

Begriffe in der radiologischen Technik
Teil 2: Strahlungsphysik**DIN**
6814-2

ICS 01.040.11; 11.040.50

Ersatz für
DIN 6814-2 : 1980-01Terms in the field of radiological technique – Part 2: Radiation physics
Notations dans la technique radiologique – Partie 2: Physique radiologique**Vorwort**

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Radiologie im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft und in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik erarbeitet. In Übereinstimmung mit dem Verfahren in Publikationen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) wurden Benennungen von Begriffen, außer in der Überschrift des Begriffes, in **KAPITÄLCHEN** gedruckt. Dadurch soll es dem Anwender der Norm erleichtert werden, ohne zusätzliche Querverweise Zusammenhänge mit anderen Begriffen zu erkennen und zu nutzen.

Änderungen

Gegenüber DIN 6814-2 : 1980-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm inhaltlich ergänzt, inhaltlich und formal überarbeitet und neu gegliedert,
- b) ein informativer Anhang hinzugefügt, in dem den deutschen Benennungen die englischen Benennungen der Begriffe, gegebenenfalls mit Fundstelle, gegenübergestellt sind.

Bei der inhaltlichen Überarbeitung wurden unter anderem Definitionsgleichungen von Größen an die Schreibweise in internationalen Normen angepaßt. Bei der formalen Überarbeitung wurde die IEC/ISO-Direktive (IEC/ISO Directives – Part 3: Drafting and presenting of International Standards (1989)) berücksichtigt.

Frühere Ausgaben

DIN 6814: 1943-12, 1956-10

DIN 6814-2: 1963-10, 1970-04, 1980-01

Fortsetzung Seite 2 bis 30

Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	1	7.1 Wechselwirkung	9
1 Anwendungsbereich	2	7.2 Wirkungsquerschnitt und verwandte Begriffe	9
2 Normative Verweisungen	2	7.3 Ausbeutefaktor	10
3 Strahlung, Teilchen, Strahlungsart	2	7.4 Atomare Einzelprozesse der Wechselwirkung	10
3.1 Strahlung	2	7.5 Mehrfach- und Vielfach-Wechselwirkungen	11
3.2 Teilchen	3	7.6 Geometrische Bedingungen für Messungen in Strahlenfeldern	12
3.3 Ionisation, ionisierende Strahlung	3	8 Wechselwirkungskoeffizienten für ionisierende Strahlungen	13
3.4 Strahlungsart	3	8.1 Wechselwirkungskoeffizient	13
4 Energie ionisierender Strahlung	4	8.2 Wechselwirkungskoeffizienten für geladene Teilchen	13
4.1 Teilchenenergie	4	8.3 Wechselwirkungskoeffizienten für Photonen	13
4.2 Maximalenergie	4	8.4 Wechselwirkungskoeffizienten für Neutronen	15
4.3 Grenzünergie	4	9 Strahlungsfeld, Strahlungsquelle, Strahlenfeld, Strahlungsfeldkomponenten	15
4.4 Mittlere Energie	4	9.1 Strahlungsfeld	15
4.5 Wahrscheinlichste Energie	4	9.2 Strahlungsquelle	15
4.6 Effektive Energie	4	9.3 Strahlenfeld	16
5 Strahlungsqualität	5	9.4 Strahlungsfeldkomponenten bei ionisierender Strahlung	16
5.1 Strahlungsqualität bei energiereicher Elektronenstrahlung	5	Anhang A (normativ) Benennungen, Buchstaben- symbole und Einheiten	19
5.2 Strahlungsqualität bei Photonenstrahlung	5	Anhang B (informativ) Mittelwerte für die linearen Wechselwirkungskoeffizienten für ionisierende Photonen bei spektral verteilter Photonenstrahlung	21
5.3 Strahlungsqualität bei Neutronenstrahlung	6	Anhang C (informativ) Literaturverzeichnis	22
6 Strahlungsfeldgrößen für ionisierende Strahlungen	6	Anhang D (informativ) Stichwortverzeichnis	22
6.1 Strahlungsfeldgröße	6		
6.2 Teilchenzahl und davon abgeleitete Strahlungsfeldgrößen	6		
6.3 Strahlungsenergie und davon abgeleitete Strahlungsfeldgrößen	8		
7 Wechselwirkungen ionisierender Strahlung mit Materie	9		

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Anwendung IONISIERENDER STRAHLUNG in der radiologischen Technik; sie definiert Benennungen für Größen der Strahlungsphysik.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 6800-2

Dosismeßverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung – Ionisationsdosimetrie

DIN 6809-1

Klinische Dosimetrie – Therapeutische Anwendung gebündelter Röntgen-, Gamma- und Elektronenstrahlung

DIN 6814-3

Begriffe in der radiologischen Technik – Dosisgrößen und Dosiseinheiten

DIN 6814-4

Begriffe und Benennungen in der radiologischen Technik – Radioaktivität

DIN 6814-8

Begriffe in der radiologischen Technik – Strahlentherapie

DIN 6879

Begriffe und Benennungen der medizinischen Ultraschall-Diagnostik

IEC 60050-393 : 1996

International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 393, Nuclear instrumentation: Physical phenomena and basic concepts

3 Strahlung, Teilchen, Strahlungsart

3.1 Strahlung

Emission und Ausbreitung von Energie durch Vakuum oder ein materielles Medium in Form von TEILCHEN oder Wellen.

ANMERKUNG 1: TEILCHEN können als nicht weiter teilbar angesehen werden (Elementarteilchen), oder sie können aus mehreren Elementarteilchen zusammengesetzt sein. Beispiele für Elementarteilchen sind Elektronen, Positronen, PHOTONEN. Beispiele für zusammengesetzte TEILCHEN sind Atomkerne und Ionen.

ANMERKUNG 2: Mit Rücksicht auf den Ultraschall und andere in der Medizin angewendete Wellenstrahlungen enthält diese Definition auch den Begriff „Welle“. Begriffe für physikalische Größen zur medizinischen Anwendung von Ultraschall siehe DIN 6879.

3.2 Teilchen

Zusammenfassende Bezeichnung für KORPUSKEL und PHOTON.

3.2.1 Korpuskel

TEILCHEN mit einer von null verschiedenen Ruhemasse.

3.2.2 Photon

TEILCHEN mit der Ruhemasse null und der Energie $h\nu$; dabei ist h die Plancksche Konstante und ν die Frequenz der elektromagnetischen STRAHLUNG, als deren Quant das PHOTON angesehen wird.

3.3 Ionisation, ionisierende Strahlung

3.3.1 Ionisation

Prozeß, in dem eines oder mehrere Elektronen aus einem Atom, einem Molekül oder einem anderen gebundenen Zustand freigesetzt werden.

3.3.2 Ionisierendes Teilchen

KORPUSKEL oder PHOTON, dessen TEILCHENENERGIE so hoch ist, daß es Materie zu ionisieren vermag.

3.3.2.1 Ionisierende Strahlung

STRAHLUNG, die aus IONISIERENDEN TEILCHEN besteht.

ANMERKUNG: Eine bestimmte TEILCHENENERGIE als Grenze zwischen nicht ionisierender Strahlung (z. B. sichtbarem Licht) und IONISIERENDER STRAHLUNG läßt sich nicht angeben, da die zur Stoßionisation benötigte Energie auch von der Art des ionisierten Materials abhängt. Die in der MEDIZINISCHEN RADIOLOGIE angewendeten STRAHLUNGEN haben im allgemeinen TEILCHENENERGIEN der PRIMÄRSTRAHLUNG oberhalb 1 keV und gehören deshalb eindeutig zu den IONISIERENDEN STRAHLUNGEN.

3.3.3 Direkt ionisierendes Teilchen

Geladene KORPUSKEL – z. B. Elektronen, Positronen, Protonen, Deuteronen, Alphateilchen –, das unmittelbar (direkt) durch Stoß zu ionisieren vermag.

3.3.3.1 Direkt ionisierende Strahlung

STRAHLUNG, deren TEILCHEN DIREKT IONISIERENDE TEILCHEN sind.

3.3.4 Indirekt ionisierendes Teilchen

Ungeladenes TEILCHEN – z. B. PHOTONEN, Neutronen –, das in der Lage ist, Energie auf DIREKT IONISIERENDE TEILCHEN zu übertragen.

ANMERKUNG: Die direkte IONISATION von Atomen durch PHOTONEN bei der Auslösung von Photo- und Compton-Elektronen wird hier gegenüber der Stoßionisation durch diese Elektronen vernachlässigt.

3.3.4.1 Indirekt ionisierende Strahlung

STRAHLUNG, deren TEILCHEN INDIREKT IONISIERENDE TEILCHEN sind.

3.4 Strahlungsart

STRAHLUNG, die durch die Natur oder Herkunft ihrer TEILCHEN oder durch besondere Eigenschaften ihres SPEKTRUMS bestimmt ist.

ANMERKUNG: Im Rahmen dieser Norm werden lediglich die Begriffe für IONISIERENDE STRAHLUNGEN behandelt.

3.4.1 Korpuskularstrahlung

IONISIERENDE STRAHLUNG, deren TEILCHEN eine von null verschiedene Ruhemasse haben.

3.4.1.1 Elektronenstrahlung

IONISIERENDE STRAHLUNG, die aus negativ oder positiv geladenen Elektronen besteht.

ANMERKUNG: Positiv geladene Elektronen werden als „Positronen“ bezeichnet.

3.4.1.1.1 Betastrahlung

IONISIERENDE STRAHLUNG, die aus negativen oder positiven Elektronen besteht, welche beim Betazerfall vom Atomkern emittiert werden (nach DIN 6814-4).

ANMERKUNG: Da die Zerfallsenergie bzw. bei nachfolgendem Gammaübergang der um die Photonenenergie verminderte Anteil statistisch auf Betateilchen, Neutrino (bzw. Antineutrino) und Kern verteilt wird, ist das Energiespektrum der BETA STRAHLUNG ein kontinuierliches SPEKTRUM, das sich von der Energie null bis zu einer für das betreffende RADIONUKLID charakteristischen MAXIMALENERGIE erstreckt. Bei komplexem Zerfallsschema ergibt sich eine Überlagerung mehrerer kontinuierlicher Spektren.

3.4.1.2 Hadronenstrahlung; Strahlung schwerer Teilchen

KORPUSKULARSTRAHLUNG, die aus stark wechselwirkenden, d. h. der Kernkraft unterliegenden TEILCHEN, nämlich Mesonen und Baryonen, besteht.

3.4.1.2.1 Mesonenstrahlung

KORPUSKULARSTRAHLUNG, die aus Hadronen mit ganzzahligem Spin, z. B. aus Pionen (π^+ , π^- , π^0), besteht.

3.4.1.2.2 Baryonenstrahlung

KORPUSKULARSTRAHLUNG, die aus Hadronen mit halbzahligem Spin, z. B. aus Protonen oder Neutronen, besteht.

3.4.1.3 Ionenstrahlung

KORPUSKULARSTRAHLUNG, die aus Atomkernen oder aus Ionen mit der Mindestmasse eines Deuterons, z. B. Deuteronen, Alphateilchen, ^{12}C -Ionen, besteht.

3.4.2 Photonenstrahlung

IONISIERENDE STRAHLUNG, die aus PHOTONEN besteht; Sammelbegriff für RÖNTGENSTRAHLUNG und GAMMA-STRAHLUNG.

3.4.2.1 Röntgenstrahlung

In der Atomhülle oder im Coulombschen Feld von Atomkernen entstehende, ionisierende PHOTONENSTRAHLUNG; Sammelbegriff für BREMSSTRAHLUNG und CHARAKTERISTISCHE RÖNTGENSTRAHLUNG.

3.4.2.1.1 Bremsstrahlung

RÖNTGENSTRAHLUNG, die durch Ablenkung und Abbremsung geladener TEILCHEN im Coulombschen Feld von Atomkernen oder Hüllenelektronen entsteht.

ANMERKUNG 1: Das SPEKTRUM der BREMSSTRAHLUNG ist kontinuierlich und reicht bis zu einem von der ERZEUGUNGSSPANNUNG abhängigen Maximalwert, der GRENZENERGIE.

ANMERKUNG 2: Technisch wird RÖNTGENSTRAHLUNG vorzugsweise durch Abbremsung von Elektronen in der Anode von Röntgenröhren oder im TARGET von ELEKTRONENBESCHLEUNIGERN erzeugt.

3.4.2.1.2 Charakteristische Röntgenstrahlung; Röntgen-Fluoreszenzstrahlung; Eigenstrahlung

RÖNTGENSTRAHLUNG, die in der Atomhülle entsteht, wenn Atome durch Wiederbesetzung eines frei gewordenen Platzes einer inneren Elektronenschale in einen Zustand niedrigerer Energie übergehen.

ANMERKUNG 1: Die CHARAKTERISTISCHE RÖNTGENSTRAHLUNG, die beim Elektronenübergang in die K-(L-, M-, ...)Schale stattfindet, wird K-(L-, M-, ...)Strahlung genannt.

ANMERKUNG 2: Das SPEKTRUM der CHARAKTERISTISCHEN RÖNTGENSTRAHLUNG ist ein Linienspektrum, das für das entsprechende Element charakteristisch ist.

ANMERKUNG 3: CHARAKTERISTISCHE RÖNTGENSTRAHLUNG kann entweder durch den Stoß eines IONISIERENDEN TEILCHENS, durch WECHSELWIRKUNG von RÖNTGENSTRAHLUNG mit Materie („Röntgen-Fluoreszenzstrahlung“) oder beim Elektroneneinfang durch den Atomkern ausgelöst werden.

3.4.2.2 Gammastrahlung

PHOTONENSTRAHLUNG, die von angeregten Atomkernen ausgesandt wird, wenn sie in einen Zustand niedrigerer Energie übergehen, oder die bei Elementarteilchenprozessen entsteht.

ANMERKUNG 1: Das SPEKTRUM der GAMMASTRAHLUNG ist für den entsprechenden Übergang zwischen den Kernniveaus oder den entsprechenden Elementarteilchenprozeß charakteristisch.

ANMERKUNG 2: Die GAMMASTRAHLUNG unterscheidet sich von der RÖNTGENSTRAHLUNG demnach nicht durch die Photonenenergie, sondern durch die Art ihrer Entstehung.

ANMERKUNG 3: In der Kernphysik werden gewöhnlich PHOTONEN, die im Atomkern absorbiert werden, unabhängig von ihrer Entstehung Gammaquanten genannt, z. B. bei (γ , n)-Prozessen.

3.4.2.3 Vernichtungsstrahlung

PHOTONENSTRAHLUNG, die entsteht, wenn ein negatives und ein positives Elektron (Positron) zusammentreffen, wobei beide zerstrahlen (Umwandlung von Materie in STRAH- LUNGSENERGIE) (nach DIN 6814-4).

ANMERKUNG: Bei diesem Vorgang werden in der Regel gleichzeitig zwei PHOTONEN mit einer Energie von je 0,511 MeV (Ruheenergie des Elektrons) in entgegengesetzte Richtungen emittiert.

3.4.2.4 Synchrotronstrahlung

PHOTONENSTRAHLUNG, die durch Radialbeschleunigung von geladenen TEILCHEN in einem TEILCHENBESCHLEUNIGER entsteht.

3.4.3 Monoenergetische Strahlung

IONISIERENDE STRAHLUNG, die aus KORPUSKELN einer Art mit praktisch einheitlicher kinetischer Energie oder aus PHOTONEN praktisch einheitlicher Energie besteht.

3.4.4 Spektral verteilte Strahlung; polyenergetische Strahlung

IONISIERENDE STRAHLUNG, die aus KORPUSKELN oder PHOTONEN mit einem Energiespektrum nicht vernachlässigbarer Breite besteht.

ANMERKUNG 1: Beispiele sind BREMSSTRAHLUNG, GAMMA- STRAHLUNG mit mehreren Spektrallinien, BETA- STRAHLUNG.

ANMERKUNG 2: Das SPEKTRUM der mit einer Röntgen- röhre erzeugten PHOTONENSTRAHLUNG besteht in der Regel aus einem kontinuierlichen Spektralanteil (BREMSSTRAHLUNG) und der CHARAKTERISTISCHEN RÖNT- GENSTRAHLUNG des Anodenmaterials.

3.4.5 Homogene (Röntgen-)Strahlung

RÖNTGENSTRAHLUNG, bei der die ZWEITE HALBWERTSCHICHT- DICKE gleich der ERSTEN HALBWERTSCHICHTDICKE ist.

ANMERKUNG: In der Praxis wird eine RÖNTGENSTRAH- LUNG, bei der die ZWEITE HALBWERTSCHICHTDICKE von der ERSTEN HALBWERTSCHICHTDICKE um nicht mehr als 10 % abweicht, als HOMOGENE RÖNTGENSTRAHLUNG bezeichnet, andernfalls als HETEROGENE RÖNTGENSTRAHLUNG.

3.4.6 Heterogene (Röntgen-)Strahlung

RÖNTGENSTRAHLUNG, bei der die ZWEITE HALBWERTSCHICHT- DICKE größer als die ERSTE HALBWERTSCHICHTDICKE ist.

ANMERKUNG: In der Praxis wird eine RÖNTGENSTRAH- LUNG, bei der die ZWEITE HALBWERTSCHICHTDICKE von der ERSTEN HALBWERTSCHICHTDICKE um nicht mehr als 10 % abweicht, als HOMOGENE RÖNTGENSTRAHLUNG bezeichnet, andernfalls als HETEROGENE RÖNTGENSTRAHLUNG.

3.4.6.1 Normalstrahlung

HETEROGENE RÖNTGENSTRAHLUNG, die so gefiltert ist, daß ihre ERSTE HALBWERTSCHICHTDICKE ebenso groß ist wie die (erste) Halbwertschichtdicke einer monoenergetischen Strahlung, deren Photonenenergie halb so groß ist wie die GRENZENERGIE der HETEROGENEN RÖNTGENSTRAHLUNG.

4 Energie ionisierender Strahlung

4.1 Teilchenenergie E

Energie eines TEILCHENS ausschließlich der Ruheenergie.

Einheit: „Elektronvolt“ (Einheitenzeichen: eV)

$$1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

ANMERKUNG 1: Von der TEILCHENENERGIE E ist die STRAH- LUNGSENERGIE R zu unterscheiden.

ANMERKUNG 2: In der Anwendung wird im allgemeinen in der Benennung „Teilchenenergie“ die Bezeichnung des interessierenden TEILCHENS eingesetzt, z. B. „Elek- tronenergie“, „Photonenergie“.

ANMERKUNG 3: Zwischen der Photonenenergie E , der Frequenz ν und der Wellenlänge λ besteht die Bezie- hung

$$E = h\nu = \frac{h \cdot c_0}{\lambda} \quad (1)$$

Dabei ist c_0 die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum und h die Plancksche Konstante.

4.2 Maximalenergie $E_{\max}$ (bei IONISIERENDER STRAHLUNG)

Höchste in einer PHOTONENSTRAHLUNG oder einer KORPUS- KULARSTRAHLUNG vorkommende TEILCHENENERGIE.

4.3 Grenzenergie E_g

MAXIMALENERGIE einer BREMSSTRAHLUNG.

ANMERKUNG 1: Bei weicher Röntgenstrahlung und bei harter Röntgenstrahlung ist die GRENZENERGIE gleich dem Produkt aus der ERZEUGUNGSSPANNUNG und der elektrischen Elementarladung e .

ANMERKUNG 2: Bei ULTRAHARTER PHOTONENSTRAHLUNG ist die GRENZENERGIE näherungsweise gleich dem Produkt aus dem NENNWEIT DER ERZEUGUNGSSPANNUNG und der elektrischen Elementarladung e .

4.4 Mittlere Energie $\bar{E}$

TEILCHENENERGIE, die sich bei Mittelung über eine spektrale Verteilung ergibt; die MITTLERE ENERGIE hängt von der Art der spektralen Verteilung ab.

ANMERKUNG: Beispiele für spektrale Verteilungen sind die SPEKTRALE TEILCHENFLUENZ, die SPEKTRALE ENERGIE- FLUENZ, die spektrale Luftkermaverteilung. Welche spektrale Verteilung gewählt werden muß, hängt von der beabsichtigten Verwendung des Mittelwertes ab.

4.5 Wahrscheinlichste Energie E_p

TEILCHENENERGIE im Maximum einer spektralen Verteilung; die WAHRSCHEINLICHSTE ENERGIE hängt von der Art der spek- tralen Verteilung ab.

4.6 Effektive Energie E_{eff} (bei PHOTONENSTRAHLUNG)

TEILCHENENERGIE derjenigen monoenergetischen PHOTONEN- STRAHLUNG, die den gleichen physikalischen Effekt hervor-

ruft wie eine betrachtete SPEKTRAL VERTEILTE PHOTONENSTRAHLUNG.

ANMERKUNG: Die EFFEKTIVE ENERGIE hängt vom betrachteten Effekt ab. Beispiel: SCHWÄCHUNG in der Geometrie des ENGEN STRAHLENFELDES.

5 Strahlungsqualität

Parameter zur Klassifizierung der RELATIVEN SPEKTRALEN TEILCHENFLUSSDICHTEN einer STRAHLUNGSART für einen betrachteten Ort.

ANMERKUNG: 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.

5.1 Strahlungsqualität bei energiereicher Elektronenstrahlung

5.1.1 Energiereiche Elektronenstrahlung

ELEKTRONENSTRAHLUNG aus ELEKTRONENBESCHLEUNIGERN mit einer MAXIMALENERGIE von mehr als 1 MeV.

5.1.2 Nenn-Energie E_{nenn} (bei ELEKTRONENSTRAHLUNG aus ELEKTRONENBESCHLEUNIGERN)

Gerundeter Wert der WAHRSCHEINLICHSTEN ENERGIE der Elektronen unmittelbar nach Passieren des Elektronenstrahl-Austrittsfensters.

5.1.3 Praktische Reichweite R_p (bei ENERGIEREICHER 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: Aus der PRAKTISCHEN REICHWEITE läßt sich die WAHRSCHEINLICHSTE ENERGIE der Elektronen an der Phantomoberfläche ermitteln.

ANMERKUNG 2: Die PRAKTISCHE REICHWEITE läßt sich außer aus der TIEFENDOSISKURVE auch aus der Tiefen-Abhängigkeit des Integrals der TEILCHENSTROMDICHTEN über die STRAHLENFELD-FLÄCHE oder aus der Abhängigkeit des Wertes dieses Integrals von der Dicke vorge-schalteter Materieschichten bestimmen.

ANMERKUNG 3: Zu den Meßbedingungen siehe DIN 6800-2.

5.1.4 Halbwerttiefe R_{50} (bei ENERGIEREICHER ELEKTRONENSTRAHLUNG)

In einem Standardmedium (Wasser) gemessene Tiefe des Punktes, an dem unter bestimmten Meßbedingungen 50 % der maximalen Anzeige eines IONISATIONS-DO-SIMETERS erreicht werden.

ANMERKUNG 1: Aus der HALBWERTTIEFE läßt sich die mit der SPEKTRALEN TEILCHENFLUENZ gewichtete MITTLERE ENERGIE der Elektronen an der Phantomoberfläche ermitteln.

ANMERKUNG 2: Zu den Meßbedingungen siehe DIN 6800-2.

5.2 Strahlungsqualität bei Photonenstrahlung

5.2.1 Strahlungshärte

Klassifizierung einer PHOTONENSTRAHLUNG im Hinblick auf ihre SCHWÄCHUNG beim Durchgang durch Materie.

ANMERKUNG 1: Zur Klassifizierung dienen Bereiche der ERZEUGUNGSSPANNUNG oder der MAXIMALENERGIE.

ANMERKUNG 2: Die SCHWÄCHUNG einer PHOTONENSTRAHLUNG hängt außer von ihrem SPEKTRUM auch von geometrischen Faktoren ab, z. B. von den betrachteten Fokus-Abständen („geometrische Schwächung“) und von der FELDGRÖSSE.

ANMERKUNG 3: Je nach STRAHLUNGSHÄRTE wird von WEICHER, HARTER oder ULTRAHARTER PHOTONENSTRAHLUNG bzw. Gammastrahlung gesprochen.

5.2.1.1 Weiche Photonenstrahlung

RÖNTGENSTRAHLUNG mit einer ERZEUGUNGSSPANNUNG bis zu 100 kV und GAMMASTRAHLUNG mit einer MAXIMALENERGIE bis zu 50 keV.

ANMERKUNG: Wenn es sich um RÖNTGENSTRAHLUNG handelt, wird oft auch die Benennung „weiche Röntgenstrahlung“ verwendet.

5.2.1.2 Harte Photonenstrahlung

PHOTONENSTRAHLUNG mit einer ERZEUGUNGSSPANNUNG über 100 kV bis zu 1 MV und GAMMASTRAHLUNG mit einer MAXIMALENERGIE über 50 keV bis zu 0,5 MeV.

ANMERKUNG: Wenn es sich um RÖNTGENSTRAHLUNG handelt, wird oft auch die Benennung „harte Röntgenstrahlung“ verwendet.

5.2.1.3 Ultraharte Photonenstrahlung

PHOTONENSTRAHLUNG mit einem NENNWERT DER ERZEUGUNGSSPANNUNG über 1 MV und GAMMASTRAHLUNG mit einer MAXIMALENERGIE über 0,5 MeV.

ANMERKUNG: Wenn es sich um RÖNTGENSTRAHLUNG handelt, wird oft auch die Benennung „ultraharte Röntgenstrahlung“ verwendet.

5.2.2 Erzeugungsspannung

Bei Röntgenröhren: Scheitelwert der Röhrenspannung, bei Röntgenstrahlung aus ELEKTRONENBESCHLEUNIGERN: Spannung, mit der Elektronen in einem konstanten elektrischen Feld beschleunigt werden müßten, um RÖNTGENSTRAHLUNG mit der gleichen GRENZENERGIE zu erzeugen, die die vorliegende STRAHLUNG besitzt.

ANMERKUNG: Die ERZEUGUNGSSPANNUNG läßt nur näherungsweise einen Rückschluß auf die erzeugte Verteilung der SPEKTRALEN TEILCHENFLUSSDICHTEN zu, da diese auch von Art und Dicke des TARGETS abhängt.

5.2.3 Nennwert der Erzeugungsspannung (bei RÖNTGENSTRAHLUNG aus TEILCHENBESCHLEUNIGERN)

Gerundeter Wert der ERZEUGUNGSSPANNUNG.

5.2.4 Erste Halbwertschichtdicke s_1

Parameter zur Kennzeichnung der STRAHLUNGSQUALITÄT einer RÖNTGENSTRAHLUNG: Dicke einer schwächenden Schicht, durch die unter festgelegten Meßbedingungen die LUFT-KERMALEISTUNG einer betrachteten RÖNTGENSTRAHLUNG auf die Hälfte ihres Wertes ohne schwächende Schicht reduziert wird.

ANMERKUNG 1: Für „Halbwertschichtdicke“ ist auch die Benennung „Halbwertdicke“ gebräuchlich.

ANMERKUNG 2: Ist ein Mißverständnis ausgeschlossen, so dürfen für „ERSTE HALBWERTSCHICHTDICKE“ auch die Kurzbezeichnungen „Halbwertschichtdicke“ bzw. „Halbwertdicke“ verwendet werden.

ANMERKUNG 3: Die ERSTE HALBWERTSCHICHTDICKE hängt vom Material der schwächenden Schicht ab.

ANMERKUNG 4: Die Meßbedingungen zur Bestimmung der ERSTEN HALBWERTSCHICHTDICKE sind in DIN 6809-1 festgelegt.

5.2.5 Zweite Halbwertschichtdicke s_2

Parameter zur Kennzeichnung der STRAHLUNGSQUALITÄT einer RÖNTGENSTRAHLUNG: Dicke einer schwächenden Schicht,

die zur ERSTEN HALBWERTSCHICHTDICKE hinzugefügt werden muß, damit die LUFTKERMALEISTUNG der betrachteten RÖNTGENSTRAHLUNG von der Hälfte auf ein Viertel des Wertes ohne schwächende Schicht reduziert wird.

ANMERKUNG: Für „ZWEITE HALBWERTSCHICHTDICKE“ ist auch die Kurzbezeichnung „zweite Halbwertdicke“ gebräuchlich.

5.2.6 Homogenitätsgrad H

Quotient ERSTE HALBWERTSCHICHTDICKE s_1 durch ZWEITE HALBWERTSCHICHTDICKE s_2

$$H = \frac{s_1}{s_2} \quad (2)$$

5.2.7 Strahlungsqualitätsindex Q

Parameter, durch den die RELATIVE SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTHE einer ULTRAHARTEN PHOTONENSTRAHLUNG charakterisiert wird.

ANMERKUNG 1: Der STRAHLUNGSQUALITÄTSINDEX Q wird bestimmt als Quotient M_{20} durch M_{10} , wobei M_{20} die Anzeige eines IONISATIONS DOSIMETERS bei einer Meßtiefe von 20 cm, M_{10} die Anzeige bei 10 cm Meßtiefe ist, der Detektor in 100 cm Fokus-Abstand in einem quasi-unendlichen Wasserphantom angeordnet ist und die FELDGRÖSSE am Detektor 10 cm × 10 cm beträgt:

$$Q = \frac{M_{20}}{M_{10}} \quad (3)$$

ANMERKUNG 2: Auf den STRAHLUNGSQUALITÄTSINDEX hat die Kontamination der PRIMÄRSTRAHLUNG mit FREMDSTRAHLUNG praktisch keinen Einfluß. Er ist daher als Kenngröße für die RELATIVE SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTHE der PRIMÄRSTRAHLUNG besser geeignet als Kenngrößen, die auf das Maximum der TIEFENDOSISVERTEILUNG bezogen sind.

5.3 Strahlungsqualität bei Neutronenstrahlung

5.3.1 Thermische Neutronen

Neutronen mit einem Maxwell-Spektrum der mittleren Energie kT .

ANMERKUNG: Bei $T = 20^\circ\text{C}$ ist $kT = 0,025\text{ eV}$.

5.3.2 Langsame Neutronen

Neutronen, deren TEILCHENENERGIE $E \leq 0,5\text{ eV}$ ist.

5.3.3 Intermediäre Neutronen

Neutronen, für deren TEILCHENENERGIE E gilt:
 $0,5\text{ eV} < E \leq 10\text{ keV}$.

5.3.4 Schnelle Neutronen

Neutronen, für deren TEILCHENENERGIE E gilt:
 $10\text{ keV} < E \leq 20\text{ MeV}$.

5.3.5 Hochenergetische Neutronen

Neutronen, deren TEILCHENENERGIE $E > 20\text{ MeV}$ ist.

6 Strahlungsfeldgrößen für ionisierende Strahlungen

6.1 Strahlungsfeldgröße

Größe, durch die ein STRAHLUNGSFELD an einem Raumpunkt und für einen Zeitpunkt bzw. ein Zeitintervall gekennzeichnet werden kann.¹⁾

6.2 Teilchenzahl und davon abgeleitete Strahlungsfeldgrößen

6.2.1 Teilchenzahl N

Anzahl der TEILCHEN, die emittiert, übertragen oder absorbiert werden.

ANMERKUNG: Der Begriff „Übertragung“ ist im Sinne der Transporttheorie, das heißt als Transport durch Konvektion, Streuprozesse und Erzeugung von SEKUNDÄR-TEILCHEN zu verstehen.

6.2.2 Teilchenfluß $\dot{N}$

Differentialquotient dN durch dt ; dabei ist dN die Anzahl der im Zeitintervall dt transportierten TEILCHEN

$$\dot{N} = \frac{dN}{dt} \quad (4)$$

6.2.3 Teilchenfluenz Φ

Differentialquotient dN durch dA ; dabei ist dN die Anzahl der TEILCHEN, die in eine Kugel mit der Querschnittsfläche dA eintreten

$$\Phi = \frac{dN}{dA} \quad (5)$$

ANMERKUNG: Die TEILCHENFLUENZ kann auch als Integral der TEILCHENFLUSSDICHTHE φ über eine Zeitspanne t_1 bis t_2 angesehen werden.

$$\Phi = \int_{t_1}^{t_2} \varphi dt \quad (6)$$

6.2.3.1 Spektrale Teilchenfluenz Φ_E

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

$$\Phi_E = \frac{d\Phi}{dE} \quad (7)$$

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

ANMERKUNG 1: Die SPEKTRALE TEILCHENFLUENZ Φ_E ist eine Funktion der Energie.

ANMERKUNG 2: Die TEILCHENFLUENZ ist das Integral ihrer spektralen Verteilung über alle Energien von null bis unendlich:

$$\Phi = \int_0^{\infty} \Phi_E dE \quad (8)$$

¹⁾ Der Bezug auf einen Ort und einen Zeitpunkt wird dadurch ermöglicht, daß man den Grenzübergang zum Differentialquotienten nach Bildung des stochastischen Erwartungswertes des Differenzenquotienten vollzieht. Das sei am Beispiel der TEILCHENFLUSSDICHTHE erläutert: Ist $\Delta^2 N$ die Anzahl der Teilchen, die im endlichen Zeitintervall Δt in eine Kugel mit dem endlichen Querschnitt ΔA eintreten, so bildet der Differenzenquotient $\Delta^2 N / (\Delta A \cdot \Delta t)$ eine stochastische (zufälligen Schwankungen unterworfenen) Größe. Sofern diese Schwankungen einer festliegenden Wahrscheinlichkeitsverteilung folgen, existiert der stochastische Erwartungswert oder Mittelwert der Wahrscheinlichkeitsverteilung $\langle \Delta^2 N / (\Delta A \cdot \Delta t) \rangle$, der durch Wiederholungsmessungen mit wachsender Genauigkeit ermittelt werden kann. Die TEILCHENFLUSSDICHTHE ist der Grenzwert des Erwartungswertes für verschwindende Querschnittsfläche und verschwindendes Zeitintervall:

$$\varphi = \lim_{\Delta A \rightarrow 0, \Delta t \rightarrow 0} \left\langle \frac{\Delta^2 N}{\Delta A \cdot \Delta t} \right\rangle$$

Analog sind alle in dieser Norm definierten Differentialquotienten zu interpretieren.

6.2.3.2 Relative spektrale Teilchenfluenz Φ_E/Φ

Quotient Φ_E/Φ ; dabei ist Φ_E die SPEKTRALE TEILCHENFLUENZ und Φ die TEILCHENFLUENZ.

6.2.4 Teilchenflußdichte φ

Differentialquotient $\frac{d^2N}{dA \cdot dt}$; dabei ist d^2N die Anzahl der TEILCHEN, die in dem Zeitintervall dt in eine Kugel mit der Querschnittsfläche dA eintreten

$$\varphi = \frac{d^2N}{dA \cdot dt} \quad (9)$$

ANMERKUNG 1: Die TEILCHENFLUSSDICHTHE wird in der Regel für eine bestimmte Teilchenart angegeben, z. B. Photonenflußdichte, Elektronenflußdichte, Neutronenflußdichte.

ANMERKUNG 2: Die TEILCHENFLUSSDICHTHE ist die Ableitung der TEILCHENFLUENZ nach der Zeit:

$$\varphi = \dot{\Phi} \quad (10)$$

6.2.4.1 Spektrale Teilchenflußdichte φ_E

Verteilung der TEILCHENFLUSSDICHTHE φ in bezug auf die Energie E der TEILCHEN

$$\varphi_E = \frac{d\varphi(E)}{dE} \quad (11)$$

Dabei ist $d\varphi(E)$ die Flußdichte aller TEILCHEN, deren Energie in dem Energieintervall zwischen E und $E + dE$ liegt.

ANMERKUNG 1: Die SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTHE φ_E ist eine Funktion der Energie.

ANMERKUNG 2: Die TEILCHENFLUSSDICHTHE ist das Integral ihrer spektralen Verteilung über alle Energien von null bis unendlich:

$$\varphi = \int_0^\infty \varphi_E dE \quad (12)$$

ANMERKUNG 3: Der Anteil $\varphi(E_1, E_2)$ aller TEILCHEN mit Energie zwischen E_1 und E_2 an der TEILCHENFLUSSDICHTHE ist:

$$\varphi(E_1, E_2) = \int_{E_1}^{E_2} \varphi_E dE \text{ („Gruppenflußdichte“) } \quad (13)$$

6.2.4.2 Relative spektrale Teilchenflußdichte φ_E/φ

Quotient φ_E/φ ; dabei ist φ_E die SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTHE und φ die TEILCHENFLUSSDICHTHE.

6.2.5 Teilchenradianz $\varphi_\Omega(\vartheta, \alpha)$

Differentialquotient $\frac{d\varphi(\vartheta, \alpha)}{d\Omega}$; dabei ist $d\varphi(\vartheta, \alpha)$ die TEILCHENFLUSSDICHTHE aller TEILCHEN, deren Richtungen innerhalb des Raumwinkelementes $d\Omega = \sin\vartheta d\vartheta d\alpha$ liegen, sowie ϑ der Polarwinkel und α der Azimutalwinkel.

ANMERKUNG 1: Die TEILCHENRADIANTZ ist die Richtungsverteilung der TEILCHENFLUSSDICHTHE (raumwinkelbezogene Teilchenflußdichte). Sie ist eine Funktion der Richtungswinkel.

ANMERKUNG 2: Die TEILCHENFLUSSDICHTHE ist das Integral der Richtungsverteilung über alle Richtungen des Raumes:

$$\varphi = \int_{4\pi} \varphi_\Omega d\Omega \quad (14)$$

ANMERKUNG 3: Die TEILCHENFLUSSDICHTHE aller TEILCHEN mit Richtungen innerhalb zweier Kreiskegel mit den

Öffnungswinkeln ϑ_1 und ϑ_2 in einem in bezug auf eine Achse symmetrischen STRAHLUNGSFELD ist

$$\varphi(\vartheta_1, \vartheta_2) = 2\pi \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \varphi_\Omega(\vartheta) \sin\vartheta d\vartheta \quad (15)$$

6.2.5.1 Spektrale Teilchenradianz $\varphi_{\Omega,E}$

Verteilung der TEILCHENRADIANTZ φ_Ω in bezug auf die Energie E der TEILCHEN:

$$\varphi_{\Omega,E} = \frac{d\varphi_\Omega(E)}{dE} \quad (16)$$

Dabei ist $d\varphi_\Omega(E)$ die Radianz aller TEILCHEN, deren Energie in dem Energieintervall zwischen E und $E + dE$ liegt.

ANMERKUNG 1: Die SPEKTRALE TEILCHENRADIANTZ $\varphi_{\Omega,E}$ ist eine Funktion der Energie.

ANMERKUNG 2: Die TEILCHENRADIANTZ ist das Integral ihrer spektralen Verteilung über alle Energien von null bis unendlich:

$$\varphi_\Omega = \int_0^\infty \varphi_{\Omega,E} dE \quad (17)$$

6.2.5.2 Relative spektrale Teilchenradianz $\varphi_{\Omega,E}/\varphi_\Omega$

Quotient $\varphi_{\Omega,E}/\varphi_\Omega$; dabei ist $\varphi_{\Omega,E}$ die SPEKTRALE TEILCHENRADIANTZ und φ_Ω die TEILCHENRADIANTZ.

6.2.6 Teilchenstromdichte $\vec{J}$

Vektor, dessen Komponente in Richtung einer Flächennormalen

$$J_n = \int_{4\pi} \varphi_\Omega(\vartheta, \alpha) \cos\vartheta d\Omega \quad (18)$$

$$= \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \varphi_\Omega(\vartheta, \alpha) \cos\vartheta \sin\vartheta d\vartheta d\alpha$$

ist. Dabei ist ϑ der Winkel zwischen der Flächennormalen und dem Raumwinkelement $d\Omega$, α der Azimutalwinkel und $\varphi_\Omega(\vartheta, \alpha)$ die TEILCHENRADIANTZ.

ANMERKUNG: Wegen des Faktors $\cos\vartheta$ werden bei der TEILCHENSTROMDICHTHE $\vec{J}$ diejenigen TEILCHEN positiv gezählt, die ein Flächenelement in den Halbraum hin durchsetzen, in den die Flächennormale weist (positive Richtung). Die TEILCHEN, die das Flächenelement in negativer Richtung durchsetzen, werden negativ gezählt. Daher ist in einem isotropen STRAHLUNGSFELD ($\varphi_\Omega = \text{const.}$) der Betrag der TEILCHENSTROMDICHTHE $\vec{J}$ gleich null, während die TEILCHENFLUSSDICHTHE φ stets den positiven Wert $\varphi = 4\pi\varphi_\Omega$ hat. Die Stromdichte der TEILCHEN allein, die das Flächenelement in positiver Richtung durchsetzen, ist in diesem Fall $J_{n+} = \varphi/4$, die Stromdichte $J_{n-} = -\varphi/4$. Bei einseitiger isotroper Emission aus einer Fläche ist die Normalkomponente der TEILCHENSTROMDICHTHE gleich $\varphi/2$.

6.2.6.1 Teilchenstrom I

Flächenintegral der Normalkomponente der TEILCHENSTROMDICHTHE J_n :

$$I = \int_A J_n dA = \int_A \int_{4\pi} \varphi_\Omega(\vartheta, \alpha) \cos\vartheta d\vartheta d\alpha dA \quad (19)$$

$$= \int_A \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \varphi_\Omega(\vartheta, \alpha) \cos\vartheta \sin\vartheta d\vartheta d\alpha dA$$

ANMERKUNG: Der durch ein- und austretende TEILCHEN gebildete TEILCHENSTROM durch eine geschlossene Fläche, deren Normale nach außen zeigt, ist gleich

der zeitlichen Abnahme der TEILCHENZAHL innerhalb eines von der Fläche umschlossenen quellenfreien Volumens²⁾:

$$\oint J_n dA = -\frac{dN}{dt} \quad (20)$$

Der einseitige Strom derjenigen TEILCHEN, die eine Fläche in der positiven Richtung durchsetzen, ist

$$I_+ = \int_A J_{n+} dA = \int_A \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \varphi_{\Omega}(\vartheta, \alpha) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta d\alpha dA \quad (21)$$

der entgegengesetzt gerichtete einseitige Strom ist

$$I_- = \int_A J_{n-} dA = \int_A \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \varphi_{\Omega}(\vartheta, \alpha) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta d\alpha dA \quad (22)$$

6.3 Strahlungsenergie und davon abgeleitete Strahlungsfeldgrößen

6.3.1 Strahlungsenergie R

Summe aus TEILCHENENERGIEN, die emittiert, übertragen oder absorbiert werden.

ANMERKUNG 1: Der Begriff „Übertragung“ ist im Sinne der Transporttheorie, das heißt als Transport durch Konvektion, Streuprozesse und Erzeugung von SEKUNDÄRTEILCHEN zu verstehen.

ANMERKUNG 2: Von der STRAHLUNGSENERGIE R ist die TEILCHENENERGIE E zu unterscheiden.

6.3.2 Energiefluß $\dot{R}$

Differentialquotient dR durch dt ; dabei ist dR die Änderung der STRAHLUNGSENERGIE R im Zeitintervall dt :

$$\dot{R} = \frac{dR}{dt} \quad (23)$$

6.3.3 Energiefluenz Ψ

Differentialquotient dR durch dA ; dabei ist dR die STRAHLUNGSENERGIE der TEILCHEN, die in eine Kugel mit der Querschnittsfläche dA eintreten:

$$\Psi = \frac{dR}{dA} \quad (24)$$

ANMERKUNG: Die ENERGIEFLUENZ kann auch als Integral der ENERGIEFLUSSDICHTEN $\psi(t)$ über eine Zeitspanne t_1 bis t_2 angesehen werden:

$$\Psi = \int_{t_1}^{t_2} \psi(t) dt \quad (25)$$

6.3.3.1 Spektrale Energiefluenz Ψ_E

Verteilung der ENERGIEFLUENZ Ψ in bezug auf die Energie E der TEILCHEN:

$$\Psi_E = \frac{d\Psi(E)}{dE} \quad (26)$$

Dabei ist $d\Psi(E)$ die ENERGIEFLUENZ aller TEILCHEN, deren Energie in dem Energieintervall zwischen E und $E + dE$ liegt.

ANMERKUNG 1: Die SPEKTRALE ENERGIEFLUENZ Ψ_E ist eine Funktion der Energie.

ANMERKUNG 2: Die SPEKTRALE TEILCHENFLUENZ ist das Produkt aus der TEILCHENENERGIE und der SPEKTRALEN TEILCHENFLUENZ:

$$\psi_E = E \cdot \varphi_E \quad (27)$$

ANMERKUNG 3: Die ENERGIEFLUENZ ist das Integral ihrer spektralen Verteilung über alle Energien von null bis unendlich:

$$\Psi = \int_0^{\infty} \Psi_E(E) dE \quad (28)$$

6.3.3.2 Relative spektrale Energiefluenz

Quotient Ψ_E/Ψ ; dabei ist Ψ_E die SPEKTRALE ENERGIEFLUENZ und Ψ die ENERGIEFLUENZ.

6.3.4 Energieflußdichte ψ

Differentialquotient $\frac{d^2 R}{dA \cdot dt}$; dabei ist $d^2 R$ die Summe der Energien der TEILCHEN, die in dem Zeitelement dt in eine Kugel mit der Querschnittsfläche dA eintreten:

$$\psi = \frac{d^2 R}{dA \cdot dt} \quad (29)$$

ANMERKUNG: Die ENERGIEFLUSSDICHTEN ist die Ableitung der ENERGIEFLUENZ nach der Zeit:

$$\psi = \dot{\Psi} \quad (30)$$

6.3.4.1 Spektrale Energieflußdichte ψ_E

Verteilung der ENERGIEFLUSSDICHTEN ψ in bezug auf die Energie E der TEILCHEN:

$$\psi_E = \frac{d\psi(E)}{dE} \quad (31)$$

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

ANMERKUNG 1: Die SPEKTRALE ENERGIEFLUSSDICHTEN ist eine Funktion der Energie.

ANMERKUNG 2: Die ENERGIEFLUSSDICHTEN ist das Integral ihrer spektralen Verteilung über alle Energien von null bis unendlich:

$$\psi = \int_0^{\infty} \psi_E(E) dE \quad (32)$$

6.3.4.2 Relative spektrale Energieflußdichte ψ_E/ψ

Quotient ψ_E/ψ ; dabei ist ψ_E die SPEKTRALE ENERGIEFLUSSDICHTEN und ψ die ENERGIEFLUSSDICHTEN.

6.3.5 Energieradianz ψ_{Ω}

Differentialquotient $d\psi(\vartheta, \alpha)/d\Omega$; dabei ist $d\psi(\vartheta, \alpha)$ die ENERGIEFLUSSDICHTEN aller TEILCHEN, deren Richtungen innerhalb des Raumwinkelementes $d\Omega$ liegen.

ANMERKUNG 1: Die ENERGIERADIANZ ist die Richtungsverteilung der ENERGIEFLUSSDICHTEN (raumwinkelbezogene Energieflußdichte). Sie ist eine Funktion der Richtungswinkel.

ANMERKUNG 2: Die ENERGIEFLUSSDICHTEN ist das Integral der Richtungsverteilung über alle Richtungen des Raumes:

$$\psi = \int_{4\pi} \psi_{\Omega}(\vartheta, \alpha) d\Omega \quad (33)$$

²⁾ Der Begriff „Quelle“ umfaßt auch Senken (negative Quellen) infolge der Wechselwirkungen im umschlossenen Volumen, die die Teilchenzahl ändern, z. B. NEUTRONENEINFANG. Als „quellenfrei“ wird ein Volumen bezeichnet, wenn in ihm Teilchen weder entstehen noch verschwinden.

ANMERKUNG 3: Die ENERGIEFLUSSDICHTE aller TEILCHEN mit Richtungen innerhalb zweier Kreiskegel mit den Öffnungswinkeln ϑ_1 und ϑ_2 in einem in bezug auf eine Achse symmetrischen STRAHLUNGSFELD ist

$$\psi(\vartheta_1, \vartheta_2) = 2\pi \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \psi_{\Omega}(\vartheta) \sin \vartheta \, d\vartheta \quad (34)$$

6.3.5.1 Spektrale Energieradianz $\psi_{\Omega E}$

Verteilung der ENERGIERADIANZ ψ_{Ω} in bezug auf die Energie E der TEILCHEN:

$$\psi_{\Omega, E} = \frac{d\psi_{\Omega}(E)}{dE} \quad (35)$$

Dabei ist $d\psi_{\Omega}(E)$ die ENERGIERADIANZ aller TEILCHEN, deren Energie in dem Energieintervall zwischen E und $E + dE$ liegt.

ANMERKUNG 1: Die SPEKTRALE ENERGIERADIANZ ist eine Funktion der Energie.

ANMERKUNG 2: Die ENERGIERADIANZ ist das Integral ihrer spektralen Verteilung über alle Energien von null bis unendlich:

$$\psi_{\Omega} = \int_0^{\infty} \psi_{\Omega, E}(E) dE \quad (36)$$

6.3.5.2 Relative spektrale Energieradianz $\psi_{\Omega E}/\psi_{\Omega}$

Quotient $\psi_{\Omega E}/\psi_{\Omega}$; dabei ist $\psi_{\Omega E}$ die SPEKTRALE ENERGIERADIANZ und ψ_{Ω} die ENERGIERADIANZ.

6.3.6 Energiestromdichte $\vec{g}$

Vektor, dessen Komponente in Richtung einer Flächennormalen

$$g_n = \int_{4\pi} \psi_{\Omega}(\vartheta, \alpha) \cos \vartheta \, d\Omega \quad (37)$$

ist; dabei ist ϑ der Winkel zwischen der Flächennormalen und dem Raumwinkelement $d\Omega$, α der Azimutwinkel

und $\psi_{\Omega} = \frac{d\psi(\vartheta, \alpha)}{d\Omega}$ die ENERGIERADIANZ.

6.3.6.1 Energiestrom G

Flächenintegral der Normalkomponente der ENERGIE-STROMDICHTEN

$$G = \int_A g_n dA \quad (38)$$

ANMERKUNG: Der einseitige Strom der Energie, der eine Fläche in der positiven Richtung durchsetzt, ist

$$G_+ = \int_A g_{n+} dA = \int_A \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \psi_{\Omega}(\vartheta, \alpha) \cos \vartheta \sin \vartheta \, d\vartheta \, d\alpha \, dA, \quad (39)$$

der entgegengesetzt gerichtete einseitige Strom ist

$$G_- = \int_A g_{n-} dA = \int_A \int_0^{2\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \psi_{\Omega}(\vartheta, \alpha) \cos \vartheta \sin \vartheta \, d\vartheta \, d\alpha \, dA \quad (40)$$

6.3.7 Spektrum

(einer IONISIERENDEN STRAHLUNG)

Verteilung der Werte einer STRAHLUNGSFELDGRÖSSE in bezug auf die Energie E der TEILCHEN.

ANMERKUNG 1: Spektrale Verteilungen für PHOTONEN-STRahlungen werden in der radiologischen Technik stets als Funktion der Photonenenergie, nicht als Funktion der Wellenlänge angegeben.

ANMERKUNG 2: Spektrale Verteilungen einer RÖNTGEN-STRahlung werden meistens als RELATIVE SPEKTRALE TEILCHENFLUENZ angegeben, daneben kann aber auch die RELATIVE SPEKTRALE ENERGIEFLUENZ von Interesse sein.

7 Wechselwirkungen ionisierender Strahlung mit Materie

7.1 Wechselwirkung

Reaktion aufgrund der gegenseitigen Kräfte zwischen TEILCHEN in Atomen oder Atomkernen oder zwischen kollidierenden TEILCHEN, durch welche die Energie oder die Richtung des einfallenden TEILCHENS geändert wird.

ANMERKUNG 1: Bei einer WECHSELWIRKUNG können ein oder mehrere SEKUNDÄRTEILCHEN emittiert werden.

ANMERKUNG 2: Der Begriff „Wechselwirkung“ wird in der physikalischen Terminologie in einem allgemeinen Sinn verwendet, wenn die Arten wirkender Kräfte gemeint sind, z. B. Gravitation, elektromagnetische Wechselwirkung, starke Wechselwirkung (Kernkräfte), schwache Wechselwirkung. Der Begriff wird jedoch häufig auch dann angewendet, wenn ein einzelner Wechselwirkungsprozeß aufgrund solcher Kräfte bezeichnet werden soll, z. B. ELASTISCHER STOß, PHOTOEFFEKT, NEUTRONENEINFANG. In dieser zweiten Bedeutung wird der Begriff in dieser Norm verwandt.

7.2 Wirkungsquerschnitt und verwandte Begriffe

7.2.1 Wirkungsquerschnitt σ

Quotient P durch Φ ; dabei ist P die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte WECHSELWIRKUNG von TEILCHEN mit einem atomaren Target, zum Beispiel einem Atom oder Atomkern, und Φ die TEILCHENFLUENZ, der das Target ausgesetzt ist:

$$\sigma = \frac{P}{\Phi} \quad (41)$$

ANMERKUNG 1: Der WIRKUNGSQUERSCHNITT hat die Dimension einer Fläche und kann als Querschnittsfläche einer hypothetischen, dem atomaren Target zugeordneten Kugel von solcher Größe beschrieben werden, daß die mittlere Anzahl der TEILCHEN, die diese Kugel treffen, gleich der mittleren Anzahl der mit dem atomaren Target stattfindenden Wechselwirkungsprozesse ist.

ANMERKUNG 2: Zur Spezifikation des WIRKUNGSQUERSCHNITTES können Angaben des einfallenden und des emittierten TEILCHENS verwendet werden, z. B. $\sigma_{\gamma, n}$: WIRKUNGSQUERSCHNITT für die Emission eines Neutrons durch den KERNPHOTOEFFEKT, $\sigma_{\gamma, e}$: WIRKUNGSQUERSCHNITT für die Emission eines Elektrons durch den PHOTOEFFEKT.

7.2.1.1 Totaler Wirkungsquerschnitt σ_T

Summe aller WIRKUNGSQUERSCHNITTE für alle möglichen WECHSELWIRKUNGEN einer Teilchenart.

7.2.2 Wirkungsquerschnittsdichte Σ

Produkt aus n_a und σ , dabei ist n_a die Anzahldicke (Anzahl durch Volumen) der atomaren Targets und σ der WIRKUNGSQUERSCHNITT:

$$\Sigma = n_a \cdot \sigma \quad (42)$$