

DIN ISO 21909-2
(VDE 0492-3-909-2)
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

ICS 17.240

Einsprüche bis 2019-07-31

Entwurf

**Passive Dosimetriesysteme für Neutronenstrahlung –
Teil 2: Verfahren und Kriterien für die Qualifizierung von
Personendosimetriesystemen an Arbeitsplätzen
(ISO/CD 21909-2:2019);
Text Deutsch und Englisch**

Passive neutron dosimetry systems –
Part 2: Methodology and criteria for the qualification of personal dosimetry systems in
workplaces
(ISO/CD 21909-2:2019);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-05-31 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, 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 63 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort.....	4
Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
3.1 Allgemeine Begriffe (muss noch angepasst werden).....	8
3.2 Größen.....	9
3.3 Auf Kalibrierung und Auswertung bezogene Begriffe	11
3.4 Liste der Symbole.....	15
4 Situationen, die die Qualifizierung an Arbeitsplätzen erfordern	17
5 Anforderungen an die Qualifikation bezüglich der Klima-Bedingungen an Arbeitsplätzen	17
6 Allgemeine Anforderungen	17
7 Methodiken und Kriterien zur Qualifizierung des Personendosimetriesystems an einem bestimmten Arbeitsplatz	19
7.1 Zu berücksichtigende Empfehlungen zum Arbeitsplatz	19
7.2 Einheitliche Kalibrierung für mehrere Arbeitsplätze	19
7.3 Qualifizierung am Arbeitsplatz.....	20
8 Methodiken zur Charakterisierung des Arbeitsplatzfeldes	21
8.1 Einleitung.....	21
8.2 Bestimmung der Energie und der Richtungsverteilung der Neutronenfluenz	22
8.3 Bestimmung des Referenzwertes von $H_p(10)$	22
8.4 Aus Informationen aus der Literatur	23
Anhang A (informativ) Bestimmung der Neutronen-Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ – Praxisbeispiele	25
A.1 Allgemeines	25
A.2 Vollständige Charakterisierung des Arbeitsplatzfeldes	25
A.3 Bestimmung von $H^*(10)$ und der einfachen Richtungsverteilung	26
A.3.1 Einleitung.....	26
A.3.2 Gerichtetes Neutronenfeld	27
A.3.3 Komplexes Neutronenfeld	28
A.4 Einkugel-Methode.....	30
A.4.1 Beschreibung des Verfahrens	30
A.4.2 Unsicherheit der Methode: Allgemeine Aspekte	31

A.5	Verwendung eines Referenz-Neutronen-Personendosimeters mit $H_p(10)$ -Anzeige	31
A.6	Informationen aus der Literatur	31
	Literaturhinweise	33

Bilder

Bild 1	– Verhältnis der Fluenz-zu-Personendosis-Konversionskoeffizienten $h_p(10, \alpha)$ und Fluenz-zu-Umgebungs-Äquivalentdosis-Konversionskoeffizienten $h^*(10)$ für Neutronen in Abhängigkeit von der Neutronenenergie und für verschiedene Winkel α	27
Bild 2	– Position der Dosimeter auf dem PMMA-Phantom	29

Tabellen

Tabelle 1	– Liste der Symbole (muss noch angepasst werden)	16
Tabelle 2	– Endgültige Leistungsanforderungen an die Dosimetriesysteme	21
Tabelle A.1	– Verhältnisse $H_p(10)/H^*(10)$, wie sie an den im EVIDOS-Projekt untersuchten Arbeitsplätzen für verschiedene Richtungen ermittelt wurden (Zahlenwerte aus Bild 10 der Literaturstelle [5])	26
Tabelle A.2	– Werte von R_1 in Abhängigkeit von der Neutronenenergie – Zur Information wird der Wert von R für das Hauptneutronenfeld von 0° und 15° auch in Abhängigkeit von der Neutronenenergie angegeben.	28
Tabelle A.3	– Neutronenverhältnisse von Albedo-Dosimetern [?] an gegenüberliegenden Positionen auf der Polyethylenkugel mit $H_{n,A}(0^\circ)$: Ablesung des Albedo-Dosimeters in Richtung der Haupteinfallrichtung, $H_{n,A}(90^\circ)$: Mittelwert der Messwerte des linken und rechten Albedo-Dosimeters und $H_{n,A}(180^\circ)$: Ablesung des Albedo-Dosimeters auf der Rückseite	31
Tabelle A.4	– Anwendungsbereiche für Albedo-Dosimeter nach Piesch und Burgkhardt	32

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/CD 21909-2 „Passive neutron dosimetry systems – Part 2: Methodology and criteria for the qualification of personal dosimetry systems in workplaces“ ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 2 „Radiological protection“ des TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet.

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 DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) 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.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

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

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen, sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*, Unterkomitee SC 2, *Radiological protection*, erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 21909 kann auf der ISO-Internetseite abgerufen werden.

Einleitung

ISO 21909-1 [1] enthält Leistungs- und Prüfanforderungen für passive Dosimetriesysteme, die zur Bestimmung der Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ in Neutronenfeldern mit Energien im Bereich von thermischer Energie bis etwa 20 MeV verwendet werden. Bei der Beschreibung der Prüfungen wird kein Unterschied zwischen den verschiedenen auf dem Markt verfügbaren Techniken gemacht. ISO 21909 zielt darauf ab, alle passiven Neutronendetektoren abzudecken, die als Personendosimeter in Teilen oder im gesamten oben genannten Neutronenenergiebereich verwendet werden können.

Das Hauptziel der ISO 21909-1 ist es, eine Übereinstimmung zwischen Leistungsprüfung und Einsatzbedingungen am Arbeitsplatz zu erreichen. Dosimetriesysteme, die vollständig der ISO 21909 entsprechen, sollten eine konsistente Dosimetrie in Arbeitsumgebungen ermöglichen, ohne dass genaue Informationen über die Eigenschaften der Strahlungsfelder (Neutronenenergieverteilung, Richtungsverteilung, ...) erforderlich sind.

Dieses Dokument befasst sich mit Dosimetriesystemen, die aufgrund der Energie- und Richtungsabhängigkeit ihres Ansprechvermögens nicht alle Anforderungen von ISO 21909-1 erfüllen, aber in der Lage sind, an ausgewählten Arbeitsplätzen eine konsistente und zuverlässige Dosimetrie sicherzustellen. In diesem Fall ist eine spezifische Studie über den Arbeitsplatz, an dem die Dosimetriesysteme verwendet werden, erforderlich, um nachzuweisen, dass die Dosimetriesysteme für den verwendeten Arbeitsplatz geeignet sind, und, falls erforderlich, um die geeigneten Korrekturen festzulegen, die anzuwenden sind. Dieses Dokument enthält Empfehlungen zur Durchführung dieses Nachweises und damit zur Qualifizierung des Dosimetriesystems am Arbeitsplatz.

Auch wenn Studien zur Qualifizierung des Dosimetriesystems an bestimmten Arbeitsplätzen durchgeführt werden, muss die Personendosis-Messstelle (IMS) (en: Individual Monitoring Service) alle erforderlichen Prüfungen durchführen und alle in ISO 21909-1 [1] spezifizierten Kriterien erfüllen, mit Ausnahme der Prüfungen bezüglich der Energie- und Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens. Dieses Dokument legt fest, welche Prüfungen der ISO 21909-1 bezüglich der Energie- und Winkelabhängigkeit bei welchen Dosiswerten durchgeführt werden müssen, und welche Kriterien dabei erfüllt sein müssen. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass es selbst dann, wenn das Dosimetrie-System die Anforderungen der ISO 21909-1 erfüllt, wünschenswert sein kann, eine ähnliche Studie am Arbeitsplatz durchzuführen, um die Leistung der Neutronendosimeter zu verbessern. Es wird auch darauf hingewiesen, dass diese Empfehlungen nicht nur für die passive Dosimetrie von Interesse sind.

Alle Schätzungen der Unsicherheiten in diesem Dokument erfolgen in Übereinstimmung mit dem GUM [2]. Darüber hinaus sind in diesem Dokument alle Unsicherheiten für einen Erweiterungsfaktor $k = 2$ angegeben.

Passive Dosimetriesysteme für Neutronenstrahlung – Teil 2: Verfahren und Kriterien für die Qualifizierung von Personendosimetriesystemen an Arbeitsplätzen

1 Anwendungsbereich

Eine arbeitsplatzspezifische Qualifizierung oder Korrektur des Dosimeters ist nicht erforderlich, wenn das Dosimetriesystem die Anforderungen der ISO 21909-1 erfüllt. Die in diesem Dokument beschriebenen Methoden können jedoch verwendet werden, um die Qualität der Personendosis-Überwachung an bestimmten Arbeitsbereichen für alle Dosimeter zu verbessern.

Nach ISO 21909-1 muss die Personendosis-Messstelle (IMS) in ihrer Dokumentation den Energiebereich, für den das Dosimeter geeignet ist (wie in ISO 21909-1 beschrieben), eindeutig angeben.

Dieses Dokument stellt Methodik und Kriterien zur Qualifizierung des Dosimetriesystems an Arbeitsplätzen zur Verfügung, insbesondere für Systeme, die die in ISO 21909-1 beschriebenen Kriterien hinsichtlich Energie- und Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens nicht erfüllen. Das bedeutet, dass dieses Dokument systematisch verwendet werden muss, um ein Dosimetriesystem an Arbeitsplätzen zu qualifizieren, dass die Kriterien der ISO 21909-1 bezüglich Energie- und Winkelabhängigkeit nicht erfüllt. Dieses Dokument kann aber auch auf eine andere Situation ausgedehnt werden: um ein nicht perfektes Verhalten des Dosimetriesystems in Abhängigkeit von der Temperatur oder Luftfeuchtigkeit zu lösen.

Dieses Dokument beschreibt Techniken zur Bestimmung der Eigenschaften von Arbeitsplatzfeldern, Methodiken und Kriterien, um nachzuweisen, dass das Dosimetriesystem für die spezifischen Arbeitsplatzfelder geeignet ist, und, falls erforderlich, Methodiken zur Bestimmung der anzuwendenden geeigneten Korrekturen.

Dieses Dokument ist in zwei Themenbereiche unterteilt:

- Methodiken und Kriterien zur Qualifizierung des Personendosimetriesystems am Arbeitsplatz,
- Methodiken zur Charakterisierung des Arbeitsplatzfeldes.

Es richtet sich an alle Interessengruppen, die beteiligt sind: Personendosis-Messstellen (IMSs), Akkreditierungs- oder Regulierungsstellen, Nutzer, ...

Der Anbieter des Dosimetriesystems muss die Ergebnisse der Bauartprüfung nach ISO 21909-1 zur Verfügung stellen.

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).

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

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

ISO 12749-2:2013, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection – Vocabulary – Part 2: Radiological protection*

ISO 29661:2012, *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 8529-2:2000, *Reference neutron radiations – Part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field*

ISO 8529-3:1998, *Reference neutron radiations – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of energy and angle of incidence*

IEC 62387:2012, *Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation*

ISO 12789-1:2008, *Reference radiation fields – Simulated workplace neutron fields – Part 1: Characteristics and methods of production*

ISO 12789-2:2008, *Reference radiation fields – Simulated workplace neutron fields – Part 2: Calibration fundamentals related to the basic quantities*

JCGM 100:2008, *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement*

VIM, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms*
JCGM 200:2008

ICRU Report 66, *Determination of Operational Dose Equivalent Quantities for Neutrons*, International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, ISSN 1473-6691, 2001

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:

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

3.1 Allgemeine Begriffe (muss noch angepasst werden)

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 60050-395:2014, 395-07-100]

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 erste 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 Ansprechvermögen auf Strahlung, das zur Messung der Energiedosis (3.2.1) oder der Mess-Äquivalentdosis (3.2.3) in einem gegebenen System benutzt werden kann

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

3.1.5

Personendosimeter

(en: personal dosemeter)

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

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

3.1.6

Personendosis-Messstelle

(en: Individual Monitoring Service (IMS))

Organisation, die ein Personendosimetriesystem betreibt, und die die Ermittlung der Anzeige der Dosimeter nach ihrer Verwendung durchführt und die folgendes umfassen kann:

- Ausstattung der Anwender mit Dosimetern;
- Aufzeichnung der Ergebnisse;
- Bericht der Ergebnisse an die Anwender.

3.1.7

Dosimetriesystem

(en: dosimetry system)

System zur Messung der Energiedosis, bestehend aus Dosimetern, Messgeräten und den zugehörigen Referenznormalen, sowie Verfahren zur Verwendung des Systems.

[QUELLE: ISO 12749-4:2015(en), 3.1.3]

3.2 Größen

3.2.1

Energiedosis

D

(en: absorbed dose)

Quotient von $d\bar{\epsilon}$ durch dm , wobei $d\bar{\epsilon}$ die mittlere Energie ist, die auf die Masse dm übertragen wird:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm} \quad (1)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der Energiedosis ist Joule durch Kilogramm ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$). Der spezielle Name für die Energiedosis ist Gray (Gy).

[QUELLE: ICRU 60, 4.2.5]

3.2.2

Qualitätsfaktor

Q

(en: quality factor)

Zahl, mit der die **Energiedosis** (D) (3.2.1) multipliziert wird, um die relative biologische Wirksamkeit der Strahlung zu berücksichtigen; das Ergebnis ist die Mess-Äquivalentdosis (3.2.3)

[QUELLE: ISO 12749-2:2013, 4.1.6.5]

3.2.3

Mess-Äquivalentdosis

H

(en: dose equivalent)

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

$$H = D \cdot Q \quad (2)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der Mess-Äquivalentdosis ist Joule durch 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)

kugelförmiges Phantom mit 30 cm Durchmesser aus gewebeäquivalentem Material mit einer Dichte von 1 g/cm^3 sowie einer Massenzusammensetzung von 76,2 % Sauerstoff, 11,1 % Kohlenstoff, 10,1 % Wasserstoff und 2,6 % Stickstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Phantom wird nur für die Berechnung der Konversionskoeffizienten zur Umgebungs- oder Richtungs-Äquivalentdosis verwendet und nicht für die Kalibrierung von Dosimetern.

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

3.2.5

Neutronenfluenz

ϕ

(en: neutron fluence)

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

$$\phi = \frac{dN}{da} \quad (3)$$

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

[QUELLE: ISO 8529-1:2001]

3.2.6

Energie- und Richtungsverteilung der Neutronenfluenz

$\Phi_{E,\Omega}$

(en: energy and direction distribution of the neutron fluence)

Quotient aus $d\phi$ durch dE und $d\Omega$, wobei $d\phi$ die Fluenz von Teilchen mit einer Energie zwischen E und $E + dE$ ist, die sich innerhalb eines Raumwinkels $d\Omega$ um eine bestimmte Richtung Ω ausbreiten, ausgedrückt als:

$$\varphi_{E,\phi} = \frac{d^2\phi}{dE d\Omega} \quad \text{N1}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die SI-Einheit der Energie- und Richtungsverteilung der (Teilchen)fluenz ist $\text{m}^{-2} \cdot \text{J}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$; eine häufig verwendete Einheit ist $(\text{cm}^{-2} \cdot \text{MeV}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1})$.

N1 Nationale Fußnote: Ab hier fehlerhafte Benummerung der Gleichungen, allerdings entsprechend dem ISO-Entwurf.

3.2.7

Tiefen-Personendosis

$H_p(10)$

(en: personal dose equivalent at 10 mm depth)

Mess-Äquivalentdosis (3.2.3) in Weichteilgewebe in 10 mm Tiefe unterhalb eines spezifizierten Punkts, an dem das Dosimeter am menschlichen Körper getragen wird bzw. an einem Kalibrierphantom befestigt ist

[QUELLE ICRP 103:2007]

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der Tiefen-Personendosis ist Joule durch Kilogramm ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$), und ihr spezieller Name 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]

3.2.8

Neutronenfluenz-zu-Personendosis-Konversionskoeffizient

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

(en: neutron fluence-to-personal-dose-equivalent conversion coefficient)

Quotient aus Personendosis $H_p(d)$ durch Neutronenfluenz Φ an einem Punkt im von bestrahlten Objekt ungestörten Strahlungsfeld, der zur Umwandlung der Neutronenfluenz in die Personendosis in d mm Tiefe im gewebeäquivalenten ICRU-Quaderphantom benutzt wird, wobei E die Energie der einfallenden Neutronen ist, die im Winkel α auf das Phantom auftreffen

$$h_{p\Phi}(d; E; \alpha) = \frac{H_p(d)}{\Phi_{E, \Omega}}$$

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

3.2.9

Umgebungs-Äquivalentdosis

$H^*(10)$

(en: ambient dose equivalent at 10 mm depth)

Mess-Äquivalentdosis an einem Punkt in einem Strahlungsfeld, die in dem entsprechenden ausgerichteten und aufgeweiteten Strahlungsfeld in der ICRU-Kugel in einer Tiefe von 10 mm auf einer dem ausgerichteten Strahlungsfeld entgegengerichteten radialen Geraden erzeugt würde

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der Umgebungs-Äquivalentdosis ist Joule mal dem Kehrwert von Kilogramm ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$) mit dem speziellen Namen Sievert (Sv).

[QUELLE: ISO 12789-2:2008]

3.3 Auf Kalibrierung und Auswertung bezogene Begriffe

3.3.1

arithmetischer Mittelwert

$\bar{x}$

(en: arithmetic mean)

Mittelwert einer Serie von n Messungen, x_i , der sich nach folgender Gleichung ergibt:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

3.3.2

vereinbarter Wert

H^0

(en: conventional quantity value)

Größenwert, der durch Vereinbarung einer Größe für einen vorgegebenen Zweck zugewiesen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der konventionelle Wert H^0 ist der bestmögliche Schätzwert der zu messenden Größe, ermittelt mit einem Primärnormal oder einem Sekundär- oder Arbeitsnormal, das auf ein Primärnormal rückführbar ist.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.39^{N2}]

3.3.3

Kalibrierung

(en: calibration)

Tätigkeit, die unter festgelegten Bedingungen in einem ersten Schritt eine Beziehung zwischen den durch Normale zur Verfügung gestellten Größenwerten mit ihren Messunsicherheiten und den entsprechenden Anzeigen mit ihren beigeordneten Messunsicherheiten herstellt und in einem zweiten Schritt diese Information verwendet, um eine Beziehung herzustellen, mit deren Hilfe ein Messergebnis aus einer Anzeige erhalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Ergebnis einer Kalibrierung kann in Form einer Angabe, einer Kalibrierfunktion, eines Kalibrierdiagramms, einer Kalibrierkurve oder einer Kalibriertabelle ausgedrückt werden. In einigen Fällen kann sie aus einer additiven oder multiplikativen Korrektur der Anzeige mit der beigeordneten Messunsicherheit bestehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Kalibrierung sollte nicht mit Justierung eines Messsystems verwechselt werden, das oft fälschlicherweise „Selbst-Kalibrierung“ genannt wird, und auch nicht mit Verifizierung der Kalibrierung.

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

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

3.3.4

Kalibrierfaktor

N

(en: calibration factor)

Quotient aus dem *vereinbarten Wert* H^0 (siehe 3.3.2) dividiert durch den unter Standardprüfbedingungen gewonnenen Anzeigewert M (siehe 3.3.15), der sich nach folgender Gleichung ergibt:

$$N = \frac{H^0}{M} \quad (4)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Familie von Kalibrierfaktoren, die mittels mathematischer Funktionen ausgedrückt wird, wird als Kalibrierfunktionen bezeichnet, die auf die unkorrigierten Messwerte angewendet werden, um die dosimetrischen Ergebnisse zu erhalten. Es können mehrere verschiedene Kalibrierfunktionen für das gleiche Dosimetriesystem definiert und möglicherweise für unterschiedliche Expositionsbedingungen verwendet werden.

3.3.5

Kalibriergröße

(en: calibration quantity)

physikalische Größe, die zur Kalibrierung des Dosimeters verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Rahmen dieses Dokuments ist die Kalibriergröße die Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ im gewebeäquivalenten ICRU-Quaderphantom

^{N2} Nationale Fußnote: Richtig ist 2.12.

3.3.6

Stichproben-Standardabweichung

s

(en: sample standard deviation)

Parameter zur Beschreibung der Verteilung für eine Serie von n Messungen, x_i , und gegeben durch folgende Gleichung:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

Dabei ist

$\bar{x}$ der arithmetische Mittelwert der Ergebnisse der n Messungen

3.3.7

Variationskoeffizient

C

(en: coefficient of variation)

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

$$C = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

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

3.3.8

Nachweisgrenze

(en: detection threshold)

Minimaler Messwert für die Mess-Äquivalentdosis, der (bei 95 % Vertrauensniveau) signifikant höher ist als die mittlere Mess-Äquivalentdosis einer Stichprobe von unbestrahlten Dosimetern

3.3.9

minimaler Erfassungswert

$H_{\min}$

(en: minimal recording value)

minimal erfasster Dosiswert, d.h. die untere Grenze des vom Dosimetrielabor definierten Dosismessbereichs

Anmerkung 1 zum Begriff: $H_{\min}$ sollte logischerweise höchstens gleich oder geringer als die gesetzliche Nachweisgrenze des jeweiligen Landes sein. 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 Dokument darf der Wert von $H_{\min}$ maximal 0,3 mSv betragen: $H_{\min} \leq 0,3$ mSv.

3.3.10

Feldkalibrierung

(en: field calibration)

Verfahren zur Kalibrierung von Neutronendosimetern in einem für das jeweilige Arbeitsplatz-Umfeld repräsentativen Neutronenfeld, für das die Personendosisleistungen oder die Neutronenenergie und die Winkelverteilungen mit angemessenen Methoden bestimmt wurden und somit ausreichend gut bekannt sind

[QUELLE: ISO 21909-1:2015(en), 3.3.10]

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]

3.3.12

gemessene Mess-Äquivalentdosis

H^M

(en: measured dose equivalent)

Produkt aus Anzeigewert M und Kalibrierfaktor N

$$H^M = M \cdot N \quad (8)$$

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

3.3.13

Phantom

(en: phantom)

Objekt, das konstruiert wurde, um die Streuungs- und Absorptionseigenschaften des menschlichen Körpers bei einer gegebenen ionisierenden Strahlung zu simulieren

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

Anmerkung 2 zum Begriff: In Ausnahmefällen mit sehr ungleichförmiger Bestrahlung kann für die Dosimetrie bei Bestrahlung 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)

Verfahren zur Ermittlung des Anzeigewerts eines Auswertegeräts für Detektoren oder Dosimeter

3.3.15

Anzeige

Anzeigewert

M

(en: reading)

quantitative Anzeige eines ausgelesenen Detektors oder Dosimeters, die gewöhnlich bezüglich Untergrund, Alterung, Fading und Nichtlinearität des Prozesses oder des Auslesesystems korrigiert wird

3.3.16

Bezugsbedingungen

(en: reference conditions)

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

[QUELLE: ISO 8529-3:1998]

3.3.17

Mess-Äquivalentdosis-Ansprechvermögen (Abkürzung in diesem Dokument: „Ansprechvermögen“)

R

(en: dose equivalent response (abbreviated form: „response“ in the document))

gemessene Mess-Äquivalentdosis H^M , dividiert durch den vereinbarten Größenwert der Äquivalentdosis H^0 (siehe 3.3.2), nach folgender Gleichung:

$$R = \frac{H^M}{H^0} \quad (9)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Anzeige M wird durch Multiplikation mit einem entsprechenden Konversionskoeffizienten oder durch Anwendung eines komplexeren Algorithmus in die Mess-Äquivalentdosis H^M umgewandelt.

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Dokument ist die Größe die Personendosis: $R = \frac{H_p^M(10)}{H_p^0(10)}$.

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

Anmerkung 4 zum Begriff: Der Kehrwert des Ansprechvermögens unter Bezugsbedingungen ist gleich dem Kalibrierfaktor.

Anmerkung 5 zum Begriff: In der Strahlenmesstechnik wird der Begriff Ansprechvermögen, für diese Anwendung abgekürzt aus „Ansprechcharakteristik (en: response characteristic) (VIM)^{N3}, 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-Ansprechvermögen“ das Ansprechvermögen in Bezug auf die Fluenz, während das „Äquivalentdosisansprechvermögen“ das Ansprechvermögen in Bezug auf die Äquivalentdosis ist.

[QUELLE: ISO 8529-3:1998]

3.3.18

Standardprüfbedingungen

(en: standard test conditions)

Bedingungen, gegeben durch den Bereich der Werte von Einflussgrößen, bei deren eine Kalibrierung oder eine Bestimmung des Ansprechvermögens durchgeführt wird

3.4 Liste der Symbole

Die in diesem Dokument verwendeten Symbole sind in [Tabelle 1](#) aufgelistet.

^{N3} Nationale Fußnote: Im VIM (JCGM 200:2008) gibt es den Begriff „response characteristic“ nicht.

Tabelle 1 – Liste der Symbole (muss noch angepasst werden)

Symbol	Bedeutung	Einheit
α	Einfallswinkel des Strahlungsfeldes	rad
C	Variationskoeffizient	–
d	Tiefe in ICRU 4-Element-Gewebe oder in Weichteilgewebe. Empfohlene Tiefen sind 0,07 mm, 3 mm und 10 mm.	mm
D	Energiedosis	Gy
E	Neutronenenergie	eV
ϕ	Neutronenfluenz	m ⁻²
H	Mess-Äquivalentdosis	Sv
$H^*(10)$	Umgebungs-Äquivalentdosis	Sv
H^0	Vereinbarter Wert (einer Größe)	Sv
H^0_{neutron}	Vereinbarter Größenwert nur für Neutronenbestrahlungen	Sv
H^0_{photon}	Vereinbarter Größenwert nur für Photonenbestrahlungen	Sv
H_{HD}	Personendosis, deren Wert aus dem Bereich $0,8 \text{ mSv} < H_{\text{HD}} < 2 \text{ mSv}$ gewählt wurde	Sv
H^{M}	Messwert der Mess-Äquivalentdosis	Sv
H_{min}	Minimaler Erfassungswert	Sv
$H_p(d)$	Personendosis in der Tiefe d	Sv
$H_p(10)$	Tiefen-Personendosis	Sv
H_p^0	Vereinbarter Wert der Personendosis	Sv
$h_p(d, E, \alpha)^{\text{N4}}$	Neutronenfluenz-zu-Personendosis-Konversionskoeffizient	Sv m ²
N	Kalibrierfaktor	–
Q	Qualitätsfaktor	–
R	Ansprechvermögen bezüglich Mess-Äquivalentdosis	–
R^0	Bezugswert des Ansprechvermögens	–
r	zulässiger Wert	–
r_{max}	maximal zulässiger Wert	–
r_{min}	minimal zulässiger Wert	–
s	Stichproben-Standardabweichung (experimentell)	–
$t_{n,1}$	Student-t-Verteilung für n Messungen	–
U	erweiterte Messunsicherheit	–
U^0	erweiterte Messunsicherheit von vereinbarten Werten	–
$\bar{x}$	arithmetischer Mittelwert	–

^{N4} Nationale Fußnote: Dieser Koeffizient wird nach 3.2.8 mit $h_{p\phi}(d, E, \alpha)$ bezeichnet.

In diesem Dokument 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 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ist.

Die SI-Einheit für die Äquivalentdosis ist $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$, doch der spezielle Name für die Einheit der Äquivalentdosis ist Sievert (Sv).

4 Situationen, die die Qualifizierung an Arbeitsplätzen erfordern

Dieses Dokument zielt darauf ab, Energie- und Winkelprobleme zu behandeln, die durch die ISO 21909-1 aufgeworfen werden können. Die Art und Weise, wie das Dosimetrie-System an einen bestimmten Arbeitsplatz angepasst werden kann und dann trotz der Nichteinhaltung der Energie- und Winkelkriterien der ISO 21909-1 zuverlässige Dosimetrie-Ergebnisse erreicht werden, ist Gegenstand aller folgenden Abschnitte dieses Dokuments (Abschnitt 5 und folgende). Es ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass dieses Dokument auch zur Lösung von nicht perfekten Eigenschaften des Dosimetriesystems hinsichtlich der Abhängigkeit von Temperatur oder Feuchtigkeit verwendet werden kann.

Der Abschnitt 5 beschreibt die Anforderung für die besondere Situation der Nichteinhaltung der ISO 21909-1 bezüglich der Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen. Die anderen Abschnitte des Dokuments beziehen sich ausschließlich auf die Qualifikation des Dosimetriesystems am Arbeitsplatz aufgrund der Nichteinhaltung von Energie- und Winkelprüfungen der ISO 21909-1.

5 Anforderungen an die Qualifikation bezüglich der Klima-Bedingungen an Arbeitsplätzen

Hinsichtlich der Qualifikation zur Lösung von nicht perfekten Eigenschaften des Dosimetriesystems hinsichtlich der Abhängigkeit von Temperatur oder Feuchtigkeit wird daran erinnert, dass in ISO 21909-1 zwei Prüfungen durchzuführen sind, um die Stabilität des Dosimetriesystems in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen zu überprüfen. Es sind einige Kriterien zu erfüllen, um die Auswirkungen auf das Dosis-Ansprechvermögen und die Auswirkungen auf unbestrahlte Dosimeter zu begrenzen, wenn das Dosimetrie-System bei hoher Temperatur und Luftfeuchtigkeit gelagert wird, d.h. bei den Prüfungen für eine 48-stündige Lagerung bei $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ und 90 % relativer Luftfeuchtigkeit.

Durch eine Überwachung der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit kann jedoch nachgewiesen werden, dass der Temperatur- und Feuchtigkeitsbereich für einen bestimmten Arbeitsplatz nicht bis 40°C und 90 % relativer Luftfeuchtigkeit reicht.

In diesem Fall können eine maximale Temperatur und eine maximale relative Luftfeuchtigkeit von weniger als 40°C bzw. 90 % in Abhängigkeit von diesem speziellen Arbeitsplatz definiert werden. Die beiden Prüfungen der ISO 21909-1 müssen dann unter diesen Lagerbedingungen durchgeführt werden, und es müssen die gleichen Kriterien wie die der ISO 21909-1 erfüllt sein.

6 Allgemeine Anforderungen

Die Personendosis-Messstelle sollte den Kunden (verantwortlich für die Überwachung der Arbeitnehmer, d.h. Arbeitgeber, Strahlenschutzverantwortlicher, ...) über den Energie- und Winkelbereich informieren, für den das Dosimeter die Kriterien der ISO 21909-1 NICHT erfüllt. Die Personendosis-Messstelle muss in ihren Unterlagen angeben, dass das Dosimeter nicht „universell“ ist, und dass eine Charakterisierung am Arbeitsplatz, an dem es verwendet wird, erforderlich ist. Die Personendosis-Messstelle muss den Kunden darüber informieren, dass eine Qualifikation des Dosimetriesystems am Arbeitsplatz nach diesem Dokument erforderlich ist, wenn das Dosimeter nicht alle Anforderungen der ISO 21909-1 bezüglich der Energie- und Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens innerhalb der in der Dokumentation des Dosimetriesystems angegebenen Bereiche erfüllt.

Mit dieser Qualifikation soll nachgewiesen werden,

- dass entweder die Nichteinhaltung einiger der in ISO 21909-1 definierten Anforderungen an die Energie- oder Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens für ein bestimmtes Arbeitsplatzfeld nicht zu signifikanten Abweichungen bei der Dosisbestimmung führt; oder,
- dass es der Kalibrierkoeffizient oder die Kalibrierfunktion, die für diesen gezielt untersuchten Arbeitsplatz verwendet werden, ermöglichen, eine korrekte Dosimetrie mit ähnlichen Unsicherheiten durchzuführen, wie sie in ISO 21909-1 gefordert sind.

Die Methoden zur Durchführung dieser Qualifizierung sind in 7.3 beschrieben.

Die Personendosis-Messstelle sollte auch die Schwierigkeit erwähnen, die sich ergibt, wenn der Benutzer des Dosimeters an mehreren verschiedenen Arbeitsplätzen arbeitet. Es gibt einige Konsequenzen für die Art und Weise, wie das Dosimeter verwendet wird. In dem Literaturhinweis [?^{N5}] wurde nachgewiesen, dass die Kalibrierfaktoren ohne Angaben zum Anwendungsbereich um den Faktor 10 variieren können.

In Fällen, in denen die Personendosis-Messstelle nicht für die Durchführung der Qualifikation zuständig ist, muss sie dem Kunden alle Ergebnisse der Charakterisierung nach ISO 21909-1 mitteilen.

In ISO 21909-1 ist ein Ziel der Prüfungen, die Zuverlässigkeit des Dosimetriesystems, insbesondere hinsichtlich der Energie- und Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens, bei verschiedenen Dosiswerten ($H_{\min}$, $H_{\min} + 0,1$ mSv, und bei einer Dosis aus dem Bereich 0,8 mSv bis 2 mSv) zu überprüfen (siehe Tabelle 4 in ISO 21909-1). Eine ähnliche Philosophie wird in diesem Dokument angewendet. Das heißt, es reicht nicht aus, die Energiekorrektionsfaktoren gut an einen bestimmten Arbeitsplatz anzupassen, sondern es ist auch zu überprüfen, ob diese Faktoren bei diesen drei Dosiswerten korrekt sind.

Zunächst muss die Personendosis-Messstelle neben der ergänzenden Demonstration am Arbeitsplatz die Prüfungen bezüglich der Energie- und Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens nach ISO 21909-1 [1] **mindestens** bei der Personendosis $0,8 \text{ mSv} < H_{\text{HD}} < 2 \text{ mSv}$ durchführen. Es sind keine Kriterien einzuhalten, aber die Ergebnisse sind anzugeben, um eine Vorstellung vom Verhalten des Systems zu vermitteln.

Dann sind zwei Lösungen möglich, um mit dem angepassten Kalibrierfaktor ein gutes Verhalten hinsichtlich der Abhängigkeit vom Dosiswert an einem bestimmten Arbeitsplatz nachzuweisen:

- Die Qualifikation wird experimentell durchgeführt (siehe 7.3.3.b), wobei die Messungen bei den drei Dosiswerten durchzuführen sind.
- Kann eine solche Qualifikation am Arbeitsplatz nicht experimentell bei den drei Dosiswerten durchgeführt werden, so hat die Personendosis-Messstelle die Energie- und Winkelprüfungen nach ISO 21909-1 bei den drei Dosiswerten durchzuführen. Sie muss auch nachweisen, dass bei den drei Dosiswerten die gleichen, nur von der Energie abhängigen, Multiplikationsfaktoren bestimmt werden können, um die Kriterien zu erfüllen.

Nach der durchgeführten Qualifikation kann ein Kalibrierkoeffizient oder eine Kalibrierfunktion definiert und angewendet werden. Anschließend müssen einige Überprüfungen durchgeführt werden. Und zwar müssen, wenn ein Dosimetriesystem an einem bestimmten Arbeitsplatz kalibriert ist, alle Prüfungen der ISO 21909-1 mit Ausnahme derjenigen bezüglich der Energie- und Winkelabhängigkeit erneut überprüft werden.

Um die Bedeutung dieser Überprüfung zu veranschaulichen, kann man alle in ISO 21909-1 geforderten Prüfungen für unbestrahlte Dosimeter betrachten. Genauer gesagt, kann das Beispiel der in Abschnitt 8.3 von ISO 21909-1 beschriebenen Prüfungen genommen werden, das sich mit der Wirkung der Lagerung auf unbestrahlte Dosimeter befasst: „Maximal 10 % der unbestrahlten Dosimeter dürfen eine gemessene Mess-Äquivalentdosis H_{M} von mehr als $H_{\min}$ aufweisen. Darüber hinaus darf kein Dosimeter eine gemessene Mess-Äquivalentdosis H_{M} von mehr als $H_{\min} + 0,2$ mSv aufweisen [...]“. Tatsächlich kann sich, wenn nach der Qualifikation am Arbeitsplatz ein Kalibrierfaktor angewendet wird, das Ergebnis dieser Prüfung ändern

^{N5} Nationale Fußnote: Im ISO-Original steht die französische Word-Fehlermeldung „Erreur ! Source du renvoi introuvable“. Hier und im Folgenden ist jeweils ein Fragezeichen (?) als Verkürzung der deutschen Word-Fehlermeldung „?“ angegeben. Bei einfach nachvollziehbaren Literaturangaben wurden in der Übersetzung als Fundstellen die Angaben im Anhang eingefügt.

und die Kriterien können nicht mehr erfüllt sein. Vor der Anwendung des Kalibrierungskoeffizienten könnte eine solche Prüfung bestanden sein, jedoch nicht mehr nach der Anwendung des Kalibrierkoeffizienten.

Um diese Überprüfung durchzuführen, muss eine Neuberechnung aller gemessenen Dosiswerte für alle Prüfungen nach ISO 21909-1 unter Berücksichtigung der Kalibrierfaktoren oder -funktionen durchgeführt werden. Es ist nachzuweisen, dass das Dosimetrie-System alle Anforderungen der ISO 21909-1 erfüllt (mit Ausnahme derjenigen bezüglich der Energie und Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens). Natürlich kann für ein Dosimetriesystem, das einen Kalibrierkoeffizienten oder eine Kalibrierfunktion verwendet, vor jeder Arbeitsplatzqualifizierung eine allgemeine Verifizierung durchgeführt werden, die alle potenziellen Kalibrierkoeffizienten oder Kalibrierfunktionen berücksichtigt, die die Personendosis-Messstelle routinemäßig verwendet.

Unabhängig von der Kalibrierung am Arbeitsplatz muss das Dosimeter eine Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens aufweisen, die den Anforderungen der ISO 21909-1 entspricht. Zu diesem Zweck muss nachgewiesen werden, dass es möglich ist, Ad-hoc-Multiplikationsfaktoren zu finden, die nur von der Energie abhängen, um damit die bei den Energie- und Winkelprüfungen nach ISO 21909-1 berücksichtigten Dosis-messwerte zu korrigieren, und um damit die zugehörigen Kriterien zu erfüllen.

7 Methodiken und Kriterien zur Qualifizierung des Personendosimetriesystems an einem bestimmten Arbeitsplatz

7.1 Zu berücksichtigende Empfehlungen zum Arbeitsplatz

Für die Charakterisierung eines bestimmten Arbeitsplatzes ist sicherzustellen, dass seine Variabilität in der Energie- oder Winkelverteilung des Neutronenfeldes berücksichtigt wird. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Expositionssituationen berücksichtigt werden, die die größten Unterschiede in Bezug auf Neutronenflussdichte, verschiedene Abschirmmaterialien und -dicken, sowie Streuung an Oberflächen aufweisen.

Ein Beispiel, bei dem das Neutronenspektrum am gleichen Arbeitsplatz signifikant verändert werden kann, sind Lagerräume. Tatsächlich kann die Anzahl der Neutronenquellen stark variieren, aber auch die geometrische Konfiguration und die Zusammensetzung der Neutronenemitter und der umgebenden Materialien. Diese Modifikationen können zu hohen Schwankungen in Bezug auf Fluenz, Spektren und Strahleneinfallswinkel des Neutronenfeldes an einem solchen Arbeitsplatz führen.

Für den Fall, dass das Neutronenfeld im Laufe der Zeit stark bezüglich Winkel und Energie variiert, ist es notwendig, die Expositionssituation für jedes neue Feld zu berücksichtigen.

7.2 Einheitliche Kalibrierung für mehrere Arbeitsplätze

Dieser Absatz zielt darauf ab, sich damit zu befassen, was im konkreten Fall zu tun ist, wenn ein Arbeitnehmer an verschiedenen Arbeitsplätzen das gleiche Dosimeter trägt, bevor es ausgelesen wird.

Zunächst muss an jedem Arbeitsplatz eine Qualifizierung durchgeführt werden. Um dies zu erreichen, ist es nicht zwingend erforderlich, für alle Arbeitsplätze den gleichen Ansatz zu verwenden. In Abhängigkeit von der jeweiligen Situation muss die beste Methode zur Qualifizierung des Arbeitsplatzes verwendet werden. So wird die Auswahl zum Beispiel teilweise durch die Dosisleistung an jedem Arbeitsplatz bestimmt. Die Methoden sind in 7.3 beschrieben.

Wenn eine Korrektur erforderlich ist, ist die angewandte Korrektur der Dosisanzeige notwendigerweise einheitlich. Das bedeutet, dass alle für jeden Arbeitsplatz definierten Kalibrierkoeffizienten gleich oder nicht zu unterschiedlich sein müssen. In letzterem Fall kann ein Mittelwert dieser Kalibrierkoeffizienten für alle betrachteten Arbeitsplätze verwendet werden. Es ist jedoch der Nachweis zu erbringen, dass dieser Mittelwert des Kalibrierkoeffizienten an jedem Arbeitsplatz akzeptabel ist. Dazu muss (durch Neuberechnungen) nachgewiesen werden, dass die in 7.3 beschriebenen Kriterien an jedem Arbeitsplatz eingehalten werden.