

	DIN EN ISO 20785-2 (VDE 0492-5-2)	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 „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
<p>ICS 13.280; 49.020</p> <p>Ersatz für DIN ISO 20785-2:2016-08 Siehe Anwendungsbeginn</p> <p>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</p> <p>Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft – Part 2: Characterization of instrument response (ISO 20785-2:2020); German version EN ISO 20785-2:2020</p> <p>Dosimétrie pour l'exposition au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil – Partie 2: Caractérisation de la réponse des instruments (ISO 20785-2:2020); Version allemande EN ISO 20785-2:2020</p> <p>Gesamtumfang 48 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)</p>		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CEN am 2020-06-30 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2021-02-01.

Für DIN ISO 20785-2:2016-08 besteht eine Übergangsfrist bis 2021-02-28.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN ISO 20785-2:2019-09.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 852 „Strahlenschutzdosimetrie“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR), 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.

Die enthaltene ISO-Publikation wurde vom SC 2 „Radiological protection“ des TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies and radiological protection“ der Internationalen Normungsorganisation (ISO) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Normen der Reihe DIN (EN) ISO 20785-4 geben praktische Anleitung bei der Bestimmung der Strahlenbelastung des fliegenden Personals. In dieser Reihe 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 20785-1:2020*
- **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*
- Entwurf **DIN ISO 20785-4 (VDE 0492-5-4):2020-07**, *Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen – Teil 4: Validierung von Codes (ISO 20785-4:2019)*

Änderungen

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

- a) Änderung des Titels;
- b) Überarbeitung der Definitionen;
- c) Aktualisierung der Verweisungen;
- d) redaktionelle Bearbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 20785-2: 2016-08

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60846-1	IEC 60846-1	DIN EN 60846-1 (VDE 0492-2-1)	VDE 0492-2-1
–	IEC/TR 62461	DIN IEC/TR 62461 (VDE 0493-1000)	VDE 0493-1000
–	ISO 4037-1:2019	DIN ISO 4037-1 (VDE 0412-4037-1):2019-11	VDE 0412-4037-1
–	ISO 6980-1:2006	–	–
–	ISO 8529-1:2001	–	–
–	ISO 8529-2:2000	–	–
–	ISO 8529-3:1998	–	–
–	ISO 12789-1:2008	DIN ISO 12789-1:2013-01	–
–	ISO 12789-2:2008	DIN ISO 12789-2:2013-01	–
EN ISO 20785-1:2020	ISO 20785-1:2020	DIN EN ISO 20785-1 (VDE 0492-5-1):2021-02	VDE 0492-5-1
EN ISO 20785-3:2017	ISO 20785-3:2015	DIN EN ISO 20785-3:2020-01	–
–	ISO 20785-4:2019	E DIN ISO 20785-4 (VDE 0492-5-4):2020-07	VDE 0492-5-4
EN ISO 29661:2017	ISO 29661:2012 + A1:2015	DIN EN ISO 29661 (VDE 0412-661):2018-01	VDE 0412-661
EN ISO 80000-10:2019	ISO 80000-10:2019	DIN EN ISO 80000-10:2020-02	–
–	ISO/IEC Guide 98-1	–	–
–	ISO/IEC Guide 98-3	_a	–
–	ISO/IEC Guide 99	–	–
^a Bezüglich der Bestimmung der Unsicherheit beim Messen ionisierender Strahlung siehe DIN IEC/TR 62461 (VDE 0493-1000):2015-07.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60846-1 (VDE 0492-2-1), 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 (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 20785-3:2020-01, 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 29661 (VDE 0412-661):2018-01, Referenzstrahlungsfelder für den Strahlenschutz – Definitionen und grundlegende Konzepte (ISO 29661:2012, einschließlich Amd 1:2015); Deutsche Fassung EN ISO 29661:2017

DIN EN ISO 80000-10:2020-02, Größen und Einheiten – Teil 10: Atom- und Kernphysik (ISO 80000-10:2019); Deutsche Fassung EN ISO 80000-10:2019

DIN IEC/TR 62461 (VDE 0493-1000), Strahlenschutz-Messgeräte – Bestimmung der Unsicherheit beim Messen (IEC/TR 62461:2015)

DIN ISO 4037-1 (VDE 0412-4037-1):2019-11, Strahlenschutz – Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Photonenenergie – Teil 1: Strahlungseigenschaften und Erzeugungsmethoden (ISO 4037-1:2019)

DIN ISO 12789-1:2013-01, Referenzstrahlungsfelder – Simulierte Arbeitsplatz-Neutronenfelder – Teil 1: Eigenschaften und Erzeugungsverfahren (ISO 12789-1:2008)

DIN ISO 12789-2:2013-01, Referenzstrahlungsfelder – Simulierte Arbeitsplatz-Neutronenfelder – Teil 2: Grundlagen der Kalibrierung mit Bezug auf Grundgrößen (ISO 12789-2:2008)

E DIN ISO 20785-4 (VDE 0492-5-4):2020-07, Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen – Teil 4: Validierung von Codes (ISO 20785-4:2019)

**Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in Zivilluftfahrzeugen –
Teil 2: Charakterisierung des Ansprechvermögens von Messgeräten
(ISO 20785-2:2020)**

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in
civilian aircraft –
Part 2: Characterization of instrument response
(ISO 20785-2:2020)

Dosimétrie pour l'exposition au rayonnement
cosmique à bord d'un avion civil –
Partie 2: Caractérisation de la réponse des
instruments
(ISO 20785-2:2020)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 2020-06-30 angenommen.

CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsorganisationen von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CEN

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort.....	4
Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
3.1 Allgemeine Begriffe	8
3.2 Begriffe zu Größen und Einheiten	12
3.3 Atmosphärisches Strahlungsfeld	14
4 Allgemeine Betrachtungen	15
4.1 Das kosmische Strahlungsfeld in der Atmosphäre	15
4.2 Allgemeine Betrachtungen zur Dosimetrie des kosmischen Strahlungsfelds in Flugzeugen und Anforderungen an die Charakterisierung des Ansprechvermögens der Messgeräte	17
4.3 Allgemeine Betrachtungen zu Messungen in Flughöhen.....	18
5 Kalibrierfelder und -verfahren	19
5.1 Allgemeine Betrachtungen	19
5.2 Charakterisierung eines Messgeräts.....	21
5.2.1 Bestimmung der dosimetrischen Kenndaten eines Messgeräts	21
5.2.2 Referenzstrahlungsfelder	23
5.2.3 Streustrahlung	24
5.2.4 Einfluss anderer Strahlungsarten	24
5.2.5 Anforderungen an die Charakterisierung unter Nicht-Bezugsbedingungen	24
5.2.6 Anwendung numerischer Simulationen.....	25
5.3 Messgeräte-bezogene Software	25
5.3.1 Softwareentwicklungsverfahren	25
5.3.2 Softwareprüfung	25
5.3.3 Datenanalyse mit Tabellenkalkulation.....	26
6 Unsicherheiten.....	26
7 Bemerkungen zu Leistungsprüfungen.....	26
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 mindesten und einer höchsten vertikalen Abschneidesteifigkeit.....	27
Anhang B (informativ) Für die Kalibrierung empfohlene Strahlungsfelder	33
B.1 Photonenfelder	33
B.2 Neutronenfelder	33
B.2.1 Radionuklid- und monoenergetische Neutronen-Strahlungsfelder mit $E < 20$ MeV.....	33
B.2.2 Hochenergetische Neutronen-Strahlungsfelder mit $E > 20$ MeV	33
B.2.2.1 Allgemeines	33

B.2.2.2	iThemba LABS	34
B.2.2.3	Anlagen in Japan	34
B.3	Geladene Teilchen	34
B.3.1	Elektronen, Myonen und Pionen	34
B.3.2	Protonen	34
B.3.3	Schwere geladene Teilchen	35
B.4	Simulierte Arbeitsplatzfelder	35
B.5	Natürliche Strahlungsfelder	35
Anhang C (informativ)	Vergleichsmessungen	37
C.1	Vergleichsmessung mit Referenzmessgeräten während eines Flugs	37
C.2	Vergleichsflüge	37
Anhang D (informativ)	Anlagen für Bestrahlungen mit geladenen Teilchen	39
Literaturhinweise		40

Bilder

Bild 1 – Berechnete Umgebungs-Äquivalentdosisleistungen als Funktion der barometrischen Standardhöhe in hohen geographischen Breiten im solaren Minimum für verschiedene Teilchenkomponenten der kosmischen Strahlung in der Atmosphäre	16
Bild A.1 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Neutronen	27
Bild A.2 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Protonen	28
Bild A.3 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von geladenen Pionen	29
Bild A.4 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Elektronen	30
Bild A.5 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Gamma-Photonen	31
Bild A.6 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Myonen	32

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 20785-2:2020) wurde erarbeitet 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“, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2021 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 20785-2:2017.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 20785-2:2020 wurde von CEN als EN ISO 20785-2:2020 ohne irgendeine Abänderung angenommen.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (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 Normungsthemen 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.

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

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) 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 wesentlichen Änderungen sind:

- Überarbeitung der Definitionen;
- Aktualisierung der Verweisungen.

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

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Flugzeugbesatzungen sind erhöhter kosmischer Strahlung galaktischen oder solaren Ursprungs ausgesetzt, sowie der Sekundärstrahlung, die in der Atmosphäre, in der Struktur des Flugzeugs und seinen Inhalten erzeugt wird. Nach Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) in deren Publikation 60 [1], die in Publikation 103 [2] bestätigt wurden, hat die Europäische Union (EU) eine überarbeitete Richtlinie ihrer grundlegenden Sicherheitsnormen [3] eingeführt und die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEA) [4] einen überarbeiteten grundlegenden Sicherheitsstandard veröffentlicht. Diese Standards beinhalten die Exposition durch natürliche Quellen ionisierender Strahlung, einschließlich der kosmischen Strahlung, als berufliche Strahlenexposition. Die EU-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 die folgenden vier Schutzmaßnahmen festgelegt:

- a) die Strahlenexposition der betreffenden Besatzung zu erfassen;
- b) die erfasste Exposition bei der Festlegung der Arbeitspläne zu berücksichtigen, mit dem Ziel, die Dosis von besonders hoch exponierten Besatzungen zu verringern;
- c) die betroffenen Beschäftigten hinsichtlich der berufsbedingten Gesundheitsrisiken zu informieren und
- d) 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 EU-Richtlinie ist bereits in Gesetze und Vorschriften der EU-Mitgliedsstaaten umgesetzt worden und wird derzeit in die Luftfahrt-Sicherheitsnormen und -abläufe der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (en: European Air Safety Agency) übernommen. Andere Länder, wie z. B. Kanada und Japan, haben für ihre Luftfahrtindustrien Anweisungen 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 Organ-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 (SPE) (en: solar particle events)). Die routinemäßige Anwendung von Personendosimetern wird nicht als notwendig erachtet. Ein bevorzugter Ansatz für die Ermittlung 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 kombinieren, dass für jedes einzelne Besatzungsmitglied ein Schätzwert der für ihn zutreffenden effektiven Dosis ermittelt wird. Dieser Ansatz wird von der Europäischen Kommission und der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) in deren Publikationen 75 [5] und 132 [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 [7]. 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 und das Ansprechvermögen des Messgerätes und damit verbundene Messunsicherheiten berücksichtigen, erfolgen. Die Validierung der nach einem bestimmten Verfahren berechneten Umgebungs-Äquivalentdosis, darf als Validierung der mit demselben Computerprogramm berechneten effektiven Dosis angesehen werden, jedoch kann es erforderlich sein, diesen Schritt innerhalb des Verfahrens zu bestätigen. Alternativ wird *a priori* festgelegt, dass die operationelle Größe Umgebungs-Äquivalentdosis ein guter Schätzwert für die effektive Dosis und die Organ-Äquivalentdosis für den Fötus für die betrachteten Strahlungsfelder ist, ähnlich dem Verfahren für strahlenexponierte Beschäftigte am Boden, in dem die Verwendung der operationellen Größe Personendosis zur Abschätzung der effektiven Dosis gleichermaßen gerechtfertigt ist.

Das Strahlungsfeld in einem Flugzeug in Flughöhe ist komplex, mit vielen Arten ionisierender Strahlung mit Energien bis zu vielen GeV. Das Ansprechvermögen der Messgeräte auf Teilchenarten und -energien des atmosphärischen Strahlungsfelds, die nicht durch Referenzfelder abgedeckt werden, müssen bei der Auswertung der Messergebnisse berücksichtigt werden. In vielen Fällen sind die Verfahren zur Ermittlung der Umgebungs-Äquivalentdosis in Flugzeugen mit den Verfahren vergleichbar, die an Hochenergiebeschleunigern von Forschungslaboren 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 sollten unter Anwendung genauer und zuverlässiger Verfahren durchgeführt werden, um die Qualität der Messwerte, die den Mitarbeitern und den Überwachungsstellen vorgelegt werden, sicherzustellen. Zweck dieses Dokuments ist, Verfahren für die Bestimmung des Ansprechvermögens von Messgeräten in verschiedenen Referenz-Strahlungsfeldern als Grundlage für die geeignete Charakterisierung von Geräten zur Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis in Luftfahrzeugen in Flughöhen anzugeben.

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 Verfahren 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 Primär- und Sekundärkalibrierlabore für ionisierende Strahlung, durch staatlich angestellte Strahlenschutzmitarbeiter und durch Industrieunternehmen vorgesehen, die mit der Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis für das fliegende Personal befasst sind.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren 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 Verfahren und Abläufe sind als Mindestanforderungen zu verstehen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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)*^{N1}

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:

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

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Strahleneinfallswinkel

α

(en: angle of radiation incidence)

Winkel zwischen der Strahleneinfallsrichtung und der Bezugsrichtung des Messgeräts

3.1.2

Kalibrierung

(en: calibration)

Handlung, bei der unter festgelegten Bedingungen eine Beziehung zwischen dem gebräuchlichen 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 mit der ihm beigeordneten Messunsicherheit bestehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Kalibrierung sollte nicht mit der Justierung eines Messsystems, oft missverständlich als „Eigenkalibrierung“ bezeichnet, oder mit der Verifizierung der Kalibrierung verwechselt werden.

^{N1} Nationale Fußnote: Für die Messung ionisierender Strahlung siehe [DIN IEC/TR 62461 \(VDE 0493-1000\):2015-07](#), *Strahlenschutz-Messgeräte – Bestimmung der Unsicherheit beim Messen (IEC/TR 62461:2015)*.

3.1.3

Kalibrierkoeffizient

N_{coeff}

(en: calibration coefficient)

Quotient richtiger Wert der zu messenden Größe zur korrigierten Anzeige des Messgeräts

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

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

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei der Kalibrierung einiger Messgeräte, z. B. Ionisationskammern, werden Gerätekonstante 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_{D} , der Kalibrierkoeffizient bezüglich der Kerma N_{K} oder der Kalibrierkoeffizient bezüglich der absorbierten Dosis N_{D} .

3.1.4

Kalibrierfaktor

N_{fact}

(en: calibration factor)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Kalibrierfaktor ist dimensionslos.

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

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

3.1.5

Messwert

M

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

Größenwert, der einen Messwert repräsentiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei sich wiederholenden Messungen, kann jede Anzeige als entsprechender Messwert für diese Größe verwendet werden. Diese 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 zur Messunsicherheit, kann ein gemessener 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: In 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.

3.1.6

richtiger Größenwert

H_0

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

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Benennung „konventionell wahrer Größenwert“ wird für diesen Begriff 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 [8] [9] [10] 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.

3.1.7

Korrektionsfaktor

k

(en: correction factor)

Faktor, der auf die *Anzeige* (3.1.9) angewendet wird, um eine Korrektur bezüglich der Abweichung der Mess- von den Bezugsbedingungen vorzunehmen

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

3.1.8

Korrektionssummand

G_S

(en: correction summand)

Summand, der auf die *Anzeige* (3.1.9) angewendet wird, um eine Korrektur bezüglich der Nullanzeige oder der Abweichung der Mess- von den Bezugsbedingungen vorzunehmen

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

3.1.9

Anzeige

G

(en: indication)

Größenwert, der von einem Messgerät oder einem Messsystem angezeigt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Anzeige kann visuell oder akustisch erfolgen oder an ein anderes Gerät übertragen werden. Eine 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: Eine Anzeige und ein dazugehöriger Wert der Messgröße sind nicht unbedingt Werte von Größen gleicher Art.

3.1.10

Einflussgröße

(en: influence quantity)

Größe, die bei einer direkten Messung nicht die tatsächlich gemessene Größe beeinflusst, sondern die Beziehung zwischen der *Anzeige* (3.1.9) 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: In ISO/IEC-Guide 98-3:2008 wird die Benennung „Einflussgröße“ wie in ISO/IEC-Guide 99:2007 [11] so definiert, dass sie 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 Korrektur des Effekts der Einflussgröße kann erforderlich machen, dass ein Korrekturfaktor (für eine Einflussgröße vom Typ F) und/oder ein Korrektionsummand (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.

3.1.11

Gerätekonstante

c_i

(en: instrument constant)

Größenwert, mit dem die Anzeige (3.1.9) G des Messgeräts (oder, falls eine Korrektur 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 (3.1.3) sein. Wenn jedoch der am Gerät angezeigte Wert in die Einheiten der Messgröße umzuwandeln ist, hat die Gerätekonstante eine Dimension.

3.1.12

Messgröße

(en: measurand)

Größe, die gemessen werden soll

3.1.13

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.

3.1.14

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.

3.1.15

Bezugsbedingungen

Referenzbedingungen

(en: reference conditions)

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

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

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

3.1.16

Ansprechvermögen

R

(en: response, response characteristic)

Quotient Anzeige G oder korrigierte Anzeige G_{corr} zum 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 den korrigierten angezeigten Wert G_{corr}) verwendet wurde. Außerdem ist es zur Vermeidung von Verwechslungen notwendig, die zu messende Größe genauer anzugeben, z. B. 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} .