

DIN EN ISO 20785-3

ICS 13.280; 49.020

Einsprüche bis 2018-12-05

Entwurf

**Dosimetrie für die Belastung durch kosmische Strahlung in
Zivilluftfahrzeugen –
Teil 3: Messungen auf Flughöhen (ISO 20785-3:2015);
Deutsche und Englische Fassung EN ISO 20785-3:2017**

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft –
Part 3: Measurements at aviation altitudes (ISO 20785-3:2015);
German and English version EN ISO 20785-3:2017

Dosimétrie pour les expositions au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil –
Partie 3: Mesurages à bord d'avions (ISO 20785-3:2015);
Version allemande et anglaise EN ISO 20785-3:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-10-05 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 48 Seiten

DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung des Norm-Entwurfs EN ISO 20785-3:2017, in den der Inhalt des internationalen Schriftstücks ISO 20875:2015 „Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft — Part 3: Measurements at aviation altitudes“ unverändert übernommen wurde.

Das Internationale Dokument wurde vom ISO/TC 85 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“, Unterkomitee 2 „Strahlenschutz“, erarbeitet.

Für das vorliegende Dokument ist das nationale Gremium 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) zuständig.

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

Dosimetrie für die Belastung durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen — Teil 3: Messungen auf Flughöhen (ISO 20785-3:2015)

Dosimétrie pour les expositions au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil — Partie 3 : Mesurages à bord d'avions (ISO 20785-3:2015)

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft — Part 3: Measurements at aviation altitudes (ISO 20785-3:2015)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: Annahme
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 Größen und Einheiten	7
3.2 Atmosphärisches Strahlungsfeld	11
4 Allgemeine Betrachtungen	13
4.1 Allgemeine Beschreibung des Feldes kosmischer Strahlung in der Atmosphäre	13
4.2 Allgemeine Betrachtungen bezüglich der Messungen	15
4.2.1 Allgemeines	15
4.2.2 Auswahl geeigneter Messgeräte	15
4.2.3 Charakterisierung des Ansprechvermögens der Messgeräte	15
4.2.4 Messungen an Bord eines Luftfahrzeuges	16
4.2.5 Anwendung geeigneter Korrekturfaktoren	16
4.3 Sicherheitsanforderungen und behördliche Anforderungen bei Messungen während des Fluges	16
5 Messung auf Flughöhe	17
5.1 Parameter welche die Dosisleistung bestimmen	17
5.1.1 Barometrische Höhe	17
5.1.2 Geografische Koordinaten	17
5.1.3 Sonnenaktivität	17
5.2 Mögliche Einflussgrößen	17
5.2.1 Allgemeines	17
5.2.2 Luftdruck in der Kabine	17
5.2.3 Lufttemperatur in der Kabine	18
5.2.4 Luftfeuchte in der Kabine	18
5.3 Besondere Betrachtungen für aktive Messgeräte	18
5.3.1 Stromversorgung	18
5.3.2 Vibrationen und Erschütterungen	18
5.3.3 Elektromagnetische Störungen durch das Luftfahrzeug	18
5.4 Besondere Betrachtungen für passive Messungen	18
5.4.1 Sicherheitsscanning mit Röntgen-Strahlung	18
5.4.2 Abzug des Untergrunds	19
6 Messunsicherheiten	19
Anhang A (informativ) Repräsentative spektrale Teilchenflussdichten im Feld der kosmischen Strahlung in den Reiseflughöhen unter den Bedingungen des solaren Minimums und des solaren Maximums und bei einer kleinsten und einer größten vertikalen Abschneidesteifigkeit	20
Literaturhinweise	24

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 20785-3:2015 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 20785-3:2017 durch das Technische Komitee CEN/TC 430 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“ übernommen, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können, ohne dass diese vorstehend identifiziert wurden. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 20785-3:2015 wurde vom CEN als EN ISO 20785-3:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der WTO-Grundsätze zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword - Supplementary information.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 85 *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*, Subkomitee SC 2, *Radiological protection*.

ISO 20785 besteht aus folgenden Teilen unter dem Haupttitel *Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft*:

- *Part 1: Conceptual basis for measurements*
- *Part 2: Characterization of instrument response*
- *Part 3: Measurements at aviation altitudes*

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 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 Dosisrate 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] und durch den ICRU Report 84 [5] 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 $H^*(10)$. Wie insbesondere im ICRU Bericht 84 angegeben, wird die Umgebungs-Äquivalentdosis als konservativer Schätzwert der effektiven Dosis betrachtet, wenn von isotroper oder überdurchschnittlich isotroper Strahlung ausgegangen werden kann. 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. Die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung in Abhängigkeit von geografischer Lage, Flughöhe und Phase im Sonnenzyklus wird dann berechnet und mit den Flug- und Dienstplanangaben verknüpft.

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. Dieser Teil der ISO 20785 enthält Verfahren zur Charakterisierung des Ansprechvermögens von Messgeräten für die Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis in Luftfahrzeugen.

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

Dieser Teil von ISO 20785 dient als Grundlage für die Messung der Umgebungs-Äquivalentdosis in Flughöhen zur Bestimmung der Expositionen durch kosmische Strahlung in zivilen Luftfahrzeugen.

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

ISO 20785-2, *Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft — Part 2: Characterization of instrument response*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Größen und Einheiten

3.1.1

Teilchenfluenz

Fluenz

Φ

(en: particule fluence, fluence)

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

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der Fluenz ist m^{-2} , eine häufig verwendete Einheit ist cm^{-2} .

Anmerkung 2 zum Begriff: Anmerkung 2 zum Begriff: Die Energieverteilung der Teilchenfluenz ΦE ist der Quotient aus $d\Phi$ und dE , wobei $d\Phi$ die Fluenz der Teilchen mit Energien zwischen E und $E+dE$ ist. Es gibt eine analoge Definition für die Richtungsverteilung $\Phi\Omega$ der Teilchenfluenz. Die vollständige Darstellung der doppelt-differenziellen Teilchenfluenz kann (mit Argumenten) als $\Phi_{E,\Omega}(E,\Omega)$ geschrieben werden, wobei die Variablen (Größen) für die 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.

3.1.2

Teilchenflussdichte Flussdichte

$\dot{\phi}$

(en: particle fluence rate, fluence rate)

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

Dabei ist $d\phi$ die Zunahme der Teilchenfluenz während eines unendlich kleinen Zeitintervalls der Dauer dt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der Teilchenflussdichte ist $m^{-2} s^{-1}$, eine häufig verwendete Einheit ist $cm^{-2} s^{-1}$.

3.1.3

unbeschränktes lineares Energieübertragungsvermögen lineares Energieübertragungsvermögen LET

L_{∞}

(en: unrestricted linear energy transfer, linear energy transfer, LET)

Quotient aus dE_{∞} und der Wegstrecke dl , wobei dE_{∞} die mittlere Energie ist, die ein ionisierendes geladenes Teilchen innerhalb einer kurzen Wegstrecke an das durchdrungene Material abgibt, abzüglich der Summe der kinetischen Energien aller freigesetzter Elektronen

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

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

3.1.4

Mess-Äquivalentdosis

H

(en: dose equivalent)

an der interessierenden Stelle des Gewebes ist

$$H = DQ$$

Dabei ist D die Energiedosis und Q der mittlere Qualitätsfaktor an dieser Stelle

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:

$$H = \int_{L=0}^{\infty} Q(L) D_L dL$$

Dabei ist $D_L = dD/dL$ die Verteilung, bezogen auf L , für die Energiedosis am interessierenden Punkt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Beziehung zwischen Q und L ist im Literaturhinweis [2] angegeben.

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

3.1.5

Umgebungs-Äquivalentdosis

$H^*(10)$

(en: ambient dose equivalent)

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 J kg^{-1} , das als Sievert (Sv) bezeichnet wird.

3.1.6

Neutronenfluenz-zu-Umgebungs-Äquivalentdosis Konversionsfaktor $h(10)^*_\phi$

(en: particle fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficient)

Quotient aus Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ und der Teilchenfluenz Φ

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

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

3.1.7

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

3.1.8

Atmosphärentiefe

X_v

(en: atmospheric depth)

Masse einer Luftsäule über einer Einheitsfläche oberhalb eines Punkts in der Atmosphäre

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der Atmosphärentiefe ist kg m^{-2} , eine häufig verwendete Einheit ist g cm^{-2} .

3.1.9

barometrische Standardhöhe

Druckhöhe

(en: standard barometric altitude, pressure altitude)

mit einem nach der Internationalen Standardatmosphäre (ISA) (ISO, 1975) kalibrierten barometrischen Höhenmesser, dessen Bezugshöhe auf 1 013,25 hPa gestellt ist, bestimmte Höhe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Flugfläche wird mitunter als FL 350 angegeben, wobei die Zahl für ein Vielfaches von 100 ft der Druckhöhe auf Grundlage der ISA und einer Bezugshöheneinstellung von 1 013,25 hPa steht. In manchen Ländern werden Flugflächen jedoch in Metern angegeben. In diesem Fall sollten angemessene Umrechnungen vorgenommen werden, ehe die in diesem Teil der ISO 20785 angegebenen Daten angewendet werden.

3.1.10

magnetische Steifigkeit^{N1)}

r

(en: magnetic rigidity)

Impuls pro Ladung (eines Teilchens in einem magnetischen Feld), angegeben durch:

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

Dabei ist p der Teilchenimpuls, Z die Ladungszahl des Teilchens und e die Ladung des Protons.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Grundeinheit der magnetischen Steifigkeit ist Tesla-Meter (T m) (= V m⁻¹ s). Eine häufig verwendete Einheit ist V (oder GV) in einem Einheitensystem, in dem sowohl der Wert für die Lichtgeschwindigkeit c als auch der Wert für die Ladung des Protons e gleich 1 ist und die magnetische Steifigkeit durch pc/Ze gegeben ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die magnetische Steifigkeit kennzeichnet die Bahnen geladener Teilchen in Magnetfeldern. Alle Teilchen mit derselben magnetischen Steifigkeit haben in einem Magnetfeld gleiche Bahnen, unabhängig von Masse oder Ladung der Teilchen.

3.1.11

geomagnetische Abschneidesteifigkeit Abschneidesteifigkeit

r_c

(en: geomagnetic cut-off rigidity)

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. Oftmals wird von einem vertikalen Strahlungseinfall auf die Erdoberfläche ausgegangen. In diesem Fall ist die vertikale geomagnetische Abschneidesteifigkeit die kleinste magnetische Steifigkeit, die ein vertikal einfallendes Teilchen haben kann, um noch eine vorgegebene Position oberhalb der Erde zu erreichen.

3.1.12

vertikale geomagnetische Abschneidesteifigkeit vertikale Abschneidesteifigkeit Abschneidesteifigkeit

(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

3.1.13

Bremspotenzial

ϕ

(en: deceleration potential)

Modulationsparameter der kosmischen Strahlung, abgeleitet von Weltraumbeobachtungen der Intensitätsschwankung der verschiedenen Teilchenarten in Abhängigkeit von der Phase im Sonnenzyklus

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Bremspotenzial könnte entweder anhand des Sonnenaktivitätsindex oder aus den Ausgaben des Climax-Neutronenmonitors unter Anwendung einer einfachen linearen Gleichung in Abhängigkeit von der Phase des Sonnenzyklus abgeleitet werden.

^{N1)} Nationale Fußnote: Die Bezeichnung „P“ für magnetische Steifigkeit wurde für die deutsche Übersetzung des Teil 3 geändert und der Definition 3.1.11 und dem Teil 1 und Teil 2 dieser Norm angepasst.

3.2 Atmosphärisches Strahlungsfeld

3.2.1

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

3.2.2

primäre kosmische Strahlung

primäre kosmische Strahlen

(en: primary cosmic radiation, primary cosmic rays)

aus dem Weltall in die Erdumlaufbahn einfallende kosmische Strahlung

3.2.3

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 im geringerem Umfang Pionen und Atomkerne, die schwerer als Protonen sind.

3.2.4

galaktische kosmische Strahlung

galaktische kosmische Strahlen

GCR

(en: galactic cosmic radiation, galactic cosmic rays, GCR)

kosmische Strahlung, die ihren Ursprung außerhalb des Sonnensystems hat

3.2.5

solare kosmische Strahlung

solare kosmische Strahlen

solare Teilchen

(en: solar cosmic radiation, solar cosmic rays, solar particles)

kosmische Strahlung, die ihren Ursprung auf der Sonne hat

3.2.6

solares Teilchenereignis

SPE

(en: solar particle event)

energetische solare Teilchen mit einer hohen Teilchenflussdichte, die bei einer Sonneneruption in das Weltall ausgestoßen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Solare Teilchenereignisse sind gerichtet.

3.2.7

Ground Level Enhancement

GLE

(en: 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 3 % 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 treten verhältnismäßig selten auf, im Durchschnitt nur einmal jährlich.

3.2.8

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

3.2.9

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 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.

3.2.10

Sonnenfleckenrelativzahl

Wolf'sche-Zahl

(en: relative sunspot number, Wolf 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 bezüglich der Erkennung und je nach Observatorium (Lage und Geräteausstattung) variiert

3.2.11

solares Maximum

(en: solar maximum)

Periode der maximalen Sonnenaktivität während eines Sonnenzyklus, im Allgemeinen durch die Sonnenfleckenrelativzahl bestimmt

3.2.12

solares Minimum

(en: solar minimum)

Periode der minimalen Sonnenaktivität während eines Sonnenzyklus, im Allgemeinen durch die Sonnenfleckenrelativzahl bestimmt

3.2.13

Neutronenmonitor für kosmische Strahlung

Neutronenmonitor am Boden

GLNM (en: ground level neutron monitor)

(en: cosmic ray neutron monitor, ground level neutron monitor, GLNM)

großer Detektor zur Messung der zeitabhängigen relativen Flussdichte hochenergetischer kosmischer Strahlung, besonders von Sekundärneutronen, die in der Atmosphäre erzeugt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Protonen, andere Hadronen und Myonen können ebenfalls detektiert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Neutronenmonitore zum Nachweis kosmischer Strahlung, die weltweit an unterschiedlichen Standorten und in unterschiedlichen Höhenlagen auf dem Boden (und gelegentlich auf Schiffen oder Flugzeugen) installiert sind, werden für verschiedene Untersuchungen kosmischer Strahlung und zur Bestimmung der solaren Modulation verwendet.

4 Allgemeine Betrachtungen

4.1 Allgemeine Beschreibung des Feldes kosmischer Strahlung 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 die sich mit der Eindringtiefe in die Atmosphäre von der Flughöhe bis auf Meereshöhe verringert [6]. 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 Höchstwert 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 schwererer Ionen, die in die Atmosphäre eintreten. Bei niedrigen geomagnetischen Abschneidesteifigkeiten und geringer Sonnenaktivität haben die GCR-Ionen etwa 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 [7].

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, Protonen, Elektronen/Positronen, 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 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 Teilchenereignisse oder solaren Protonenereignisse (beide werden mit SPE abgekürzt, en: solar particle event bzw. solar proton event) 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