004 [5].

3.4.6

Seed

<BRACHYTHERAPIE> radioaktiver STRAHLER mit hinreichend kleinen Abmessungen, der zur Implantation für die PERMANENTE BESTRAHLUNG geeignet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die AKTIVE LÄNGE bzw. die EFFEKTIVE LÄNGE ist üblicherweise maximal 5 mm (siehe Bild A.13).

Anmerkung 2 zum Begriff: Nach AAPM TG43U1:2004 [5].

Anmerkung 3 zum Begriff: Die SEED-Hülle besteht aus einem inerten Material.

Anmerkung 4 zum Begriff: Verwechslungsgefahr: In der Literatur [21] [31] werden gelegentlich alle STRAHLER, auch AFTERLOADING-EINZELSTRAHLER, als „Seed“ bezeichnet.

Anmerkung 5 zum Begriff: STRANDS sind kommerziell gelieferte Streifen mit einer bestimmten Anzahl von SEEDS.

3.4.7

Träger

<BRACHYTHERAPIE> inaktives Material innerhalb eines STRAHLERS, in dem der RADIOAKTIVE STOFF eingebettet ist bzw. auf dem er dauerhaft adsorbiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild A.13.

3.4.8

Marker

<BRACHYTHERAPIE> inaktives Strukturelement eines STRAHLERS, das dem Zweck dient, Position und Orientierung des STRAHLERS (oder APPLIKATORS) durch bildgebende Verfahren zu bestimmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild A.13.

3.4.9

Abstandshalter

<BRACHYTHERAPIE> inaktive Strukturelemente zur Sicherstellung des Abstandes zwischen den einzelnen SEEDS bei der Implantation

Anmerkung 1 zum Begriff: ABSTANDSHALTER dienen zur Optimierung des Strahlungsfeldes.

3.4.10

Radionuklid-Reinheit

<BRACHYTHERAPIE> Anteil der Aktivität des angegebenen RADIONUKLIDES an der Gesamtaktivität eines STRAHLERS

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Anteil wird in der Regel als Prozentsatz angegeben und vom Hersteller des STRAHLERS dokumentiert.

[QUELLE: ISO 21439:2009 [12], 3.32, — modifiziert, In der Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt, dass der Wert vom Hersteller zu dokumentieren ist.].

3.4.11

elektronischer Brachytherapie-Röntgenstrahler

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> miniaturisierter Röntgenstrahler hoher REFERENZDOSISLEISTUNG für die TEMPORÄRE INTERSTITIELLE, INTRALUMINALE, INTRAVASALE BRACHYTHERAPIE und KONTAKTTHERAPIE mit PHOTONEN

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach AAPM TG-152:2009 [11].

Anmerkung 2 zum Begriff: Typische SPEKTREN ELEKTRONISCHER BRACHYTHERAPIE-RÖNTGENSTRAHLER zeigen die Bilder A.4 und A.5 [92].

Anmerkung 3 zum Begriff: Die BRACHYTHERAPIE mit ELEKTRONISCHEN BRACHYTHERAPIE-RÖNTGENSTRAHLERN wird als ELEKTRONISCHE BRACHYTHERAPIE bezeichnet.

3.4.12

Strahler-Zertifikat

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Dokument, das die STRAHLER-KALIBRIERDATEN enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Das STRAHLER-ZERTIFIKAT wird vom Hersteller zur Verfügung gestellt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Hinweise auf die REFERENZDATEN finden sich im Allgemeinen in der GEBRAUCHSANWEISUNG.

3.4.13

Strahler-Referenzdaten

Strahler-RD

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Satz von Informationen, die die relevanten Charakteristika des STRAHLERTYPS spezifizieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Die STRAHLER-REFERENZDATEN werden – entsprechend den Anforderungen der AAPM – unabhängig vom Hersteller durch zwei voneinander unabhängige Untersuchungen in begutachteten Publikationen bekannt gegeben, einschließlich der UNSICHERHEITSANALYSEN [13].

Anmerkung 2 zum Begriff: RD (en: reference data).

3.4.14

Strahler-Kalibrierdaten

Strahler-CD

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Daten zur Dokumentation der KALIBRIERUNG eines STRAHLERS

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Daten umfassen auch die Angabe der zugehörigen Messunsicherheiten und andere zusätzliche Angaben.

Anmerkung 2 zum Begriff: CD (en: calibration data).

3.4.15

Strahler-Kalibrierung

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Ermittlung einer vom STRAHLER erzeugten KENN-WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG oder KENN-LUFTKERMALEISTUNG unter festgelegten STRAHLER-KALIBRIERBEDINGUNGEN

Anmerkung 1 zum Begriff: Die STRAHLER-KALIBRIERUNG mit Hilfe eines SEKUNDÄRNORMALS oder eines TRANSFERNORMALS dient der RÜCKFÜHRBARKEIT der KALIBRIERUNG auf ein PRIMÄRNORMAL.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die gemessene KENNDOSISLEISTUNG dient als Ausgangsgröße zur Dosisberechnung für die klinische Anwendung.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die KALIBRIERUNG eines EINZELSTRAHLERS wird vom Hersteller veranlasst und vom Anwender bei der ABNAHMEPRÜFUNG überprüft.

3.4.16

Strahler-Kalibrierbedingungen

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Für die KALIBRIERUNG von STRAHLERN festgelegte Bedingungen

3.4.17

Strahler-Kalibriergröße

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> physikalische Größe zur Kennzeichnung der KENNDOSISLEISTUNG eines STRAHLERS, die bei der STRAHLER-KALIBRIERUNG ermittelt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: STRAHLER-KALIBRIERGRÖÖE ist die KENN-WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG oder die KENN-LUFTKERMALEISTUNG bzw. die LUFT-KERMA-STÄRKE (siehe Begriffe 3.4.18 bis 3.4.20).

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine nicht mehr empfohlene STRAHLER-KALIBRIERGRÖÖE ist die „scheinbare Aktivität“ (en: apparent activity); sie ist definiert als diejenige Aktivität eines nicht umhüllten PUNKTSTRAHLERS des gleichen RADIONUKLIDS, welche hinsichtlich der KENN-LUFTKERMALEISTUNG mit dem kalibrierten STRAHLER übereinstimmt.

3.4.18

Kenn-Wasser-Energiedosisleistung

$\dot{D}_{w,1}$

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG in Wasser an einem Punkt in der STRAHLER-TRANSVERSELEBENE im Abstand $r = 1$ cm vom STRAHLER-MITTELPUNKT

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der KENN-WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG ist „Gray durch Sekunde“ (Gy/s). In der Praxis werden auch mGy/h und μ Gy/h verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff KENN-WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG dient in der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE zur Kennzeichnung der QUELLSTÄRKE eines STRAHLERS und wird als STRAHLER-KALIBRIERGRÖÖE verwendet (siehe 3.4.17).

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Einflüsse der SCHWÄCHUNG und STREUUNG der STRAHLUNG im STRAHLER und im Medium (quasi-unendliches Wasserphantom) sind in der KENN-WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG enthalten.

Anmerkung 4 zum Begriff: Mit einem $\dot{D}_{w,1}$ -MESSNORMAL (mit einem $\dot{D}_{w,1}$ -PRIMÄRNORMAL, $\dot{D}_{w,1}$ -SEKUNDÄRNORMAL oder $\dot{D}_{w,1}$ -TRANSFERNORMAL, z. B. mit einer RÜCKFÜHRBAR KALIBRIERTEN SCHACHTIONISATIONSKAMMER) können STRAHLER in Einheiten der WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG kalibriert werden [34] [35].

Anmerkung 5 zum Begriff: Nach KALIBRIERUNG in Einheiten der KENN-LUFTKERMALEISTUNG kann $\dot{D}_{w,1}$ gemäß der TG-43 DOSISBERECHNUNG ermittelt werden: $\dot{D}_{w,1} = S_K \cdot A$, dabei ist

S_K die LUFTKERMASTÄRKE (siehe Begriff 3.4.20),

A die DOSISLEISTUNGSKONSTANTE (siehe Begriff 3.5.12).

Die Unsicherheit des berechneten Wertes von $\dot{D}_{w,1}$ ist hierbei höher als bei direkter Messung von $\dot{D}_{w,1}$ [1] [5].

Anmerkung 6 zum Begriff: Verwechslungsgefahr: der englische Term „reference dose rate“ wird auch für die strahlenbiologisch bedeutsame DOSISLEISTUNG am Verordnungs-REFERENZ-DOSISPUNKT P_D verwendet [26].

[QUELLE: DIN 6814-3:2016-08, 3.4, modifiziert — Anmerkung 4 und 5 wurden angefügt.]

3.4.19

Kenn-Luftkermaleistung

$\dot{K}_{\delta,100}$

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> LUFTKERMALEISTUNG im Vakuum an einem Punkt auf der STRAHLER-TRANSVERSELEBENE im Abstand $d_0 = 100$ cm vom STRAHLER-MITTELPUNKT, erzeugt durch PHOTONEN mit Energien größer als die ABSCHNEIDEENERGIE δ

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der KENN-LUFTKERMALEISTUNG ist „Gray durch Sekunde“ (Gy/s). In der Praxis werden auch die Einheiten mGy/h und μ Gy/h verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff KENN-LUFTKERMALEISTUNG dient in der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE zur Kennzeichnung der QUELLSTÄRKE eines STRAHLERS und wird als STRAHLER-KALIBRIERGRÖÖE verwendet (s. 6.17).

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Einflüsse der SCHWÄCHUNG und STREUUNG der STRAHLUNG im STRAHLER (siehe auch Anmerkung 1 zu 4.2) sind in der KENN-LUFTKERMALEISTUNG enthalten. Mit der Formulierung „im Vakuum“ ist gemeint, dass die Einflüsse der SCHWÄCHUNG der STRAHLUNG in der STRAHLERFÜHRUNG und in Luft sowie der Rückstreuung von Wand, Boden und Geräten durch Korrekturen kompensiert werden.

[QUELLE: DIN 6814-3:2016-08, 3.5]

3.4.20

Luftkerma-Stärke **S_K**

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> Produkt aus der in der STRAHLER-TRANSVERSALEBENE im Abstand d vom STRAHLER-MITTELPUNKT durch PHOTONEN mit Energien oberhalb der ABSCHNEIDEENERGIE δ erzeugten LUFTKERMALEISTUNG $\dot{K}_\delta(d)$ im Vakuum und dem Faktor d^2

$$S_K = \dot{K}_\delta(d) \cdot d^2$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der LUFTKERMA-STÄRKE ist „Gray-Quadratmeter durch Sekunde“ ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{s}$). In der Praxis wird oft die Einheit $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ verwendet [5]. Für $1 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h} = 1 \text{cGy} \cdot \text{cm}^2/\text{h}$ ist auch das Symbol U im Gebrauch.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff LUFTKERMA-STÄRKE dient in der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE zur Kennzeichnung der QUELLSTÄRKE eines STRAHLERS und wird als STRAHLER-KALIBRIERGRÖÖE verwendet (siehe Begriff 3.4.17).

Anmerkung 3 zum Begriff: Mit der Formulierung „im Vakuum“ ist gemeint, dass die Einflüsse der SCHWÄCHUNG der STRAHLUNG in der STRAHLERFÜHRUNG und in Luft sowie der Rückstreuung von Wand, Boden und Geräten durch Korrekturen kompensiert werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Der Messortabstand d wird groß im Verhältnis zu der größten Linearabmessung des STRAHLERS gewählt, so dass sich in sehr guter Näherung ein vom Abstand d unabhängiges Produkt $\dot{K}_\delta(d) \cdot d^2$ ergibt.

Anmerkung 5 zum Begriff: Der Zahlenwert der LUFTKERMASTÄRKE in $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ ist gleich dem Zahlenwert der KENN-LUFTKERMALEISTUNG in $\mu\text{Gy}/\text{s}$ im Abstand $d_0 = 100 \text{ cm}$ vom STRAHLER-MITTELPUNKT.

Anmerkung 6 zum Begriff: Nach JCGM:2012 [57] und AAPM TG-43U1:2004 [5].

[QUELLE: DIN 6814-3:2016-08, 3.6, modifiziert — Anmerkung 5 und 6 wurden angefügt]

3.4.21

Abschneideenergie **δ**

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> kleinste zu berücksichtigende Energie im PRIMÄRSPEKTRUM

Anmerkung 1 zum Begriff: Die ABSCHNEIDEENERGIE ist typischerweise $\delta = 5 \text{ keV}$ oder $\delta = 10 \text{ keV}$. Damit kann niederenergetische CHARAKTERISTISCHE RÖNTGENSTRAHLUNG ausgeschlossen werden, die in der STRAHLER-HÜLLE entsteht und eventuell den MESSWERT $\dot{K}_\delta(d)$ erhöht, jedoch nicht signifikant zur WASSER-ENERGIEDOSIS in Wasser jenseits von 0,1 mm von der STRAHLER-OBERFLÄCHE beiträgt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Da die LE-STRAHLER ^{125}I und ^{103}Pd (im Allgemeinen mit Ti-Hülle) K-Strahlung unterhalb 5 keV aussenden, wird für radioaktive LE-STRAHLER $\delta = 5 \text{ keV}$ gewählt, während für die in Edelstahl gekapselten HE-STRAHLER $\delta = 10 \text{ keV}$ verwendet wird, da die K-Linien von Fe, Cr und Ni zwischen 5 keV und 10 keV liegen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Nach AAPM TG-43U1:2004 [5], AAPM-Report 229:2012 [15].

3.4.22

Primärnormal

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> MESSNORMAL höchster metrologischer Qualität, das die Einheit einer MESSGRÖÖE ohne Bezug auf ein MESSNORMAL definiert, physikalisch repräsentiert, erhält und reproduziert, um sie auf andere Instrumente zu übertragen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein PRIMÄRNORMAL wird von einem Nationalen Metrologischen Institut (NMI) - z. B. von der PTB - unter Strahler-KALIBRIERBEDINGUNGEN betrieben. Seine Genauigkeit wird durch Vergleich mit entsprechenden MESSNORMALEN anderer Institute im Internationalen Einheitensystem (SI) bewertet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Bauart eines PRIMÄRNORMALS kann dessen Anwendungsbereich z.B. bzgl. der STRAHLUNGSQUALITÄT oder der DOSISLEISTUNG einschränken.

[QUELLE: ISO 21439:2009 [12], 3.24, modifiziert — Anmerkung 2 zum Begriff aus ISO 21439:2009 nicht übernommen. Neue Anmerkung 2 zum Begriff erstellt. In Anmerkung 1 zum Begriff die PTB als Beispiel für ein Nationales Metrologisches Institut aufgenommen.]

3.4.23

Sekundärnormal

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> MESSNORMAL hoher metrologischer Qualität, das durch KALIBRIERUNG gegen ein PRIMÄRNORMAL für eine KALIBRIERGRÖÖE der gleichen Art geschaffen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: SEKUNDÄRNORMALE für die PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE können für einen ganzen STRAHLUNGSQUALITÄTS-Bereich (HE, ME, LE) kalibriert werden.

[QUELLE: JCGN 200:2012 [57]]

3.4.24

Transfernnormal

TN

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> MESSNORMAL eingeschränkter metrologischer Qualität, das als intermediäres Instrument zum Vergleich von MESSNORMALEN unter SPEZIELLER KALIBRIERUNG und zur Gewährleistung der metrologischen RÜCKFÜHRBARKEIT genutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische TRANSFERNORMALE für die PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE sind z.B. RÜCKFÜHRBAR KALIBRIERTE STRAHLER des gleichen STRAHLERTyps oder RÜCKFÜHRBAR KALIBRIERTE SCHACHTIONISATIONSKAMMERN bzw. DETEKTOR-PHANTOM-ANORDNUNGEN (DPA) [23] [24] [34].

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei geeigneter Beschaffenheit können TRANSFERNORMALE auch als SEKUNDÄRNORMALE verwendet werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: In der PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE sind TRANSFERNORMALE in ihrer Anwendbarkeit auf eine SPEZIELLE KALIBRIERUNG beschränkt. Sie liefern eine MESSGRÖÖE, die mit der DOSISLEISTUNG eines bestimmten STRAHLERTyps zusammenhängt [24] [34]. Sie können nicht für einen gesamten STRAHLUNGSQUALITÄTS-Bereich kalibriert werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: TRANSFERNORMALE werden so positioniert, dass der Einfluss der Rückstreuung von Wand, Boden und Geräten auf den MESSWERT ausreichend minimiert wird. Dies wird durch Einhaltung von Abständen von mindestens 1 m erreicht [19] [58] [59].

Anmerkung 5 zum Begriff: Zur KALIBRIERUNG von TRANSFERNORMALEN wird das komplette Dosimetriesystem mit allen Komponenten (Strahlerhalter, Detektorhalter, DETEKTOR usw.) als Ganzes für einen gewählten STRAHLERTYP kalibriert. Beim Austausch einer Komponente wird eine erneute KALIBRIERUNG vorgenommen.

[QUELLE: ISO 21439:2009 [12], 3.44, modifiziert — Symbol und Anmerkungen 1 bis 5 ergänzt.]

3.4.25

Schachtionisationskammer

SK

<PHOTONEN-BRACHYTHERAPIE> großvolumige IONISATIONSKAMMER, deren Messvolumen einen Hohlraum umgibt, in dem ein STRAHLER (mittels einer speziellen Halterung) präzise positioniert werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Verwendung als TRANSFERNORMAL können SCHACHTIONISATIONSKAMMERN zur Messung der KENN-WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG RÜCKFÜHRBAR KALIBRIERT werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Anzeige einer SCHACHTIONISATIONSKAMMER hängt von der Position der STRAHLER entlang der Kammerachse ab [58] [59] [60]. Bei der Kalibrierung von EINZELSTRAHLERN wird die Position mit der größten ANZEIGE ($M_{\max}$) bestimmt. Der KALIBRIERFAKTOR der SCHACHTIONISATIONSKAMMER bezieht sich auf die Position mit der größten Anzeige.