

	DIN EN ISO 20785-3 (VDE 0492-5-3)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etx Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 49.020; 13.280; 17.240

Einsprüche bis 2022-05-18

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 20785-3:2020-01**Entwurf**

Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen –

Teil 3: Messungen auf Flughöhen

(ISO/DIS 20785-3:2022);

Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 20785-3:2022

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft –

Part 3: Measurements at aviation altitudes

(ISO/DIS 20785-3:2022);

German and English version prEN ISO 20785-3:2022

Dosimétrie pour les expositions au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil –

Partie 3: Mesurages à bord d'avions

(ISO/DIS 20785-3:2022);

Version allemande et anglaise prEN ISO 20785-3:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-03-18 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 dke@vde.com 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 die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 45 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN ISO 20785-3:2022 „Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen – Teil 3: Messungen auf Flughöhen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Organisation für Normung (ISO) und das Europäische Komitee für Normung (CEN) haben vereinbart, dass ein auf ISO-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei ISO und CEN zur Umfrage (DIS-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument ISO/DIS 20785-3:2022 „Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft – Part 3: Measurements at aviation altitudes“ unverändert in den Entwurf prEN ISO 20785-3:2022 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des ISO/DIS entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 2 „Radiological protection“ des TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und den nationalen Mitgliedern zur Stellungnahme und Abstimmung vorgelegt.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CEN und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei ISO [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CEN als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 852 „Strahlenschutzdosimetrie“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

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.

Die Normen der Reihe DIN EN ISO 20785 geben praktische Anleitung bei der Bestimmung der Strahlenexposition des fliegenden Personals. In dieser Normenreihe sind erschienen:

- **DIN EN ISO 20785-1 (VDE 0492-5-1):2021-02**, Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen – Teil 1: Konzeptionelle Grundlage für Messungen (**ISO 20785-1:2020**); Deutsche Fassung **EN ISO 20785-1:2020**

- **DIN EN ISO 20785-2 (VDE 0492-5-2):2021-02**, Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen – Teil 2: Charakterisierung des Ansprechvermögens von Messgeräten (**ISO 20785-2:2020**); Deutsche Fassung **EN ISO 20785-2:2020**
- DIN EN ISO 20785-3:2020-01, Dosimetrie für die Belastung durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen – Teil 3: Messungen auf Flughöhen (ISO 20785-3:2015); Deutsche Fassung EN ISO 20785-3: 2017
- **DIN EN ISO 20785-4 (VDE 0492-5-4):2022-03**, Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen – Teil 4: Validierung von Codes (**ISO 20785-4:2019**); Deutsche Fassung **EN ISO 20785-4:2021**

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 20785-3:2020-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Einleitung wurde um die ICRP-Empfehlung für fliegendes Personal und Passagiere sowie eine Verweisung auf die ICRU-Empfehlung zu neuen Messgrößen ergänzt;
- b) die Definitionen **3.1.1 bis 3.1.4** sowie **Unterabschnitt 4.2.5** wurden überarbeitet;
- c) redaktionelle Korrekturen am englischen Text ohne Auswirkung auf die Übersetzung;
- d) Verweisungen und die Literaturhinweise wurden aktualisiert bzw. ergänzt.

– Leerseite –

**Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen –
Teil 3: Messungen auf Flughöhen**

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
3.1 Größen und Einheiten	5
3.2 Atmosphärisches Strahlungsfeld	8
4 Allgemeine Betrachtungen	10
4.1 Allgemeine Beschreibung des Feldes kosmischer Strahlung in der Atmosphäre	10
4.2 Allgemeine Betrachtungen bezüglich der Messungen	12
4.3 Sicherheitsanforderungen und behördliche Anforderungen bei Messungen während des Fluges	13
5 Messung auf Flughöhe	14
5.1 Parameter, welche die Dosisleistung bestimmen	14
5.2 Mögliche Einflussgrößen	14
5.3 Besondere Betrachtungen für aktive Messgeräte	15
5.4 Besondere Betrachtungen für passive Messungen	15
6 Messunsicherheiten	16
Literaturhinweise	21

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise 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 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumententypen 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 zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen, sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, enthält der folgende Link 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 20785-3:2015), die technisch überarbeitet wurde.

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

Einleitung

Flugzeugbesatzungen sind erhöhter kosmischer Strahlung solaren oder galaktischen Ursprungs ausgesetzt, sowie der Sekundärstrahlung, die in der Atmosphäre, in der Struktur des Flugzeugs und seinen Inhalten erzeugt wird. Nach Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission in der Publikation 60 [1], die in der Publikation 103 [2] bestätigt wurden, hat die Europäische Union (EU) eine überarbeitete Richtlinie ihrer grundlegenden Sicherheitsnormen [3] eingeführt, die eine Exposition gegenüber natürlichen 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 je 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 muss in Gesetze und Vorschriften der EU-Mitgliedsstaaten umgesetzt werden 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. ICRP hat einen abgestuften Ansatz für den Strahlenschutz von Fliegenden in Form von drei Gruppen vorgeschlagen: Flugzeugbesatzungen, Vielflieger und gelegentliche Flieger, und regt an, dass Vielflieger selbst eine Beurteilung ihrer Dosis aus kosmischer Strahlung durchführen, damit sie die Häufigkeit ihrer Flüge anpassen können, wenn erforderlich [4].

Für Rechts- und Verwaltungszwecke sind die wichtigsten Größen für den Strahlungsschutz die Äquivalentdosis (für den Fötus) und die effektive Dosis. Eine Exposition des Körpers gegenüber kosmischer 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 [5] und durch den ICRU Report 84 [6] unterstützt.

Bei diesem Ansatz ist die Rolle der Berechnungen in der Strahlenschutzroutine einzigartig und es wird weitgehend akzeptiert, dass die berechneten Dosen durch Messungen validiert werden sollten. Da die effektive Dosis nicht direkt messbar ist, ist die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ die interessierende operationelle Größe. Obwohl die Empfehlungen zu neuen Messgrößen kürzlich durch die ICRU veröffentlicht wurden [7], wird es einige Zeit benötigen, bis diese in künftige ISO- und IEC-Normen eingeflossen sind. Wie insbesondere im ICRU Report 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 geographischer 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 von 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 gegenüber kosmischer 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 gegenüber kosmischer 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/IEC 80000-10:2019, *Quantities and units – Part 10: Atomic and nuclear physics*

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.

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

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1 Größen und Einheiten

3.1.1

Teilchenfluenz

Fluenz

Φ

en **partcile fluence, fluence**

Differentialquotient von N zu a , wobei N die Anzahl der in einen kleinen sphärischen Bereich a einfallenden Teilchen ist:

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

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

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Energieverteilung der Teilchenfluenz Φ_E 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 Φ_Ω 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 mittlere Zunahme der Teilchenfluenz während eines unendlich kleinen Zeitintervalls der Dauer dt

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

3.1.3

lineares Energieübertragungsvermögen

L_{Δ}

en **linear energy transfer, LET**

Quotient aus dE_{Δ} und der Wegstrecke dl , wobei dE_{Δ} die mittlere Energie ist, die ein geladenes Teilchen durch elektronische Wechselwirkungen beim Durchlaufen einer Wegstrecke dl an das durchdrungene Material abgibt, abzüglich der Summe der kinetischen Energien aller freigesetzter Elektronen, die Δ überschreiten:

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

L^{∞} (z. B. mit $\Delta = \infty$) ist das unbeschränkte lineare Energieübertragungsvermögen für die Festlegung des Qualitätsfaktors.

L_{Δ} wird auch als beschränktes lineares Stoßbremsvermögen bezeichnet.

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

3.1.4

Mess-Äquivalentdosis

H

en **dose equivalent**

Produkt der durch Gewebe absorbierten Dosis D am interessierenden Punkt und dem mittleren Qualitätsfaktor Q an dieser Stelle

$$H = DQ$$

wobei D die Energiedosis und Q der mittlere Qualitätsfaktor an diesem Punkt sind.

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 von D , 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 Meter angegeben. In diesem Fall sollten angemessene Umrechnungen vorgenommen werden, ehe die in diesem Teil von ISO 20785 angegebenen Daten angewendet werden.

3.1.10

magnetische Steifigkeit^{N1}

P

en **magnetic rigidity**

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

^{N1} Nationale Fußnote: Das Symbol „ P “ für magnetische Steifigkeit wurde aus der englischen Referenzfassung übernommen. In 3.1.11 und ISO 20785-2 wird für Steifigkeit jedoch „ r “ (von en: rigidity) als Symbol angegeben.

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

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) ($= \text{V m}^{-1} \text{ s}$). 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 $pclZe$ 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, 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 Abschneide Steifigkeit

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

Bremspotential

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 Bremspotential 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.

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 außerirdischen Ursprungs, 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 in geringerem Umfang Pionen und Atomkerne, die schwerer als Protonen sind.

3.2.4

galaktische kosmische Strahlung
galaktische kosmische Strahlen

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

en **solar particle event, SPE**

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

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 min 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 Sonnenfleckenzklus, gemessen durch die Sonnenfleckenzahl oder Wolf'sche 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

Sonnefleckenrelativzahl

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 mit 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

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, die sich mit der Eindringtiefe in die Atmosphäre von der Flughöhe bis auf Meereshöhe verringert [8]. 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 [9].