

DIN EN ISO 21909-1
(VDE 0492-3-909-1)
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

ICS 17.240

Einsprüche bis 2017-06-28

Entwurf
**Passive Dosimetriesysteme für Neutronenstrahlung –
 Teil 1: Leistungs- und Prüfanforderungen für die Personendosimetrie
 (ISO 21909-1:2015)**

Passive neutron dosimetry systems –
 Part 1: Performance and test requirements for personal dosimetry
 (ISO 21909-1:2015)

Systèmes dosimétriques passifs pour les neutrons –
 Partie 1: Exigences de fonctionnement et d'essai pour la dosimétrie individuelle
 (ISO 21909-1:2015)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-04-28 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 des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme 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, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 47 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
3.1 Allgemeine Begriffe	8
3.2 Auf Größen bezogene Begriffe.....	9
3.3 Auf Kalibrierung und Auswertung bezogene Begriffe	10
3.4 Liste der Formelzeichen	13
4 Allgemeine Prüfbedingungen	15
4.1 Prüfbedingungen	15
4.2 Referenzstrahlung	15
4.3 Prüfanforderungen.....	16
5 Leistungs- und Prüfanforderungen.....	16
6 Prüfverfahren	19
7 Leistungsprüfung: Spezifische Merkmale.....	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Bestrahlungen	20
7.3 Berechtigung für den Wegfall der Verwendung der vollen Neutronen- und Protonenkombination.....	24
7.3.1 Zweck der Prüfung	24
7.3.2 Prüfverfahren.....	25
7.3.3 Interpretation der Ergebnisse	25
7.4 Leistungsfähigkeitsprüfungen.....	26
7.4.1 Allgemeines	26
7.4.2 Variationskoeffizient/Linearität	26
7.4.3 Energie- und Winkelabhängigkeit des Ansprechverhaltens.....	27
7.4.4 Spezielle Prüfung für thermische Neutronen	28
8 Leistungsfähigkeitsprüfungen: Stabilität im Bereich realistischer Gebrauchsbedingungen der Dosimeter	28
8.1 Fading.....	28
8.1.1 Allgemeines	28
8.1.2 Prüfverfahren.....	29
8.1.3 Interpretation der Ergebnisse	29
8.2 Alterung	29
8.2.1 Allgemeines	29

	Seite
8.2.2 Prüfverfahren	30
8.2.3 Interpretation der Ergebnisse	30
8.3 Auswirkung der Lagerung auf unbestrahlte Dosimeter	31
8.3.1 Allgemeines	31
8.3.2 Prüfverfahren	31
8.3.3 Interpretation der Ergebnisse	31
8.4 Einwirkung von anderer als Neutronenstrahlung	31
8.4.1 Allgemeines	31
8.4.2 Photonenstrahlung	31
8.4.3 Radonstrahlung	33
8.5 Stabilität unter verschiedenen klimatischen Bedingungen	33
8.5.1 Allgemeines	33
8.5.2 Auswirkung auf die Dosisempfindlichkeit	34
8.5.3 Auswirkung auf unbestrahlte Dosimeter	34
8.6 Auswirkung der Lichteinwirkung (Lichtunempfindlichkeit)	35
8.6.1 Auswirkung auf die Dosisempfindlichkeit	35
8.6.2 Auswirkung auf unbestrahlte Dosimeter	35
8.7 Fallprüfung	36
8.7.1 Auswirkung auf die Dosisempfindlichkeit	36
8.7.2 Auswirkung auf unbestrahlte Dosimeter	36
8.8 Abstand zum Phantom	37
8.8.1 Allgemeines	37
8.8.2 Prüfverfahren	37
8.8.3 Interpretation der Ergebnisse	37
8.9 Abdichtung	37
9 Kennzeichnung und Begleitunterlagen	37
9.1 Individuelle Beschriftung	37
9.2 Beschriftung	38
9.3 Begleitunterlagen	38
Anhang A (normativ) Dosimetrie für die Bestrahlung von Extremitäten	39
Anhang B (normativ) Referenz- und Standardprüfbedingungen	40
Anhang C (informativ) Bestrahlungsbedingungen	41
Anhang D (normativ) Umrechnungstabellen	43
Anhang E (normativ) Konfidenzgrenzen	44
E.1 Allgemeines	44
E.2 Konfidenzintervall für das arithmetische Mittel $\bar{x}$	45
E.3 Konfidenzintervall der experimentellen Standardabweichung s	46
E.4 Konfidenzintervall für eine kombinierte Größe	46
Literaturhinweise	47

Bilder

Bild 1 – Prinzip der Bestrahlungsoptimierung mit Hilfe von Mischfeldern	24
Bild 2 – Definition von $D_{\max}^{\text{Alterung}}$	30
Bild E.1 – Prüfung des Konfidenzintervalls.....	45

Tabellen

Tabelle 1 – Liste der Formelzeichen.....	14
Tabelle 2 – Anforderungen an die dosimetrischen Leistungsdaten von Dosimetriesystemen.....	17
Tabelle 3 – Leistungsanforderungen bei der Prüfung des Verhaltens von Dosimetriesystemen als Funktion interner oder externer Bedingungen.....	18
Tabelle 4 – Bestrahlungsreihen, die für die Prüfung der charakteristischen Merkmale von Dosimetriesystemen erforderlich sind	21
Tabelle 5 – Vorgeschriebene Bestrahlungsreihe als Funktion des angegebenen Energiebereichs für Dosimetriesysteme	22
Tabelle 6 – Leistungsprüfungen bei photonenempfindlichen Dosimetern.....	33
Tabelle B.1 – Referenz- und Standardprüfbedingungen	40
Tabelle D.1 – Konversionskoeffizient $h_{p\Phi}(10,E,\alpha)$ zur Umrechnung von Neutronenfluenz in Personenäquivalentdosis $H_p(10)$ im gewebeäquivalenten ICRU-Plattenphantom für monoenergetische und parallele Neutronenstrahlung (aufgeweitetes Feld).....	43
Tabelle D.2 – Konversionskoeffizient $h_{p\Phi}(10,E,\alpha)$ zur Umrechnung von Neutronenfluenz in Personenäquivalentdosis $H_p(10)$ im gewebeäquivalenten ICRU-Plattenphantom für parallele Neutronenstrahlung (aufgeweitetes Feld)	43
Tabelle E.1 – Student- t -Werte für ein doppelseitiges 95-%-Konfidenzintervall für Probengröße n	45

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 21909-1:2015 „Passive neutron dosimetry systems – Part 1: Performance and test requirements for personal dosimetry“ ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Norm 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.

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

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 [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

ISO 21909-1:2015 ersetzt ISO 21909:2005, die technisch überarbeitet wurde. Darin eingearbeitet ist die technische Berichtigung ISO 21909:2005/Cor:2007.

In der Reihe ISO 21909 sind zurzeit die folgenden Teile mit dem gemeinsamen übergeordneten Titel *Passive Neutronen-Dosimetriesysteme für Neutronenstrahlung* vorgesehen:

- Teil 1: Leistungs- und Prüfanforderungen für die Personendosimetrie
- Teil 2: Verfahren und Empfehlungen für Arbeitsplatzstudien bezüglich Neutronenstrahlung

Passive Neutronendosimetriesysteme – Teil 1: Leistungs- und Prüfanforderungen für die Personendosimetrie

Einleitung

ISO 21909-1 enthält Leistungs- und Prüfanforderungen an passive Dosimetriesysteme zur Ermittlung der Personenäquivalentdosis $H_p(10)$ in Neutronenfeldern mit Energien im Bereich von thermischer Energie bis etwa 20 MeV.

Ein Dosimetriesystem kann aus den folgenden Elementen bestehen:

- a) einem passiven Bauteil (hier als Detektor bezeichnet), das nach Einwirkung von Strahlung eine Information (ein Signal) für die Messung einer oder mehrerer Größen des einfallenden Strahlenfeldes speichert;
- b) einem Dosimeter, das aus einem oder mehreren eng gepackten Detektoren besteht und mit einer Möglichkeit zur Identifizierung ausgestattet ist;
- c) der Behandlung zur Vorbereitung des Dosimeters vor der Bestrahlung und/oder vor dem Auslesen;
- d) einem Lesegerät, das zum Auslesen gespeicherter Signale von einem Detektor benutzt wird, und gegebenenfalls dem zugehörigen Algorithmus, der zur Bestimmung der Personenäquivalentdosis dient.

Mit diesem Teil von ISO 21909 wird versucht, alle passiven Neutronendetektoren zu erfassen, die ganz oder teilweise in dem oben genannten Neutronenenergiebereich als Personendosimeter eingesetzt werden können. Dieser Teil von ISO 21909 konzentriert sich nicht auf eine bestimmte Technik, sondern soll allgemeine Gültigkeit auch für neu entwickelte Verfahren haben. Wo Unterscheidungen erforderlich sind, werden sie so allgemein getroffen wie möglich: Einweg-/wiederverwendbare Dosimeter und photoneneempfindliche Dosimeter. Grundsätzlich sind die Prüfungen der Leistungsfähigkeit nicht auf eine bestimmte Technik abgestimmt, soweit dies nicht absolut erforderlich ist, damit mit diesem Teil von ISO 21909 eine umfassende Einheitlichkeit für die verschiedenen verfügbaren Techniken erreicht wird. Infolgedessen zielt dieser Teil von ISO 21909 auf die Festlegung von Methoden der Leistungsfähigkeitsprüfung ab, um vergleichbare Ergebnisse unabhängig von der benutzten Technik zu erhalten.

Das Hauptziel dieses Teils von ISO 21909 besteht im Erreichen von Übereinstimmungen zwischen den Leistungsprüfungen und Gebrauchsbedingungen am Arbeitsplatz. Dosimetriesysteme, die diesem Teil von ISO 21909 entsprechen, sollen in standardmäßigen Arbeitsplatzumgebungen eine einheitliche Ermittlung der Jahresdosis ermöglichen. Um das angegebene Ziel zu erreichen, müssen in diesem Teil von ISO 21909 verschiedene Situationen von Strahlungseinwirkungen in Bezug auf Dosispegel und Neutronenenergieverteilung berücksichtigt werden.

Normalerweise besteht die jährliche Strahlenbelastung vieler Arbeitnehmer aus der Summe mehrerer niedriger Dosen nahe dem minimalen Registrierwert. Deshalb muss das Dosimeter eindeutig charakterisiert werden, nicht nur für die Messung von relativ hohen Dosen, sondern auch für geringe Dosiswerte um sicherzustellen, dass die Jahresdosis mit einer akzeptablen Unsicherheit erfasst wird. Dieser Teil von ISO 21909 enthält keine Beschreibung der Prüfverfahren im Hinblick auf die Feststellung der Nachweisgrenze durch die Messung des Hintergrundsignals von Dosimetern, wenn keine Bestrahlung stattfindet. Doch müssen alle Prüfungen, die auf die Bestimmung der dosimetrischen Leistungsdaten des Systems (Variationskoeffizient und Linearität, Energie- und Winkelabhängigkeit) ausgerichtet sind, bei zwei Dosispegeln durchgeführt werden, bei etwa 1 mSv und nahe dem minimalen Erfassungswert. Die bei diesen beiden Dosispegeln angewendeten Kriterien können unterschiedlich sein. Damit soll sichergestellt werden, dass die Dosimetriesysteme an die Dosisbereiche angepasst sind, die üblicherweise an den Arbeitsplätzen auftreten.

Anders ausgedrückt: Das Hauptziel dieses Teils von ISO 21909 besteht darin, sicherzustellen, dass ein Dosimeter für den Einsatz an den meisten Arbeitsplätzen eine ausreichende Zuverlässigkeit besitzt. Charakteristika für die Neutronenreferenzstrahlung und Methoden für die ordnungsgemäße Kalibrierung der Dosimeter sind in ISO 8529 (alle Teile), ISO 12789-1 und ISO 29661 beschrieben. Die mittleren Energien der Äquivalentdosisverteilung der häufigsten Referenzstrahlungen (z. B. von den Neutronenquellen $^{241}\text{Am-Be}$ oder ^{252}Cf), wie sie für die Kalibrierung benutzt werden, liegen üblicherweise höher als die an den

Arbeitsplätzen auftretenden Dosispegel. Insbesondere muss die Leistungsfähigkeit von Dosimetern bei Energien zwischen einigen zig und einigen hundert keV bestimmt werden, damit unter den meisten Arbeitsplatzbedingungen ein gutes Ansprechverhalten sichergestellt ist. Dafür werden in diesem Teil von ISO 21909 Leistungsprüfungen mit monoenergetischen Neutronenfeldern niedriger Energien vorgeschrieben.

Für Prüfungen der Leistungsfähigkeit, die auf die Beschreibung der Stabilität der dosimetrischen Leistungsdaten von Dosimetriesystemen unter realistischen Anwendungsbedingungen der Dosimeter (Einfluss von Empfindlichkeitsrückgang, Alterung, anderer als Neutronenstrahlung, raue klimatische Bedingungen, Lichteinfall, mechanische Beschädigung und Abdichtung) ausgerichtet sind, wird die Verwendung lediglich einer Neutronenquelle (z. B. $^{241}\text{Am-Be}$ oder ^{252}Cf) als ausreichend erachtet.

Dieser Teil von ISO 21909 beschreibt keine Leistungsprüfungen, die der Ermittlung eines Leistungsabfalls aufgrund folgender Umstände dienen:

- immanente zeitliche Schwankung der Qualität des vom Hersteller gelieferten Dosimeters;
- immanente zeitliche Schwankung der vorbereitenden Behandlung (vor der Bestrahlung und/oder vor dem Auslesen), soweit zutreffend;
- immanente zeitliche Schwankung des Ausleseprozesses;
- Verschlechterung aufgrund von Umgebungseinflüssen auf die vorbereitende Behandlung, soweit zutreffend;
- Verschlechterung aufgrund von Umgebungseinflüssen auf den Ableseprozess.

Um jedoch die Stabilität des Dosimetriesystems sicherzustellen, ist es erforderlich, dass vom Prüflabor die potenzielle Verschlechterung bewertet und/oder die entsprechenden Prozessregler justiert werden.

Um Dosimetriesysteme zu berücksichtigen, deren Energie- und Winkelabhängigkeit des Ansprechverhaltens nicht den Anforderungen dieses Teils von ISO 21909 entsprechen, wird zur Vervollständigung dieses Teils von ISO 21909 ein weiteres Dokument benötigt, in dem spezielle ergänzende Empfehlungen enthalten sind^{N1)}. In diesem Falle ist eine Untersuchung am Arbeitsplatz, an dem das betreffende Dosimeter eingesetzt wird, erforderlich, um alle in diesem Teil von ISO 21909 geforderten Prüfungen durchzuführen. In diesem neuen Teil werden Empfehlungen enthalten sein, mit denen Dosimetriesysteme am jeweiligen Einsatzort genau zu bestimmen sind und die somit eine methodische Vorgehensweise darstellen. Selbst wenn das Dosimetriesystem die Anforderungen dieses Teils von ISO 21909 erfüllt, kann es dennoch wünschenswert sein, eine ähnliche Untersuchung am Arbeitsplatz vorzunehmen (das wird Thema eines zukünftigen Teils von ISO 21909 sein^{N1)}).

Dieser Teil von ISO 21909 muss in der Zukunft ebenfalls um einen weiteren Teil für die Umgebungsäquivalentdosis $H^*(10)$ für die Umgebungs- und Umweltdosimetrie erweitert werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 21909 enthält Leistungs- und Prüfanforderungen zur Feststellung der Eignung von Neutronendosimetriesystemen für die Messung der Personenäquivalentdosis $H_p(10)$ von Neutronenstrahlung im Energiebereich von thermischer Energie bis 20 MeV¹. Bei der Beschreibung der Prüfverfahren wird nicht unterschieden zwischen den verschiedenen auf dem Markt verfügbaren Techniken. Nur allgemeine Unterscheidungen wie z. B. Einwegdosimeter oder wiederverwendbare Dosimeter werden getroffen. Dieser Teil von ISO 21909 enthält Informationen für die Teilkörperdosimetrie auf der Grundlage der in [Anhang A](#) des ICRU-Berichts 66 gegebenen Empfehlungen.

^{N1)} Nationale Fußnote: Gemeint ist das Projekt ISO 21909-2.

¹ Diese Höchstgrenze des Energiebereichs gibt nur die Größenordnung an. Die für die Leistungsprüfungen benutzten Referenzstrahlungsfelder entsprechen der Definition in ISO 8529-1, was bedeutet, dass die maximalen Energien bei nur 14,8 MeV oder 19 MeV liegen können. Die vorliegende Norm enthält Leistungsanforderungen bis 14,8 MeV der bei Fusion auftretenden typischen Neutronenenergie. Bei Spaltungsspektren liegen die höchsten Energien bei etwa 20 MeV, doch ist der Beitrag von Neutronen mit höheren Energien als 14,8 MeV zur Äquivalentdosis vernachlässigbar.

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 29661, *Reference radiation fields for radiation protection – Definitions and fundamental concepts*

ISO 8529-1:2001, *Reference neutron radiations – Part 1: Characteristics and methods of production*

ISO 8529-2, *Reference neutron radiations – Part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field*

ISO 8529-3, *Reference neutron radiations – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of response as a function of energy and angle of incidence*

ISO 12789-1, *Reference radiation fields – Simulated workplace neutron fields – Part 1: Characteristics and methods of production*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Alterung

(en: ageing)

zeitliche Änderung der physikalischen, chemischen oder elektrischen Eigenschaften eines Bauteils oder Moduls unter spezifizierten Betriebsbedingungen, die zu einer Verschlechterung der signifikanten Leistungsmerkmale führen können

[QUELLE: IEC 60050-393:2007, 393-18-41]

3.1.2

Detektor

Strahlungsdetektor

(en: detector, radiation detector)

Gerät oder Substanz zur Umwandlung der einfallenden ionisierenden Strahlungsenergie in ein für die Anzeige und/oder Messung geeignetes Signal

[QUELLE: IEC 60050-394:2007, 394-24-01, modifiziert – der Begriff „Detektor“ wurde als bevorzugte Bezeichnung hinzugefügt]

3.1.3

Fading

(en: fading)

Verringerung des Signals unter bestimmten Bedingungen wie Lagerung, Transport, Feuchtigkeit oder Temperaturänderung

[QUELLE: IEC 60050-393:2007, 393-38-54]

3.1.4

Dosimeter

(en: dosemeter, dosimeter)

Gerät mit einem reproduzierbaren, messbaren Ansprechverhalten auf Strahlung, das zur Messung der absorbierten Dosis (3.2.1) oder der Äquivalentdosis (3.2.3) in einem gegebenen System benutzt werden kann

[QUELLE: ISO 12749-2:2013, 5.5]

3.1.5

Personendosimeter

(en: **personal dosimeter**)

Dosimeter, das von einer Person getragen wird, um die erhaltene Personenäquivalentdosis zu ermitteln

[QUELLE: IEC 60050-394:2007, 394-31-11 modifiziert – die Anmerkungen 1 und 2 wurden entfernt]

3.2 Auf Größen bezogene Begriffe

3.2.1

absorbierte Dosis

(en: **absorbed dose**)

D

Quotient von $d\bar{\epsilon}$ nach dm , wobei $d\bar{\epsilon}$ die mittlere Energie ist, die der Masse dm zugeführt wird:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Maßeinheit der absorbierten Dosis ist Joule je Kilogramm ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$). Die spezielle Bezeichnung für die absorbierte Dosis ist Gray (Gy).

[QUELLE: ICRU 60, 4.2.5]

3.2.2

Qualitätsfaktor

(en: **quality factor**)

Q

Zahl, mit der die *absorbierte Dosis* (D) (3.2.1) multipliziert wird, um die relative biologische Wirksamkeit der Strahlung anzugeben; das Ergebnis ist die Äquivalentdosis (3.2.3)

[QUELLE: ISO 12749-2:2013, 4.1.6.6]

3.2.3

Äquivalentdosis

(en: **dose equivalent**)

H

Produkt aus D und Q an einem Punkt im Gewebe, wobei D die *absorbierte Dosis* (3.2.1) und Q der *Qualitätsfaktor* (3.2.2) für die bestimmte Strahlung an diesem Punkt ist:

$$H = D \times Q$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Maßeinheit der Äquivalentdosis ist Joule je Kilogramm ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$), und die spezielle Bezeichnung ist Sievert (Sv).

[QUELLE: ICRP 103:2007]

3.2.4

ICRU-Kugel

(en: **ICRU sphere**)

Kugel von 30 cm Durchmesser aus einem Material, das dem Gewebe vergleichbare Eigenschaften und eine Dichte von 1 g/cm^3 sowie eine Massenzusammensetzung von 76,2 % Sauerstoff, 11,1 % Kohlenstoff, 10,1 % Wasserstoff und 2,6 % Stickstoff besitzt

[QUELLE: ISO 12749-2:2013, 4.1.6.4, modifiziert]

3.2.5

Fluenz

(en: **fluence**)

Quotient aus dN dividiert durch da , wobei dN die Anzahl der auf eine Kugel mit der Querschnittsfläche da auftreffenden Partikel ist

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

[QUELLE: ISO 8529-1:2001, modifiziert]

3.2.6

Personenäquivalentdosis

(en: personal dose equivalent)

$H_p(d)$

Äquivalentdosis (3.2.3) in weichem Gewebe in einer Tiefe d unter einem spezifizierten Punkt, an dem das Dosimeter am menschlichen Körper getragen wird bzw. an einem Kalibrierphantom befestigt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Maßeinheit der Personenäquivalentdosis ist Joule je Kilogramm ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$), und ihre spezielle Bezeichnung ist Sievert (Sv).

Anmerkung 2 zum Begriff: Der spezifizierte Punkt ergibt sich normalerweise aus der Position, an der das Personendosimeter getragen wird.

[QUELLE ISO 12749-2:2013, 4.1.6.8.3, modifiziert]

3.2.7

Konversionskoeffizient

(en: conversion coefficient)

$h_{p\Phi}(d,E,\alpha)$

Quotient aus der Personenäquivalentdosis $H_p(d)$ und der Neutronenfluenz Φ an einem Punkt im Strahlenfeld, der zur Umwandlung der Neutronenfluenz in die Personenäquivalentdosis in d mm Tiefe im gewebeäquivalenten ICRU-Plattenphantom benutzt wird, wobei E die Energie der einfallenden Neutronen ist, die im Winkel α auf das Phantom auftreffen

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Die Maßeinheit des Konversionskoeffizienten ist $\text{Sv}\cdot\text{m}^2$. Eine allgemein verwendete Einheit des Konversionskoeffizienten ist $\text{pSv}\cdot\text{cm}^2$.

3.3 Auf Kalibrierung und Auswertung bezogene Begriffe

3.3.1

arithmetisches Mittel

(en: arithmetic mean)

$\bar{x}$

Durchschnittswert einer Serie x_i aus n Messungen, der sich aus folgender Gleichung ergibt:

3.3.2

konventioneller Quantitätswert

(en: conventional quantity value)

H^0

Quantitätswert, der gemäß Vereinbarung einer Größe für einen gegebenen Zweck zugeordnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der konventionelle Wert H^0 ist die bestmögliche Abschätzung der zu messenden Größe, ermittelt mit einem Primärstandard oder einem Sekundär- bzw. Arbeitsmessstandard, der auf einen Primärstandard zurückzuführen ist.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.12, modifiziert]

3.3.3

Kalibrierung

(en: calibration)

Maßnahme, die unter bestimmten Bedingungen in einem ersten Schritt eine Relation zwischen den Quantitätswerten mit den durch die Messstandards erzeugten Messunsicherheiten und den zugehörigen Anzeigewerten mit ihren entsprechenden Messunsicherheiten herstellt, und die in einem zweiten Schritt diese Information benutzt, um eine Relation zur Gewinnung eines Messwerts aus einem Anzeigewert festzulegen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kalibrierung kann durch einen Bericht, eine Kalibrierfunktion, ein Kalibrierdiagramm, eine Kalibrierkurve oder eine Kalibriertabelle ausgedrückt werden. In manchen Fällen kann sie durch eine korrigierende Addition oder Multiplikation des Anzeigewerts mit der entsprechenden Messunsicherheit angegeben werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Kalibrierung darf nicht mit der fälschlicherweise als „Selbstkalibrierung“ bezeichneten Justierung eines Messsystems oder mit einer Verifikation einer Kalibrierung verwechselt werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Häufig wird allein der erste Schritt in der obigen Definition als Kalibrierung aufgefasst.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.39]

3.3.4

Kalibrierfaktor

(en: calibration factor)

N

Quotient aus dem *konventionellen Quantitätswert* H^0 (3.3.2) dividiert durch den unter Standardbedingungen gewonnenen Anzeigewert M (3.3.15), der sich aus folgender Gleichung ergibt:

$$N = \frac{H^0}{M}$$

3.3.5

Kalibriergröße

(en: calibration quantity)

physikalische Größe, die zur Kalibrierung des Dosimeters verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Rahmen dieses Teils von ISO 21909 ist die Kalibriergröße die Personenäquivalentdosis $H_p(10)$ in einer Tiefe von 10 mm im gewebeäquivalenten ICRU-Plattenphantom

3.3.6

Stichproben-Standardabweichung

(en: sample standard deviation)

s

Parameter für eine Messreihe x_i aus n Messungen zur Beschreibung der Dispersion nach folgender Gleichung:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Dabei ist

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel der Ergebnisse aus n Messungen

3.3.7

Variationskoeffizient

(en: coefficient of variation)

C

Verhältnis der Standardabweichung s zum arithmetischen Mittel $\bar{x}$ einer Messreihe x_i aus n Messungen nach folgender Gleichung:

$$C = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

[QUELLE: IEC 60050-394, 394-40-14]

3.3.8

Nachweisgrenze

(en: detection threshold)

gemessene minimale Äquivalentdosis, die (bei 95 % Konfidenzniveau) signifikant höher ist als die mittlere Äquivalentdosis einer Stichprobe von unbestrahlten Dosimetern

3.3.9

minimaler Erfassungswert

(en: minimal recording value)

$H_{\min}$

minimal erfasster Dosiswert, d.h. der untere Grenzwert des im Dosimetrielabor definierten Dosisbereichs

Anmerkung 1 zum Begriff: $H_{\min}$ ist logischerweise höchstens gleich oder geringer als die gesetzliche Mindestschwelle des Landes. Abhängig von den nationalen Bestimmungen und je nach Dosimetrielabor ist $H_{\min}$ unterschiedlich: z.B. 0,10 mSv, 0,20 mSv oder 0,30 mSv.

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Teil von ISO 21909 soll $H_{\min}$ einen Maximalwert von 0,3 mSv haben: $H_{\min} \leq 0,3 \text{ mSv}$.

3.3.10

Feldkalibrierung

(en: in-field calibration)

Verfahren zur Kalibrierung von Neutronendosimetern in einem für das jeweilige Arbeitsumfeld repräsentativen Neutronenfeld, für das die Personenäquivalentdosisleistungen oder die Neutronenspektren und die Winkelverteilungen mit angemessenen Methoden bestimmt wurden und somit ausreichend gut bekannt sind

3.3.11

Einflussgröße

(en: influence quantity)

Größe (Parameter), die einen Einfluss auf das Messergebnis hat, ohne das eigentliche Ziel der Messung zu sein

[QUELLE: ISO 8529-3:1998, 3.2.1, modifiziert]

3.3.12

gemessene Äquivalentdosis

(en: measured dose equivalent)

H^M

Produkt aus Anzeigewert M und Kalibrierfaktor N

$$H^M = M \cdot N$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Es können auch komplexere Algorithmen verwendet werden.

3.3.13

Phantom

(en: phantom)

Objekt, das die Streuungs- und Absorptionseigenschaften des menschlichen Körpers bei einer gegebenen ionisierenden Strahlung simuliert

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Kalibrierungen im Hinblick auf den Ganzkörperschutz wird das wasseräquivalente ISO-Plattenphantom verwendet. Es besteht aus Wänden aus Polymethylmethacrylat (PMMA) (Vorderwand 2,5 mm dick, andere Wände 10 mm dick) mit den Außenabmessungen 30 cm x 30 cm x 15 cm und ist mit Wasser gefüllt.

Anmerkung 2 zum Begriff: In Ausnahmefällen mit sehr uneinheitlicher Bestrahlung kann für die Dosimetrie der Strahlenbelastung von Extremitäten die im ICRU-Bericht 66 beschriebene Methode angewendet werden. Deshalb kann ein Säulen- oder Stabphantom eingesetzt werden.

[QUELLE: ISO 12749-2, 4.1.6.1 modifiziert – Anmerkungen 1 und 2 hinzugefügt.]

3.3.14

Auslesen

(en: read out)

Methode zur Feststellung des Anzeigewerts eines Detektor- oder Dosimeterlesegeräts

3.3.15

Anzeigewert

(en: reading)

M

quantitative Anzeige eines ausgelesenen Detektors oder Dosimeters, die gewöhnlich korrigiert wird für Hintergrund, Alterung, Fading oder Nichtlinearität des Prozesses bzw. des Auslesesystems

3.3.16

Referenzbedingungen

(en: reference conditions)

Gruppe von Einflussgrößen, für die der Kalibrierfaktor ohne jede Korrektur gilt

[QUELLE: ISO 8529-3:1998, 3.2.2, modifiziert]

3.3.17

Ansprechverhalten

(en: response)

R

gemessene Äquivalentdosis H^M , dividiert durch den konventionellen Quantitätswert (3.3.2) der Äquivalentdosis H^0 nach folgender Gleichung:

$$R = \frac{H^M}{H^0}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Anzeigewert *M* wird durch Multiplikation mit einem entsprechenden Konversionskoeffizienten oder durch Anwendung eines komplexeren Algorithmus in die Äquivalentdosis H^M umgewandelt.

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Teil von ISO 21909 ist die Höhe der Personenäquivalentdosis: $R = \frac{H_p^M(10)}{H_p^0(10)}$.

Anmerkung 3 zum Begriff: In diesem Teil von ISO 21909 wird der Einfachheit halber H^M gleichgesetzt mit H ($H^M = H$).

Anmerkung 4 zum Begriff: Für die spezifizierten Referenzbedingungen ist das Ansprechverhalten der Kehrwert des Kalibrierfaktors.

Anmerkung 5 zum Begriff: In der Strahlenmesstechnik wird der Begriff Ansprechverhalten (bzw. Ansprechcharakteristik (VIM)) definiert als das Verhältnis des Anzeigewerts *M* am Instrument zum Wert der vom Instrument zu messenden Größe für eine bestimmte Art, Energie und Richtungsverteilung der Strahlung. Um Verwechslungen zu vermeiden, ist es wichtig, die zu messende Größe anzugeben. Beispielsweise ist „Fluenz-Ansprechverhalten“ das Ansprechverhalten in Bezug auf die Fluenz, während das „Äquivalentdosisansprechverhalten“ das Ansprechverhalten in Bezug auf die Äquivalentdosis ist.

[QUELLE: ISO 8529-3:1998, 3.2.10, modifiziert]

3.3.18

Standardprüfbedingungen

(en: standard test conditions)

Bereich der Werte einer Gruppe von Einflussgrößen, innerhalb dessen eine Kalibrierung oder eine Bestimmung des Ansprechverhaltens durchgeführt wird

3.4 Liste der Formelzeichen

Die in diesem Teil von ISO 21909 verwendeten Formelzeichen sind in [Tabelle 1](#) aufgelistet.

Tabelle 1 – Liste der Formelzeichen (1 von 2)

Symbol	Bedeutung	Einheit
C	Variationskoeffizient	-
D	absorbierte Dosis	Gy
$D_{\max}^{\text{Alterung}}$	$T_2 - T_1$	Tage
$D_{\max}^{\text{fading}}$	maximale Lagerungsdauer in Tagen zwischen Bestrahlung und Auslesen	Tage
d	Tiefe im ICRU 4-Element oder im Weichgewebe. Empfohlene Tiefen sind 0,07 mm, 3 mm und 10 mm.	mm
H	Äquivalentdosis	Sv
H_{HD}	Personenäquivalentdosis, deren Wert innerhalb des folgenden Bereichs gewählt wird: $0,8 \text{ mSv} < H_{\text{HD}} < 2 \text{ mSv}$	Sv
H^{M}	gemessene Äquivalentdosis	Sv
$H_{\min}$	minimaler Erfassungswert	Sv
$H_{\text{p}}(d)$	Personenäquivalentdosis in einer Tiefe d	Sv
$H_{\text{p}}(10)$	Personenäquivalentdosis in einer Tiefe von 10 mm	Sv
H_{p}^0	Personenäquivalentdosis des konventionellen Quantitätswerts	Sv
$h_{\text{p}\Phi}(10; E, \alpha)$	Konversionskoeffizient	$\text{Sv} \cdot \text{m}^2$
H^0	konventioneller Quantitätswert (einer Größe)	Sv
H_{neutron}^0	konventioneller Quantitätswert nur für Neutronenbestrahlungen	Sv
H_{photon}^0	konventioneller Quantitätswert nur für Photonenbestrahlungen	Sv
$H^*(10)$	Umgebungsäquivalentdosis in 10 mm Tiefe	Sv
i	Bezeichnung für eine Gruppe, die einer spezifischen Einflussgröße ausgesetzt ist	-
j	Bezeichnung für eine Gruppe, die einem spezifischen Dosimeter aus „ n “ gleichmäßig bestrahlten Dosimetern ausgesetzt ist	-
k	Bezeichnung für eine Gruppe, die einer spezifischen Serie von Bestrahlungen ausgesetzt ist	-
M	Anzeigewert	Sv
N	Kalibrierfaktor	-
n	Anzahl der gleichmäßig bestrahlten Dosimeter einer Gruppe	-
Q	Qualitätsfaktor	-
R	Ansprechverhalten	-
R^0	Referenzverhalten	-
r	zulässiger Wert	-
$r_{\max}$	maximal zulässiger Wert	-
$r_{\min}$	minimal zulässiger Wert	-
s	Stichproben-Standardabweichung (experimentell)	-

Tabelle 1 (2 von 2)

Symbol	Bedeutung	Einheit
T_1	minimale Zeitspanne zwischen dem Herstellungsdatum eines Einwegdosimeters bzw. dem Datum der Rückstellung eines wiederverwendbaren Dosimeters und dem ersten Tag der möglichen Bestrahlung	Tage
T_2	maximale Zeitspanne zwischen dem Herstellungsdatum eines Einwegdosimeters bzw. dem Datum der Rückstellung eines wiederverwendbaren Dosimeters und dem letzten Tag der möglichen Bestrahlung	Tage
t_{n-1}	Student-t-Verteilung für n Messungen	-
U	erweiterte Unsicherheit	-
U^0	erweiterte Unsicherheit der konventionellen Quantitätswerte	-
ϕ	Fluenz	m^{-2}
$\bar{x}$	arithmetisches Mittel	-

In diesem Teil von ISO 21909 werden SI-Einheiten verwendet. Jedoch werden für Zeit und Energie die folgenden praxisnahen Maßeinheiten benutzt, wenn dies erforderlich ist:

- Tage (d) und Stunden (h) für die Zeit;
- Elektronenvolt (eV), wobei $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Die SI-Einheit für die Äquivalentdosis ist $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, doch ist die in der Biologie benutzte Bezeichnung für die Maßeinheit der Äquivalentdosis Sievert (Sv).

4 Allgemeine Prüfbedingungen

4.1 Prüfbedingungen

Alle Prüfungen müssen unter Standardprüfbedingungen (siehe [Anhang B](#)) durchgeführt werden, soweit nichts anderes angegeben ist. Die tatsächlich vorherrschenden Bedingungen sind im Prüfbericht zu vermerken. Während einer Messreihe dürfen bei diesen Bedingungen keine starken oder schnellen Änderungen auftreten.

4.2 Referenzstrahlung

Es müssen die in ISO 8529-1 definierten Referenzstrahlenfelder benutzt werden. Die auf die Charakterisierung der wesentlichen Eigenschaften des Dosimetriesystems (Variationskoeffizient, Linearität, Energie- und Winkelabhängigkeit) ausgerichteten Leistungsprüfungen müssen bei unterschiedlichen Energieverteilungen (z. B. von Neutronenquellen $^{241}\text{Am-Be}$ oder ^{252}Cf , monoenergetischen Feldern unterschiedlicher Energien) durchgeführt werden. Für die auf Veränderungen der charakteristischen Eigenschaften aufgrund interner oder externer Bedingungen (Fading, Einfluss von Photonen usw.) ausgerichteten Leistungsprüfungen ist es ausreichend, lediglich ein Neutronenfeld (z. B. von einer $^{241}\text{Am-Be}$ - oder ^{252}Cf -Neutronenquelle) zu verwenden. Informationen über Bestrahlungsbedingungen sind in [Anhang C](#) enthalten.

Darüber hinaus ist in [Anhang A](#) ein Abschnitt speziell über die Teilkörperdosimetrie enthalten.

ANMERKUNG 1 Prüfungen unter Verwendung simulierter Arbeitsplatz-Neutronenfelder, wie sie in ISO 12789-1 definiert sind, werden aufgrund der sehr begrenzten Verfügbarkeit von Einrichtungen, die solche Feldern bereitstellen können, nicht durchgeführt.

ANMERKUNG 2 Bei Kalibriersystemen, die mit Feldkalibrierung (innerhalb eines Feldes) kalibriert werden, können manche der Prüfungen ebenfalls in diesen Feldern vorgenommen werden. Siehe [Anhänge C](#) und [D](#).