DIN EN ISO 20785-2

ICS 13.280; 49.020

Einsprüche bis 2019-10-02
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 20785-2:2016-08

Entwurf

Dosimetrie für die Belastung durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen – Teil 2: Charakterisierung des Ansprechvermögens von Messinstrumenten (ISO/DIS 20785-2:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 20785-2:2019

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft –
Part 2: Characterization of instrument response (ISO/DIS 20785-2:2019);
German and English version prEN ISO 20785-2:2019

Dosimétrie de l'exposition au rayonnement cosmique dans l'aviation civile –
Partie 2: Caractérisation de la réponse des instruments (ISO/DIS 20785-2:2019);
Version allemande et anglaise prEN ISO 20785-2:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-08-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR), Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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 95 Seiten

DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20785-2:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 430 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 080-00-01 AA „Dosimetrie“ im DIN-Normenausschuss 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).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 12789-1	siehe	DIN ISO 12789-1
ISO 12789-2	siehe	DIN ISO 12789-2
ISO 20785-1	siehe	DIN EN ISO 20785-1
ISO 29661	siehe	DIN EN ISO 29661
ISO 80000-10	siehe	DIN EN ISO 80000-10:2013-08
IEC 60846-1	siehe	DIN EN 60846-1
IEC/TR 62461	siehe	DIN IEC/TR 62461

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 20785-2:2016-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) der Abschnitt „Begriffe“ wurde überarbeitet, indem Begriffe neu aufgenommen und definiert wurden (z. B. 3.2.10 „dosisabhängige spezifische Energie pro Ereignis“) und Definitionen ergänzt und präzisiert wurden (z. B. 3.2.15.1 „geomagnetische Abschneidesteifigkeit“);

b) in 5.2.2 „Referenzstrahlungsfelder“ wurde ein Absatz zu quasi-monoenergetischen Neutronenstrahlen aufgenommen;

c) in Anhang B wurden die Unterabschnitte B.2.2.2 „UCL Zyklotron“ und B.2.4 „Anlage des TSL“ gestrichen;

d) das Literaturverzeichnis wurde aktualisiert;

e) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60846-1, *Strahlenschutz-Messgeräte — Umgebungs- und/oder Richtungs-Äquivalentdosis(leistungs)-Messgeräte und/oder Monitore für Beta-, Röntgen- und Gammastrahlung — Teil 1: Tragbare Messgeräte und Monitore für den Arbeitsplatz und die Umgebung*

DIN EN ISO 20785-1, *Dosimetrie für die Belastung durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen — Teil 1: Konzeptionelle Grundlage für Messungen*

DIN EN ISO 29661, *Referenzstrahlungsfelder für den Strahlenschutz — Definitionen und grundlegende Konzepte*

DIN EN ISO 80000-10:2013-08, *Größen und Einheiten — Teil 10: Atom- und Kernphysik (ISO 80000-10:2009); Deutsche Fassung EN ISO 80000-10:2013*

DIN IEC/TR 62461, *Strahlenschutz-Messgeräte — Bestimmung der Unsicherheit beim Messen*

DIN ISO 12789-1, *Referenzstrahlungsfelder — Simulierte Arbeitsplatz-Neutronenfelder — Teil 1: Eigenschaften und Erzeugungsverfahren*

DIN ISO 12789-2, *Referenzstrahlungsfelder — Simulierte Arbeitsplatz-Neutronenfelder — Teil 2: Grundlagen der Kalibrierung mit Bezug auf Grundgrößen*

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

— Leerseite —

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

– Entwurf –

CEN/TC 430

Datum: 2019-05

prEN ISO 20785-2:2019

CEN/TC 430

Sekretariat: AFNOR

Dosimetrie für die Belastung durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen — Teil 2: Charakterisierung des Ansprechvermögens von Messinstrumenten (ISO/DIS 20785-2:2019)

Dosimétrie de l'exposition au rayonnement cosmique dans l'aviation civile — Partie 2 : Caractérisation de la réponse des instruments (ISO/DIS 20785-2:2019)

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft — Part 2: Characterization of instrument response (ISO/DIS 20785-2:2019)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.9p

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 4

Vorwort 5

Einleitung 6

1 Anwendungsbereich 8

2 Normative Verweisungen 8

3 Begriffe 8
3.1 Allgemeine Begriffe 9
3.2 Benennungen für Größen und Einheiten 14
3.3 Atmosphärisches Strahlungsfeld 20

4 Allgemeine Betrachtungen 22
4.1 Das kosmische Strahlungsfeld in der Atmosphäre 22
4.2 Allgemeine Betrachtungen zur Dosimetrie des kosmischen Strahlungsfelds in Flugzeugen und Anforderungen an die Charakterisierung des Ansprechvermögens der Messgeräte 24
4.3 Allgemeine Betrachtungen zu Messungen in Flughöhen 25

5 Kalibrierfelder und Verfahren 27
5.1 Allgemeine Betrachtungen 27
5.2 Charakterisierung eines Messgeräts 29
5.2.1 Bestimmung der dosimetrischen Kenndaten eines Messgeräts 29
5.2.2 Referenzstrahlungsfelder 31
5.2.3 Streustrahlung 32
5.2.4 Einfluss anderer Strahlungsarten 32
5.2.5 Anforderungen an die Charakterisierung unter nicht-Bezugsbedingungen 32
5.2.6 Anwendung numerischer Simulationen 33
5.3 Messgeräte bezogene Software 33
5.3.1 Software-Entwicklungsverfahren 33
5.3.2 Softwareprüfung 34
5.3.3 Datenanalyse mit Tabellenkalkulation 34

6 Unsicherheiten 34

7 Bemerkungen zu Leistungsprüfungen 34

Anhang A (informativ) Repräsentative spektrale Teilchenflussdichten 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 35

Anhang B (informativ) Zur Kalibrierung empfohlene Strahlungsfelder 38
B.1 Photonenfelder 38
B.2 Neutronenfelder 38
B.2.1 Radionuklid-Neutronen und monoenergetische Neutronen-Strahlungsfelder mit $E > 20$ MeV 38
B.2.2 Hochenergetische Neutronen-Strahlungsfelder mit $E > 20$ MeV 39
B.3 Geladene Teilchen 40
B.3.1 Elektronen, Myonen und Pionen 40
B.3.2 Protonen 40
B.3.3 Schwere geladene Teilchen 40

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

B.4 Simulierte Arbeitsplatzfelder 40
B.5 Natürliche Strahlungsfelder 41

Anhang C (informativ) Vergleichsmessungen 42
C.1 Vergleichsmessung während eines Flugs mit Referenzmessgeräten 42
C.2 Ringvergleiche 42

Anhang D (informativ) Anlagen für Bestrahlungen mit geladenen Teilchen 44

Literaturhinweise 45

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20785-2:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 430 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird ISO 20785-2:2011 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 20785-2:2019 wurde von CEN als prEN ISO 20785-2:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection Unterkomitee* SC 2, *Radiological protection* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 20785-2:2011), die technisch überarbeitet wurde. Die wichtigsten Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind die folgenden:

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 20785 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

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 Europäischen 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 Safty 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 [en: 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 je 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.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

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 vorgelegten werden, sicherzustellen. Der Zweck dieses Dokuments besteht darin, Verfahrensabläufe festzulegen, mit denen das Ansprechvermögen von Messgeräten in unterschiedlichen Referenzstrahlungs-feldern 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.

Dieses Dokument 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.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Methoden und Verfahrensabläufe für die Charakterisierung des Ansprechvermögens von Geräten zur Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis fest, 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 zitierten Dokumente 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 dosemeters and doserate 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.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: verfügbar unter http://www.electropedia.org/

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter http://www.iso.org/obp

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1
Strahleneinfallswinkel
(en: angle of radiation incidence)
α
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
(en: calibration coefficient)
N_{coeff}
Quotient aus dem richtigen Wert der zu messenden Größe und der korrigierten Anzeige des Messgeräts

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Kalibrierkoeffizient entspricht dem Produkt aus Kalibrierfaktor und Instrumentenkonstante.

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

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei der Kalibrierung einiger Instrumente, z. B. Ionisierungskammern, werden Instrumentenkonstante und Kalibrierfaktor nicht separat ausgewiesen, sondern zusammen als Kalibrierkoeffizient angewandt.

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} oder 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
(en: calibration factor)
N_{fact}
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.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

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
(en: measured quantity value, measured value of a quantity, measured value)
M
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 gemessenen 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-Guide 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
(en: conventional quantity value, conventional value of a quantity, conventional value)
H_0
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 manchmal verwendet, wovon jedoch abgeraten wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Mitunter dient ein richtiger Größenwert als Schätzwert für den 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 der Normenreihe 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
Korrekturfaktor
(en: correction factor)
k
Faktor, der auf den angezeigten Wert angewendet wird, um eine Korrektion bezüglich der Abweichung der Mess- von den Bezugsbedingungen vorzunehmen

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

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

3.1.9
Korrektionssummand
(en: correction summand)
G_S
Summand, der auf den angezeigten Wert angewendet wird, um eine Korrektion bezüglich der Nullanzeige oder der Abweichung der Mess- von den Bezugsbedingungen vorzunehmen

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

3.1.10
Anzeige
(en: indication)
G
Größenwert, der an einem Messgerät oder einem Messsystem angegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Anzeige kann visuell oder akustisch erfolgen oder an ein anderes 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: Bei der Anzeige und dem dazugehörigen Wert der Messgröße handelt es sich nicht unbedingt um Werte von Größen gleicher Art.

3.1.11
Einflussgröße
(en: influence quantity)
Größe, die bei einer direkten Messung nicht die tatsächlich gemessenen 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-Guide 98-3:2008 wird der Begriff „Einflussgröße“ wie im ISO/IEC-Guide 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-Guide 98-3 ist dieser Begriff ebenfalls nicht auf Direktmessungen beschränkt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Korrektion 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
(en: instrument constant)
c_i
Größenwert, mit dem die Anzeige des Instruments, G (oder, falls eine Korrektion oder eine Normierung 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.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

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 Korrektion 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 Strahleneinfallsrichtung in Referenzfeldern gemessen wird

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

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

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
Ansprechverhalten
(en: response)
R
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 Sekundärnormals muss für die verwendeten Bestrahlungsbedingungen gültig sein, z. B. Energie, Dosis und/oder Dosisleistung sowie Umgebungsbedingungen. Die Stabilität und Reproduzierbarkeit des Sekundärnormals ist regelmäßig zu überprüfen.

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

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 Korrektion 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 des 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-Guide 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
(en: particle fluence, fluence)
Φ
die mittlere Zahl von Teilchen dN, die an einem bestimmten Punkt im Raum in einen sphärischen Bereich eintreten, dividiert durch die Querschnittsfläche da dieses Bereichs:

$$\Phi = \frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}a}$$

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 $\mathrm{d}\Phi$ und $\mathrm{d}E$, wobei $\mathrm{d}\Phi$ die Fluenz der Teilchen mit einer Energie zwischen E und $E + \mathrm{d}E$ ist. Es gibt eine analoge Definition für die richtungsabhängige Verteilung Φ_Ω der Teilchenfluenz. Die vollständige Darstellung der doppelt-differenziellen Teilchenfluenz kann (mit Argumenten) als $\Phi_{\mathrm{E},\Omega}$ (E,Ω) geschrieben werden, wobei die Variablen (Größen) für die

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Differenzierung durch Tiefstellung gekennzeichnet sind und die Symbole in den Klammern die Werte der Variablen beschreiben. Die Werte in den Klammern werden für spezielle Funktionswerte benötigt. So wird z. B. die Energieverteilung der Teilchenfluenz bei Energie $E = E_0$ als $\Phi_E(E_0)$ geschrieben. Falls keine speziellen Werte angegeben sind, können die Klammern weggelassen werden.

3.2.2
Teilchenflussdichte
Fluenzrate
(en: particle fluence rate, fluence rate)
$\dot{\Phi}$

$$\dot{\Phi} = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2 N}{\mathrm{d}a \cdot \mathrm{d}t}$$

dabei ist $\mathrm{d}\Phi$ der mittlere Zuwachs der Teilchenfluenz $\mathrm{d}N/\mathrm{d}a$ während eines unendlichen kleinen Zeitintervalls mit der Dauer $\mathrm{d}t$

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

3.2.3
übertragene Energie
(en: energy imparted)
ε
für ionisierende Strahlung in Material eines bestimmten dreidimensionalen Bereichs ist

$$\varepsilon = \sum \varepsilon_i$$

Dabei ist

ε_i die Energie, die bei einer einzigen Wechselwirkung i deponiert wird; sie wird durch folgende Gleichung angegeben: $\varepsilon_i = \varepsilon_{\mathrm{in}} - \varepsilon_{\mathrm{out}} + Q$. Dabei ist

$\varepsilon_{\mathrm{in}}$ die Energie des einfallenden ionisierenden Teilchens ohne die Ruheenergie;

$\varepsilon_{\mathrm{out}}$ die Summe der Energien aller ionisierenden Teilchen, die die Interaktion verlassen, ohne die Ruheenergie; und

Q die Änderung der Ruheenergien des Kerns und aller an der Interaktion beteiligten Teilchen.

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

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

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

3.2.4
mittlere übertragene Energie
(en: mean energy imparted)
$\overline{\varepsilon}$
für das Material in einem bestimmten Bereich ist

$$\overline{\varepsilon} = R_{\text{in}} - R_{\text{out}} + SQ$$

dabei ist R_{in} die Strahlungsenergie aller geladenen und aller ungeladenen ionisierender Teilchen, die in eine bestimmten Bereich eintreten, R_{out} ist die Strahlungsenergie aller geladenen und aller ungeladenen ionisierender Teilchen, die aus einem bestimmten Bereich austreten, und ΣQ 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
(specific energy imparted, specific energy)
z
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 entspricht die spezifische übertragene Energie der absorbierten Dosis.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die spezifische übertragene Energie kann das Ergebnis eines oder mehrerer (Energieabgabe-)Ereignisse sein.

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

3.2.6
Energiedosis
(en: absorbed dose)
D
für eine beliebige ionisierende Strahlung ist

$$D = \frac{\mathrm{d}\overline{\varepsilon}}{\mathrm{d}m}$$

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

Anmerkung 1 zum Begriff: $\overline{\varepsilon} = \int D\ \mathrm{d}m$, dabei ist d$m$ 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 J·kg^{-1}, das als Gray (Gy) bezeichnet wird.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

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

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

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 $J \cdot kg^{-1}$, das als Gray (Gy) bezeichnet wird.

3.2.8
beschränktes lineares Energieübertragungsvermögen
lineares Energieübertragungsvermögen
LET
(en: restricted linear energy transfer, linear energy transfer)
L_Δ
Quotient aus dE_Δ und der Wegstrecke dl, wobei dE_Δ die mittlere Energie ist, die ein ionisierendes geladenes Teilchen innerhalb einer kurzen Wegstrecke an das durchdrungene Material abgibt, beschränkt auf die unmittelbare Umgebung der Teilchenspur, abzüglich der Summe der kinetischen Energien von Sekundärelektronen, deren kinetische Energie größer als ein bestimmter Wert Δ ist:

$$L_\Delta = \frac{dE_\Delta}{dl}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Größe ist nicht vollständig definiert, sofern die maximale kinetische Energie der Sekundärelektronen Δ nicht festgelegt ist, deren Energie als „lokal deponiert“ anzusehen ist. Δ kann in eV angegeben werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das lineare Energieübertragungsvermögen wird oftmals abgekürzt als LET bezeichnet, dabei sollte jedoch ergänzend das tief gestellte Δ oder ein entsprechender Zahlenwert angegeben werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Grundeinheit für das lineare Energieübertragungsvermögen ist $J \cdot m^{-1}$; eine häufig verwendete Einheit ist $keV \cdot \mu m^{-1}$.

Anmerkung 4 zum Begriff: Wenn keine Abschneideenergie angegeben ist, wird das unbeschränkte lineare Energieübetragungsvermögen L_∞ identisch mit dem linearen elektronischen Stoßbremsvermögen S_{el}, das einfach als L angegeben werden darf.

3.2.9
Äquivalentdosis
(en: dose equivalent)
H
an der interessierenden Stelle des Gewebes ist

$$H = D \cdot Q$$

dabei ist D die Energiedosis und Q der Qualitätsfaktor an dieser Stelle

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Anmerkung 1 zum Begriff: Q wird durch das unbeschränkte lineare Energieübertragungsvermögen L_∞ (oft als L oder LET bezeichnet) der geladenen Teilchen bestimmt, die durch ein kleines Volumenelement (ein Bereich) an dieser Stelle hindurchgehen (der Wert von L_∞ wird für geladene Teilchen in Wasser angegeben, nicht in Gewebe; der Unterschied ist jedoch gering). Die Äquivalentdosis an einem Punkt im Gewebe ist dann nach der folgenden Gleichung zu bestimmen:

$$H = \int_{L=0}^{\infty} Q(L)\, D_{\mathrm{L}}\, \mathrm{d}L$$

dabei ist D_{L} $(= \mathrm{d}D/\mathrm{d}L)$ die Verteilung, bezogen auf L, für die Energiedosis am interessierenden Punkt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Beziehung zwischen Q und L wird in der ICRP-Publikation 103 [2] angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Einheit der Äquivalentdosis ist $\mathrm{J \cdot kg^{-1}}$, das als Sievert (Sv) bezeichnet wird.

3.2.10
auf Einzelereignis bezogene, dosisgemittelte spezifische Energie
dosisgemittelte spezifische Energie pro Ereignis
(en: single-event dose-mean specific energy, dose-mean specific energy per event)
$\overline{z}_{\mathrm{D}}$
Erwartungswert, angegeben durch

$$\overline{z}_{\mathrm{D}} = \int_{0}^{\infty} z\mathrm{d}_1(z)\mathrm{d}z$$

dabei ist $\mathrm{d}_1(z)$ die dosisbezogene Wahrscheinlichkeitsdichte von z

Anmerkung 1 zum Begriff: Die dosisbezogene Wahrscheinlichkeitsdichte von z wird durch $\mathrm{d}_1(z)$ angegeben, wobei $\mathrm{d}_1(z)\,\mathrm{d}z$ der Anteil der absorbierten Dosis ist, die bei Einzelereignissen mit spezifischen Energien im Intervall von z bis $z + \mathrm{d}z$ abgegeben wird.

3.2.11
lineale Energie
(en: lineal energy)
y
Quotient aus der Energie ε_{s}, die bei einem einzelnen Energieübertragungsereignis an die Materie in einem gegebenen Volumen abgegeben wird, und der mittleren Sehnenlänge $\overline{l}$, in diesem Volumen:

$$y = \frac{\varepsilon_{\mathrm{s}}}{\overline{l}}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der linealen Energie ist $\mathrm{J\ m^{-1}}$; eine häufig verwendete Einheit ist $\mathrm{keV\ \mu m^{-1}}$.

3.2.12
dosisgemittelte lineale Energie
(en: dose-mean lineal energy)
$\overline{y}_{\mathrm{D}}$
Erwartungswert, angegeben durch

$$\overline{y}_{\mathrm{D}} = \int_{0}^{\infty} y\, d(y)\, \mathrm{d}y$$

dabei ist $d(y)$ die Wahrscheinlichkeitsdichte der Dosis für y

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wahrscheinlichkeitsdichte der Dosis für y wird mittels $d(y)$ angegeben, wobei $d(y)\,\mathrm{d}z$ der Bruchteil der absorbierten Dosis ist, die bei Einzelereignissen mit einer linealen Energie im Bereich von y bis $y + \mathrm{d}y$ übertragen wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Sowohl die dosisgemittelte lineale Energie als auch die Verteilung $d(y)$ sind von der Energiedosis und der Energiedosisleistung unabhängig.

3.2.13
Umgebungs-Äquivalentdosis
(en: ambient dose equivalent)
$H^*(10)$
Äquivalentdosis an einem Punkt in einem Strahlungsfeld, die in einem entsprechend aufgeweiteten und ausgerichteten Strahlungsfeld in der ICRU-Kugel in einer Tiefe von 10 mm auf einem dem ausgerichteten Strahlungsfeld entgegen gerichteten Radius erzeugt würde

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit für die Umgebungs-Äquivalentdosis ist $\mathrm{J \cdot kg^{-1}}$, das als Sievert (Sv) bezeichnet wird.

3.2.14
Neutronenfluenz-Umgebungs-Äquivalentdosis-Konversionsfaktor
(en: particle fluence to ambient dose equivalent conversion coefficient)
h^*_Φ
Quotient aus Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ und der Teilchenfluenz Φ:

$$h^*_\Phi = \frac{H^*(10)}{\Phi}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Grundeinheit für den Koeffizienten zur Umrechnung der Teilchenfluenz in die Umgebungs Äquivalentdosis ist $\mathrm{J \cdot m^2 \cdot kg^{-1}}$, das als $\mathrm{Sv \cdot m^2}$ bezeichnet wird; eine häufig verwendete Einheit ist $\mathrm{pSv \cdot cm^2}$.

3.2.15
magnetische Steifigkeit
(en: magnetic rigidity)
r
Impuls je Ladung (eines Teilchens in einem magnetischen Feld), angegeben durch:

$$r = \frac{p}{Ze}$$

Dabei ist

- Z die Ladungszahl des Teilchens;
- p der Teilchenimpuls;
- Z die Ladungszahl des Teilchens, und
- e die Elementarladung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Grundeinheit der magnetischen Steifigkeit ist Tesla-Meter (T·m) ($= \mathrm{V \cdot m^{-1} \cdot s}$), aber die hier verwendete Einheit ist V (oder GV). Unter Anwendung der Einheit Elektronenvolt für die Energie des Teilchens in einem Magnetfeld und unter Berücksichtigung der extreme relativistischen Geschwindigkeiten ist rc = pc/Ze, wobei c die Lichtgeschwindigkeit und pc die Teilchenenergie [pc] = eV ist. Somit ist [rc] = V.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die magnetische Steifigkeit charakterisiert die Flugbahnen geladener Teilchen in Magnetfeldern. Alle Teilchen mit gleicher magnetischer Steifigkeit haben unabhängig von ihrer Masse oder Ladung identische Flugbahnen in einem Magnetfeld.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

3.2.15.1
geomagnetische Abschneidesteifigkeit
Abschneidesteifigkeit
(en: geomagnetic cut-off rigidity, cut-off rigidity)
r_c
kleinste magnetische Steifigkeit, die ein einfallendes Teilchen haben kann, mit der es in ein geomagnetisches Feld noch eindringen , und eine bestimmte Position über der Erde erreichen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die geomagnetische Abschneidesteifigkeit hängt vom Einfallswinkel ab. Oft wird von einem vertikalen Auftreffen auf die Erdoberfläche ausgegangen. In diesem Fall ist die vertikale geomagnetische Abschneidesteifigkeit die minimale magnetische Steifigkeit, die es einem einfallenden Teilchen noch ermöglicht, eine gegebene Position oberhalb der Erde zu erreichen.

3.2.16
vertikale geomagnetische Abschneidesteifigkeit
vertikales Abschneiden
Abschneiden
(en: vertical geomagnetic cut-off rigidity, vertical cut-off, cut-off)
kleinste magnetische Steifigkeit, die ein vertikal einfallendes Teilchen haben kann, das noch eine bestimmte Position über der Erde erreicht

3.3 Atmosphärisches Strahlungsfeld

3.3.1
kosmische Strahlung
kosmische Strahlen
kosmische Teilchen
(en: cosmic radiation, cosmic rays, cosmic particles)
ionisierende Strahlung, die aus hochenergetischen Teilchen besteht, hauptsächlich aus vollständig ionisierten Atomen mit außerirdischem Ursprung, und aus durch diese Teilchen durch Wechselwirkung mit der Atmosphäre und anderer Materie erzeugten Teilchen

3.3.2
primäre kosmische Strahlung
primäre kosmische Strahlen
(en: primary cosmic radiation, primary cosmic rays)
aus dem Weltall einfallende kosmische Strahlung in der Umlaufbahn der Erde

3.3.3
sekundäre kosmische Strahlung
sekundäre kosmische Strahlen
kosmogene Teilchen
(en: secondary cosmic radiation, secondary cosmic rays, cosmogenic particles)
Teilchen, die direkt oder in einer Kaskade von Reaktionen durch kosmische Primärstrahlung, die mit der Atmosphäre oder anderen Materialien in Wechselwirkung tritt, erzeugt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Zusammenhang mit dem Strahlenschutz und Strahlungsmessungen in Flugzeugen sind folgende Teilchen relevant: Neutronen, Protonen, Photonen, Elektronen, Positronen, Myonen und in geringerem Umfang Pionen und Atomkerne, die schwerer als Protonen sind.

3.3.4
galaktische kosmische Strahlung
galaktische kosmische Strahlen
GCR
(en: galactic cosmic radiation, galactic cosmic rays)
kosmische Strahlung, die ihren Ursprung außerhalb des Sonnensystems hat

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

3.3.5
solare kosmische Strahlung
solare kosmische Strahlen
Solarteilchen
(en: solar cosmic radiation, solar cosmic rays, solar particles)
kosmische Strahlung, die ihren Ursprung auf der Sonne hat

3.3.6
solares Teilchenereignis
SPE
(en: solar particle event)
hohe Flussdichte energiereicher Solarteilchen, die durch eine Sonneneruption ins All geschleudert werden.

3.3.7
Ground Level Enhancement
GLE
plötzliche Zunahme kosmischer Strahlung, verbunden mit energiereichen solaren Teilchen, die am Boden von mindestens zwei Neutronenmonitorstationen, durch die gleichzeitige Zunahme von mehr als 1 % der über 5 Minuten gemittelten Zählrate beobachtet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein GLE tritt in Verbindung mit einem solaren Teilchenereignis auf, das durch die hohe Flussdichte von Teilchen mit einer hohen Energie (größer als 500 MeV) gekennzeichnet ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: GLEs sind relativ selten und ereignen sich im Durchschnitt einmal jährlich. GLEs werden nummeriert; die erste Nummer wurde dem GLE im Februar 1942 vergeben.

3.3.8
solare Modulation
(en: solar modulation)
Veränderung des GCR-Strahlungsfelds (außerhalb der Magnetosphäre der Erde), die durch Veränderung der solaren Aktivität und daraus resultierender Veränderung des Magnetfelds in der Heliosphäre verursacht wird

3.3.9
Sonnenzyklus
(en: solar cycle)
Periode, während der die Sonnenaktivität schwankt und nacheinander Maxima in zeitlichen Abständen von durchschnittlich etwa 11 Jahren auftreten

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Umkehr der Polarität des Magnetfelds der Sonne in aufeinander folgenden Perioden von 11 Jahren berücksichtigt wird, kann für den vollständigen Sonnenzyklus, den Hale-Zyklus, eine Dauer von im Mittel etwa 22 Jahren angenommen werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Sonnenfleckenzyklus, gemessen durch die Sonnenfleckenrelativzahl oder Wolf-Zahl, hat eine ungefähre Dauer von 11 Jahren; allerdings treten Schwankungen zwischen etwa 7 Jahren und 17 Jahren auf. Im Zusammenhang mit Geomagnetismus, Häufigkeit von Polarlichtern und anderen ionosphärischen Kennwerten wurde ein Zyklus von etwa 11 Jahren gefunden oder angedeutet. Der u-Index der geomagnetischen Intensitätsvariationen zeigt eine der stärksten bekannten Korrelationen zur Sonnenaktivität.

3.3.10
Sonnenfleckenrelativzahl
Wolf-Zahl
(en: relative sunspot number)
Maß für die Sonnenfleckenaktivität, berechnet aus dem Ausdruck $k(10g + f)$, wobei f die Anzahl der einzelnen Flecken, g die Anzahl der Gruppen von Flecken und k ein veränderlicher Faktor ist, der von der persönlichen Erfahrung des Beobachters bzgl. der Erkennung und je nach Observatorium (Lage und Geräteausstattung) variiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Sonnenfleckenrelativzahl wird auch als Wolf-Zahl bezeichnet.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

3.3.11
solares Maximum
(en: solar maximum)
Zeitraum der maximalen Sonnenaktivität während eines Sonnenzyklus, im Allgemeinen durch die Sonnenfleckenrelativzahl bestimmt

3.3.12
solares Minimum
(en: solar minimum)
Zeitraum der minimalen Sonnenaktivität während eines Sonnenzyklus, im Allgemeinen durch die Sonnenfleckenrelativzahl bestimmt

3.3.13
Neutronenmonitor
Neutronenmonitor am Boden
Neutronenmonitor für kosmische Strahlung
GLNM
(en: cosmic ray neutron monitor, ground level neutron monitor)
großer Detektor zur Messung der zeitabhängigen relativen Flussdichte hochenergetischer kosmischer Strahlung, besonders von Sekundärneutronen, die in der Atmosphäre erzeugt werden (u. U. können auch Protonen, sonstige Hadronen und Myonen erkannt werden)

Anmerkung 1 zum Begriff: Neutronenmonitore für kosmische Strahlung sind weltweit an verschiedenen Standorten und auf verschiedenen Höhen aufgestellt (gelegentlich auch an Bord von Wasser- oder Luftfahrzeugen) und werden für diverse Studien an kosmischer Strahlung sowie zur Bestimmung der solaren Modulation verwendet.

4 Allgemeine Betrachtungen

4.1 Das kosmische Strahlungsfeld in der Atmosphäre

Durch Wechselwirkungen primärer galaktischer kosmischer Strahlung (einschließlich energetischer solarer Teilchen) mit den Atomkernen der in der Atmosphäre vorhandenen Komponenten, wird eine Kaskade von Wechselwirkungen und sekundären Reaktionsprodukten erzeugt, die zur kosmischen Strahlungsexposition beitragen und sich mit der Eindringtiefe in die Atmosphäre von der Flughöhe bis auf Meereshöhe verringert [8] [9]. Galaktische kosmische Strahlung (GCR) kann Energien bis zu 10^{20} eV haben, die meisten Teilchen haben jedoch eine geringere Energie. Nach dem Eindringen der GCR in das Magnetfeld des Sonnensystems hat die Energieverteilung einen Maximalwert in Abhängigkeit von der solaren magnetischen Aktivität von einigen hundert MeV bis zu 1 GeV je Atomkern und folgt einer Potenzfunktion der Form $E^{-2,7}$ eV bis zu 10^{15} eV; oberhalb dieser Energie wird das Spektrum steiler bis zu E^{-3}. Die Flussdichte der in das Sonnensystem eintretenden GCR ist zeitlich nahezu konstant, und die Annäherung dieser energiereichen Ionen an die Erde erfolgt isotrop.

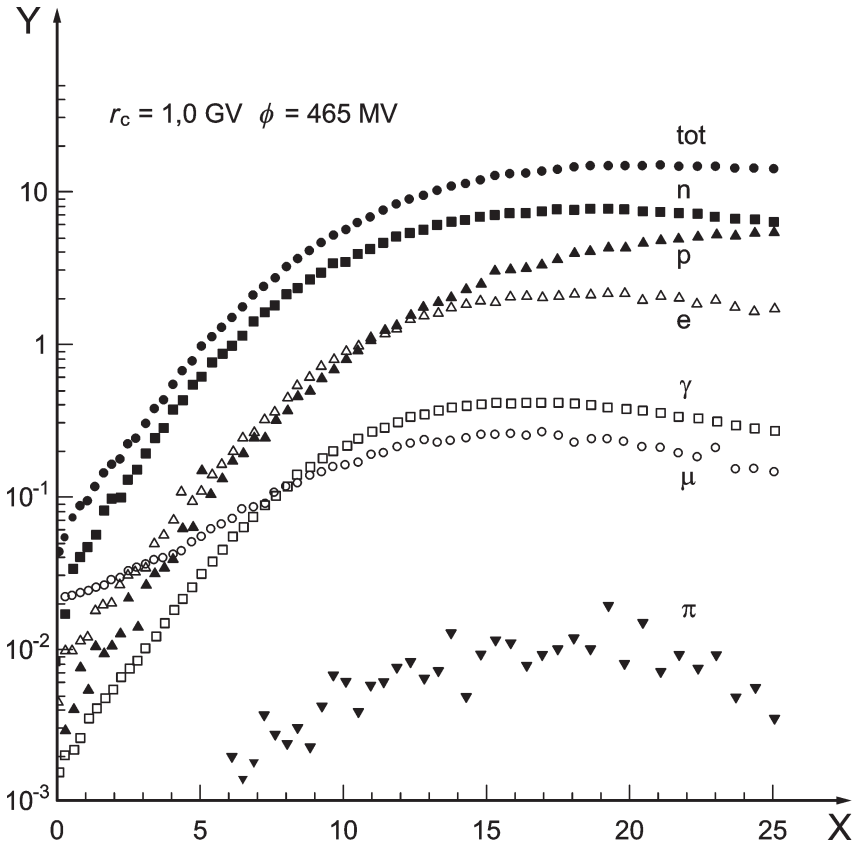
Die Magnetfelder der Erde und der Sonne verändern die relative Anzahl der GCR-Protonen und der schweren Ionen, die in die Atmosphäre eintreten. Bei niedrigen geomagnetischen Abschneidesteifigkeiten und geringer Sonnenaktivität haben die GCR-Ionen ungefähr folgende Zusammensetzung: etwa 90 % Protonen, 9 % He-Ionen und 1 % schwerere Ionen; bei einer vertikalen Abschneidesteifigkeit von 15 GV verändert sich die Zusammensetzung so, dass etwa 83 % Protonen, 15 % He-Ionen und etwa 2 % schwerere Ionen vorliegen [10] [11].

Die veränderlichen Beiträge zur Umgebungs-Äquivalentdosis, die durch die verschiedenen Bestandteile der sekundären kosmischen Strahlung in der Atmosphäre in Abhängigkeit von der Höhe verursacht werden, sind in Bild 1 dargestellt. Auf Meereshöhe liefern Myonen den wichtigsten Beitrag zur Umgebungs-Äquivalentdosis und zur effektiven Dosis. In den Flughöhen sind Neutronen, Elektronen, Positronen, Protonen, Photonen und Myonen die wichtigsten Bestandteile. In größeren Höhen beginnt der Beitrag von Atomkernen, die schwerer als Protonen sind. Für alle wichtigen Teilchen wird in den Bildern im Anhang A

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

die repräsentative normierte Energieverteilung der Flussdichte bei niedrigen und hohen Werten für Abschneidesteifigkeiten und Höhen und bei solaren Minima und Maxima dargestellt.

Die Erde ist auch Auswürfen energiereicher Protonen und schwererer Teilchen ausgesetzt, die bei magnetischen Störungen nahe der Sonnenoberfläche entstehen sowie dem Ausstoß großer Materiemengen (koronale Massenauswürfe; CME), in einigen Fällen gibt es eine Beschleunigung der Teilchen durch CMEs und Stoßwellen durch Sonnenwinde. Die Teilchen dieser solaren Teilchenereignissen oder solaren Protonenereignissen (en: solar particle event bzw. solar proton event, SPE) haben eine viel geringere Energie als die GCR, im Allgemeinen unter 100 MeV und nur selten über 10 GeV. SPEs haben eine kurze Dauer von einigen Stunden bis zu einigen Tagen und sie zeigen große Intensitätsschwankungen. Nur ein kleiner Bruchteil der SPEs, im Mittel ein SPE pro Jahr, erzeugt eine große Anzahl von hochenergetischen Teilchen, die in großen Höhen und bei niedrigen geomagnetischen Abschneidesteifigkeiten signifikante Dosisleistungen verursachen und durch Neutronenmonitore am Boden beobachtet werden können. Ereignisse dieser Art werden als Ground Level Enhancements (GLEs) bezeichnet. Für das fliegende Personal ist die kumulative Dosis aus der GCR weit größer als die Dosis aus den SPEs. Intensive SPEs können die Dosisleistungen der GCR durch Störungen des Magnetfelds der Erde so beeinflussen, dass sich die Intensität galaktischer Teilchen bei Erreichen der Atmosphäre verändert.



Legende

X Höhe (km)
Y Umgebungs-Äquivalentdosisleistung (µSv/h)
Bedingungen: Abschneidesteifigkeit 1 GV und solares Minimum (Bremspotential, Δ, von 465 MV) [12]

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

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

4.2 Allgemeine Betrachtungen zur Dosimetrie des kosmischen Strahlungsfelds in Flugzeugen und Anforderungen an die Charakterisierung des Ansprechvermögens der Messgeräte

Ausführliche Betrachtungen zu den durchzuführenden Messungen und zum Strahlungsfeld sind in ISO 20785-1 angegeben.

Das Strahlungsfeld in Flughöhen ist komplex. Deshalb sind für die Dosimetrie spezielle Techniken zur Messung und Berechnung erforderlich. Ein bevorzugter Ansatz besteht in der Anwendung von Geräten, deren Ansprechvermögen bezüglich der Umgebungs-Äquivalentdosis unabhängig von der Energie und der Richtung des gesamten Strahlungsfelds oder der zu bestimmenden Komponente des Strahlungsfelds ist. Im Allgemeinen müssen Korrektionen auf die Messergebnisse angewendet werden, für die Angaben zu den Energie- und Richtungscharakteristiken des Strahlungsfelds und zum energie- und winkelabhängigen Ansprechvermögen des Geräts benötigt werden.

Das Strahlungsfeld besteht vorwiegend aus Photonen, Elektronen, Positronen, Myonen, Protonen und Neutronen. Energiereiche, schwere, geladene Primärteilchen oder Fragmente liefern keinen signifikanten Beitrag zur Äquivalentdosis. Die Elektronen, Positronen und Myonen sind direkt ionisierende Strahlung; zusammen mit indirekt ionisierenden Photonen und Sekundärelektronen wechselwirken sie über die elektromagnetische Wechselwirkung mit Materie. Neutronen (zusammen mit einem kleinen Beitrag durch Pionen) wechselwirken über die starke Wechselwirkung und erzeugen direkt ionisierende Sekundärteilchen. Protonen sind sowohl direkt ionisierend, über die elektromagnetische Wechselwirkung, und indirekt ionisierende über die starke Wechselwirkung.

Die spektralen Teilchenflussdichten werden in Anhang A gezeigt. Die Beiträge der unterschiedlichen Teilchenarten zur Umgebungs-Äquivalentdosis sind für einen repräsentativen Wert der Abschneidesteifigkeit und solaren Modulation [12] in Bild 1 gezeigt. Als Richtwerte gelten für übliche Flughöhen und für mittlere Breitengrade folgende gerundete prozentuale Beiträge zur gesamten Umgebungs-Äquivalentdosis: Elektronen und Positronen 25 %, Myonen 5 %, Photonen 10 %, Neutronen 50 % und Protonen 10 % [13].

Für dosimetrische Zwecke ist es vorteilhaft, das Strahlungsfeld in eine Niedrig-LET-Komponente ($< 10\,\mathrm{keV{\cdot}\mu m^{-1}}$) und eine Hoch-LET-Komponente ($\geq 10\,\mathrm{keV{\cdot}\mu m^{-1}}$) einzuteilen, wobei LET die üblicherweise verwendete Abkürzung für das lineare Energieübertragungsvermögen ist. Diese Definition beruht auf der Abhängigkeit des Qualitätsfaktors vom LET, die unterhalb von $10\,\mathrm{keV{\cdot}\mu m^{-1}}$ Eins ist. Die Trennung zwischen Niedrig- und Hoch-LET-Teilchen kann für gewebeäquivalente Proportionalzähler und für andere Materialien und Detektoren beibehalten werden, wobei der Schwellenwert zwischen niedrigem und hohem LET zwischen $5\,\mathrm{keV{\cdot}\mu m^{-1}}$ und $10\,\mathrm{keV{\cdot}\mu m^{-1}}$ schwanken kann. Zu den Niedrig-LET-Komponenten gehören:

a) direkt ionisierende Elektronen, Positronen und Myonen;

b) Sekundärelektronen aus Wechselwirkungen von Photonen;

c) der größte Anteil der durch direkt ionisierenden Wechselwirkung von Protonen erhaltenen Energiedepositionen;

d) ein Teil der Energiedeposition durch Sekundärteilchen aus der starken Wechselwirkung von Protonen und Neutronen.

Die Hoch-LET-Komponente ist von relativ kurzreichweitigen Sekundärteilchen aus der starken Wechselwirkung der Protonen und Neutronen. Die relativen Beiträge zur Umgebungs-Äquivalentdosis von Niedrig-LET und Hoch-LET Teilchen sind nicht unbedingt gleich, aber im Allgemeinen liegen die Beiträge in einer ähnlichen Größenordnung.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09

Ein anderer üblicher Ansatz zur Einteilung der Komponenten eines Strahlungsfelds ist die Unterscheidung zwischen der Neutronen- und der Nicht-Neutronenkomponente. Dieser Ansatz beruht auf der angewendeten Nachweistechnik, weil viele Messsysteme für Neutronenstrahlung unempfindlich sind. Ähnlichkeiten gibt es zwischen Neutronen und Niedrig-LET-Komponenten einerseits sowie zwischen nicht-Neutronen und Hoch-LET-Komponenten andererseits. Bei Neutronenenergien über 20 MeV erzeugen Neutronen zusätzlich noch einen zunehmenden Beitrag mit niedrigem LET.

Die Niedrig-LET-Komponente und die nicht-Neutronenkomponente können mit Ionisationskammern, Siliziumdetektoren oder Szintillationsdetektoren oder aber mit passiven Lumineszenz- oder Ionen-Speicherdetektoren gemessen werden. Die Neutronenkomponente kann mit Neutronendetektorsystemen mit erweitertem Messbereich, oder Vielkugel-Spektrometer oder mit passiven Kernspurdetektoren, Blasendetektoren oder Spaltfolien mit einem Teilchenspurdetektor gemessen werden. Ein passiver Kernspurdetektor kann verwendet werden, um diese Komponente nach einem der beiden nachfolgend beschriebenen Verfahren zu bestimmen: als LET-Spektrometer und/oder zur Auszählung der oben genannten Sekundärteilchen.

Aus der Summe der Komponenten, Niedrig-LET-Komponente plus Hoch-LET-Komponente, oder aus der Summe aus nicht-Neutronen- und Neutronenkomponente ergibt sich bei geeigneter Kalibrierung und Normierung die gesamte Umgebungs-Äquivalentdosis. Daher müssen die zur Messung komplexer Strahlungsfelder verwendeten Messgeräte durch das jeweilige nationale Metrologieinstitut nach Möglichkeit so charakterisiert sein, dass die Rückführbarkeit vollständig sichergestellt ist.

4.3 Allgemeine Betrachtungen zu Messungen in Flughöhen

Die zu messende Größe ist die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ oder die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung. Wegen der großen Anzahl unterschiedlicher Teilchen und des großen Energiebereichs der Teilchen im Strahlungsfeld in Flughöhen erfordert die Charakterisierung der Messgeräte eine erweiterte Serie von Messungen unter genau definierten Bedingungen. Sowohl die Energie- als auch die Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens müssen gemessen werden, und eine Kalibrier- oder Ansprechfunktion (häufiger eine Matrix) ist festzulegen. Messungen des Ansprechvermögens müssen sowohl in Referenzfeldern, als auch in Strahlungsfeldern durchgeführt werden, die für kosmische Strahlung repräsentativ sind. Der Einfluss von Umgebungsparametern, z. B. Luftdruck und Vibrationen, muss ebenfalls untersucht werden.

Eine einzige Kalibrierung kann unter Bezugsbedingungen durchgeführt werden, bei der ein einziger Kalibrierfaktor bestimmt wird. Für jede Teilchenart muss dann eine Matrix für die Korrektionsfaktoren bezüglich der Energie- und Winkelverteilung erstellt werden, und es sind weitere Korrektionsfaktoren für sonstige Einflussgrößen zu berücksichtigen, z. B. für die Umgebungsbedingungen. Bei einem ähnlichen Vorgehen wird jeweils eine Matrix für Kalibrierkoeffizienten, Kalibrierfaktoren oder Ansprechvermögen bestimmt. Bei beiden Vorgehensweisen muss für jede Teilchenart die Energieverteilung in der entsprechenden Flughöhe bekannt sein (siehe Anhang A). Diese Verteilungen sind mit den Korrektionsfaktoren oder mit dem Kalibrierkoeffizienten/-faktor oder mit dem Ansprechvermögens zu kombinieren. Auf diese Weise ist sind ein feldspezifischer, Korrektionsfaktor oder ein feldspezifischer Kalibrierfaktor, Matrizen von Faktoren oder Ansprechvermögen, für Messungen in Flughöhen unter der Voraussetzung zu ermitteln, dass ein Dosimeter mit additiver Anzeige verwendet wird, d. h. die akkumulierte Dosis ist die Summe aller Beiträge der unterschiedlichen Strahlungsarten. Alternativ kann ein für das Strahlungsfeld spezifischer Kalibrierfaktor oder Kalibrierkoeffizient direkt festgelegt werden. Alle Messungen des Ansprechvermögens dürfen unter Bedingungen durchgeführt werden, die mit den Bedingungen in den jeweiligen Flughöhen vergleichbar sind, oder die Geräteanzeige ist bezüglich aller signifikanten Einflussgrößen zu korrigieren.

Der feldspezifische Korrektionsfaktor, oder der feldspezifische Kalibrierfaktor/-koeffizient, kann für die angenommenen Energie- und Winkelverteilungen der jeweiligen Teilchenart oder Teilchenarten angewendet werden. In einigen Fällen kann derselbe Faktor oder Koeffizient für den interessierenden Bereiche der Flughöhen, der geomagnetischen Breitengrade und der solaren Modulation angewendet werden, innerhalb der die Messungen durchzuführen sind.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09