

DIN ISO 20785-2

ICS 17.240

Einsprüche bis 2014-12-31

Entwurf**Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in der zivilen Luftfahrt –****Teil 2: Charakterisierung des Antwortverhaltens von Messinstrumenten (ISO 20785-2:2011)**

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft –
Part 2: Characterization of instrument response (ISO 20785-2:2011)

Dosimétrie de l'exposition au rayonnement cosmique dans l'aviation civile –
Partie 2: Caractérisation de la réponse des instruments (ISO 20785-2:2011)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-10-31 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nar@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR), 91020 Erlangen, Postfach 32 60 (Hausanschrift: Henkestr. 127, 91052 Erlangen).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 46 Seiten

DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
3.1 Allgemeine Begriffe	7
3.2 Benennungen für Größen und Einheiten	12
3.3 Begriffe für das atmosphärische Strahlungsfeld	17
4 Allgemeine Betrachtungen	19
4.1 Das kosmische Strahlungsfeld in der Atmosphäre	19
4.2 Allgemeine Betrachtungen zur Dosimetrie des kosmischen Strahlungsfelds in Flugzeugen und Anforderungen an die Charakterisierung des Ansprechvermögens der Messgeräte	21
4.3 Allgemeine Betrachtungen zu Messungen in Flughöhen.....	22
5 Kalibrierfelder und Verfahren	23
5.1 Allgemeine Betrachtungen	23
5.2 Charakterisierung eines Messgeräts	26
5.2.1 Bestimmung der dosimetrischen Kenndaten eines Messgeräts	26
5.2.2 Referenzstrahlungsfelder	27
5.2.3 Streustrahlung	28
5.2.4 Einfluss anderer Strahlungsarten	28
5.2.5 Anforderungen an die Charakterisierung unter nicht-Bezugsbedingungen	28
5.2.6 Anwendung numerischer Simulationen	29
5.3 Messgeräte bezogene Software	29
5.3.1 Software-Entwicklungsverfahren.....	29
5.3.2 Softwareprüfung	30
5.3.3 Datenanalyse mit Tabellenkalkulation.....	30
6 Unsicherheiten	30
7 Bemerkungen zu Leistungsprüfungen.....	30
Anhang A (informativ) Repräsentative Energieverteilungen der Teilchenfluenzen im Feld der kosmischen Strahlung in den Reiseflughöhen bei einem solaren Minimum und einem solaren Maximum und bei einer kleinsten und einer größten vertikalen Abschneidesteifigkeit.....	31
Anhang B (informativ) Zur Kalibrierung empfohlene Strahlungsfelder.....	35
B.1 Photonenfelder.....	35
B.2 Neutronenfelder	35
B.2.1 Radionuklid-Neutronen und monoenergetische Neutronen-Strahlungsfelder mit E < 20 MeV	35
B.2.2 Hochenergetische Neutronen-Strahlungsfelder mit E > 20 MeV	35
B.3 Geladene Teilchen	37
B.3.1 Elektronen, Myonen und Pionen	37
B.3.2 Protonen	37
B.3.3 Schwere geladene Teilchen	37
B.4 Simulierte Arbeitsplatzfelder	37
B.5 Natürliche Strahlungsfelder.....	38

Anhang C (informativ) Vergleichsmessungen	39
C.1 Vergleichsmessung während eines Flugs mit Referenzmessgeräten.....	39
C.2 Ringvergleiche.....	39
Anhang D (informativ) Anlagen für Bestrahlungen mit geladenen Teilchen	41
Literaturhinweise	42

Bilder

Bild 1 — Berechnete Umgebungs-Äquivalentdosisleistung als Funktion der barometrischen Standardhöhe in hohen geographischen Breiten im solaren Minimum für verschiedene Teilchenkomponenten der kosmischen Strahlung in der Atmosphäre.....	20
Bild A.1 — Normierte Energieverteilung der Fluenzrate von Neutronen.....	32
Bild A.2 — Normierte Energieverteilung der Fluenzrate von Protonen	32
Bild A.3 — Normierte Energieverteilung der Fluenzrate von geladenen Pionen.....	33
Bild A.4 — Normierte Energieverteilung der Fluenzrate von Elektronen	33
Bild A.5 — Normierte Energieverteilung der Fluenzrate von Gamma-Photonen.....	34
Bild A.6 — Normierte Energieverteilung der Fluenzrate von Myonen	34

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 20785-2:2011 „Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft — Part 2: Characterization of instrument response“ ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Norm wurde vom TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies and radiological protection“, Unterkomitee SC 2 „Radiological protection“, der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Ausschuss 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 Nuklearmedizin e. V. (DGN), der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik e. V. (DGMP) und der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie e. V. (DEGRO).

DIN ISO 20785, *Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Flugzeugen der zivilen Luftfahrt* besteht aus:

- *Teil 1: Begriffliche Grundlagen für Messungen*
- *Teil 2: Charakterisierung des Antwortverhaltens von Messinstrumenten*

Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Flugzeugen der zivilen Luftfahrt — Teil 2: Charakterisierung des Antwortverhaltens von Messinstrumenten

Einleitung

Flugzeugbesatzungen sind erhöhter kosmischer Strahlung von solaren oder galaktischen Ursprungs ausgesetzt, sowie der Sekundärstrahlung, die in der Atmosphäre, in der Struktur des Flugzeugs und seinen Inhalten erzeugt wird. Nach Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission in der Publikation 60 [1], die in der Publikation 103 [2] bestätigt wurden, hat die Europäische Union (EU) eine überarbeitete Richtlinie ihrer grundlegenden Sicherheitsnormen [3] eingeführt, die eine Exposition durch natürliche Quellen ionisierender Strahlung, einschließlich der kosmischen Strahlung, als berufliche Strahlenexposition beinhaltet. Die Richtlinie fordert, dass die Strahlenexposition der Besatzungen von Flugzeugen zu berücksichtigen ist, falls diese zu mehr als 1 mSv pro Jahr führt. In diesem Fall werden folgende vier Schutzmaßnahmen festgelegt: (i) die Strahlenexposition der betreffenden Besatzung zu erfassen; (ii) die erfasste Exposition bei der Festlegung der Arbeitspläne zu berücksichtigen, mit dem Ziel, die Dosis von besonders hoch exponierten Besatzungen zu verringern; (iii) die betroffenen Beschäftigten hinsichtlich der berufsbedingten Gesundheitsrisiken zu informieren und (iv) denselben besonderen Schutz für weibliche Mitglieder der Besatzung während einer Schwangerschaft in Hinsicht auf das „ungeborene Kind“ anzuwenden, wie für weibliche Beschäftigte anderer Berufsgruppen. Die Richtlinie des Rates der EU ist bereits in Gesetze und Vorschriften der EU-Mitgliedsstaaten umgesetzt worden und wird derzeit in die Luftfahrt-Sicherheitsnormen und -abläufe der *Joint Aviation Authorities* und der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (*European Air Safety Agency*) übernommen. Andere Länder, z. B. Kanada und Japan, haben für ihre Luftfahrtindustrien Empfehlungen für den Umgang mit der Strahlenexposition von Flugzeugbesatzungen herausgegeben.

Für Rechts- und Verwaltungszwecke sind die wichtigsten Größen für den Strahlungsschutz die Äquivalentdosis (für den Fötus) und die effektive Dosis. Eine Exposition des Körpers durch kosmische Strahlung erfolgt im Wesentlichen homogen; der Bauch der Mutter bietet keine effiziente Abschirmung für den Fötus. Daher kann der Betrag der Äquivalentdosis für den Fötus mit dem Betrag der von der Mutter aufgenommenen effektiven Dosis gleichgesetzt werden. Die an Bord eines Flugzeugs zu erwartenden Dosen sind im Allgemeinen vorhersagbar, und Ereignisse, die mit einer unplanmäßigen Exposition an anderen radiologischen Arbeitsplätzen vergleichbar sind, können üblicherweise nicht auftreten (mit der seltenen Ausnahme von Ereignissen von sehr intensiven und energiereichen solaren Teilchenausbrüchen (*solar particle events*; SPE)). Die routinemäßige Anwendung von Personendosimetern wird nicht als notwendig erachtet. Ein bevorzugter Ansatz für die Erfassung der auf die Flugzeugbesatzung einwirkenden Dosen ist, falls notwendig, die direkte Berechnung der effektiven Dosis pro Zeiteinheit in Abhängigkeit von der geographischen Lage, der Flughöhe und der Phase des Sonnenzyklus mit den Daten der Flug- und Personalplanung so zu verbinden, dass für jedes einzelne Besatzungsmitglied ein Schätzwert der für ihn zutreffenden effektiven Dosis ermittelt werden kann. Dieser Ansatz wird von der Europäischen Kommission und der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) in der Publikation 75 [4] unterstützt.

Bei diesem Ansatz ist die Rolle der Berechnungen in der Strahlenschutzroutine einzigartig und es wird weitgehend akzeptiert, dass die berechneten Dosen durch Messungen [5] validiert werden sollten. Die effektive Dosis ist nicht direkt messbar. Die interessierende operationelle Größe ist die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$. Die Validierung der erfassten Dosen, die in Form der effektiven Dosis ermittelt wurden, kann mittels Berechnungen der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung oder der Flugrouten-Dosen als Umgebungs-Äquivalentdosis und Messungen dieser Größen, die auf nationale Normale rückführbar sind, erfolgen. Die Validierung der nach einem bestimmten Verfahren berechneten Umgebungs-Äquivalentdosis kann als Validierung der mit demselben Computerprogramm berechneten effektiven Dosis angesehen werden. Jedoch muss dieser Schritt innerhalb des Verfahrens möglicherweise bestätigt werden. Alternativ kann a priori festgelegt werden, dass die operationelle Größe

Umgebungs-Äquivalentdosis ein guter Schätzwert für die effektive Dosis und die Äquivalentdosis für den Fötus für die betrachteten Strahlungsfelder ist, ähnlich dem Verfahren für strahlenexponierte Beschäftigte, in dem die Verwendung der operationellen Größe Personendosis zur Abschätzung der effektiven Dosis gleichermaßen gerechtfertigt ist.

Das Strahlungsfeld in einem Flugzeug in Flughöhen ist komplex, mit vielen Arten ionisierender Strahlung mit Energien bis zu vielen GeV. In einem solch komplexen Strahlungsfeld ist es schwierig, die Umgebungs-Äquivalentdosis zu bestimmen. In vielen Fällen sind die Methoden zur Ermittlung der Umgebungs-Äquivalentdosis in Flugzeugen mit den Verfahren vergleichbar, die an Hochenergiebeschleunigern von Forschungslaboratorien angewendet werden. Daher ist es möglich, dosimetrische Verfahren und Verfahren für die Kalibrierung von Dosismessgeräten sowie Techniken zur Beibehaltung der Rückführbarkeit der dosimetrischen Messungen auf nationale Normale zu empfehlen. Dosimetrische Messungen zur Bewertung der Umgebungs-Äquivalentdosis müssen unter Anwendung genauer und zuverlässiger Methoden durchgeführt werden, um die Qualität der Messwerte, die den Mitarbeitern und den Überwachungsstellen vorgelegt werden, sicherzustellen. Der Zweck dieses Teils von ISO 20785 besteht darin, Verfahrensabläufe festzulegen, mit denen das Ansprechvermögen von Messgeräten in unterschiedlichen Referenzstrahlungsfeldern zu bestimmen ist als Grundlage für die vorschriftsmäßige Charakterisierung der Messgeräte, die zur Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis in einem Flugzeug in Flughöhen verwendet werden.

Anforderungen an die Bestimmung und die Aufzeichnung der Exposition von Flugzeugbesatzungen durch kosmische Strahlung wurden in die nationale Gesetzgebung der EU-Mitgliedsstaaten und anderer Länder aufgenommen. Eine Harmonisierung der Methoden zur Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis und zur Kalibrierung der Geräte ist wünschenswert, um die Kompatibilität der mit diesen Geräten durchgeführten Messungen sicherzustellen.

Dieser Teil von ISO 20785 ist für die Anwendung durch staatlich angestellte Strahlenschutz-Mitarbeiter in Primär- und Sekundärkalibrierlaboratorien und für die Anwendung durch Industrieunternehmen vorgesehen, die mit der Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis für das fliegende Personal befasst sind.

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von ISO 20785 werden Methoden und Verfahrensabläufe für die Charakterisierung des Ansprechvermögens von Geräten zur Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis festgelegt, mit der in der zivilen Luftfahrt die Exposition durch kosmische Strahlung bestimmt wird. Die Methoden und Abläufe sind als Mindestanforderungen zu verstehen.

2 Normative Verweisungen

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

ISO/IEC Guide 98-1, *Uncertainty of measurement — Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO 4037-1, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 1: Radiation characteristics and production methods*

ISO 6980-1, *Nuclear energy — Reference beta-particle radiation — Part 1: Methods of production*

ISO 8529-1:2001, *Reference neutron radiations — Part 1: Characteristics and methods of production*

ISO 12789-1, *Reference radiation fields — Simulated workplace neutron fields — Part 1: Characteristics and methods of production*

ISO 12789-2, *Reference radiation fields — Simulated workplace neutron fields — Part 2: Calibration fundamentals related to the basic quantities*

ISO 20785-1, *Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft — Part 1: Conceptual basis for measurements*

ISO 29661, *Reference radiation fields for radiation protection — Definitions and fundamental concepts*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Strahleneinfallswinkel

α

(en: angle of radiation incidence)

Winkel zwischen der Strahleneinfallsrichtung und der Bezugsrichtung des Messgeräts

3.1.2

Kalibrierung

(en: calibration)

Messprozess, bei dem unter festgelegten Bedingungen eine Beziehung zwischen dem richtigen Größenwert H_0 und dem angezeigten Wert G hergestellt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Kalibrierung kann in Form einer Feststellung, einer Kalibrierfunktion, eines Kalibrierdiagramms, einer Kalibrierkurve oder einer Kalibriertabelle ausgedrückt werden. In einigen Fällen kann eine Kalibrierung aus einer additiven oder multiplikativen Korrektur des angezeigten Werts unter Angabe der beigeordneten Messunsicherheit bestehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist wichtig zu bemerken, eine Kalibrierung nicht mit der Justierung eines Messsystems, oft missverständlich als „Eigenkalibrierung“ bezeichnet, oder mit der Verifikation der Kalibrierung zu verwechseln.

3.1.3

Kalibrierkoeffizient

N_{coeff}

(en: calibration coefficient)

Quotient aus dem zu messenden richtigen Wert der Größe und der korrigierten Anzeige des Messgeräts

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Kalibrierkoeffizient ist gleichbedeutend dem Kalibrierfaktor, der mit der Gerätekonstanten multipliziert ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Kehrwert des Kalibrierkoeffizienten N_{coeff} ist das Ansprechvermögen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Für die Kalibrierung einiger Geräte, z. B. Ionisationskammern, sind die Gerätekonstante und der Kalibrierfaktor nicht getrennt festgelegt, sondern werden zusammen als Kalibrierkoeffizient angewendet.

Anmerkung 4 zum Begriff: Um Verwechslungen zu vermeiden ist es erforderlich, die zu messende Größe zu benennen, z. B. der Kalibrierkoeffizient bezüglich der Fluenz N_{Φ} , der Kalibrierkoeffizient bezüglich der Kerma N_K , Kalibrierkoeffizient bezüglich der absorbierten Dosis N_D .

3.1.4

Kalibrierbedingungen

(en: calibration conditions)

Bedingungen innerhalb des Bereichs der Standardprüfbedingungen, die tatsächlich während der Kalibrierung vorliegen

3.1.5

Kalibrierfaktor

N_{fact}

(en: calibration factor)

Faktor, mit dem das Produkt aus der korrigierten Anzeige und der zugehörigen Gerätekonstante des Messgeräts multipliziert wird, um den unter Bezugsbedingungen zu messende richtigen Wert zu erhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Kalibrierfaktor ist dimensionslos.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die korrigierte Anzeige ist die Anzeige des Messgeräts, die durch die Effekte der Einflussgrößen, sofern vorhanden, korrigiert wurde.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Wert für den Kalibrierfaktor kann mit dem Betrag der zu messenden Größe schwanken. In diesen Fällen wird davon ausgegangen, dass das Ansprechvermögen einer Detektoreinheit nicht konstant ist.

3.1.6

Messwert

M

(en: measured quantity value, measured value of a quantity, measured value)

Größenwert, der einen Messwert repräsentiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei sich wiederholenden Messungen kann jede Anzeige als entsprechender Messwert für diese Größe verwendet werden. Die Serie der Messwerte kann für die Berechnung eines resultierenden gemessenen Größenwerts, z. B. eines Mittel- oder Medianwerts, verwendet werden, im Allgemeinen mit einer verringerten zugehörigen Messunsicherheit.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn der Bereich der wahren Größenwerte, welche die Messgröße repräsentieren, klein ist im Vergleich zu der Messunsicherheit, kann der gemessene Größenwert als Schätzwert für einen im Wesentlichen einzigen wahren Größenwert angenommen werden und wird oft als der Mittelwert oder Median von individuell gemessenen Größenwerten aus wiederholten Messungen ermittelt.

Anmerkung 3 zum Begriff: In dem Fall, in dem der Bereich der wahren Werte einer Größe, welche die Messgröße repräsentieren, nicht klein ist im Vergleich zur Messunsicherheit, ist ein gemessener Wert oft ein Schätzwert für einen Mittelwert oder einen Median der Serie von wahren Größenwerten.

Anmerkung 4 zum Begriff: Im ISO/IEC-Leitfaden 98-3:2008 werden die Benennungen „Ergebnis der Messung“ und „Schätzwert für den Wert der Messgröße“ oder nur „Schätzwert der Messgröße“ für den „gemessenen Größenwert“ benutzt.

3.1.7

richtiger Größenwert

H_0

(en: conventional quantity value, conventional value of a quantity, conventional value)

Größenwert, der durch Vereinbarung einer Größe für einen bestimmten Zweck zugeordnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Benennung „konventionell wahrer Größenwert“ wird für diesen Begriff oft verwendet, von deren Anwendung jedoch abgeraten wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Mitunter dient ein richtiger Größenwert als Schätzwert für einen wahren Wert einer Größe.

Anmerkung 3 zum Begriff: Einem richtigen Größenwert wird im Allgemeinen eine geeignet kleine Messunsicherheit, die möglicherweise Null beträgt, zugeschrieben.

Anmerkung 4 zum Begriff: In ISO 20785 ist der richtige Größenwert der beste Schätzwert für den Wert der zu messenden Größe, die mit einem Primärnormal oder mit einem Sekundärnormal, das auf ein Primärnormal rückführbar ist, bestimmt wird.

3.1.8**Korrektionsfaktor** k

(en: correction factor)

Faktor, der auf den angezeigten Wert angewendet wird, um eine Korrektur bezüglich der Abweichung der Mess- von den Bezugsbedingungen vorzunehmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Korrektur zur Berücksichtigung der Abweichung einer Einflussgröße einen Faktor erfordert, handelt es sich um eine Einflussgröße vom Typ F.

3.1.9**Korrektionssummand** G_S

(en: correction summand)

Summand, der auf den angezeigten Wert angewendet wird, um eine Korrektur bezüglich der Nullanzeige oder der Abweichung der Mess- von den Bezugsbedingungen vorzunehmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Korrektur zur Berücksichtigung der Abweichung einer Einflussgröße einen Summanden erfordert, handelt es sich um eine Einflussgröße vom Typ S.

3.1.10**Anzeige** G

(en: indication)

Größenwert, der an einem Messgerät oder einem Messsystem angegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Anzeige kann in visueller oder akustischer Form dargestellt oder zu einem anderen Gerät übertragen werden. Die Anzeige erfolgt häufig für analoge Ergebnisse durch die Stellung eines Zeigers an einem Display, für digitale Ergebnisse durch eine an einem Display angezeigte oder ausgedruckte Zahl, für kodierte Ergebnisse durch ein Codemuster oder für Maßverkörperungen durch die Zuordnung eines Größenwerts.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein angezeigter Wert und der entsprechende gemessene Wert einer Größe sind nicht unbedingt Werte der Größe der gleichen Art.

3.1.11**Einflussgröße**

(en: influence quantity)

Größe, die bei einer direkten Messung nicht die tatsächlich gemessene Größe beeinflusst, sondern die Beziehung zwischen dem angezeigten Wert und dem Messergebnis

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einer indirekten Messung ist eine Kombination von direkten Messungen involviert, von denen jede durch Einflussgrößen beeinflusst sein kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im ISO/IEC-Leitfaden 98-3:2008 wird der Begriff „Einflussgröße“ wie im ISO/IEC-Leitfaden 99:2007 so definiert, dass er nicht nur die Größen erfasst, die das Messsystem beeinflussen, wie in der obigen Definition, sondern auch die Größen, die Einfluss auf die tatsächlich gemessenen Größen haben. Im ISO/IEC-Leitfaden 98-3 ist dieser Begriff ebenfalls nicht auf Direktmessungen beschränkt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Korrektur des Effekts der Einflussgröße kann erforderlich machen, dass ein Korrektionsfaktor (für eine Einflussgröße vom Typ F) und/oder ein Korrektionssummand (für eine Einflussgröße vom Typ S) auf den angezeigten Wert der Detektoranordnung anzuwenden ist, z. B. bei einer mikrophonischen oder einer elektromagnetischen Störung.

BEISPIEL Die Anzeige einer nicht abgedichteten Ionisationskammer wird durch Temperatur und Druck der umgebenden Atmosphäre beeinflusst. Obwohl zur Bestimmung des Dosiswerts notwendig, ist die Messung dieser beiden Größen nicht das primäre Ziel.

3.1.12**Gerätekonstante** c_i

(en: instrument constant)

Größenwert, mit dem die Anzeige des Instruments G (oder, falls eine Korrektur oder eine Normalisierung durchgeführt wurde, G_{corr}) multipliziert wird, um den Wert der Messgröße oder den Wert einer Größe zu ermitteln, die zur Berechnung des Werts der Messgröße anzuwenden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn der am Gerät angezeigte Wert bereits in denselben Einheiten wie die Messgröße angegeben wird, wie z. B. bei Ortsdosimetern, ist die Gerätekonstante c_i dimensionslos. In diesen Fällen kann der Kalibrierfaktor gleich dem Kalibrierkoeffizienten sein. Wenn jedoch der am Gerät angezeigte Wert in die Einheiten der Messgröße umzuwandeln ist, hat die Gerätekonstante eine Dimension.

3.1.13**Messgröße**

(en: measurand)

Größe, die gemessen werden soll

3.1.14**Prüfort**

(en: point of test)

Ort in einem Strahlungsfeld, an dem der richtige Wert einer Größe bekannt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Kalibrierung oder die Bestimmung des Ansprechvermögens wird der Bezugspunkt der Detektoranordnung an den Prüfort gebracht.

3.1.15**Primärnormal**

(en: primary measurement standard, primary standard)

Normal, das auf einem Primärmessverfahren beruht oder auf Grundlage einer Vereinbarung als Artefakt geschaffen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Primärnormal erfüllt die höchsten metrologischen Anforderungen im jeweiligen Bereich.

3.1.16**Größenwert**

(en: quantity value)

Zahl und Bezug, die zusammen den Betrag einer Größe angeben

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Größenwert ist entweder das Produkt aus einer Zahl und einer Maßeinheit (die Einheit „Eins“ wird für Größen mit der Dimension „Eins“ in der Regel nicht angezeigt) oder eine Zahl und ein Bezug auf ein Messverfahren.

3.1.17**Bezugsbedingungen**

(en: reference conditions)

Betriebsbedingungen, die für die Prüfung der Leistungsfähigkeit einer Detektoranordnung oder für den Vergleich von Messungen vorgeschrieben sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bezugsbedingungen stellen die Werte für die Einflussgrößen dar, für die das Ergebnis einer Kalibrierung ohne Korrektur gültig ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert der Messgröße kann in Abhängigkeit von den Eigenschaften der zu kalibrierenden Detektoranordnung frei ausgewählt werden. Die zu messende Größe ist keine Einflussgröße, kann jedoch das Kalibrierergebnis und das Ansprechvermögen beeinflussen (siehe auch Anmerkung 1).

3.1.18**Bezugsrichtung**

(en: reference direction)

Richtung im Koordinatensystem der Detektoranordnung, relativ zu der der Winkel der Strahleneinfallrichtung in Referenzfeldern gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Beim Einfallswinkel 0° ist die Bezugsrichtung der Detektoranordnung parallel zur Strahleneinfallrichtung. Bei einem Winkel von 180° ist die Bezugsrichtung der Detektoranordnung antiparallel zur Strahleneinfallrichtung.

3.1.19**Bezugsorientierung**

(en: reference orientation)

Orientierung der Detektoranordnung, bei der die Richtung der einfallenden Strahlung mit der Bezugsrichtung der Detektoranordnung zusammenfällt

3.1.20**Bezugspunkt**

(en: reference point)

Punkt am Messgerät, der am Prüfort für Kalibrier- und Prüfzwecke angebracht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Messabstand ergibt sich aus dem Abstand zwischen der Strahlenquelle und dem Bezugspunkt der Detektoranordnung.

3.1.21**Ansprechvermögen** R

(en: response)

Quotient aus der Anzeige G oder der korrigierten Anzeige G_{corr} und dem richtigen Wert der zu messenden Größe

Anmerkung 1 zum Begriff: Um Verwechslungen auszuschließen ist festzulegen, welcher der in der Definition für das Ansprechvermögen angegebenen Quotienten (für den angezeigten Wert G oder für den korrigierten angezeigten Wert G_{corr}) verwendet wurde. Außerdem ist es zur Vermeidung von Verwechslungen notwendig, die zu messende Größe genauer anzugeben, beispielsweise das Ansprechvermögen bezogen auf die Fluenz R_{Φ} , bezogen auf die Kerma R_K oder bezogen auf die absorbierte Dosis R_D .

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Kehrwert des Ansprechvermögens ist unter den festgelegten Bedingungen gleich dem Kalibrierkoeffizienten N_{coeff} .

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Wert für das Ansprechvermögen kann in Abhängigkeit vom Betrag der zu messenden Größe schwanken. In diesen Fällen bedeutet das, dass das Ansprechvermögen der Detektoranordnung nicht konstant ist.

Anmerkung 4 zum Begriff: Üblicherweise ändert sich das Ansprechvermögen mit der Energie- und der Richtungsverteilung der einfallenden Strahlung. Daher ist es hilfreich, das Ansprechvermögen als eine Funktion $R(E, \Omega)$ der Strahlungsenergie E und der Richtung $\vec{\Omega}$ der einfallenden monodirektionalen Strahlung anzusehen. $R(E)$ beschreibt die „Energieabhängigkeit“ und $R(\Omega)$ die „Winkelabhängigkeit“ des Ansprechvermögens; für die letztgenannte Abhängigkeit darf $\vec{\Omega}$ durch den Winkel α zwischen der Bezugsrichtung der Detektoranordnung und der Richtung eines externen monodirektionalen Feldes angegeben werden.

3.1.22**Sekundärnormal**

(en: secondary measurement standard, secondary standard)

Messstandard, der durch die Kalibrierung bezogen auf ein Primär-Messnormal für eine Größe derselben Art festgelegt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kalibrierung kann direkt zwischen einem Primärnormal und einem Sekundärnormal durchgeführt werden, oder es kann ein Zwischennormal einbezogen werden, das mit Hilfe des Primärnormals kalibriert wird und wobei dann dem Sekundärnormal ein Messergebnis zugeordnet wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Sekundärnormal kann auf verschiedene Weise repräsentiert werden, z. B. als ein Messgerät oder eine Radionuklid-Quelleneinheit.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein Sekundärnormal kann zur Kalibrierung einer Detektoranordnung und/oder zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens verwendet werden. Die Kalibrierung des Sekundärnormal muss für die verwendeten Bestrahlungsbedingungen gültig sein, z. B. Energie, Dosis und/oder Dosisleistung sowie Umgebungsbedingungen. Die Stabilität und Reproduzierbarkeit des Sekundärnormal ist regelmäßig zu überprüfen.

Anmerkung 4 zum Begriff: Der Größenwert des Sekundärnormal wird gleich dem besten Schätzwert der Größe gesetzt, d. h. dem wahren Größenwert.

3.1.23

Prüfbedingungen

(en: standard test conditions)

Bedingungen, die durch den Bereich der Werte für die Einflussgrößen repräsentiert werden, unter denen eine Kalibrierung oder Bestimmung des Ansprechvermögens durchgeführt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Idealerweise sind Kalibrierungen unter Bezugsbedingungen durchzuführen. Da das nicht immer möglich ist (z. B. für den Umgebungsluftdruck) oder nicht günstig ist (z. B. für die Umgebungstemperatur), kann ein (kleiner) Bereich um die Bezugswerte annehmbar sein. Wenn ein unter Standardbedingungen bestimmter Kalibrierfaktor oder ein unter Standardbedingungen bestimmtes Ansprechvermögen signifikant von dem unter Bezugsbedingungen ermittelten Wert abweicht, ist üblicherweise eine Korrektur anzuwenden.

3.1.24

wahrer Größenwert

wahrer Wert

(en: true quantity value, true value of a quantity, true value)

mit der Definition einer Größe übereinstimmender Größenwert

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der Error-Methode wird zur Beschreibung einer Messung ein wahrer Größenwert als einzigartig angesehen; er ist in der Praxis unbekannt. Bei der Uncertainty-Methode ist anzuerkennen, dass es durch die zugehörige unvollständige Detailmenge bei der Definition einer Größe nicht einen einzigen wahren Größenwert gibt, sondern stattdessen einen Satz definitionsgemäßer wahrer Größenwerte. Dieser Satz von Werten ist jedoch grundsätzlich und in der Praxis unbekannt. Bei anderen Methoden wird insgesamt auf das Konzept eines wahren Größenwerts verzichtet und zur Bewertung der Validität der Messergebnisse stattdessen auf das Konzept ihrer metrologischen Kompatibilität gesetzt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Sonderfall einer Fundamentalkonstante wird davon ausgegangen, dass die Größe einen einzigen wahren Größenwert hat.

Anmerkung 3 zum Begriff: Wenn die definitionsgemäße Unsicherheit im Zusammenhang mit der Messgröße als vernachlässigbar im Vergleich mit anderen Komponenten der Messunsicherheit anzusehen ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Messgröße „im Wesentlichen einen einzigen“ wahren Größenwert hat. Dies ist der Ansatz, der im ISO/IEC-Leitfaden 98-3 und zugehörigen Dokumenten aufgegriffen wird, in dem das Wort „wahr“ als redundant angesehen wird.

3.2 Benennungen für Größen und Einheiten

Die Mehrzahl der Definitionen in diesem Abschnitt wurde aus ISO 80000-10:2009 [71] und aus den ICRU-Berichten 36 [6] und 51 [7] übernommen.

3.2.1

Teilchenfluenz

Fluenz

ϕ

(en: particle fluence, fluence)

mittlere Zahl von Teilchen dN , die an einem bestimmten Punkt im Raum in einen sphärischen Bereich eintreten, dividiert durch die Querschnittsfläche da dieses Bereichs

$$\phi = \frac{dN}{da}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Grundeinheit für die Teilchenfluenz ist m^{-2} , eine häufig verwendete Einheit ist cm^{-2} .

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Energieverteilung der Teilchenfluenz ϕ_E ist der Quotient aus $d\phi$ und dE , wobei $d\phi$ die Fluenz der Teilchen mit einer Energie zwischen E und $E + dE$ ist. Es gibt eine analoge Definition für die richtungsabhängige Verteilung ϕ_Ω der Teilchenfluenz.

3.2.2

Teilchenfluenzrate

Fluenzrate

$\dot{\phi}$

(en: particle fluence rate, fluence rate)

$$\dot{\phi} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d^2N}{da \cdot dt}$$

dabei ist $d\phi$ der mittlere Zuwachs der Teilchenfluenz dN/da während eines unendlichen kleinen Zeitintervalls mit der Dauer dt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Grundeinheit für die Teilchenfluenzrate ist $\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; eine häufig verwendete Einheit ist $\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

3.2.3

übertragene Energie

(en: energy imparted)

ε

für ionisierende Strahlung in Material eines bestimmten dreidimensionalen Bereichs ist

$$\varepsilon = \sum \varepsilon_i$$

mit dem Energiedeposition ε_i , d. h. der Energie, die bei einer einzigen Wechselwirkung i deponiert wird; sie wird durch die folgende Gleichung angegeben: $\varepsilon_i = \varepsilon_{\text{in}} - \varepsilon_{\text{out}} + Q$, wobei ε_{in} die Energie der eintretenden ionisierenden Teilchen ohne die Ruheenergie ist, und ε_{out} ist die Summe der Energien aller ionisierender Teilchen beim Austritt aus der Wechselwirkung ohne die Ruheenergie; Q ist die Änderung der Ruheenergien des Nuklids und aller an der Wechselwirkung beteiligten Teilchen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die übertragene Energie ist eine stochastische Größe.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit der übertragenen Energie ist J.

3.2.4

mittlere übertragene Energie

$\bar{\varepsilon}$

(en: mean energy imparted)

für das Material in einem bestimmten Bereich ist

$$\bar{\varepsilon} = R_{\text{in}} - R_{\text{out}} + \sum Q,$$

dabei ist R_{in} die Strahlungsenergie aller geladenen und aller ungeladenen ionisierender Teilchen, die in einen bestimmten Bereich eintreten, R_{out} ist die Strahlungsenergie aller geladenen und aller ungeladenen ionisierender Teilchen, die aus einem bestimmten Bereich austreten, und $\sum Q$ ist die Summe aller Änderungen der Ruheenergien der Nuklide und der Elementarteilchen, die in diesem Bereich auftreten

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Größe entspricht dem für die übertragene Energie erwarteten Wert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit für die mittlere übertragene Energie ist J.

3.2.5**spezifische übertragene Energie**

spezifische Energie

 z

(en: specific energy imparted, specific energy)

für eine beliebige ionisierende Strahlung ist

$$z = \frac{\varepsilon}{m},$$

dabei ist ε die auf das bestrahlte Material übertragene Energie, und m ist die Masse dieses Materials

Anmerkung 1 zum Begriff: Die spezifische übertragene Energie ist eine stochastische Größe.

Anmerkung 2 zum Begriff: Innerhalb der Grenzen eines kleinen Bereichs ist die mittlere spezifische übertragene Energie gleich der absorbierten Dosis.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die spezifische übertragene Energie kann das Ergebnis von einem oder mehreren (Energiedepositions)Ereignissen sein.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die Einheit für die spezifische Energie ist $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, das als Gray (Gy) bezeichnet wird.

3.2.6**Energiedosis** D

(en: absorbed dose)

für eine beliebige ionisierende Strahlung ist

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm},$$

dabei ist $d\bar{\varepsilon}$ die mittlere Energie, die durch ionisierende Strahlung auf ein Volumenelement des bestrahlten Materials mit der Masse dm übertragen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: $\bar{\varepsilon} = \int D \, dm$, dabei ist dm das Massenelement des bestrahlten Materials.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für den Grenzfall eines kleinen Bereichs entspricht die mittlere spezifische Energie der Energiedosis.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Einheit für die Energiedosis ist $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, das als Gray (Gy) bezeichnet wird.

3.2.7**Kerma (en: kinetic energy released per unit mass)** K

(en: kerma)

für indirekt ionisierende (ungeladene) Teilchen der Quotient aus der Energie dE_{tr} und der Masse dm , wobei dE_{tr} die Summe der kinetischen Anfangsenergien aller geladenen ionisierenden Teilchen ist, die durch ungeladene ionisierende Teilchen in einem Volumenelement des Materials freigesetzt werden, und dm ist die bestrahlte Masse dieses Volumenelements

$$K = \frac{dE_{\text{tr}}}{dm}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Größe dE_{tr} schließt die kinetische Energie der geladenen Teilchen ein, die beim Zerfall der angeregten Atome oder Moleküle oder Nuklide emittiert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit für die Kerma ist $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, das als Gray (Gy) bezeichnet wird.