

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>DIN EN ISO 20785-1<br/>(VDE 0492-5-1)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>DIN</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> 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. | <b>VDE</b> |
| <p>ICS 13.280; 49.020</p> <p>Ersatz für<br/>DIN EN ISO 20785-1:2018-12<br/>Siehe Anwendungsbeginn</p> <p><b>Dosimetrie zu Expositionen durch kosmische Strahlung in<br/>Zivilluftfahrzeugen –<br/>Teil 1: Konzeptionelle Grundlage für Messungen<br/>(ISO 20785-1:2020);<br/>Deutsche Fassung EN ISO 20785-1:2020</b></p> <p>Dosimetry for exposures to cosmic radiation in civilian aircraft –<br/>Part 1: Conceptual basis for measurements<br/>(ISO 20785-1:2020);<br/>German version EN ISO 20785-1:2020</p> <p>Dosimétrie pour l'exposition au rayonnement cosmique à bord d'un avion civil –<br/>Partie 1: Fondement théorique des mesurages<br/>(ISO 20785-1:2020);<br/>Version allemande EN ISO 20785-1:2020</p> <p>Gesamtumfang 39 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE<br/>DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |

## **Anwendungsbeginn**

Anwendungsbeginn für die von CEN am 2020-07-01 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2021-02-01.

Für DIN EN ISO 20785-1:2018-12 besteht eine Übergangsfrist bis 2021-02-28.

## **Nationales Vorwort**

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN ISO 20785-1:2019-09.*

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 852 „Strahlenschutzdosimetrie“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE ([www.dke.de](http://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](http://www.dke.de)) und DIN ([www.din.de](http://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 EN ISO 20785-1:2018-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

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

## **Frühere Ausgaben**

DIN EN ISO 20785-1: 2018-12

## 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 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|
| –                                                                                                                                             | IEC/TR 62461                              | DIN IEC/TR 62461<br>(VDE 0493-1000)              | VDE 0493-1000                          |
| –                                                                                                                                             | ISO 2533:1975                             | DIN ISO 2533:1979-12                             | –                                      |
| –                                                                                                                                             | ISO 4037-3:2019                           | DIN ISO 4037-3<br>(VDE 0412-4037-3):2019-11      | VDE 0412-4037-3                        |
| –                                                                                                                                             | ISO 8529-3:1998                           | –                                                | –                                      |
| –                                                                                                                                             | ISO 20785-2:2011<br><i>ersetzt durch:</i> | DIN ISO 20785-2:2016-08<br><i>ersetzt durch:</i> | –                                      |
| EN ISO 20785-2:<br>2020                                                                                                                       | ISO 20785-2:2020                          | DIN EN ISO 20785-2<br>(VDE 0492-5-2):2021-02     | VDE 0492-5-2                           |
| EN ISO 20785-3:<br>2017                                                                                                                       | ISO 20785-3:2015                          | DIN EN ISO 20785-3:2020-01                       | –                                      |
| –                                                                                                                                             | ISO 20785-4:2019                          | E DIN ISO 20785-4<br>(VDE 0492-5-4):2020-07      | VDE 0492-5-4                           |
| EN ISO 80000-10:<br>2019                                                                                                                      | ISO 80000-10:2019                         | DIN EN ISO 80000-10:2020-02                      | –                                      |
| –                                                                                                                                             | ISO/IEC Guide 98-1:2009                   | –                                                | –                                      |
| –                                                                                                                                             | ISO/IEC Guide 98-3:2008                   | _a                                               | –                                      |
| –                                                                                                                                             | ISO/IEC Guide 99:2007                     | –                                                | –                                      |
| <sup>a</sup> Bezüglich der Bestimmung der Unsicherheit beim Messen ionisierender Strahlung siehe DIN IEC/TR 62461<br>(VDE 0493-1000):2015-07. |                                           |                                                  |                                        |

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

**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 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):2015-07**, *Strahlenschutz-Messgeräte – Bestimmung der Unsicherheit beim Messen (IEC/TR 62461:2015)*

DIN ISO 2533:1979-12, *Normatmosphäre*

**DIN ISO 4037-3 (VDE 0412-4037-3):2019-11**, *Strahlenschutz – Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Photonenenergie – Teil 3: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern und Messung ihres Ansprechvermögens als Funktion von Energie und Einfallswinkel (ISO 4037-3:2019)*

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 1: Konzeptionelle Grundlage für Messungen**  
(ISO 20785-1:2020)

Dosimetry for exposures to cosmic radiation in  
civilian aircraft –  
Part 1: Conceptual basis for measurements  
(ISO 20785-1:2020)

Dosimétrie pour l'exposition au rayonnement  
cosmique à bord d'un avion civil –  
Partie 1: Fondement théorique des mesurages  
(ISO 20785-1:2020)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 2020-07-01 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 Größen und Einheiten .....                                                                                                                                                                                                                                    | 9  |
| 3.3 Atmosphärisches Strahlungsfeld .....                                                                                                                                                                                                                          | 11 |
| 4 Allgemeine Betrachtungen .....                                                                                                                                                                                                                                  | 13 |
| 4.1 Das kosmische Strahlungsfeld in der Atmosphäre .....                                                                                                                                                                                                          | 13 |
| 4.2 Allgemeine Betrachtungen zur Kalibrierung für die Dosimetrie von kosmischen<br>Strahlungsfeldern in Luftfahrzeugen .....                                                                                                                                      | 15 |
| 4.2.1 Vorgehensweise .....                                                                                                                                                                                                                                        | 15 |
| 4.2.2 Betrachtungen bezüglich der Messung .....                                                                                                                                                                                                                   | 15 |
| 4.2.3 Betrachtungen bezüglich des Strahlungsfelds .....                                                                                                                                                                                                           | 15 |
| 4.2.4 Betrachtungen bezüglich der Kalibrierung .....                                                                                                                                                                                                              | 16 |
| 4.2.5 Simulierte Felder in Luftfahrzeugen .....                                                                                                                                                                                                                   | 17 |
| 4.3 Konversionskoeffizienten.....                                                                                                                                                                                                                                 | 17 |
| 5 Dosismessgeräte .....                                                                                                                                                                                                                                           | 17 |
| 5.1 Allgemeines .....                                                                                                                                                                                                                                             | 17 |
| 5.2 Aktive Geräte .....                                                                                                                                                                                                                                           | 18 |
| 5.2.1 Geräte zur Bestimmung aller Feldkomponenten.....                                                                                                                                                                                                            | 18 |
| 5.2.2 Geräte für die Niedrig-LET-/nicht-neutronenartige Strahlung .....                                                                                                                                                                                           | 19 |
| 5.2.3 Geräte für die Hoch-LET-/neutronenartige Komponente .....                                                                                                                                                                                                   | 20 |
| 5.3 Passive Geräte .....                                                                                                                                                                                                                                          | 22 |
| 5.3.1 Allgemeine Betrachtungen .....                                                                                                                                                                                                                              | 22 |
| 5.3.2 Ätzspurdetektoren .....                                                                                                                                                                                                                                     | 22 |
| 5.3.3 Spaltfoliendetektoren.....                                                                                                                                                                                                                                  | 22 |
| 5.3.4 Neutronendetektoren mit überhitzter Emulsion (Blasendetektoren) .....                                                                                                                                                                                       | 23 |
| 5.3.5 Thermolumineszenzdetektoren .....                                                                                                                                                                                                                           | 23 |
| 5.3.6 Photolumineszenzdetektoren .....                                                                                                                                                                                                                            | 23 |
| Anhang A (informativ) Repräsentative spektrale Teilchenflussdichten im Feld der kosmischen<br>Strahlung in Reiseflughöhen bei einem solaren Minimum und einem solaren Maximum und<br>bei einer mindesten und einer höchsten vertikalen Abschneidesteifigkeit..... | 24 |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                                                                                                                                           | 30 |

## 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 ..... | 14 |
| Bild A.1 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Neutronen .....                                                                                                                                                                        | 24 |
| Bild A.2 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Protonen .....                                                                                                                                                                         | 25 |
| Bild A.3 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von geladenen Pionen .....                                                                                                                                                                 | 26 |
| Bild A.4 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Elektronen .....                                                                                                                                                                       | 27 |
| Bild A.5 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Photonen .....                                                                                                                                                                         | 28 |
| Bild A.6 – Normierte spektrale Teilchenflussdichte von Myonen .....                                                                                                                                                                           | 29 |

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 20785-1:2020) 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 20785-1:2017.

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 20785-1:2020 wurde von CEN als EN ISO 20785-1:2020 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](http://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](http://www.iso.org/patents)).

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

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://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 dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 20785-1:2012), 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](http://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 Joint Aviation Authorities und 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. Die effektive Dosis ist nicht direkt messbar. Die interessierende operationelle Größe ist die Umgebungs-Äquivalentdosis  $H^*(10)$ . Um die erfassten Dosen, die in Form der effektiven Dosis ermittelt wurden, zu validieren, können Berechnungen der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung oder der Flugrouten-Dosen als Umgebungs-Äquivalentdosis und Messungen dieser Größen erfolgen. Die Rückführbarkeit sollte für eine angemessene Anzahl von Teilchenarten und -energien des atmosphärischen Strahlungsfelds gegeben sein, einschließlich Korrekturen für die Unterschiede zwischen den Strahlungsfeldern bei der Kalibrierung und dem gesamten atmosphärischen Strahlungsfeld, und damit verbundene Unsicherheiten sollten entsprechend berücksichtigt werden. 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 werden, 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. In einem solch komplexen Strahlungsfeld ist es schwierig, die Umgebungs-Äquivalentdosis zu bestimmen. 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. Dieses Dokument dient als konzeptionelle Grundlage für die Charakterisierung des Ansprechvermögens von Geräten zur 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 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 die konzeptionelle Grundlage für die Bestimmung der Umgebungs-Äquivalentdosis zur Bestimmung der Exposition durch kosmische Strahlung in zivilen Luftfahrzeugen sowie für die Kalibrierung von für diesen Zweck verwendeten Geräten fest.

## 2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

## 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

##### Kalibrierung

(en: calibration)

Handlung, bei der unter festgelegten Bedingungen eine Beziehung zwischen dem gebräuchlichen Größenswert  $H_0$  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.

Anmerkung 3 zum Begriff: Oft wird bereits allein der erste Schritt in der obigen Definition als Kalibrierung wahrgenommen.

#### 3.1.2

##### Ansprechvermögen

$R$

(en: response, response characteristic)

Quotient aus Anzeige  $G$  oder korrigierter Anzeige  $G_{\text{corr}}$  und richtigem Wert der Messgröße

Anmerkung 1 zum Begriff: Um Verwechslungen zu vermeiden, ist es notwendig, festzulegen, welcher der in der Definition für das Ansprechvermögen angegebenen Quotienten ( $G$  oder  $G_{\text{corr}}$ ) verwendet wird. Außerdem ist es zur Vermeidung von Verwechslungen notwendig, die zu messende Größe genauer anzugeben, z. B. das Ansprechvermögen bezogen auf die Fluenz  $R_\Phi$ , bezogen auf die Kerma  $R_K$  oder auf die absorbierte Dosis  $R_D$ .

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

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

Anmerkung 4 zum Begriff: Üblicherweise ändert sich das Ansprechvermögen mit der Energie- und der Richtungsverteilung der einfallenden Strahlung. Daher ist es hilfreich, das Ansprechvermögen als eine Funktion  $R(E, \Omega)$  der Strahlungsenergie  $E$  und der Richtung  $\Omega$  der einfallenden monodirektionalen Strahlung zu betrachten.  $R(E)$  steht für die „Ener-