

# ILNAS

Institut luxembourgeois de la normalisation  
de l'accréditation, de la sécurité et qualité  
des produits et services

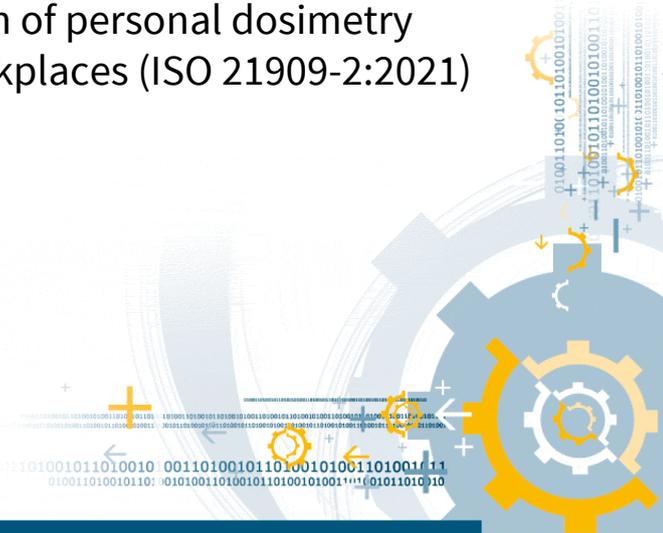
## ILNAS-EN ISO 21909-2:2023

### **Passive Dosimetriesysteme für Neutronenstrahlung - Teil 2: Verfahren und Kriterien für die Qualifizierung von Personendosimetriesystemen an**

Systemes dosimétriques passifs pour les  
neutrons - Partie 2: Méthodologie et  
critères de qualification des systèmes  
dosimétriques individuels aux postes de

Passive neutron dosimetry systems - Part  
2: Methodology and criteria for the  
qualification of personal dosimetry  
systems in workplaces (ISO 21909-2:2021)

07/2023



## Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm EN ISO 21909-2:2023 wurde als luxemburgische Norm ILNAS-EN ISO 21909-2:2023 übernommen.

Alle interessierten Personen, welche Mitglied einer luxemburgischen Organisation sind, können sich kostenlos an der Entwicklung von luxemburgischen (ILNAS), europäischen (CEN, CENELEC) und internationalen (ISO, IEC) Normen beteiligen:

- Inhalt der Normen beeinflussen und mitgestalten
- Künftige Entwicklungen vorhersehen
- An Sitzungen der technischen Komitees teilnehmen

<https://portail-qualite.public.lu/fr/normes-normalisation/participer-normalisation.html>

### **DIESES WERK IST URHEBERRECHTLICH GESCHÜTZT**

Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Einwilligung weder vervielfältigt noch in sonstiger Weise genutzt werden - sei es elektronisch, mechanisch, durch Fotokopien oder auf andere Art!

ILNAS-EN ISO 21909-2:2023

EUROPÄISCHE NORM **EN ISO 21909-2**

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

Juli 2023

---

ICS 13.280

Deutsche Fassung

**Passive Dosimetriesysteme für Neutronenstrahlung - Teil 2:  
Verfahren und Kriterien für die Qualifizierung von  
Personendosimetriesystemen an Arbeitsplätzen (ISO 21909-  
2:2021)**

Passive neutron dosimetry systems - Part 2:  
Methodology and criteria for the qualification of  
personal dosimetry systems in workplaces (ISO 21909-  
2:2021)

Systèmes dosimétriques passifs pour les neutrons -  
Partie 2: Méthodologie et critères de qualification des  
systèmes dosimétriques individuels aux postes de  
travail (ISO 21909-2:2021)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. Juli 2023 angenommen.

Die 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-Zentrum 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 Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute 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.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

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

---

## Inhalt

|  | Seite |
|--|-------|
| Europäisches Vorwort.....  | 4     |
| Vorwort.....   | 5     |
| Einleitung .....   | 6     |
| 1 Anwendungsbereich .....  | 7     |
| 2 Normative Verweisungen .....   | 7     |
| 3 Begriffe und Symbole .....   | 7     |
| 3.1 Allgemeine Begriffe .....  | 8     |
| 3.2 Größen.....  | 8     |
| 3.3 Kalibrierung und Auswertung .....  | 10    |
| 3.4 Symbole.....   | 12    |
| 4 Dokumentation und Kommunikation mit den Anwendern .....  | 13    |
| 5 Zu berücksichtigende Empfehlungen bezüglich des Arbeitsplatzes .....   | 14    |
| 6 Verfahren und Kriterien zur Qualifizierung des Personen-Dosimetriesystems für einen bestimmten Arbeitsplatz .....                                  | 14    |
| 6.1 Auswahl der Methoden, die für die Qualifizierung am Arbeitsplatz zu verwenden sind .....   | 14    |
| 6.2 Quantifizierung der Auswirkungen des nicht korrekten Verhaltens in Bezug auf das Energie- und Winkelansprechvermögens des Dosimetriesystems..... | 15    |
| 6.2.1 Allgemeines .....  | 15    |
| 6.2.2 Rechnerischer Ansatz .....   | 16    |
| 6.2.3 Experimenteller Ansatz.....  | 16    |
| 6.3 Qualifizierung auf der Grundlage experimenteller Prüfungen der Dosimetriesysteme am Arbeitsplatz .....   | 16    |
| 6.3.1 Allgemeines Verfahren .....  | 16    |
| 6.3.2 Kriterien für die Leistungsprüfung .....   | 17    |
| 6.3.3 Erste Lösung: Prüfungen am Arbeitsplatz bei drei Dosiswerten .....   | 18    |
| 6.3.4 Zweite Lösung: Prüfungen am Arbeitsplatz bei einem Dosiswert .....   | 19    |
| 6.3.5 Ergänzende Prüfungen nach ISO 21909-1 .....  | 21    |
| 6.3.6 Einheitliche Korrektur für mehrere Arbeitsplätze .....   | 21    |
| Anhang A (normativ) Verfahren zur Charakterisierung des Arbeitsplatzfelds .....  | 22    |
| A.1 Allgemeines .....  | 22    |
| A.2 Bestimmung der Energie- und Richtungsverteilung der Neutronenfluenz .....  | 22    |
| A.2.1 Experimenteller Ansatz.....  | 22    |
| A.2.2 Numerischer Ansatz .....   | 23    |
| A.3 Bestimmung eines Referenzwerts für $H_p(10)$ .....   | 23    |
| A.3.1 Allgemeines .....  | 23    |
| A.3.2 Aus vollständiger Charakterisierung des Neutronenfelds .....   | 23    |
| A.3.3 Aus der Neutronenenergieverteilung oder einer $H^*(10)$ -Messung und grundlegenden Informationen über die Richtungsverteilung.....             | 23    |
| A.3.4 Aus direkten $H_p(10)$ -Referenzmessungen .....  | 24    |

|  |    |
|--|----|
| Anhang B (normativ) Bestimmung der Neutronen-Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ – Praktische Verfahren.....  | 25 |
| B.1 Bestimmung von $H^*(10)$ und der grundlegenden Richtungsverteilung.....  | 25 |
| B.1.1 Allgemeines.....   | 25 |
| B.1.2 Gerichtetes Neutronenfeld .....  | 25 |
| B.1.3 Komplexes Neutronenfeld.....   | 27 |
| B.1.3.1 Allgemeines.....   | 27 |
| B.1.3.2 Verfahren mit 6 Dosimetern auf einem Phantom.....  | 27 |
| B.1.3.3 Kugelverfahren für Albedodosimeter mit Thermolumineszenzdetektoren.....  | 29 |
| Anhang C (informativ) Beispiel einer vollständigen Charakterisierung des Arbeitsplatzfelds.....  | 32 |
| Anhang D (informativ) Bestimmung von feldspezifischen Korrekturfaktoren oder -funktionen – Praktisches Beispiel: Verwendung von Informationen aus der Literatur .....  | 34 |
| Anhang E (informativ) Verknüpfungen zwischen ISO 21909-1 und ISO 21909-2 .....   | 35 |
| Literaturhinweise .....  | 36 |
| <b>Bilder</b>  |    |
| Bild 1 – Entscheidungsdiagramm zur Bestimmung des Verfahrens zur Qualifizierung des Dosimetriesystems für einen Arbeitsplatz.....  | 15 |
| Bild 2 – Leistungsgrenzen .....  | 18 |
| Bild 3 – Pflichtbestrahlungen nach ISO 21909-1 und spezifische Anforderungen, die zusätzlich zu den direkt am Arbeitsplatz durchgeführten Prüfungen erfüllt werden müssen .....  | 20 |
| Bild B.1 – Verhältnis der Fluenz-zu-Personendosis-Konversionskoeffizienten $h_p(10, \alpha)$ zu den Fluenz-zu-Umgebungs-Äquivalentdosis-Konversionskoeffizienten $h^*(10)$ für Neutronen in Abhängigkeit von der Neutronenenergie für verschiedene Winkel $\alpha$ ..... | 26 |
| Bild B.2 – Position der Dosimeter auf dem PMMA-Phantom.....  | 28 |
| Bild E.1 – Verknüpfungen zwischen ISO 21909-1 und ISO 21909-2.....   | 35 |
| <b>Tabellen</b>  |    |
| Tabelle 1 – Liste der Symbole.....   | 12 |
| Tabelle B.2 – Werte von $R_1$ in Abhängigkeit von der Neutronenenergie – Zur Information werden die Werte von $R$ für das Hauptneutronenfeld zwischen $0^\circ$ und $15^\circ$ auch in Abhängigkeit von der Neutronenenergie angegeben .....                             | 27 |
| Tabelle C.1 – Verhältnisse $H_p(10)/H^*(10)$ , wie sie an den im EVIDOS-Projekt untersuchten Arbeitsplätzen für verschiedene Richtungen ermittelt wurden (Zahlenwerte aus Literaturhinweis [5], Bild 10).....  | 33 |

**EN ISO 21909-2:2023 (D)****Europäisches Vorwort**

Der Text von ISO 21909-2:2021 wurde vom Technisches Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 21909-2:2023 durch das Technische Komitee CEN/TC 430 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird, übernommen.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis spätestens Januar 2024, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis spätestens Januar 2024 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.

Rückmeldungen und Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

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

**Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO 21909-2:2021 wurde von CEN als EN ISO 21909-2:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees der 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-Directives, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumententypen beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Directives, 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, en: World Trade Organization) 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.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 21909 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

ISO 21909-1 enthält laborgestützte Bauartprüfungen und Leistungsanforderungen 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 [1]. Bei der Beschreibung der Prüfungen wird kein Unterschied zwischen den verschiedenen auf dem Markt verfügbaren Techniken gemacht. Die Normenreihe ISO 21909 zielt darauf ab, alle passiven Neutronendetektoren abzudecken, die als Personendosimeter in Teilen oder im gesamten oben genannten Neutronenenergiebereich verwendet werden können.

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

Für den Fall, dass ein Dosimetriesystem nicht alle Anforderungen der ISO 21909-1 in Bezug auf die Abhängigkeit des Ansprechvermögens von der Energie- und Richtungsverteilung der Neutronenfluenz erfüllt, bleibt es notwendig, die Leistung des Dosimetriesystems für die Bedingungen des Arbeitsplatzes zu bewerten. Das bedeutet, dass dieses Dokument systematisch dazu verwendet wird, um ein Dosimetriesystem an Arbeitsplätzen zu qualifizieren, dass die Kriterien der ISO 21909-1 zur Unabhängigkeit des Ansprechvermögens von der Neutronenenergie und der Einfallsrichtung nicht erfüllt.

Dieses Dokument befasst sich mit Dosimetriesystemen, deren Ansprechverhalten Energie- und Richtungsabhängigkeiten aufweist, die nicht den Prüfanforderungen der ISO 21909-1 entsprechen, die aber an ausgewählten Arbeitsplätzen konsistente und zuverlässige Dosimetrieergebnisse liefern können. In diesem Fall ist eine spezifische Untersuchung des Arbeitsplatzes, an dem die Dosimetriesysteme eingesetzt werden, erforderlich, um nachzuweisen, dass die Dosimetriesysteme für den zur Anwendung bestimmten Arbeitsplatz geeignet sind, und um gegebenenfalls geeignete Korrekturen zu bestimmen. Dieses Dokument enthält Anforderungen an die Qualifizierung des Dosimetriesystems sowie Verfahren zur Bewertung seiner Leistungsfähigkeit und zur Qualifizierung für den Einsatz am Arbeitsplatz.

In den Fällen, in denen das Dosimetriesystem die Anforderungen der ISO 21909-1 erfüllt, kann es dennoch wünschenswert sein, eine ähnliche Studie am Arbeitsplatz durchzuführen, um die Leistung der Neutronendosimeter zu verbessern. Es wird auch empfohlen, dieses Dokument nicht nur für passive, sondern auch für aktive Dosimetriesysteme anzuwenden.

Es wird keine Qualifizierung oder Korrektur des Dosimetriesystems an einem Arbeitsplatz gefordert, wenn das Dosimetriesystem die Kriterien der ISO 21909-1 erfüllt.

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