

Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen

Teil 11: Messungen mit Albedodosimetern

DIN**25482-11**

ICS 17.240

Detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements —
Part 11: Measurements using albedo dosimeters

Limite de détection et seuil de décision d'une mesure de rayonnements
ionisants — Partie 11: Mesures avec dosimètres selon la méthode albedo

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	A.2 Ermittlung der Neutronendosis	13
1 Anwendungsbereich	3	A.3 Ermittlung der Tiefen- Personendosis	14
2 Normative Verweisungen	3	Anhang B (informativ) Anwendungs- beispiele zur Personendosimetrie beim Umgang mit Transport- behältern	16
3 Begriffe	4	B.1 Allgemeines	16
4 Größen und Formelzeichen	5	Tabelle B.1 — Angenommene Werte und Standardunsicherheiten der Eingangsgößen bei der Ermittlung von H_T , H_N , $H_P(10)$ mittels Albedodosimetern in den Beispielen B.2 bis B.4	16
5 Grundlagen	7	B.2 Ermittlung der Photonenpersonendosis	16
5.1 Allgemeines	7	B.3 Ermittlung der Neutronenäquivalentdosis	18
5.2 Modell	8	B.4 Ermittlung der Tiefen- Personendosis	21
6 Charakteristische Grenzen	8	Anhang C (informativ) Erläuterungen zu den Modellen der Anhänge A und B	25
6.1 Allgemeines	8	Anhang D (informativ) Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung	27
6.2 Erkennungsgrenze	9	Tabelle D.1 — Verteilungsfunktion $\Phi(t)$ der standardisierten Normalverteilung aus [7]	28
6.3 Nachweisgrenze	9		
6.4 Vertrauensgrenzen	9		
7 Berechnungen und Beurteilungen	9		
7.1 Vorgaben	9		
7.2 Allgemeine Festlegung der charakteristischen Grenzen	9		
7.3 Beurteilung eines Messverfahrens	10		
7.4 Beurteilung eines Messergebnisses	10		
8 Prüfbericht	11		
Anhang A (normativ) Anwendung in der Personendosimetrie mit Albedodosimetern	12		
A.1 Ermittlung der Photonenpersonendosis	12		

Fortsetzung Seite 2 bis 28

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

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NMP 722 „Radioaktivitätsmessung in der Umwelt und Nachweisgrenzen“ des Fachbereiches Kerntechnik im Normenausschuss Materialprüfung (NMP) erarbeitet.

DIN 25482 „Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen“ besteht aus:

- Teil 1: Zählende Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses
- Beiblatt 1 zu Teil 1: Zählende Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses; Erläuterungen und Beispiele
- Teil 2: Zählende spektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses
- Beiblatt 1 zu Teil 2: Zählende spektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses; Erläuterungen und Beispiele
- Teil 3: Messungen mit linearen, analog arbeitenden Zählratenmessgeräten (Ratemeter)
- Teil 4: Zählende alphaspektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung von Probenbehandlungs- und Geräteeinflüssen
- Teil 5: Zählende hochauflösende gammaspektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses
- Beiblatt 1 zu Teil 5: Zählende hochauflösende gammaspektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses; Beispiele und Erläuterungen
- Teil 6: Zählende Messungen mit Berücksichtigung des Probenbehandlungs- und Geräteeinflusses
- Beiblatt 1 zu Teil 6: Zählende Messungen mit Berücksichtigung des Probenbehandlungs- und Geräteeinflusses; Erläuterungen und Beispiele
- Teil 7: Zählende Messungen an Filtern während der Anreicherung radioaktiver Stoffe
- Teil 10: Allgemeine Anwendungen
- Teil 11: Messungen mit Albedodosimetern
- Teil 12: Entfaltung von Spektren
- Teil 13: Zählende Messungen an bewegten Objekten

Auf der Grundlage von DIN 25482-10 wird die Berechnung der Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Vertrauensgrenzen (im Folgenden charakteristische Grenzen genannt) für Messungen mit Albedodosimetern über die Standardmessunsicherheiten der Messgrößen (im Folgenden Standardunsicherheiten genannt) durchgeführt, die im Rahmen der Auswertung der Messung nach DIN 1319-3 oder DIN 1319-4 ermittelt werden.

Es werden Gleichungen für die Berechnung der charakteristischen Grenzen bei der Dosismessung angegeben, wobei sowohl die Unsicherheiten bei der Dosismessung als auch bei der Kalibrierung des Albedodosimeters berücksichtigt werden. Letztere werden als aus Voruntersuchungen (z. B. im Rahmen der Bauartprüfung) bekannt angenommen.

Diese Norm basiert auf Verfahren der Bayes-Statistik [1], [2], damit bei ihrer Anwendung auch unsichere Größen und Einflüsse berücksichtigt werden können, die sich bei mehrmals wiederholten oder bei zählenden Messungen nicht zufällig verhalten.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt charakteristische Grenzen nach DIN 25482-10 fest, die eine Beurteilung der Nachweismöglichkeiten von Albedodosimetern bei der getrennten Ermittlung der Photonen- und Neutronenkomponente der Tiefen-Personendosis H_p (10) nach DIN 6802-4 erlauben. Sie ist sinngemäß auch für die Orts- und Personendosimetrie nach DIN 6818-6 und DIN 25483 bei Photonen- und Elektronenstrahlung im Bereich des Strahlenschutzes anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder 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 Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 1319-1, *Grundlagen der Messtechnik — Teil 1 : Grundbegriffe.*

DIN 1319-3, *Grundlagen der Messtechnik — Teil 3 : Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit.*

DIN 1319-4, *Grundlagen der Messtechnik — Teil 4 : Auswertung von Messungen, Messunsicherheit.*

DIN 6802-1, *Neutronendosimetrie — Teil 1: Spezielle Begriffe und Benennungen.*

DIN 6802-2, *Neutronendosimetrie — Teil 2: Konversionsfaktoren zur Berechnung der Orts- und Tiefen-Personendosis aus der Neutronenfluenz und Korrekturfaktoren für Strahlenschutz-Dosimeter.*

DIN 6802-4, *Neutronendosimetrie — Teil 4: Verfahren zur Personendosimetrie mit Albedodosimetern.*

DIN 6814-3, *Begriffe in der radiologischen Technik — Teil 3: Dosisgrößen und Dosiseinheiten.*

DIN 6818-6, *Strahlenschutzdosimeter — Teil 6: Thermolumineszenzdosimetrie-Systeme.*

DIN 13303-1, *Stochastik — Wahrscheinlichkeitstheorie, Gemeinsame Grundbegriffe der mathematischen und der beschreibenden Statistik — Begriffe und Zeichen.*

DIN 13303-2, *Stochastik — Mathematische Statistik, Begriffe und Zeichen.*

DIN V ENV 13005, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen; Deutsche Fassung ENV 13005:1999.*

DIN 25482-10, *Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen — Teil 10: Allgemeine Anwendungen.*

DIN 25483, *Verfahren zur Umgebungsüberwachung mit integrierenden Festkörperdosimetern.*

DIN 55350-21, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik — Begriffe der Statistik, Zufallsgrößen und Wahrscheinlichkeitsverteilungen.*

DIN 55350-22, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik — Begriffe der Statistik, Spezielle Wahrscheinlichkeitsverteilungen.*

DIN 55350-23, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik — Begriffe der Statistik, Beschreibende Statistik.*

DIN 55350-24, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik — Begriffe der Statistik, Schließende Statistik.*

DIN 55350-34, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik — Erkennungsgrenze, Erfassungsgrenze und Erfassungsvermögen*.

- [1] Weise, K.: *Bayesian-statistical decision threshold, detection limit and confidence interval in nuclear radiation measurement*. Kerntechnik 63, 1998, 214–224.
- [2] Weise, K., Wöger, W.: *Messunsicherheit und Messdatenauswertung*. Wiley-VCH (Weinheim) 1999.
- [3] *Internationales Wörterbuch der Metrologie*. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) 2. Auflage, Beuth Verlag, Berlin, Wien (Zürich) 1994.
- [4] Weyrauch, M., Weise, K.: *Untersuchung der Unsicherheiten bei der Messung mit Thermolumineszenz-Dosimetern*. Bericht PTB-N-16, Physikalisch Technische Bundesanstalt Braunschweig, September 1993.
- [5] Bauer, B.W., Alberts, W.G., Luszik-Bhadra, M., Siebert, B.R.L.: *Experimental investigation into the influence of neutron energy, angle of incidence, and phantom shape on the response of individual neutron doseimeters: detailed analysis of results for the albedo neutron doseimeter in use at the PTB*. Bericht PTB-N-2, PTB, Braunschweig, 1990.
- [6] Piesch, E., Burgkhardt, B.: *Environmental monitoring: European Interlaboratory Test Programs for Integrating Dosemeter Systems*. Radiological Protection 29, EUR 8932, CEC (Luxemburg) 1984.
- [7] Kohlrausch, F.: *Praktische Physik*. 24. Auflage, Band 3, S. 613, B. G. Teubner (Stuttgart) 1996.
- [8] Abramowitz, M., Stegun, I.: *Handbook of Mathematical Functions*. 5. Auflage, Kap. 26, Dover Publication (New York) 1968.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe nach DIN 1319-1, DIN 1319-3, DIN 1319-4, DIN 6802-1, DIN 6802-2, DIN 6802-4, DIN 6814-3, DIN 6818-6, DIN 13303-1, DIN 13303-2, DIN 25482-10, DIN 55350-21 bis DIN 55350-24, DIN 55350-34, [1], [2], [3] und die folgenden:

3.1

Messgröße (bei Messungen mit Albedodosimetern)

Tiefen-Personendosis, $H_p(10)$

[DIN 6414-3]

ANMERKUNG 1 Ein Albedodosimeter besteht aus mindestens einem Thermolumineszenz-(TL-)Detektorpaar, das sich in einer speziellen Albedodosimeterkapselung befindet und das neben den Albedoneutronen auch thermische Neutronen des äußeren Strahlungsfeldes getrennt registriert. Zur Trennung der Photonen- und Neutronenmesswerte ist mindestens ein Detektorpaar erforderlich, das Neutronen- und Photonenstrahlung (NG-Detektor) und Photonenstrahlung (G-Detektor) nachweist.

ANMERKUNG 2 Albedoneutronen sind Neutronen, die überwiegend nach elastischer Streuung an Wasserstoffkernen im Körper des Dosimeterträgers als thermische und mittelschnelle Neutronen aus der Körperoberfläche wieder austreten.

ANMERKUNG 3 Die Festlegung der charakteristischen Grenzen erfolgt in dieser Norm allgemein für eine nicht näher spezifizierte Dosis D als Messgröße. In der speziellen Anwendung für Albedodosimeter werden als Messgrößen neben der Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ auch ihre durch Photonen (Photonenpersonendosis, H_γ) und Neutronen (Neutronenpersonendosis, H_n) erzeugten Komponenten betrachtet. Dann gilt $H_p(10) = H_\gamma + H_n$. Alle betrachteten Messgrößen sind nichtnegativ.

ANMERKUNG 4 Die Ermittlung der charakteristischen Grenzen für die Teilkörperdosis erfolgt analog zum Verfahren für die Tiefen-Personendosis nach A.3. Die Ermittlung der charakteristischen Grenzen für die Ortsdosis erfolgt analog zu Anmerkung 1 nach DIN 25483 unter Berücksichtigung der Standardunsicherheiten.

3.2

Nulleffekt (bei Messungen mit Albedodosimetern)

Anzeige unbestrahlter Dosimeter

ANMERKUNG 1 Im Folgenden wird Albedodosimeter kurz Dosimeter genannt.

ANMERKUNG 2 Diese nicht zusätzlich exponierten Dosimeter erhalten während der Messzeit eine Nulleffektdosis, z. B. durch die natürliche Umgebungsstrahlung. Die Anzeigen der zur Dosismessung im zu messenden Strahlungsfeld eingesetzten Dosimeter (Bruttomessung) werden mit den Nulleffektanzeigen der nicht exponierten Dosimeter verglichen und der Nulleffekt wird abgezogen. (Siehe auch 5.1.)

4 Größen und Formelzeichen

$A_j(G)$ unkorrigierte Anzeige des nur photoneneempfindlichen TL-Detektors j der Charge (G)

ANMERKUNG 1 Ein photoneneempfindlicher TL-Detektor ist ein G-Detektor nach DIN 6802-4. Als G-Detektoren werden üblicherweise ^7LiF -Detektoren (kurz ^7Li -Detektoren) benutzt.

$A_0(G)$ mittlere unkorrigierte Nullanzeige der Referenzteilcharge (G) der nur photoneneempfindlichen TL-Detektoren

$A_k(NG)$ unkorrigierte Anzeige des neutronen- und photoneneempfindlichen TL-Detektors (NG-Detektor) k der Charge (NG)

ANMERKUNG 2 Ein neutronen- und photoneneempfindlicher TL-Detektor ist ein NG-Detektor nach DIN 6802-4. Als NG-Detektoren werden üblicherweise ^6LiF -Detektoren (kurz ^6Li -Detektoren) benutzt.

$A_0(NG)$ mittlere unkorrigierte Nullanzeige der Referenzteilcharge (NG) der neutronen- und photoneneempfindlichen TL-Detektoren

D ermittelter Wert der Dosis; Schätzwert des wahren Wertes δ der Dosis

D^* Erkennungsgrenze für die Dosis

G Modellfunktion

(G) Charge nur photoneneempfindlicher TL-Detektoren

H_n durch Neutronenstrahlung erzeugte Komponente der Tiefen-Personendosis, kurz Neutronenpersonendosis

H_n^* Erkennungsgrenze für die Neutronenpersonendosis H_n

$H_p(10)$ Tiefen-Personendosis als Summe der Photonenpersonendosis und der Neutronenpersonendosis

$H_p(10)^*$ Erkennungsgrenze für die Tiefen-Personendosis

H_γ durch Photonenstrahlung erzeugte Komponente der Tiefen-Personendosis $H_p(10)$, kurz Photonenpersonendosis

H_γ^* Erkennungsgrenze für die Photonenpersonendosis H_γ

$k_{f,6}$ Korrektionsfaktor des strahleninduzierten Anzeigeteiles von ^6Li -Detektoren

$k_{f,7}$ Korrektionsfaktor des strahleninduzierten Anzeigeteiles von ^7Li -Detektoren

k_j, k_k individueller Korrektionsfaktor für den j -ten bzw. k -ten Detektor

ANMERKUNG 3 Der j -te ^6Li und der k -te ^7Li -Detektor bilden zusammen das betrachtete Dosimeter.

k_n Neutronenkorrrektionsfaktor

$k_{n,E,\Phi}$ Korrektionsfaktor des ^6Li -Detektors zur Berücksichtigung der Einflüsse der Neutronenenergie E und der Strahleneinfallswinkel Φ

ANMERKUNG 4 Das Symbol Φ darf nicht mit der Neutronenfluenz und der Funktion $\Phi(t)$ in 7.2 und Anhang D verwechselt werden.

$k_{n,\text{lin}}$ Korrektionsfaktor des ^6Li -Detektors für Nichtlinearität

k_{nr} chargenspezifischer Neutronenkorrrektionsfaktor

k_p Quantil der standardisierten Normalverteilung zur Wahrscheinlichkeit p (z. B. $p = 1 - \alpha$, $1 - \beta$ oder $1 - \gamma/2$)

$k_{\gamma,E,\Phi}$ Korrektionsfaktor des ^7Li -Detektors zur Berücksichtigung der Einflüsse der Photonenenergie E und der Strahleneinfallswinkel Φ

$k_{\gamma,\text{lin}}$ Korrektionsfaktor des ^7Li -Detektors für Nichtlinearität

$\dot{M}_{\text{nat}}$ Messwert eines ^7Li -Detektors durch die Umgebungsstrahlung in Einheiten der Dosisleistung, z. B. in Millisievert je Tag (mSv/d)

$M_{m,6}$ Dosismesswert der ^6Li -Detektoren ohne Abzug der Nullanzeige

$M_{m,7}$ Dosismesswert der ^7Li -Detektoren ohne Abzug der Nullanzeige

$M_{0,6}$ Dosismesswert unbestrahlter ^6Li -Detektoren in Einheiten der Dosis

$M_{0,7}$ Dosismesswert unbestrahlter ^7Li -Detektoren in Einheiten der Dosis

(NG) Charge neutronen- und photonenempfindlicher TL-Detektoren

$N_{\gamma,r}(n)$ Photonenkalibrierfaktor im Referenzfeld, ermittelt mit einer Teilcharge (n) der photonenempfindlichen Charge (G)

t_e Expositionsdauer eines Dosimeters

$u(D)$ Standardunsicherheit der Dosis zum ermittelten Wert D

$u(H_n)$ Standardunsicherheit der Neutronenpersonendosis H_n

$u(H_p(10))$ Standardunsicherheit der Tiefen-Personendosis $H_p(10)$

$u(H_\gamma)$ Standardunsicherheit der Photonenpersonendosis H_γ

$u(x_i)$	Standardunsicherheit einer Eingangsgröße X_i zum Schätzwert x_i
$u(z)$	Standardunsicherheit zu z
X_i	Eingangsgröße zur Bestimmung der Dosis
x_i	Schätzwert der Eingangsgröße X_i
z	bester Schätzwert für die Dosis
α	Wahrscheinlichkeit für den Fehler erster Art des statistischen Tests zur Entscheidung zwischen der Hypothese $H_0 : \delta = 0$ und der Alternativhypothese $H_1 : \delta > 0$
β	Wahrscheinlichkeit für den Fehler zweiter Art des vorgenannten statistischen Tests, falls $\delta > 0$
$(1 - \gamma)$	Wahrscheinlichkeit zum Vertrauensbereich für eine erkannte Dosis
δ	wahrer Wert der Dosis
δ^*	Nachweisgrenze für die Dosis
δ_n^*	Nachweisgrenze für die Neutronenpersonendosis H_n
δ_p^*	Nachweisgrenze für die Tiefen-Personendosis H_p (10)
δ_R	Richtwert der Dosis
δ_u, δ_o	untere bzw. obere Grenze des Vertrauensbereichs der Dosis
δ_γ^*	Nachweisgrenze für die Photonenpersonendosis H_γ
$\Phi(t)$	Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung
$\tilde{u}(\delta)$	Standardunsicherheit der Dosis als Funktion ihres wahren Werts δ

5 Grundlagen

1.1 Allgemeines

Bei der Ermittlung der Tiefen-Personendosis H_n (10) in Photonen- und Neutronenfeldern werden Thermolumineszenz-(TL-)Dosimetriesysteme in Form von Albedodosimetern eingesetzt. Sie ermöglichen die getrennte Bestimmung der Photonen- und Neutronenkomponente der Tiefen-Personendosis. In dieser Norm wird vorausgesetzt, dass es sich bei den verwendeten Dosimetern um Albedodosimeter nach DIN 6802-4 handelt.

Ein TL-Dosimetriesystem besteht aus einem Satz gleichartiger TL-Dosimeter, zusammen mit dem Auslesegerät und dem Auswerteverfahren und den Behandlungsvorschriften. Auch die rechnerische Auswertung der Messdaten ist ein wesentlicher Teil des Messverfahrens. Näheres siehe 5.2, [4], [5] und [6].

Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass das TL-Dosimetriesystem in Voruntersuchungen (z. B. im Rahmen der Bauartprüfung) kalibriert wurde und die Kalibrierung und die damit zusammenhängenden Standardunsicherheiten im Rahmen von Qualitätssicherungsmaßnahmen regelmäßig geprüft werden.

5.2 Modell

Bei der rechnerischen Auswertung der Dosismessungen wird angenommen, dass die einzelnen Dosimeter im interessierenden Dosisbereich hinreichend linear anzeigen. Die Anzeige eines Dosimeters hängt also, mit Unsicherheit behaftet, linear mit der jeweils aufgetragenen Dosis zusammen. (Siehe Anhänge A und B.)

Für die Ermittlung der Dosis wird das Modell der Auswertung durch Gleichung (1) beschrieben:

$$D = G(X_1, \dots, X_L). \quad (1)$$

Dabei sind die Eingangsgrößen $X_1, \dots, X_L$ Messgrößen oder andere Größen, die zur Ermittlung der Dosis D herangezogen werden.

ANMERKUNG Das Symbol D wird hier allgemein für den Wert einer nicht näher spezifizierten Dosisgröße benutzt. Es darf nicht mit der Energiedosis verwechselt werden.

Für die Ermittlung der Photonenpersonendosis H_γ , der Neutronenpersonendosis H_n und der Tiefen-Personendosis $H_p(10)$ wird nach DIN 6802-4 das spezielle Modell der Auswertung durch die Gleichungen (2), (3) und (4) beschrieben:

$$H_\gamma = k_{\gamma, E, \Phi} \cdot k_{\gamma, \text{lin}} \cdot k_j \cdot [N_{\gamma, r}(n) \cdot A_j(G) - N_{\gamma, r}(n) \cdot A_0(G)]. \quad (2)$$

$$H_n = k_n \cdot k_{nr} \cdot N_{\gamma, r}(n) \cdot [k_k \cdot (A_k(NG) - A_0(NG)) - k_j \cdot (A_j(G) - A_0(G))]. \quad (3)$$

$$H_p(10) = H_\gamma + H_n. \quad (4)$$

In dieser Norm werden die charakteristischen Grenzen für das allgemeine Modell nach Gleichung (1) festgelegt. Die Ermittlung der charakteristischen Grenzen bei Messungen der Photonenpersonendosis, der Neutronenpersonendosis und der Tiefen-Personendosis im Rahmen der Personendosisüberwachung beim Umgang mit Transportbehältern nach dem speziellen Modell der Gleichungen (2), (3) und (4) sind in A.1 bis A.3 dargestellt. Beispiele für das spezielle Modell nach Gleichungen (2), (3) und (4) sind in Anhang A, weitere Erläuterungen in Anhang C gegeben.

Hier wird vorausgesetzt, dass im Rahmen der Kalibrierung des Dosimetriesystems alle Korrekturfaktoren und die Anzeige $\dot{M}_{\text{nat}} \cdot t_e$ durch die Umgebungsstrahlung während der Expositionsdauer t_e (siehe hierzu Gleichung (A.1)) und die mit ihnen verbundenen Standardunsicherheiten bestimmt wurden.

Die Varianz $u^2(D)$ der Dosis D wird durch Gleichung (5) beschrieben:

$$u^2(D) = \sum_{l=1}^L \left(\frac{\partial G}{\partial X_l} \Big|_{X_1=x_1, \dots, X_L=x_L} \right)^2 u^2(x_l) = \sum_{l=1}^L \left(\frac{\partial G}{\partial X_l} \right)^2 u^2(x_l). \quad (5)$$

Die Varianzen der Messgrößen nach den Gleichungen (2), (3), (4), (A.1), (A.8) und (A.12) sind analog zu berechnen. In 6.2 werden die charakteristischen Grenzen für die Messgröße der Dosis D angegeben. Für die Messgrößen nach den Gleichungen (2), (3), (4), (A.1), (A.8) und (A.12) ist zur Berechnung der charakteristischen Grenzen analog zu verfahren.

6 Charakteristische Grenzen

6.1 Allgemeines

Die charakteristischen Grenzen werden mit Hilfe der Standardunsicherheiten der Messgrößen ermittelt. Die Standardunsicherheiten der beteiligten physikalischen Größen werden nach internationaler Empfehlung [2] und DIN 1319-3 und DIN 1319-4 als Standardabweichungen ausgedrückt. Unter der Voraussetzung unabhängiger Messungen mit den Albedodosimetern eines TL-Dosimetriesystems sowie vernachlässig-

barer Unsicherheiten der bei der Kalibrierung verwendeten Referenzdosen brauchen Korrelationen zwischen den Größen nicht berücksichtigt zu werden.

6.2 Erkennungsgrenze

Die Erkennungsgrenze D^* für die Dosis ist derjenige Wert, bei dessen Überschreitung durch einen ermittelten Wert D gefolgert wird, dass die Dosis gegenüber dem Nulleffekt erhöht ist ($\delta > 0$). Andernfalls wird angenommen, dass lediglich Nulleffekt vorliegt. Wenn in Wahrheit keine Erhöhung der Dosis vorliegt, führt diese Entscheidungsregel nur mit der vorzugebenden Wahrscheinlichkeit α zu der dann falschen Entscheidung, es habe eine erhöhte Dosis vorgelegen (Fehler erster Art); siehe DIN 25482-10.

6.3 Nachweisgrenze

Die Nachweisgrenze δ^* ist der kleinste wahre Wert der Dosis, für den bei Anwendung der Entscheidungsregel nach 6.2 die Wahrscheinlichkeit dafür, dass fälschlicherweise keine Erhöhung der Dosis gegenüber dem Nulleffekt angenommen wird, höchstens gleich einem vorzugebenden Wert β ist (Fehler zweiter Art); siehe DIN 25482-10.

Zur Prüfung, ob ein Messverfahren für den Messzweck geeignet ist, wird die Nachweisgrenze δ^* mit dem vorgegebenen Richtwert verglichen.

ANMERKUNG Der Unterschied in der Anwendung der Erkennungsgrenze und der Nachweisgrenze liegt darin, dass ermittelte Werte mit der Erkennungsgrenze zu vergleichen sind, die Nachweisgrenze jedoch mit dem Richtwert der Messgröße.

6.4 Vertrauensgrenzen

Die Grenzen des Vertrauensbereichs werden zu einer nach 6.2 erkannten Dosis so angegeben, dass der Vertrauensbereich den wahren Wert der Dosis mit der vorzugebenden Wahrscheinlichkeit $(1 - \gamma)$ enthält; siehe DIN 25482-10.

7 Berechnungen und Beurteilungen

7.1 Vorgaben

Die Wahrscheinlichkeiten α und β der Fehler erster und zweiter Art und die Wahrscheinlichkeit $1 - \gamma$ zum Vertrauensbereich müssen vorgegeben werden. Es sollte $\alpha = \beta = \gamma = 0,05$ gewählt werden.

7.2 Allgemeine Festlegung der charakteristischen Grenzen

Ein Schätzwert D für die Dosis weist nur dann signifikant auf einen wahren Wert $\delta > 0$ hin, wenn er unter der Hypothese $\delta = 0$ genügend unwahrscheinlich ist. Liegt ein Schätz- oder Messwert D der Dosis nebst zugehöriger Unsicherheit $u(D)$ vor und sonst keine weitere Information, so folgt aus dem Prinzip der maximalen Informationsentropie eine Normalverteilung als wahrscheinlichste Verteilung dieser Dosis, die nach der Bayes-Statistik den Stand der unvollständigen Kenntnis über die Dosis ausdrückt, aber nicht als Verteilung relativer Häufigkeiten irgendwelcher auftretender Werte verstanden werden darf (siehe DIN 25482-10, [1], [2]).

Die Messgröße zum ermittelten Wert D der Dosis ist gleichzeitig Erkennungsgröße nach DIN 25482-10. Zur Festlegung der charakteristischen Grenzen ist die Kenntnis der Funktion $\tilde{u}(\delta)$ erforderlich, die die Standardunsicherheit der Erkennungsgröße als Funktion des wahren Wertes δ der Dosis darstellt. Dieses ist grundsätzlich vom Anwender dieser Norm selbst im Rahmen der Auswertung nach DIN 1319-3, DIN 1319-4 oder DIN V ENV 13005 zu berechnen (Beispiele siehe A.1 bis A.3). Bei Messungen mit Albedodosimetern kann davon ausgegangen werden, dass aus Voruntersuchungen entweder $\tilde{u}(\delta)$ bekannt ist oder dass zumindest $\tilde{u}(0)$ und $u(D)$ zu einem ermittelten Wert D der Dosis bekannt sind. Ist Letzteres der Fall, reicht für $D > 0$ die lineare Interpolation nach DIN 25482-10 aus: