

Neutronendosimetrie

Teil 4: Verfahren zur Personendosimetrie mit Albedodosimetern


 6802-4

ICS 17.240

Deskriptoren: Dosimetrie, Neutronendosimetrie, Personendosis, Albedodosimeter

Neutron dosimetry – Part 4: Measurement technique for individual dosimetry using albedo dosimeters

Dosimétrie neutronique – Partie 4: Technique de mesure de la dose individuelle selon la méthode albedo

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	4 Meßgröße und Einheit	4
1 Anwendungsbereich	2	5 Meßverfahren	4
2 Normative Verweisungen	2	6 Kalibrierung und Bestimmung des	
3 Definitionen und Formelzeichen	3	Korrektionsfaktors k_n	4
3.1 Definitionen	3	6.1 Allgemeines	4
3.1.1 Albedodosimeter	3	6.2 Photonenkalibrierung des TLD-Systems	5
3.1.2 Thermolumineszenz (TL)	3	6.3 Neutronenkalibrierung des Albedodosimeters	5
3.1.3 Thermolumineszenz-Material (TL-Material)	3	6.4 Bestimmung des Korrektionsfaktors k_n	5
3.1.4 Thermolumineszenz-Detektor (TL-Detektor)	3	7 Meßbereich und Einflußgrößen	5
3.1.5 Thermolumineszenz-Detektorcharge	3	7.1 Meßbereich	5
3.1.6 Thermolumineszenzdosimetrie-System		7.2 Einflußgrößen	5
(TLD-System)	3	7.2.1 Energie	5
3.1.7 Albedodosimeterkapselung	3	7.2.2 Photonenstrahlung	5
3.1.8 Albedofenster	3	7.2.3 Abstand Dosimeter – Körperoberfläche	5
3.1.9 Außenfenster	3	7.2.4 Vorbestrahlung	5
3.1.10 Albedoneutronen	3	8 Meßunsicherheiten	5
3.1.11 Albedodetektor	3	8.1 Standardabweichung	5
3.1.12 Felddetektor	3	8.2 Zufallsunsicherheit im Meßbereich	6
3.1.13 Unkorrigierte Anzeige A	3	9 Einsatz in der Personenüberwachung	6
3.1.14 Teilkorrigierte Anzeige M'	3	Anhang A (normativ) Kalibrierung des	
3.1.15 Korrigierte Anzeige M	3	Albedodosimetriesystems	9
3.1.16 Neutronenanzeige M_n	3	Anhang B (normativ) Auswertung des Albedodosimeters	11
3.1.17 Meßwert des Albedodosimeters	3	Anhang C (informativ) Literaturhinweise	12
3.1.18 Neutronenkalibrierfaktor N_{nr}	3		
3.1.19 Neutronenkalibrierfaktor im Strahlungsfeld N_n	4		
3.1.20 Photonenkalibrierfaktor N_γ	4		
3.2 Formelzeichen	4		

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenausschuß Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
 Normenausschuß Materialprüfung (NMP) – FB Kerntechnik – im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuß Radiologie im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft aufgestellt.

Für die Personenüberwachung in Neutronenstrahlungsfeldern wird ein einfaches, ausreichend empfindliches Dosimeter benötigt, welches insbesondere Neutronen im Energiebereich unterhalb 500 keV nachweisen kann. Diesen Zweck erfüllen Albedodosimeter, in denen Thermolumineszenzdetektoren verwendet werden, die gegenüber thermischen Neutronen empfindlich sind.

Mit Albedodosimetern werden insbesondere die aus dem Körper des Dosimeterträgers zurückgestreuten thermischen und mittelschnellen Neutronen nachgewiesen. Zur Kalibrierung von Albedodosimetern wird die Person durch ein geeignetes Phantom ersetzt. Wegen der ausgeprägten Energieabhängigkeit des Neutronenäquivalentdosis-Ansprechvermögens ist diese Dosimeterart nur in Strahlungsfeldern anwendbar, in denen zuvor ortsabhängige Kalibrierfaktoren ermittelt wurden. Die Ergebnisse von Kalibrierbestrahlungen in solchen Feldern zeigen, daß für den Einsatz von Albedodosimetern die Vielzahl der Felder zu wenigen Einsatzbereichen – von den Meßstellen als Anwendungsbereiche gekennzeichnet – zusammengefaßt werden kann. Innerhalb der Personenüberwachung sollte ein Albedodosimeter während eines Überwachungszeitraumes in nur einem dieser Anwendungsbereiche eingesetzt werden. Bei Tätigkeiten in verschiedenen Anwendungsbereichen ist jeweils ein eigenes Dosimeter vorzusehen.

DIN 6802 "Neutronendosimetrie" besteht aus:

Teil 1: Spezielle Begriffe und Benennungen

Teil 2: Konversionsfaktoren zur Berechnung der Orts- und Personendosis aus der Neutronenfluenz und Korrekturfaktoren für Strahlenschutzdosimeter

Teil 3: Neutronenmeßverfahren und -geräte für den Strahlenschutz: Kennzeichnende Eigenschaften

Teil 4: Verfahren zur Personendosimetrie mit Albedodosimetern

Folgende Norm dieser Reihe befindet sich zur Zeit in Vorbereitung: "Neutronendosimetrie, Verfahren zur Bestimmung der Er婕iodosis mit Ionisationskammern".

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden bei der Ermittlung der Personendosis durch Neutronenstrahlung nach dem Albedomeßverfahren mit Hilfe von Thermolumineszenzdetektoren (TL-Detektoren) im Neutronenenergiebereich von thermischen Neutronen bis 20 MeV. Zweck des Verfahrens ist es, die Einhaltung der in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen zu überprüfen.

Diese Norm behandelt das Meßverfahren zur getrennten Bestimmung der Photonen- und Neutronenkomponente der Personendosis $H_p(10)$. Bei Einsatz des Albedodosimeters zur Messung der Personendosis von Neutronen- und Photonenstrahlung ist auch DIN 6818-6 anzuwenden.

Diese Norm gilt zusammen mit DIN 6802-1 und DIN 6802-2 sowie mit DIN 6818-6 für Orts- und Personendosimetrie bei Photonen- und Elektronenstrahlung im Bereich des Strahlenschutzes.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte und undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderungen oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikationen.

DIN 6802-1

Neutronendosimetrie, spezielle Begriffe und Benennungen

DIN 6802-2

Konversionsfaktoren zur Berechnung der Orts- und Personendosis aus der Neutronenfluenz und Korrekturfaktoren für Strahlenschutzdosimeter

DIN 6814-3

Begriffe und Benennungen in der radiologischen Technik, Dosisgrößen und Dosisseinheiten

DIN 6818-6

Strahlenschutzdosimeter, Thermolumineszenzdosimetriesysteme, 12-1988

DIN 25483

Verfahren zur Umgebungsüberwachung mit integrierenden Festkörperdosimetern, 7-1987

[1] A. B. Gibson, E. Piesch

Neutron Monitoring for Radiological Protection, Technical Report Series No. 252, Intern. Atomic Energy Agency, Wien, S. 1-222, 1985

[2] E. Piesch, B. Burgkhardt

Erprobung eines Albedoneutronen-Dosimetriesystems: TLD-Kalibrier- und Meßverfahren, Neutronenkalibrierung, dosimetrische Eigenschaften, Routineanwendung, KfK-4303, 1988

[3] E. Piesch, B. Burgkhardt

Albedo Dosimetry System for Routine Personnel Monitoring, Radiat. Prot. Dosim., Vol. 23, S. 117-120, 1988

[4] B. W. Bauer, W. G. Alberts, M. Luszik-Bhadra, B. R. L. Siebert

Experimental Investigation into the Influence of Neutron Energy, Angle of Incidence and Phantom Shape on the Response of Individual Neutron Dosimeters: Detailed Analysis of Results for the Albedo Neutron Dosimeter in Use at the PTB. Bericht PTB-N-2, PTB Braunschweig, 1990

[5] B. Burgkhardt, E. Piesch

Field Calibration Technique for Albedo Neutron Dosimeters, Radiat. Prot. Dosim., Vol. 23, S. 121-126, 1988

[6] E. Piesch, B. Burgkhardt, M. Vilgis

Neubestimmung des Kalibrierfaktors von Albedoneutronendosimetern unter Berücksichtigung der Ergebnisse für Bestrahlungen am Plattenphantom, in W. Koelzer

- (Redakt.) Jahresbericht 1992 der Hauptabteilung Sicherheit, KfK 5130, 1992
- [7] W. G. Alberts, H. Kluge
PTB Vergleichsmessungen an Personendosimetern für Neutronenstrahlung, Bericht PTB-N-15, PTB Braunschweig, 1993
- [8] B. Burgkhardt, M. Heinzemann, E. Piesch, E. Viragh
Statistical Errors of Dose Estimation in Personnel Neutron Monitoring with Albedo Dosimeters, Nucl. Instr. Meth., Vol. 160, S. 533-540, 1979
- [9] B. Burgkhardt, E. Piesch
A Computer Assisted Evaluation Technique for Albedo Thermoluminescence Dosimeters, Radiat. Prot. Dosim., Vol. 2, S. 221-230, 1982
- [10] B. Burgkhardt, E. Piesch, G. Venkataraman
Study of the Phantom Distance Effect of Albedo Neutron Dosimeters, Radiat. Prot. Dosim., Vol. 3, S. 39-45, 1982
- [11] B. Burgkhardt, E. Piesch
Estimation of the Build-up of Zero Dose Reading in ^6LiF Thermoluminescence Dosimeters due to Neutron Produced Tritium, Radiat. Prot. Dosim., Vol. 2, S. 105-107, 1982

3 Definitionen und Formelzeichen

3.1 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1.1 Albedodosimeter

Ein Neutronen-Personendosimeter, welches zur Dosismessung die vom Körper des Trägers zurückgestreuten, bevorzugt thermischen und mittelschnellen Neutronen (Albedoneutronen) ausnutzt. Diese Norm beschränkt sich auf Albedodosimeter mit zwei Thermolumineszenz-Detektorpaaren, die sich in einer speziellen Albedodosimeterkapselung befinden und die neben den Albedoneutronen auch thermische Neutronen des äußeren Strahlungsfeldes getrennt registrieren. Zur Trennung des Photonenmeßwertanteiles ist jeweils ein Detektorpaar erforderlich, das Neutronen- und Photonenstrahlung (NG-Detektor) und Photonenstrahlung (G-Detektor) nachweist (siehe Bild 1). Das TL-Detektorpaar hinter dem Albedofenster (i-Position, Neutronenanzeige $M_n(i)$) wird als Albedodetektor, das Paar hinter dem Außenfenster (a-Position, Neutronenanzeige $M_n(a)$) als Felddetektor bezeichnet.

3.1.2 Thermolumineszenz (TL)

Die durch ionisierende Strahlung oder ultraviolettes Licht induzierte Eigenschaft bestimmter Substanzen, bei Erwärmung Licht im sichtbaren oder daran angrenzenden Spektralbereich auszusenden.

3.1.3 Thermolumineszenz-Material (TL-Material)

Ein Material, das die Eigenschaft der Thermolumineszenz besitzt.

3.1.4 Thermolumineszenz-Detektor (TL-Detektor)

Eine bestimmte Menge von TL-Material, unter Umständen in einem Behälter oder eingebettet in eine Matrix aus nichtlumineszierendem Material. Die Eigenschaften des TL-Detektors sind durch seine stoffliche Zusammensetzung, Masse und Form sowie durch Vorbestrahlung oder zusätzliche thermische Vorbehandlung bestimmt.

3.1.5 Thermolumineszenz-Detektorcharge

Eine Anzahl von TL-Detektoren gleichen Typs, die bestimmte Anforderungen hinsichtlich der Exemplarstreuung erfüllen. Die Detektoren einer Charge müssen nicht aus dem gleichen Herstellungsvorgang stammen.

3.1.6 Thermolumineszenzdosimetrie-System (TLD-System)

Bestehend aus einer Anzahl von TL-Dosimetern gleichen Typs, einem TL-Anzeigergerät, d. h. einer Einrichtung zur Anregung und Messung des Lumineszenzlichtes, gegebenenfalls Zusatzgeräten, die für die Auswertung benötigt werden, sowie einer Gebrauchsanweisung zur Beschreibung des Auswerteverfahrens für das TLD-System und einer Vorschrift zur Kalibrierung des Dosimetriesystems.

3.1.7 Albedodosimeterkapselung

Eine thermische Neutronen absorbierende Umhüllung aus borhaltigem Material mit Fenstern, die insbesondere für thermische Neutronen durchlässig sind. Die beim Tragen dem Körper zugewandte Öffnung wird als Albedofenster, die dem Körper abgewandte als Außenfenster bezeichnet.

3.1.8 Albedofenster

Öffnung in der Albedodosimeterkapselung, die für Albedoneutronen durchlässig ist.

3.1.9 Außenfenster

Öffnung in der Albedodosimeterkapselung, die bevorzugt für thermische und mittelschnelle Neutronen aus dem Strahlungsfeld durchlässig ist.

3.1.10 Albedoneutronen

Neutronen, die nach elastischer Streuung an Wasserstoffkernen im Körper des Dosimeterträgers bevorzugt als thermische und mittelschnelle Neutronen aus der Körperoberfläche wieder austreten.

3.1.11 Albedodetektor

TL-Detektor im Albedodosimeter zum Nachweis von Albedoneutronen.

3.1.12 Felddetektor

TL-Detektor im Albedodosimeter zum Nachweis von thermischen Neutronen aus dem äußeren Strahlungsfeld.

3.1.13 Unkorrigierte Anzeige A

Die an der Skala des Anzeigergerätes abgelesene Anzeige, unter Umständen multipliziert mit einem Skalenfaktor.

3.1.14 Teilkorrigierte Anzeige M'

In der vorliegenden Norm die unkorrigierte Anzeige A nach Korrekturen der erfaßten systematischen Fehler (z. B. Voranzeige, Fading) mit Ausnahme des individuellen Ansprechvermögens des Detektors.

3.1.15 Korrigierte Anzeige M

Die teilkorrigierte Anzeige M' unter Berücksichtigung des individuellen Korrekturfaktors k_j .

3.1.16 Neutronenanzeige M_n

Die korrigierte Anzeige des neutronenempfindlichen TL-Detektors, vermindert um die korrigierte Anzeige des benachbarten, photonenempfindlichen TL-Detektors mit geringer Neutronenempfindlichkeit.

3.1.17 Meßwert des Albedodosimeters

Das Produkt aus der Neutronenanzeige $M_n(i)$ des Albedodetektors, dem Neutronenkalibrierfaktor N_{nr} unter Bezugsbedingungen und einem vom Strahlungsfeld abhängigen Korrekturfaktor k_n .

ANMERKUNG: Im folgenden ist die Neutronenäquivalentdosis H_{nr} (siehe 3.1.18) der konventionell richtige Wert der Personendosis $H_p(10)$ (E DIN 6814-3/A2) durch Neutronen (siehe DIN 6802-1).

3.1.18 Neutronenkalibrierfaktor N_{nr}

Der Quotient aus dem z. B. mit einem Referenzdosimeter ermittelten konventionell richtigen Wert der Neutronenäquivalentdosis H_{nr} und der Neutronenanzeige des Albedodetektors $M_n(i)$, beides bestimmt unter Bezugsbedingungen und für ein

bestimmtes Kalibrierphantom in einem Referenzneutronenstrahlungsfeld.

3.1.19 Neutronenkalibrierfaktor im Strahlungsfeld N_n

Das Produkt aus dem Neutronenkalibrierfaktor N_{nr} unter Bezugsbedingungen und einem vom Strahlungsfeld abhängigen Korrektionsfaktor k_n .

3.1.20 Photonenkalibrierfaktor N_γ

Der Quotient aus dem konventionell richtigen Wert der Photonenäquivalentdosis $H_{\gamma r}$ und der korrigierten Anzeige M des TL-Detektors unter Bezugsbedingungen.

ANMERKUNG: In der vorliegenden Norm wird auf die Photonenstrahlung einer ^{137}Cs -Quelle bezogen.

3.2 Formelzeichen

A	unkorrigierte Anzeige
H_j	Meßwert eines nur photoneneempfindlichen TL-Detektors j der Charge (G)
H_k	Meßwert eines neutronen- und photoneneempfindlichen TL-Detektors k der Charge (NG)
H_γ	Äquivalentdosis durch Photonen
$H_{\gamma r}$	Referenzwert der Äquivalentdosis durch Photonen
H_n	Äquivalentdosis durch Neutronen
H_{nr}	Referenzwert der Äquivalentdosis durch Neutronen
k_j, k_k	individueller Photonenkorrektionsfaktor für den j -ten bzw. k -ten Detektor
k_n	Neutronenkorrektionsfaktor für unterschiedliche Anwendungsbereiche
k_{nr}	chargenspezifischer Neutronenkorrektionsfaktor $N_{nr}(r)/N_j(n)$
$M_j(\text{G})$	Anzeige des nur photoneneempfindlichen TL-Detektors j der Charge (G)
$M_k(\text{NG})$	Anzeige des neutronen- und photoneneempfindlichen TL-Detektors k der Charge (NG)
$M_n(i)$	Neutronenanzeige des Albedodetektors in der Meßposition (i)
N_j	individueller Photonenkalibrierfaktor des j -ten TL-Detektors
N_n	Neutronenkalibrierfaktor für den Albedodetektor im Strahlungsfeld
$N_{nr}(r)$	Neutronenkalibrierfaktor im Referenzfeld
$N_\gamma(n)$	Photonenkalibrierfaktor im Referenzfeld, ermittelt mit der Teilcharge (n)
s	Standardabweichung einer Einzelmessung
$s(H)$	Standardabweichung einer Einzelmessung in Abhängigkeit von der Äquivalentdosis
$s(H_j)$	Standardabweichung einer Einzelmessung für einen nur photoneneempfindlichen TL-Detektor j der Charge (G)
$s(H_k)$	Standardabweichung einer Einzelmessung für einen neutronen- und photoneneempfindlichen TL-Detektor k der Charge (NG)
$s(H_j-H_k)$	Standardabweichung der Neutronenmessung
(n)	Referenzteilcharge zur Bestimmung des Photonenkalibrierfaktors des TLD-Systems
(u)	Referenzteilcharge zur Bestimmung der mittleren Voranzeige des TLD-Systems
(r)	Referenzteilcharge zur Bestimmung des Neutronenkalibrierfaktors
(NG)	Charge neutronen- und photoneneempfindlicher TL-Detektoren
(G)	Charge nur photoneneempfindlicher TL-Detektoren

4 Meßgröße und Einheit

Meßgröße ist die durch Neutronen erzeugte Personendosis $H_p(10)$ (siehe E DIN 6814-3/A2). In dieser Norm ist sie der Meßwert des Albedodosimeters, wenn es auf der Oberfläche des ISO-Wasser-Quaderphantoms zur Messung der Personendosis $H_p(10)$ kalibriert ist (siehe E DIN 6802-2).

Der Meßwert des Albedodosimeters muß in der gesetzlichen Einheit der Meßgröße angegeben werden. Diese Angabe sollte sich auf die Benutzung der Einheit mSv beschränken.

5 Meßverfahren

Neutronen werden nach Rückstreuung im Körper im Albedodosimeter mit einem TL-Detektor an der Körperoberfläche nachgewiesen. Im TL-Detektor erfolgt der Nachweis von Neutronen insbesondere über die (n,α) -Reaktion in ^6Li bzw. ^{10}B mit einer dem Wirkungsquerschnitt entsprechenden Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens. Die Fluenz der einfallenden Neutronen. Sie kann damit zur Messung der Äquivalentdosis durch Neutronen herangezogen werden. Zur Trennung des durch Photonenstrahlung erzeugten Anteiles der Anzeige werden TL-Detektorpaare eingesetzt. Ein TL-Detektorpaar besteht jeweils aus einem neutronen- und photoneneempfindlichen TL-Detektor und einem photoneneempfindlichen TL-Detektor mit geringer Neutronenempfindlichkeit.

Wegen der ausgeprägten Energieabhängigkeit des Neutronenansprechvermögens für die Meßgröße $H_p(10)$ verwenden Albedodosimeter im Sinne dieser Norm eine Borplastikkapselung mit zwei TL-Detektorpaaren zum Nachweis bevorzugt thermischer Neutronen (siehe 3.1.7 und Bild 1 sowie [1] bis [4]). Das Detektorpaar hinter dem Albedofenster dient zum Nachweis von Albedoneutronen (Albedodetektor, Meßposition i). Das Detektorpaar hinter dem Außenfenster an der Vorderseite der Kapselung dient zum Nachweis thermischer Neutronen aus dem äußeren Strahlungsfeld (Felddetektor, Meßposition a) und wird zur Korrektion der Energieabhängigkeit des Albedodetektors benutzt. Zur Bestimmung des durch Neutronen erzeugten Anteils der Anzeige, der Neutronenanzeige M_n (siehe 3.1.16), wird nach entsprechender individueller Korrektion der einzelnen Detektoren die korrigierte Anzeige des photoneneempfindlichen Detektors von der korrigierten Anzeige des neutronen- und photoneneempfindlichen Detektors subtrahiert.

Der Meßwert des Albedodosimeters ergibt sich aus der Neutronenanzeige des Albedodetektors und dem Neutronenkalibrierfaktor N_{nr} zu:

$$H_n = k_n \cdot N_{nr} \cdot M_n(i) \quad (1)$$

Wegen der ausgeprägten Energieabhängigkeit des Neutronenansprechvermögens muß der Korrektionsfaktor k_n für das Strahlungsfeld bestimmt werden, in dem das Dosimeter eingesetzt werden soll (siehe [5] bis [7]). Einzelheiten zur Bestimmung der Größen $M_n(i)$, k_n und N_{nr} siehe Anhang A.

6 Kalibrierung und Bestimmung des Korrektionsfaktors k_n

6.1 Allgemeines

Das in dieser Norm behandelte TLD-System für die Albedoneutronendosimetrie bedarf insbesondere bei seiner Einführung und während der Routineanwendung verschiedenartiger Kalibriervorgänge, deren Durchführung im Anhang A beschrieben ist. Hierbei handelt es sich um Kalibrierungen, die einerseits das TLD-System (siehe A.2) und andererseits speziell das Albedomeßverfahren betreffen (siehe A.3).