

DIN 6800-5

DIN

ICS 11.040.50; 17.240

Ersatz für
DIN 6800-5:1980-06**Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und
Elektronenstrahlung –
Teil 5: Thermolumineszenzdosimetrie**Procedures of dosimetry with probe-type detectors for photon and electron radiation –
Part 5: Thermoluminescence dosimetryProcédures de dosimétrie par sonde de détection pour le rayonnement électronique et
photonique –

Partie 5: Dosimétrie thermoluminescente

Gesamtumfang 45 Seiten

Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN



Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe.....	7
3.2 Abkürzungen.....	14
4 Regeln für das TLD-Messverfahren	14
4.1 Messprinzip.....	14
4.2 MESSGRÖSSE.....	14
4.3 MESSZYKLUS.....	14
4.3.1 Allgemeines.....	14
4.3.2 Abfolge der MESSZYKLEN.....	14
4.3.3 Gemeinsames Durchlaufen der MESSZYKLEN.....	14
4.3.4 Handhabung von TL-DETEKTOREN.....	15
4.3.5 REGENERIERUNG.....	15
4.3.6 BESTRAHLUNG.....	16
4.3.7 STABILISIERUNG.....	16
4.3.8 Auswertung.....	16
4.4 Messung der WASSER-ENERGIEDOSIS.....	16
4.4.1 Grundgleichung zur Ermittlung der WASSER-ENERGIEDOSIS.....	16
4.4.2 Ermittlung der NULLANZEIGE M_0	17
4.4.3 Ermittlung der ANZEIGEN M_i	17
4.4.4 Ermittlung der individuellen KALIBRIERFAKTOREN N_i	17
4.4.5 Ermittlung der KORREKTIONSFAKTOREN k_v	19
4.5 MESSUNSICHERHEIT der Energiedosis.....	25
4.6 WIEDERVERWENDBARKEIT.....	25
4.7 KONSTANZPRÜFUNGEN.....	25
4.8 Personal.....	25
5 Anforderungen an das TLD-SYSTEM	25
5.1 Allgemeines.....	25
5.1.1 Gliederung der Anforderungen.....	25
5.1.2 Anforderungen an Leistungsmerkmale.....	26
5.2 Vollständigkeit des TLD-SYSTEMS.....	26
5.2.1 Technische Komponenten.....	26
5.2.2 Hardware- und Softwarekomponenten.....	26
5.2.3 Gebrauchsanweisung.....	26
5.2.4 Zugriff auf eine Kalibrier-Bestrahlungseinrichtung.....	28
5.3 Anforderungen an TL-DETEKTOREN.....	28
5.3.1 Kenngrößen für TL-MATERIALIEN.....	28
5.3.2 Konfektionierungen.....	29
5.3.3 WIEDERVERWENDBARKEIT von TL-DETEKTOREN.....	29
5.3.4 EXEMPLARSTREUUNG.....	30
5.4 Anforderungen an TL-ANZEIGEGERÄTE.....	30
5.4.1 Allgemeines.....	30
5.4.2 Betriebslage.....	30
5.4.3 ANLAUFZEIT.....	30
5.4.4 ANZEIGE und Anzeigebereiche.....	31
5.4.5 NULLANZEIGE.....	31
5.4.6 Überlaufanzeige und Nachwirkungen beim Auswerten hoher DOSEN.....	31
5.4.7 TESTLICHTQUELLE.....	31
5.4.8 Änderungen des ANSPRECHVERMÖGENS.....	31
5.4.9 Mechanischer Aufbau.....	31
5.4.10 Lichtdichtheit.....	31

5.4.11	Klimatische Einflüsse	31
5.4.12	Elektrische Anforderungen	32
5.4.13	Betriebssicherheit und Erkennung von Funktionsfehlern	34
5.4.14	Datenausgabe und DATENSICHERUNG	35
5.5	Anforderungen an Zusatzgeräte (Regeneriereinrichtung)	35
5.5.1	Allgemeines	35
5.5.2	Funktionsfehler-Erkennung	35
5.5.3	Anzeige des Betriebszustandes	36
5.6	Anforderungen an das gesamte TLD-SYSTEM	36
5.6.1	Messbereiche	36
5.6.2	Mindest-Nenngebrauchsbereiche	36
5.6.3	Prüfwertebereiche	37
5.7	Anforderungen an die Kalibrier-Bestrahlungseinrichtung	38
5.8	Anforderungen an die BEGLEITPAPIERE	38
5.9	ABNAHMEPRÜFUNGEN	39
5.9.1	Allgemeines	39
5.9.2	Anzahl der zu verwendenden TL-DETEKTOREN	39
5.9.3	Art der verwendeten TL-DETEKTOREN für die ABNAHMEPRÜFUNG	39

Tabellen

Tabelle 1	— BEZUGSBEDINGUNGEN und Prüfwertebereiche für KALIBRIERUNGEN	18
Tabelle 2	— FELDGRÖSSEN und Tiefen für Anschlussmessungen bei anderen STRAHLUNGSQUALITÄTEN	19
Tabelle 3	— EINFLUSSGRÖSSEN und zugehörige KORREKTIONSFAKTOREN (Übersicht)	19
Tabelle 4	— Experimentell bestimmte k_Q -Werte für hochenergetische PHOTONENSTRAHLUNG; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF	22
Tabelle 5	— Experimentell bestimmte k_E -Werte für hochenergetische ELEKTRONENSTRAHLUNG; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF	23
Tabelle 6	— Monte-Carlo-Werte von k_Q für Röntgenstrahlung; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF	23
Tabelle 7	— Experimentell bestimmte k_Q -Werte für hochenergetische Gammastrahlung; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF	24
Tabelle 8	— Experimentell bestimmte k_Q -Werte für niederenergetische Gammastrahlung; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF	25
Tabelle 9	— Kenngrößen für häufig verwendete TL-MATERIALIEN	29
Tabelle 10	— Leistungsmerkmale von TLD-SYSTEMEN bei Störungen durch elektromagnetische Felder und leitungsgeführte Störungen	33
Tabelle 11	— Messbereiche von TLD-SYSTEMEN für die Strahlentherapie	36
Tabelle 12	— Bezugswerte und Mindest-Nenngebrauchsbereiche für EINFLUSSGRÖSSEN, deren Variation durch die Anwendung des TLD-SYSTEMS bedingt ist	37
Tabelle 13	— Bezugswerte, Prüfwertebereiche und Mindest-Nenngebrauchsbereiche für EINFLUSSGRÖSSEN, deren Variation unabhängig von der Anwendung des TLD-SYSTEMS von außen aufgeprägt ist	38

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss 1 „Dosimetrie“ des Normenausschusses Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft, in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik und der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie erarbeitet.

In Übereinstimmung mit dem Verfahren in Publikationen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) wurden Benennungen von definierten Begriffen in KAPITÄLCHEN gedruckt.

Allgemeine Regeln für die Sondenmethode in der Dosimetrie enthält DIN 6800-1. Regeln für die Dosimetrie nach der Sondenmethode unter Verwendung anderer Messprinzipien sind in DIN 6800-2 und DIN 6800-4 festgelegt. Für die Kennzeichnung der STRAHLUNGSQUALITÄT und die Festlegung von BEZUGSTIEFEN bei PHOTONEN- und ELEKTRONENSTRAHLUNG gilt DIN 6809-6. Regeln für die klinische Dosimetrie mit PHOTONEN- und ELEKTRONENSTRAHLUNG sind in DIN 6809-6 festgelegt. Regeln zur Thermolumineszenzdosimetrie im Strahlenschutz sind in DIN 6818-6 enthalten. Begriffe zur Strahlentherapie sind in DIN 6814-8 festgelegt.

DIN 6800, *Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung*, besteht aus:

- *Teil 1: Allgemeines zur Dosimetrie von Photonen- und Elektronenstrahlung nach der Sondenmethode*
- *Teil 2: Ionisationsdosimetrie*
- *Teil 4: Filmdosimetrie*
- *Teil 5: Thermolumineszenzdosimetrie*

Änderungen

Gegenüber DIN 6800-5:1980-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die vorliegende Norm wurde hinsichtlich der Begriffsdefinitionen, der Regeln für das TL-Messverfahren und der Anforderungen an das TLD-System konzeptionell und inhaltlich neu bearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 6800-5: 1980-06

Nur für die Normungszusammenarbeit

1 Anwendungsbereich

In dieser Norm sind Regeln für die Anwendung der Thermolumineszenzdosimetrie zu Dosismessungen nach der Sondenmethode (siehe DIN 6800-1) festgelegt. Diese Regeln dienen dem Ziel, die in der klinischen Dosimetrie am oder im PHANTOM sowie am oder im PATIENTEN erforderliche Genauigkeit und Zuverlässigkeit sicherzustellen. Sie gelten für die Dosimetrie in der PERKUTANEN STRAHLENTHERAPIE mit PHOTONEN- und ELEKTRONENSTRAHLUNG und in der BRACHYTHERAPIE mit Photonenstrahlern sowie für die messtechnischen Kontrollen nach der Medizinprodukte-Betreiberverordnung, wenn sie durch den Versand von TL-SONDEN durchgeführt werden.

Die Festlegungen dieser Norm umfassen spezielle Begriffe der Thermolumineszenzdosimetrie, Regeln für das MESSVERFAHREN und Anforderungen an das MESSSYSTEM. Die festgelegten Anforderungen und Prüfverfahren können in ihrer Gesamtheit oder in Teilen als Basis für KONSTANZ- und ABNAHMEPRÜFUNGEN verwendet werden. Das Thermolumineszenzdosimetrieverfahren im Sinne dieser Norm eignet sich für PHOTONENSTRAHLUNG im Energiebereich von 20 keV bis 50 MeV und für ELEKTRONENSTRAHLUNG im Bereich von 4 MeV bis 25 MeV.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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 6800-1, *Dosismessverfahren in der radiologischen Technik — Allgemeines zur Dosimetrie von Photonen- und Elektronenstrahlung nach der Sondenmethode*

DIN 6800-2, *Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung — Teil 2: Ionisationsdosimetrie*

DIN 6809-6, *Anwendung hochenergetischer Photonen- und Elektronenstrahlung in der perkutanen Strahlentherapie.*

DIN 6814-2, *Begriffe in der radiologischen Technik — Teil 2: Strahlungsphysik*

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

DIN 6814-8, *Begriffe in der radiologischen Technik — Teil 8: Strahlentherapie*

DIN 6817, *Dosimeter mit Ionisationskammern für Photonen- und Elektronenstrahlung zur Verwendung in der Strahlentherapie — Regeln für die Herstellung*

DIN 6818-1, *Strahlenschutzdosimeter — Allgemeine Regeln*

DIN 6818-6:1988-12, *Strahlenschutzdosimeter — Thermolumineszenzdosimetrie-Systeme*

DIN EN 60580:2001-12 *Medizinische elektrische Geräte — Dosisflächenprodukt-Messgeräte*

DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847 Teil 4-2):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren; Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität (IEC 61000-4-2:1995 + A1:1998 + A2:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-2:1995 + A1:1998 + A2:2001*

DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847 Teil 4-3):2003-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren; Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder* (IEC 61000-4-3:2002); Deutsche Fassung EN 61000-4-3:2002

DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847 Teil 4-4):2002-07, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-4: Prüf- und Messverfahren; Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst* (IEC 61000-4-4:1995 + A1:2000 + A2:2001); Deutsche Fassung EN 61000-4-4:1995 + A1:2001 + A2:2001

DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847 Teil 4-5):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren; Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen* (IEC 61000-4-5:1995 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-5:1995 + A1:2001

DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847 Teil 4-6):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren; Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder* (IEC 61000-4-6:1996 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-6:1996 + A1:2001

DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847 Teil 4-8):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-8: Prüf- und Messverfahren; Prüfung der Störfestigkeit gegen Magnetfelder mit energietechnischen Frequenzen* (IEC 61000-4-8:1993 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-8:1993 + A1:2001

DIN EN 61000-4-11 (VDE 0847 Teil 4-11):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-11: Prüf- und Messverfahren; Prüfung der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen* (IEC 61000-4-11:1994 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-11:1994 + A1:2001

DIN EN 61000-6-2 (VDE 0847 Teil 6-2):2002-08, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-2: Fachgrundnormen; Störfestigkeit für Industriebereich* (IEC 61000-6-2:1999, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61000-6-2:2001

DIN EN 61010-1 (VDE 0411 Teil 1):2002-08, *Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte — Teil 1: Allgemeine Anforderungen* (IEC 61010-1:2001); Deutsche Fassung EN 61010-1:2001

DIN EN 60601-1 (VDE 0750 Teil 1):1996-03, *Medizinische elektrische Geräte — Teil 1: Allgemeine Festlegungen für die Sicherheit* (IEC 60601-1:1988 + A1:1991 + A2:1995); Deutsche Fassung EN 60601-1:1990 + A1:1993 + A2:1995

DIN EN 61187:1995-06, *Elektrische und elektronische Messgeräte — Mitzuliefernde Unterlagen* (IEC 61187:1993, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61187:1994

Leitfaden zu Messtechnischen Kontrollen von Medizinprodukten mit Messfunktion (2. Ausgabe) Teil 2: Therapedosimeter. Hrsg. S. Mieke und T. Schade, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (2001)

IVM: International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, Second edition 1993, International Organization for Standardization (Geneva, Switzerland), dtsh.: Internationales Wörterbuch der Metrologie, 2. Auflage 1994, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag (1993)

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten neben den Begriffen nach DIN 1319-1, DIN 1319-3, DIN 6800-1, DIN 6800-2, DIN 6814-1, DIN 6814-2, DIN 6814-3, DIN 6814-8, DIN 6818-1 und DIN 6818-6 die in Abschnitt 3 zusammengestellten Begriffe. Diese Zusammenstellung umfasst spezielle Begriffe der Thermolumineszenzdosimetrie sowie einige allgemeine Begriffe in der durch spitze Klammern gekennzeichneten, speziell an die Thermolumineszenzdosimetrie angepassten Form. In den beigefügten Anmerkungen werden weitere Hinweise gegeben, auch auf Regeln und Anforderungen dieser Norm, die für das Verständnis wichtig sind.

3.1.1

Ansprechvermögen

$R_{D,i}$

<klinische TL-Dosimetrie> Differenz der ANZEIGE M_i für einen individuellen TL-DETEKTOR i und der NULL-ANZEIGE M_0 , dividiert durch den richtigen Wert der MESSGRÖSSE D

$$R_{D,i} = \frac{M_i - M_0}{D} \quad (1)$$

ANMERKUNG Das ANSPRECHVERMÖGEN eines TL-DETEKTORS hängt u. a. von der DOSIS, der STRAHLUNGSQUALITÄT und der Einfallrichtung der Strahlung sowie vom Detektormaterial und von der Detektorgröße, von der Art der Umhüllung und vom verwendeten TL-ANZEIGEGERÄT ab.

3.1.2

Anzeige

M

<klinische TL-Dosimetrie> durch ein TL-Messgerät numerisch dargestellter Wert einer Größe (IVM)

ANMERKUNG Die ANZEIGE M für einen TL-DETEKTOR wird mit Hilfe des TL-ANZEIGEGERÄTES aus der GLOWKURVE bestimmt (siehe 4.3.8.3). Aus der ANZEIGE wird durch Anwendung des KALIBRIERFAKTORS, von KORREKTIONSFAKTOREN und von KORREKTIONSSUMMANDEN der MESSWERT der DOSIS ermittelt (siehe 4.4).

3.1.3

a-Wert

Korrektionsintervall-Halbbreite

<klinische TL-Dosimetrie> halbe Breite a des kleinsten Intervalls von $1 - a$ bis $1 + a$, in dem alle bei der Variation einer EINFLUSSGRÖSSE oder der MESSGRÖSSE zu erwartenden Werte des zugehörigen KORREKTIONSFAKTORS liegen

ANMERKUNG 1 Der a -WERT wird benötigt, um Anforderungen an Leistungsmerkmale (Auswirkungen der Änderung von EINFLUSSGRÖSSEN auf das ANSPRECHVERMÖGEN und der Abweichung der MESSGRÖSSE von ihrem BEZUGSWERT BEI PRÜFUNGEN) zu quantifizieren.

ANMERKUNG 2 Bei der Ermittlung der MESSUNSICHERHEIT ist der a -WERT für nicht angewandte KORREKTIONSFAKTOREN (KORREKTIONSFAKTOREN, die gleich eins gesetzt werden) von Bedeutung. Er kennzeichnet dann den dadurch hervorgerufenen Beitrag zur MESSUNSICHERHEIT.

ANMERKUNG 3 Bei EINFLUSSGRÖSSEN, bei denen ein KORREKTIONSFAKTOR angewandt wird (z. B. ENERGIEABHÄNGIGKEIT des ANSPRECHVERMÖGENS), kennzeichnet der a -WERT die nach Korrektion noch verbleibende Abweichung vom richtigen Wert.

ANMERKUNG 4 Für den KORREKTIONSFAKTOR k_i bzgl. einer EINFLUSSGRÖSSE i ergibt sich die KORREKTIONSINTERVALLHALBBREITE a_i ; für den KORREKTIONSFAKTOR bzgl. der NICHTLINEARITÄT k_n ergibt sich die KORREKTIONSINTERVALLHALBBREITE a_n .

ANMERKUNG 5 Für ein DOSIMETER mit konstantem ANSPRECHVERMÖGEN ist a_n gleich null.

3.1.4

Bezugswert bei Kalibrierungen

Wert einer EINFLUSSGRÖSSE oder der MESSGRÖSSE, auf den sich der KALIBRIERFAKTOR bezieht und für den er ohne weitere Korrekturen gilt

ANMERKUNG Bedingt durch die NICHTLINEARITÄT wird auch für die MESSGRÖSSE ein Bezugswert festgelegt.

3.1.5

Bezugswert bei Prüfungen

Ausgangswert für die Variation einer EINFLUSSGRÖSSE bei der Prüfung ihrer Wirkung auf das ANSPRECHVERMÖGEN

3.1.6

Bezugsbedingungen

<klinische TL-Dosimetrie> Gesamtheit der Bezugswerte aller EINFLUSSGRÖSSEN sowie der MESSGRÖSSE

ANMERKUNG Siehe auch DIN EN 60580:2001-12.

3.1.7

Bezugspunkt einer TL-Sonde

Punkt im Inneren oder an der Oberfläche der TL-SONDE, durch dessen Raumkoordinaten die Position der TL-SONDE in ihrer Umgebung gekennzeichnet wird

ANMERKUNG Die Lage des Bezugspunktes in oder an der TL-SONDE wird vom Hersteller der SONDE angegeben. Bei klinischen Dosismessungen wird der BEZUGSPUNKT EINER TL-SONDE an den MESSORT am oder im PHANTOM bzw. am oder im PATIENTENKÖRPER gebracht. Bei der Kalibrierung wird der BEZUGSPUNKT EINER TL-SONDE an den Ort gebracht, für den die WASSER-ENERGIEDOSIS unter BEZUGSBEDINGUNGEN bekannt ist (siehe 4.4.1).

3.1.8

Charge

<klinische TL-Dosimetrie> Anzahl von TL-DETEKTOREN gleichen Typs, die aus einem gemeinsamen Herstellungsvorgang stammen und in ihrer Gesamtheit den in dieser Norm festgelegten Anforderungen sowie den vom Hersteller anzugebenden Qualitätsmerkmalen hinsichtlich des ANSPRECHVERMÖGENS, der EXEMPLARSTREUUNG und der NICHTLINEARITÄT entsprechen

3.1.9

Einflussgröße

<klinische TL-Dosimetrie> Größe, die nicht MESSGRÖSSE ist, jedoch das MESSERGEBNIS beeinflusst (IVM)

ANMERKUNG 1 EINFLUSSGRÖSSEN können als Störgrößen von außen einwirken (Temperatur, Luftfeuchte, NETZSPANNUNG usw.), als Geräteeigenschaften aus dem Gerät selbst stammen (Nullpunktwanderung, Alterung der Bauteile, ANLAUFZEIT usw.) oder als einstellbare Größen bei der Messung in Erscheinung treten (z. B. die STRAHLUNGSQUALITÄT oder die Strahleneinfallrichtung bei der Messung der Dosis).

ANMERKUNG 2 Die Korrektur der Wirkung einer EINFLUSSGRÖSSE kann die Anwendung eines KORREKTIONSFAKTORS auf die ANZEIGE erfordern (multiplikative EINFLUSSGRÖSSE, z. B. FADING) oder die Anwendung eines KORREKTIONSSUMMANDEN notwendig machen (additive EINFLUSSGRÖSSE, z. B. NULLANZEIGE).

ANMERKUNG 3 Werden EINFLUSSGRÖSSEN nicht durch einen KORREKTIONSFAKTOR bzw. KORREKTIONSSUMMANDEN berücksichtigt, so spricht man auch von einem KORREKTIONSFAKTOR gleich eins bzw. einem KORREKTIONSSUMMANDEN gleich null.

ANMERKUNG 4 Siehe auch DIN 6818-1 und DIN 1319-1.

3.1.10

Energieabhängigkeit

Abhängigkeit des ANSPRECHVERMÖGENS eines TL-DETEKTORS von der STRAHLUNGSQUALITÄT

3.1.11**Exemplarstreuung des Ansprechvermögens**

Exemplarstreuung

Abweichung des ANSPRECHVERMÖGENS einzelner TL-DETEKTOREN vom mittleren ANSPRECHVERMÖGEN einer CHARGE bei gleichen Bestrahlungs- und Auswertebedingungen

3.1.12**Fading** F

Quotient aus dem im Zeitraum zwischen BESTRAHLUNG und Auswertung, z. B. infolge Einwirkung der Umgebungstemperatur, entstehenden Rückgang des gemessenen Dosiswertes und dem Dosiswert bei sofortiger Auswertung nach BESTRAHLUNG

ANMERKUNG Das FADING wird als Prozentsatz angegeben.

3.1.13**Fadingrate** $\dot{F}$

FADING pro Zeitintervall

3.1.14**Glowkurve**

<klinische TL-Dosimetrie> Verlauf der Lichtemission des TL-DETEKTORS als Funktion der Temperatur oder der Zeit während des Auswertevorgangs

3.1.15**Kalibrieren**

<klinische TL-Dosimetrie> Feststellen des Zusammenhangs zwischen der ANZEIGE eines TL-DETEKTORS und dem richtigen Wert der MESSGRÖSSE WASSER-ENERGIEDOSIS unter BEZUGSBEDINGUNGEN

ANMERKUNG Durch das KALIBRIEREN wird der KALIBRIERFAKTOR ermittelt oder überprüft. Als richtiger Wert der Messgröße gilt der mittelbar oder unmittelbar mit einem Normalmessgerät ermittelte MESSWERT. Er muss auf ein Primärnormal rückführbar sein.

3.1.16**Kalibrierfaktor** N_i

<klinische TL-Dosimetrie> unter BEZUGSBEDINGUNGEN gültiges Verhältnis

$$N_i = \frac{D}{M_i - M_0} \quad (2)$$

wobei D der richtige Wert der MESSGRÖSSE und $M_i - M_0$ die Differenz aus der ANZEIGE eines individuellen TL-DETEKTORS i und der über die gesamte CHARGE gemittelten NULLANZEIGE ist

ANMERKUNG Der KALIBRIERFAKTOR ist demnach der Kehrwert des ANSPRECHVERMÖGENS unter BEZUGSBEDINGUNGEN.

3.1.17**Konditionierung einer Charge**

Konditionierung

mehrfache BESTRAHLUNG und REGENERIERUNG einer CHARGE von TL-DETEKTOREN

ANMERKUNG Ob die KONDITIONIERUNG ausreicht, wird durch Prüfung der WIEDERVERWENDBARKEIT nach 5.3.3 festgestellt.

3.1.18**Kontrollvorrichtung**

<klinische TL-Dosimetrie> Gerät zur Überprüfung der Dosimeterkalibrierung

ANMERKUNG Mit der KONTROLLVORRICHTUNG wird reproduzierbar eine bestimmte DOSIS in vorgegebener Zeit erreicht.

3.1.19

Korrektionsfaktor

<klinische TL-Dosimetrie> Faktor zum Ausgleich der von einer EINFLUSSGRÖSSE oder der MESSGRÖSSE verursachten Messabweichung

ANMERKUNG Beispiele für Berichtigungen durch einen KORREKTIONSFAKTOR sind FADING, ENERGIEABHÄNGIGKEIT und NICHTLINEARITÄT (siehe 4.4.5).

3.1.20

Korrektionssummand

Summand, der zum Ausgleich der von einer EINFLUSSGRÖSSE verursachten Messabweichung zu der ANZEIGE addiert wird

ANMERKUNG Die NULLANZEIGE ist ein Beispiel für Berichtigungen durch einen KORREKTIONSSUMMANDEN (siehe 4.4.2).

3.1.21

Messbereich

<klinische TL-Dosimetrie> Wertebereich der DOSIS, in dem das TLD-SYSTEM die festgelegten Anforderungen an die Leistungsmerkmale einhält

ANMERKUNG Die Messbereichsgrenzen sind durch den kleinsten und den größten MESSWERT gegeben.

3.1.22

Messgröße

<klinische TL-Dosimetrie> durch das MESSSYSTEM zu ermittelnde physikalische Größe

ANMERKUNG In der klinischen TL-Dosimetrie wird die WASSER-ENERGIEDOSIS am MESSORT ermittelt (siehe DIN 6814-3) (siehe 4.2).

3.1.23

Messort

<klinische TL-Dosimetrie> derjenige Punkt am oder im Wasserphantom, am oder im PATIENTEN, für den die WASSER-ENERGIEDOSIS bestimmt wird

ANMERKUNG Siehe auch DIN 6809-6 und DIN 6814-8.

3.1.24

Messunsicherheit

Kennwert, der aus Messungen gewonnen wird und zusammen mit dem MESSERGEBNIS zur Kennzeichnung eines Wertebereiches für den wahren Wert der MESSGRÖSSE dient

ANMERKUNG Die MESSUNSICHERHEIT ist die positive Wurzel aus der Summe der Quadrate der Schätzwerte der Standardabweichung für alle Unsicherheitskomponenten.

3.1.25

Messwert eines TLD-Systems

Messwert

<klinische TL-Dosimetrie> mit einem TLD-SYSTEM bestimmter Wert der MESSGRÖSSE WASSER-ENERGIEDOSIS am MESSORT

ANMERKUNG Der MESSWERT wird aus dem Produkt der KORREKTIONSFAKTOREN und dem Mittelwert der mit individuellen KALIBRIERFAKTOREN multiplizierten, hinsichtlich der NULLANZEIGE korrigierten ANZEIGEN der in der TL-SONDE gleichzeitig untergebrachten TL-DETEKTOREN ermittelt (siehe 4.4.1).

3.1.26**Messzyklus**

Folge von Arbeitsschritten bei der TL-Dosimetrie, bestehend aus der REGENERIERUNG, BESTRAHLUNG, STABILISIERUNG und Auswertung eines TL-DETEKTORS

3.1.27**Nenngebrauchsbereich**

Bereich einer EINFLUSSGRÖSSE, in dem diese sich ändern darf, ohne dass die dadurch hervorgerufene Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS vereinbarte Werte der Messabweichung überschreitet bzw. ohne dass die Korrektur ihres Einflusses festgelegte Werte überschreitet

ANMERKUNG Siehe auch DIN 6818-1.

3.1.28**Nichtlinearität**

<klinische TL-Dosimetrie> Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS in Abhängigkeit von der DOSIS

ANMERKUNG Als Supralinearität bezeichnet man eine Zunahme, als Sublinearität eine Abnahme des ANSPRECHVERMÖGENS mit ansteigender DOSIS.

3.1.29**Nullanzeige**

M_0

<klinische TL-Dosimetrie> ANZEIGE eines TLD-SYSTEMS bei Auswertung eines unbestrahlten TL-DETEKTORS gemäß GEBRAUCHSANWEISUNG

ANMERKUNG Eine Änderung der NULLANZEIGE kann auf eine Änderung am TL-ANZEIGEGERÄT, eine ungenügende REGENERIERUNG oder eine Verschmutzung des DETEKTORS zurückzuführen sein.

3.1.30**Prüfwert**

Wert einer EINFLUSSGRÖSSE, der bei der Prüfung des Einflusses anderer EINFLUSSGRÖSSEN zugelassen ist

3.1.31**Prüfbedingungen**

<klinische TL-Dosimetrie> Gesamtheit der PRÜFWERTE aller EINFLUSSGRÖSSEN

3.1.32**Referenzdetektor**

<klinische TL-Dosimetrie> TL-DETEKTOR, der zur Bestimmung des KORREKTIONSFAKTORS für die Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS im Laufe aufeinander folgender MESSZYKLEN benutzt wird (siehe 4.4.5.3)

3.1.33**Regenerierung**

<klinische TL-Dosimetrie> kontrollierte Wärmebehandlung von bereits ausgewerteten TL-DETEKTOREN vor Wiederverwendung

ANMERKUNG Die REGENERIERUNG dient zur möglichst vollständigen Löschung der nach der Auswertung noch verbleibenden Restanzeige und zur Wiederherstellung des ursprünglichen ANSPRECHVERMÖGENS.

3.1.34**Richtungsabhängigkeit**

<klinische TL-Dosimetrie> Abhängigkeit des ANSPRECHVERMÖGENS eines TL-DETEKTORS von der Einfallsrichtung der Strahlung

3.1.35

Stabilisierung

<klinische TL-Dosimetrie> kontrollierte Wärmebehandlung (Temperung) eines TL-DETEKTORS nach erfolgter BESTRAHLUNG und vor der Auswertung

ANMERKUNG Die STABILISIERUNG dient zur Verringerung des FADINGS.

3.1.36

Strahlenschaden

<klinische TL-Dosimetrie> bleibende Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS eines TL-DETEKTORS infolge Vorbestrahlung oberhalb einer detektorspezifischen DOSIS

ANMERKUNG Die Höhe dieser Dosis kann von der zeitlichen Abfolge der Vorbestrahlung (Fraktionierung, Protahierung) abhängen.

3.1.37

Strahlungsart

Strahlung, die durch die Natur oder Herkunft ihrer Teilchen oder durch besondere Eigenschaften ihres Spektrums bestimmt ist

ANMERKUNG Siehe auch DIN 6814-2.

3.1.38

Strahlungsqualität

Parameter zur Klassifizierung der RELATIVEN SPEKTRALEN TEILCHENFLUSSDICHTEN einer STRAHLUNGSART für einen betrachteten Ort

ANMERKUNG Zur Kennzeichnung der STRAHLUNGSQUALITÄT in der klinischen Dosimetrie werden einfach messbare Kenngrößen, z. B. der Strahlungsqualitätsindex einer PHOTONENSTRAHLUNG oder die praktische Reichweite einer ELEKTRO-NENSTRAHLUNG, verwendet (siehe DIN 6800-2 und DIN 6814-2).

3.1.39

Testlichtquelle

<klinische TL-Dosimetrie> Lichtquelle mit zeitlich konstanter Lichtintensität, die zur Funktionskontrolle des TL-ANZEIGEGERÄTES (mit Ausnahme der Heizvorrichtung) benutzt wird

3.1.40

Thermolumineszenz

Lichtemission im sichtbaren oder daran angrenzenden Spektralbereich, die auf der strahleninduzierten Besetzung von Haftstellen in bestimmten Ionenkristallen durch Ladungsträger des Kristalls beruht und bei Erwärmung als Folge des Übergangs dieser Ladungsträger in Aktivator-Niveaus eintritt

3.1.41

Thermolumineszenz-Anzeigegerät

TL-Anzeigegerät

Gerät zur Messung des von TL-DETEKTOREN ausgesandten Thermolumineszenzlichtes

ANMERKUNG Das Gerät enthält die Vorrichtungen zur Aufheizung der DETEKTOREN, zur Erfassung des TL-Lichtes und zur ANZEIGE eines zur emittierten TL-Lichtenergie proportionalen Messsignals.

3.1.42

Thermolumineszenzdetektor

TL-Detektor

Detektor

Menge von TL-MATERIAL bestimmter chemischer Zusammensetzung in homogener, z. B. kristalliner, Form oder eingebettet in eine Matrix aus nicht lumineszierendem Material

ANMERKUNG 1 Die Eigenschaften des TL-DETEKTORS sind durch seine stoffliche Zusammensetzung, seine Masse und Form sowie durch Vorbestrahlung oder spezielle thermische Vorbehandlung bestimmt.

ANMERKUNG 2 Siehe auch DIN 6818-6.

3.1.43

Thermolumineszenzdetektortyp

TL-Detektortyp

Detektortyp

<klinische TL-Dosimetrie> gemeinsame Art aller TL-DETEKTOREN, die aus gleichem Material und nach den gleichen Spezifikationen (Form, Größe) hergestellt sind und die — abgesehen von den durch die Herstellung bedingten, geringen Unterschieden (Chargenstreuung) — die gleichen dosimetrischen Eigenschaften aufweisen

ANMERKUNG Siehe auch DIN 6818-6.

3.1.44

Thermolumineszenzdosimetrie-System

TLD-System

System, bestehend aus einer Anzahl TL-DETEKTOREN eines bestimmten Typs, die, ggf. gruppenweise, in TL-SONDEN untergebracht sind, sowie dem zugehörigen TL-ANZEIGEGERÄT, gegebenenfalls ZUSATZGERÄTEN, einer GEBRAUCHSANWEISUNG zur Beschreibung des Auswerteverfahrens und, soweit notwendig, einer Vorschrift zur KALIBRIERUNG des TLD-SYSTEMS

3.1.45

Thermolumineszenzsonde

TL-Sonde

Sonde

Anordnung bestehend aus einem oder mehreren TL-DETEKTOREN sowie der zugehörigen Umhüllung oder dem zugehörigen Behälter

ANMERKUNG 1 Siehe auch DIN 6818-6.

ANMERKUNG 2 Im Strahlenschutz werden TL-DETEKTOREN einschließlich Umhüllung gelegentlich kurz als TL-Dosimeter bezeichnet.

3.1.46

Vorzugsrichtung

Richtung, bezogen auf den oder die TL-DETEKTOR(EN) bzw. auf die TL-SONDE, die als Bezugswert für die EINFLUSSGRÖSSE Strahleneinfallrichtung gilt

3.1.47

Wiederholbarkeit

<klinische TL-Dosimetrie> Grad der Übereinstimmung von MESSWERTEN derselben Größe, die nacheinander im gleichen Laboratorium und unter gleichen Bedingungen (WIEDERHOLBEDINGUNGEN) erhalten werden

ANMERKUNG 1 Die WIEDERHOLBARKEIT ist durch die empirische Standardabweichung des Einzelmesswertes gekennzeichnet. Hierbei muss unterschieden werden, ob die Wiederholungsmessungen mit einem einzelnen TL-DETEKTOR oder mit einer Gruppe von DETEKTOREN durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Im Gegensatz hierzu kennzeichnet die Vergleichbarkeit (en: comparability) den Grad der Übereinstimmung, wenn in verschiedenen Laboratorien und unter Verwendung verschiedener Messgeräte der gleichen Bauart dieselbe Größe gemessen wurde (siehe DIN 55350-13).

3.1.48

Wiederholbedingungen

<klinische TL-Dosimetrie> Bedingungen, unter denen in ein und demselben Laboratorium nach einem festgelegten Messverfahren unter gleichen Versuchsbedingungen mehrmals in kurzen Zeitabständen Messungen durchgeführt werden

3.1.49

Wiederverwendbarkeit

Verwendbarkeit von TL-DETEKTOREN in mehreren aufeinander folgenden MESSZYKLEN

ANMERKUNG Die WIEDERVERWENDBARKEIT von TL-DETEKTOREN ist eine wesentliche Voraussetzung für die TL-DOSIMETRIE, da die Ermittlung des KALIBRIERFAKTORS jedes einzelnen TL-DETEKTORS der Dosismessung mit diesem TL-DETEKTOR vorausgeht und somit mindestens zwei MESSZYKLEN durchlaufen werden müssen (siehe 4.4.5.3).

3.2 Abkürzungen

TL THERMOLUMINESZENZ

TLD Thermolumineszenzdosimetrie

4 Regeln für das TLD-Messverfahren

4.1 Messprinzip

Die TL-Dosimetrie beruht auf der Messung der Lichtemission bei der Aufheizung vorher bestrahlter TL-DETEKTOREN. Das bei einem definierten Aufheizprozess gewonnene Signal ist der emittierten Lichtmenge proportional und ist ein Maß für die im TL-DETEKTOR erzeugte Energiedosis. Die Zuordnung der ANZEIGE zur MESSGRÖSSE WASSER-ENERGIEDOSIS erfolgt durch KALIBRIERUNG.

4.2 Messgrösse

MESSGRÖSSE ist die WASSER-ENERGIEDOSIS am MESSORT in Abwesenheit der TL-SONDE. Die Einheit der WASSER-ENERGIEDOSIS ist das Gray (Gy). Falls erforderlich, wird die WASSER-ENERGIEDOSIS nach DIN 6800-1 in die Energiedosis für das interessierende Gewebe umgerechnet.

4.3 Messzyklus

4.3.1 Allgemeines

Bei Anwendung der TL-Dosimetrie zur Dosismessung nach der Sondenmethode gelten für die einzelnen Arbeitsschritte eines MESSZYKLUS und für die Abfolge der MESSZYKLEN die in 4.3.2 bis 4.3.8 festgelegten Regeln. Hierbei ist vorausgesetzt, dass das TLD-SYSTEM entsprechend der Gebrauchsanweisung verwendet wird.

4.3.2 Abfolge der MESSZYKLEN

Zur Ermittlung der WASSER-ENERGIEDOSIS durchläuft ein TL-DETEKTOR folgende Schritte:

- 1) einen oder mehrere MESSZYKLEN zur Ermittlung des individuellen KALIBRIERFAKTORS (siehe 4.4.4);
- 2) einen MESSZYKLUS zur Messung der WASSER-ENERGIEDOSIS am MESSORT im STRAHLUNGSFELD (siehe 4.4.1).

4.3.3 Gemeinsames Durchlaufen der MESSZYKLEN

Alle DETEKTOREN einer CHARGE müssen die gleiche thermische Vorgeschichte haben, daher müssen sie die MESSZYKLEN gemeinsam durchlaufen. Gegebenenfalls sind für eine neue CHARGE mehrere MESSZYKLEN erforderlich, um eine ausreichende WIEDERHOLBARKEIT zu erreichen.

4.3.4 Handhabung von TL-DETEKTOREN

4.3.4.1 Allgemeines

Zuverlässige Dosisbestimmungen setzen voraus, dass die TL-DETEKTOREN nicht verschmutzt sind und Vertauschungen vermieden werden. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Handhabung und Behandlung der DETEKTOREN während eines MESSZYKLUS und an die dabei verwendeten Hilfsmittel.

4.3.4.2 Pinzette

TL-DETEKTOREN dürfen nicht mit den Fingern berührt werden. Zum Einbringen der DETEKTOREN in eine SONDE, das TL-ANZEIGEGERÄT oder einen Behälter für die thermischen Behandlungen ist deshalb eine Pinzette zu benutzen. Die Pinzette muss so beschaffen sein, dass eine Beschädigung der TL-DETEKTOREN ausgeschlossen ist. Am besten geeignet ist eine so genannte Vakuumpinzette.

4.3.4.3 Behälter für die thermische Behandlung (Ausheizbehälter)

Zur REGENERIERUNG und STABILISIERUNG sollten Behälter aus Aluminium verwendet werden. Bei der Verwendung von Edelstahl ist zu prüfen, ob bei höheren Temperaturen Reaktionen mit dem TL-Detektormaterial zu beobachten sind, die zu Verfärbungen und fortschreitender Verminderung des ANSPRECHVERMÖGENS der TL-DETEKTOREN führen [1]. Ausheizbehälter müssen dem für die thermischen Behandlungen verwendeten Ofen angepasst sein und die eindeutige Identifizierung der TL-DETEKTOREN ermöglichen. Um eine schnelle Erwärmung und Abkühlung der TL-DETEKTOREN sicherzustellen, sollte die Masse eines Ausheizbehälters möglichst gering sein. Während der REGENERIERUNG und der STABILISIERUNG ist der Ausheizbehälter mit einer Platte gleichen Materials abzudecken, um eine gleichmäßige Erwärmung aller TL-DETEKTOREN zu erreichen und eine Verschmutzung zu vermeiden.

ANMERKUNG Sind Ausheizbehälter oder Abdeckplatte verschmutzt, können sie zunächst mit Aceton, dann mit Methyl- oder Ethylalkohol gereinigt werden und anschließend einer Wärmebehandlung ohne TL-DETEKTOREN unterzogen werden.

4.3.4.4 Reinigung

Das ANSPRECHVERMÖGEN von TL-DETEKTOREN wird durch unsachgemäße Handhabung unter Umständen stark verändert, in der Regel herabgesetzt. Typische Ursachen sind oberflächliche Verschmutzung und mechanische Beschädigung (siehe 4.3.4.2).

Sind alle oder auch nur einzelne TL-DETEKTOREN einer CHARGE verschmutzt, sollte die gesamte CHARGE gereinigt werden. Die Reinigungsflüssigkeit ist auf das TL-Detektormaterial abzustimmen. Es empfiehlt sich die Verwendung eines erwärmten Ultraschallbades. Die Verweildauer der TL-DETEKTOREN in der Reinigungsflüssigkeit ist so kurz wie möglich zu halten. Nach jeder Reinigung ist die gesamte CHARGE zu regenerieren.

Das Reinigen sollte nur bei Bedarf, nicht routinemäßig erfolgen. Presslinge geringerer Dichte („Pellets“) bzw. DETEKTOREN aus LiF, Mg, Cu, P sollten nicht gereinigt werden.

4.3.5 REGENERIERUNG

Der Temperaturverlauf bei der REGENERIERUNG beeinflusst das ANSPRECHVERMÖGEN [2] und ist je nach Detektormaterial und DETEKTORTYP geeignet zu wählen (siehe 5.2.3, Gebrauchsanweisung).

Der zeitliche Abstand zwischen REGENERIERUNG und BESTRAHLUNG beeinflusst das ANSPRECHVERMÖGEN, er sollte eine Woche nicht überschreiten.

4.3.6 BESTRAHLUNG

Folgende Bestrahlungsbedingungen sind vom Anwender zu dokumentieren: Bestrahlungsdatum, STRAHLUNGSQUALITÄT, DOSIS bzw. erwarteter Dosisbereich, FELDGRÖSSE, PHANTOM, MESSTIEFE, Angaben über Art und Aufbau der SONDE.

4.3.7 STABILISIERUNG

Der Temperaturverlauf bei der STABILISIERUNG ist je nach Detektormaterial und DETEKTORTYP geeignet zu wählen (siehe 5.2.3, Gebrauchsanweisung).

4.3.8 Auswertung

4.3.8.1 Allgemeines

Testlichtmessungen vor und ggf. auch während der Auswertung sind nach Herstellerangaben durchzuführen (siehe 5.4.7). Am Anfang jeder Auswertung einer CHARGE ist die NULLANZEIGE zu bestimmen (siehe 4.4.2).

4.3.8.2 Heizverfahren zur Erzeugung der GLOWKURVE

Zur Erzeugung der GLOWKURVE muss der stabilisierte TL-DETEKTOR einem reproduzierbaren Aufheizprozess unterzogen werden (siehe 5.2.3, Gebrauchsanweisung). Dieser kann beispielsweise durch Kontaktheizung („Planchet“) oder in einem geheizten Inertgasstrom erfolgen.

ANMERKUNG Die Form der GLOWKURVE hängt vom verwendeten Aufheizprofil ab. Eine Glowkurvenanalyse, wie sie in der Literatur beschrieben wird (siehe [3]), setzt voraus, dass der TL-DETEKTOR möglichst linear aufgeheizt wird.

4.3.8.3 Ermittlung der TL-Anzeige

Die TL-Anzeige wird durch Integration der gesamten GLOWKURVE bzw. eines definierten Teils von ihr ermittelt. Der Verlauf der GLOWKURVE muss während des gesamten Aufheizvorganges oder während des für die ANZEIGE maßgeblichen Teils davon aufgezeichnet werden, um im Zweifelsfall mit einer typischen GLOWKURVE des entsprechenden TLD-SYSTEMS verglichen werden zu können.

4.4 Messung der WASSER-ENERGIEDOSIS

4.4.1 Grundgleichung zur Ermittlung der WASSER-ENERGIEDOSIS

Der MESSWERT der WASSER-ENERGIEDOSIS D_W ergibt sich aus den ANZEIGEN M_i der n DETEKTOREN einer THERMOLUMINESZENZSONDE nach der Beziehung:

$$D_W = \prod_v k_v \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i (M_i - M_0) \quad (3)$$

Dabei bezeichnet M_0 die NULLANZEIGE (siehe 4.4.2) und N_i den individuellen KALIBRIERFAKTOR des i -ten TL-DETEKTORS bei der Bezugsstrahlungsqualität ^{60}Co -Gammastrahlung (siehe 4.4.4) sowie $\prod k_v$ das Produkt der KORREKTIONSFAKTOREN (siehe 4.4.5). Die folgenden Abschnitte enthalten Regeln zur Ermittlung der einzelnen Terme dieser Gleichung. Tritt an die Stelle einer KALIBRIERUNG mit ^{60}Co -Gammastrahlung eine Anschlussmessung bei einer anderen STRAHLUNGSQUALITÄT (siehe 4.4.4.2), so ist der Kehrwert des durch die Anschlussmessung ermittelten ANSPRECHVERMÖGENS an Stelle von N_i zu verwenden, und die KORREKTIONSFAKTOREN k_E , k_Q , k_N (siehe 4.4.5.2 und 4.4.5.5) sind entsprechend anzupassen.

Der BEZUGSPUNKT einer TL-SONDE ist bei der BESTRAHLUNG an den gewünschten MESSORT am oder im PHANTOM bzw. am oder im PATIENTENKÖRPER zu bringen. Die Lage des Bezugspunktes innerhalb der TL-SONDE wird vom Hersteller in der Gebrauchsanweisung angegeben (siehe 5.3.2). Der Bezugspunkt kann von der Mittelebene der TL-DETEKTOREN abweichen (siehe 4.4.5.5, Tabelle 4 und Tabelle 5).

4.4.2 Ermittlung der NULLANZEIGE M_0

Zur NULLANZEIGE tragen bei:

- a) der Dunkelstrom des Photomultipliers;
- b) die Raumbeleuchtung bei ungenügend abgedichtetem Probenraum des TL-ANZEIGEGERÄTES;
- c) die nicht durch BESTRAHLUNG bedingte Lichtemission der Detektoroberflächen bzw. der Oberfläche des „Planchets“ bei hoher Temperatur.

Zur Minimierung des Dunkelstromes sollte die am Photomultiplier angelegte Spannung nicht höher als nötig sein. In der Regel reichen Spannungen zwischen 600 V und 900 V im Dosismessbereich dieser Norm aus. Wegen der stark ansteigenden nicht strahlungsbedingten Lichtemission der Detektoroberflächen bei Temperaturen von mehr als 200 °C sollte diese Temperatur bei der Auswertung nur so weit überschritten werden, wie es für die Aufnahme einer vollständigen GLOWKURVE erforderlich ist.

Bei einwandfreier Beschaffenheit der Detektoroberflächen und einwandfreier Funktion des TL-ANZEIGEGERÄTES entspricht die NULLANZEIGE einer DOSIS in der Größenordnung von 0,1 mGy. Im Dosismessbereich dieser Norm reicht es daher in der Regel aus, in jedem MESSZYKLUS die ANZEIGE eines beliebigen unbestrahlten TL-DETEKTORS als NULLANZEIGE M_0 für alle TL-DETEKTOREN zu bestimmen. In Sonderfällen, zum Beispiel beim Vorliegen besonders niedriger Dosiswerte, können auch detektorspezifische Werte der NULLANZEIGE verwendet werden, die in einem eigenen MESSZYKLUS bestimmt worden sind.

4.4.3 Ermittlung der ANZEIGEN M_i

Bei einer Dosismessung im gegebenen STRahlungsfeld erfolgt die BESTRAHLUNG mit der STRahlungSQUALITÄT Q (Photonen) bzw. E (Elektronen). Der MESSZYKLUS liefert für die n TL-DETEKTOREN ($i = 1 \dots n$) der TL-SONDE die ANZEIGEN M_i .

Obwohl die in einer TL-SONDE enthaltenen TL-DETEKTOREN gemeinsam kalibriert worden sind, treten unvermeidlich Unterschiede zwischen den individuellen Produktwerten $N_i(M_i - M_0)$ in Gleichung (3) auf. Diese erfordern die in Gleichung (3) angegebene Mittelwertbildung. Werte von $N_i(M_i - M_0)$, die außerhalb des 3s-Bereiches dieser Werte liegen, sind nicht in die Mittelwertbildung nach Gleichung (3) einzubeziehen. Müssen aufgrund des 3s-Kriteriums mehr als 20 % der MESSWERTE einer TL-SONDE verworfen werden, ist die Dosismessung zu überprüfen.

4.4.4 Ermittlung der individuellen KALIBRIERFAKTOREN N_i

4.4.4.1 Kalibrierung bei der Bezugsstrahlungsqualität ^{60}Co -Gammastrahlung

Zur Erfüllung der dieser Norm zugrunde liegenden Genauigkeitsanforderungen für die Dosimetrie in der Strahlentherapie ist eine individuelle Kalibrierung jedes TL-DETEKTORS erforderlich. Die TL-SONDE muss hierzu unter BEZUGSBEDINGUNGEN (siehe Tabelle 1) mit einer bekannten DOSIS bestrahlt werden. Dabei wird der BEZUGSPUNKT EINER TL-SONDE an den MESSORT in der Bezugstiefe im Wasserphantom gebracht. Die WASSER-ENERGIEDOSIS an diesem MESSORT wird mit Hilfe eines kalibrierten Ionisationsdosimeters nach DIN 6800-2 bestimmt. Durch Vergleich mit der nach DIN 6800-2 gemessenen WASSER-ENERGIEDOSIS D_W^{ion} in der Bezugstiefe ergeben sich die individuellen KALIBRIERFAKTOREN N_i zu

$$N_i = \frac{D_W^{\text{ion}}}{(M_i - M_0)} \quad (4)$$

Bezugsstrahlungsqualität ist ^{60}Co -Gammastrahlung, Ausnahmen sind in 4.4.4.2 geregelt. BEZUGSWERTE BEI KALIBRIERUNGEN der weiteren EINFLUSSGRÖSSEN sind in Tabelle 12 und Tabelle 13 festgelegt. Die Bezugstiefe von 5 cm muss präzise eingehalten werden, weil der Streustrahlungsanteil der DOSIS tiefenabhängig ist [4]. Dieser Anteil beeinflusst den KALIBRIERFAKTOR.

In die Standardmessunsicherheit des KALIBRIERFAKTORS N_i gehen die Standardmessunsicherheit der Größen D_W^{ion} und $(M_i - M_0)$ ein.

Tabelle 1 — BEZUGSBEDINGUNGEN und Prüfwertebereiche für KALIBRIERUNGEN

MESSGRÖSSE, EINFLUSSGRÖSSEN	BEZUGSBEDINGUNG	Prüfwertebereich
MESSGRÖSSE		
WASSER-ENERGIEDOSIS ^a	Wird bei der KALIBRIERUNG festgelegt; sollte bei etwa 1 Gy liegen	
EINFLUSSGRÖSSEN		
STRAHLUNGSQUALITÄT	^{60}Co -Gammastrahlung	^{60}Co -Gammastrahlung
Phantomabmessungen	Wasserphantom 30 cm × 30 cm × 30 cm	Wasserphantom ^b 30 cm × 30 cm × 30 cm
MESSTIEFE	5 cm	5 cm
FELDGRÖSSE	10 cm × 10 cm oder 10 cm rund	10 cm × 10 cm oder 10 cm rund
Zeitraum zwischen Kalibrierbestrahlung und Auswertung	3 Stunden	0 bis 24 Stunden
Quelle-Oberflächenabstand	100 cm	60 cm bis 120 cm
^a Wegen der NICHTLINEARITÄT des ANSPRECHVERMÖGENS der TL-DETEKTOREN muss für die DOSIS eine BEZUGSBEDINGUNG festgelegt werden. Damit die DOSIS bei der KALIBRIERUNG (Bezugsdosis) der Größenordnung entspricht, die pro Fraktion in der Strahlentherapie appliziert wird, sollte sie etwa 1 Gy betragen. Bei speziellen Verfahren, z. B. intraoperative BESTRAHLUNG mit Elektronen, muss die Bezugsdosis im applizierten Dosisbereich liegen. ^b Bei KALIBRIERUNGEN in einem PHANTOM aus wasseräquivalentem Material (PMMA, Polystyrol) ist der Einfluss des Phantommaterials durch Vergleich mit einer KALIBRIERUNG in einem Wasserphantom zu ermitteln.		

4.4.4.2 Anschlussmessungen bei anderen STRAHLUNGSQUALITÄTEN

Steht zur Messung der individuellen KALIBRIERFAKTOREN die Bezugsstrahlungsqualität (^{60}Co -Gammastrahlung) nicht zur Verfügung, muss das individuelle ANSPRECHVERMÖGEN durch Anschlussmessungen bei einer anderen STRAHLUNGSQUALITÄT ermittelt werden (im Sprachgebrauch gelegentlich auch als „KALIBRIERUNG bei einer anderen STRAHLUNGSQUALITÄT“ bezeichnet). Hierzu eignen sich ^{137}Cs -Gammastrahlung und hochenergetische PHOTONENSTRAHLUNGEN aus Beschleunigern (siehe Tabelle 1).

Bei einer Dosisermittlung nach Gleichung (3) muss die Wahl der bei der Anschlussmessung verwendeten STRAHLUNGSQUALITÄT Q' berücksichtigt werden. In diesem Fall tritt im Produkt der KORREKTIONSFAKTOREN Πk_i , der Quotient $k_Q/k_{Q'}$ an die Stelle von k_Q und der Quotient $k_E/k_{Q'}$ an die Stelle von k_E . In der Gleichung (4) tritt an die Stelle von N der Quotient $D_W^{\text{ion}} / (M_{i,Q'} - M_0)$.

Tabelle 2 — FELDRÖSSEN und Tiefen für Anschlussmessungen bei anderen STRAHLUNGSQUALITÄTEN

STRAHLUNGSQUALITÄT (nominell)	FELDRÖSSE	Bezugstiefe	Fokus-Oberflächen- abstand
Photonen 6 MV bis 50 MV	10 cm × 10 cm	10 cm	100 cm
¹³⁷ Cs-Gammastrahlung	10 cm × 10 cm	1 cm	60 cm

4.4.4.3 Bestimmung individueller KALIBRIERFAKTOREN mittels wiederholter Kalibrierbestrahlung

Die Unsicherheit von Dosisbestimmungen nach Gleichung (3) wird signifikant verringert, wenn die individuellen KALIBRIERFAKTOREN als Mittelwerte aus den Anzeigewerten einer möglichst großen Zahl von Kalibrierbestrahlungen aller DETEKTOREN der CHARGE abgeleitet werden [1], [5]. In der Regel wird die erste Kalibrierbestrahlung als Bezugskalibrierung verwendet. Alle Anzeigewerte der n-ten Kalibrierbestrahlung sind nach Abzug der NULLANZEIGE mit einem Faktor k_M nach Gleichung (7) zu multiplizieren, wobei für M_{i2} die ANZEIGE bei der n-ten Kalibrierung und für M_{i1} die ANZEIGE bei der Bezugskalibrierung einzusetzen sind. Aus den so korrigierten Anzeigewerten wird für jeden TL-DETEKTOR der Mittelwert über alle Kalibrierbestrahlungen gebildet. Die Division der DOSIS bei der KALIBRIERUNG (Bezugsdosis) durch diesen Mittelwert ergibt den individuellen KALIBRIERFAKTOR.

ANMERKUNG Bei Anwendung dieses Kalibrierverfahrens wird die Standardabweichung des KALIBRIERFAKTORS klein gegenüber der Standardabweichung eines Dosiswertes bei der klinischen Dosismessung. Die durch beide Messungen gemeinsam bestimmte Standardabweichung der gemessenen Dosis vermindert sich daher gegenüber einer KALIBRIERUNG nach 4.4.4.1 etwa um den Faktor $\sqrt{2}$.

4.4.5 Ermittlung der KORREKTIONSFAKTOREN k_v

4.4.5.1 Allgemeines

Regeln für die Ermittlung der anzuwendenden KORREKTIONSFAKTOREN k_v sind in 4.4.5.3 bis 4.4.5.5 enthalten. Tabelle 2 gibt einen Überblick über EINFLUSSGRÖSSEN und die zugehörigen KORREKTIONSFAKTOREN.

Tabelle 3 — EINFLUSSGRÖSSEN und zugehörige KORREKTIONSFAKTOREN (Übersicht)

MESSGRÖSSE, EINFLUSSGRÖSSEN	KORREKTIONSFAKTOREN	siehe
WASSER-ENERGIEDOSIS	k_N	4.4.5.2
Wiederholte Verwendung der TL-DETEKTOREN	k_M	4.4.5.3
Zeitraum zwischen BESTRAHLUNG und Auswertung	k_F	4.4.5.4
STRAHLUNGSQUALITÄT	k_Q, k_E	4.4.5.5

Ein Überblick über EINFLUSSGRÖSSEN, deren Auswirkungen nicht durch KORREKTIONSFAKTOREN berücksichtigt werden, wird in Tabelle 10 und Tabelle 13 gegeben.

4.4.5.2 Korrektur k_N für NICHTLINEARITÄT

NICHTLINEARITÄT kann sich über den gesamten Dosisbereich erstrecken oder erst bei einer bestimmten Dosis einsetzen. Sie kann von der Aufheizgeschwindigkeit bei der Auswertung abhängen. Außerdem kann sie für verschiedene Produktionschargen desselben Detektormaterials unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Zur Überprüfung der Gleichmäßigkeit des nichtlinearen Verhaltens aller DETEKTOREN einer CHARGE siehe 5.3.4.2.

Zur Korrektur der NICHTLINEARITÄT dient die dosisabhängige Korrekturfunktion

$$k_N = f(D, D_0) \quad (5)$$

Hierbei ist D die bezüglich NICHTLINEARITÄT noch nicht korrigierte DOSIS bei der MESSUNG und D_0 die Bezugsdosis. Durch den Faktor k_N wird die dosisabhängige Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS bei von D_0 abweichenden Dosiswerten kompensiert.

Die Korrekturfunktion $f(D, D_0)$ kann zusätzlich von der STRAHLUNGSQUALITÄT abhängen. Sie sollte deshalb mit der bei der Dosisbestimmung verwendeten STRAHLUNGSQUALITÄT bestimmt werden, wenn zu erwartende Dosiswerte um mehr als den Faktor zwei von der Referenzdosis abweichen.

Das nichtlineare Verhalten von TL-DETEKTOREN muss im NENNGEBRAUCHSBEREICH durch die KORREKTION nach Gleichung (5) weitgehend zu berücksichtigen sein. Einzelheiten zur KORREKTION sind der GEBRAUCHS-ANWEISUNG zu entnehmen. Für die nach KORREKTION verbleibende NICHTLINEARITÄT gilt folgende Forderung: Ist q der Quotient aus dem mittleren MESSWERT an einem Dosispunkt gemäß Gleichung (3), d. h. nach Durchführung aller Korrekturen einschließlich der NICHTLINEARITÄT, und dem richtigen Wert, so muss die Fitfunktion derart gewählt werden, dass der Nichtlinearitätsparameter

$$L = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\max} + q_{\min}} \quad (6)$$

im gesamten MESSBEREICH unter BEZUGSBEDINGUNGEN die Forderung $L \leq 0,5 \%$ (0,01 Gy bis 10 Gy) und $L \leq 0,5 \%$ (10 Gy bis 30 Gy) erfüllt. Zur Ermittlung der maximalen und minimalen Werte $q_{\max}$ und $q_{\min}$ ist eine Messung von q bei mindestens fünf gleich verteilten Dosiswerten für jeden Teilmessbereich durchzuführen. Die verbleibende Restunsicherheit geht in die MESSUNSICHERHEIT ein.

Bei Verwendung von DETEKTOREN aus verschiedenen Produktionschargen ist der Test des verbleibenden Einflusses des nichtlinearen Verhaltens nach Gleichung (6) für jede CHARGE gesondert durchzuführen.

4.4.5.3 KORREKTIONSFAKTOR k_M für Änderungen des ANSPRECHVERMÖGENS im Laufe aufeinanderfolgender MESSZYKLEN

Die Form der GLOWKURVE und das ANSPRECHVERMÖGEN von TL-DETEKTOREN können wesentlich von der thermischen Vorbehandlung und von den vorangegangenen BESTRAHLUNGEN abhängen. Sie ändern sich insbesondere bei neuen TL-DETEKTOREN im Laufe aufeinander folgender MESSZYKLEN. Bei WIEDERVERWENDUNG der TL-DETEKTOREN sind solche Änderungen des ANSPRECHVERMÖGENS durch eine entsprechende Korrektur zu berücksichtigen.

Zur Messung des KORREKTIONSFAKTORS k_M wird die Detektorcharge so aufgeteilt, dass neben den zur eigentlichen Dosismessung verwendeten TL-DETEKTOREN (im Folgenden als „Messdetektoren“ bezeichnet) eine Gruppe von m REFERENZDETEKTOREN gebildet wird. Diese sollten hinsichtlich BESTRAHLUNG und thermischer Behandlung eine für die gesamte CHARGE repräsentative Vorgeschichte haben. Daher sollten nicht bei allen Messungen mit dieser CHARGE dieselben TL-DETEKTOREN als REFERENZDETEKTOREN verwendet werden.

Die REFERENZDETEKTOREN werden sowohl zum Zeitpunkt der KALIBRIERUNG der Messdetektoren (t_1) als auch am Messtag (t_2) unter gleichen Bedingungen (BEZUGSBEDINGUNGEN) und mit gleicher Dosis (Bezugsdosis) bestrahlt. Der zum Zeitpunkt t_1 bestimmte Mittelwert der nullanzeigekorrigierten ANZEIGEN der m REFERENZDETEKTOREN wird als BEZUGSWERT bei KALIBRIERUNGEN zur Erfassung der systematischen Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS der Detektorcharge betrachtet. Der KORREKTIONSFAKTOR zur Berücksichtigung der Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS ist dann der Quotient

$$k_M = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{M_{i2} - M_{02}}{M_{i1} - M_{01}} \quad (7)$$

Falls der von einem DETEKTOR gelieferte Quotient $(M_{i2} - M_{i0}) / (M_{i1} - M_{i0})$ außerhalb des 3s-Bereichs dieser Werte liegt, ist er nicht in die Mittelwertbildung nach Gleichung (7) einzubeziehen. Wurde der KALIBRIERFAKTOR nach 4.4.4.3 bestimmt, dann tritt in Gleichung (7) an die Stelle von $M_{i1} - M_{i0}$ der nach 4.4.4.3 bestimmte nullanzeigekorrigierte Mittelwert $\bar{M}_i - M_0$.

4.4.5.4 Korrektionsfaktor k_F für FADING

TL-DETEKTOREN können, auch wenn zum MESSZYKLUS eine thermische STABILISIERUNG gehört, ein temperaturabhängiges FADING zeigen.

Zur Messung des FADINGS werden einer CHARGE von TL-DETEKTOREN, die nach 4.4.4 kalibriert worden sind, zwei Gruppen von m und n TL-DETEKTOREN entnommen. Diese beiden Gruppen werden im zeitlichen Abstand von t Tagen mit gleicher DOSIS, bei gleicher STRAHLUNGSQUALITÄT und unter sonst gleichen Bedingungen bestrahlt und im gleichen MESSZYKLUS ausgewertet. Die Zeit zwischen der späteren der beiden BESTRAHLUNGEN und der Auswertung sollte möglichst kurz sein. Der Zahlenwert des FADINGS ergibt sich dann aus der Beziehung

$$F = \frac{\frac{1}{n} \sum_i N_i (M_i - M_0)_0 - \frac{1}{m} \sum_i N_i (M_i - M_0)_t}{\frac{1}{n} \sum_i N_i (M_i - M_0)_0} \quad (8)$$

Hierbei bezeichnet M_i die ANZEIGE des TL-DETEKTORS i und M_0 die nach 4.4.2 ermittelte NULLANZEIGE. N_i ist der individuelle KALIBRIERFAKTOR. Die Gruppe aus n DETEKTOREN wird unmittelbar vor der Auswertung bestrahlt (Index 0), die Gruppe aus m DETEKTOREN t Tage früher (Index t).

Die FADINGRATE wird nach der Beziehung

$$\dot{F} = \frac{F}{t} \quad (9)$$

ermittelt. TL-DETEKTOREN sollten, um den Einfluss des FADINGS möglichst gering zu halten, so schnell wie möglich nach den BESTRAHLUNGEN ausgewertet werden.

Wegen der Abhängigkeit des FADINGS vom Verlauf der Temperatur während des Fadingzeitraumes reicht eine einmalige Bestimmung der FADINGRATE nicht aus. Die FADINGRATE sollte deshalb für jede Messung bestimmt werden, bei der mehrere Tage zwischen BESTRAHLUNG und Auswertung der TL-DETEKTOREN vergehen. Beim Versand von TL-DETEKTOREN, z. B. bei der messtechnischen Kontrolle von Therapiedosimetern (siehe Leitfaden zu Messtechnischen Kontrollen von Medizinprodukten mit Messfunktion), müssen zur Bestimmung der FADINGRATE $\dot{F}$ unbestrahlte und mit der Referenzdosis bestrahlte TL-DETEKTOREN mitgeschickt werden. Der Anwender ist darauf hinzuweisen, dass diese TL-DETEKTOREN keiner Strahlung ausgesetzt werden dürfen. Die unbestrahlte mitgeschickten TL-DETEKTOREN werden unmittelbar vor der Auswertung der CHARGE mit der Referenzdosis bestrahlt. Die FADINGRATE wird nach den Gleichungen (8) und (9) aus den ANZEIGEN der vor dem Verschicken bzw. unmittelbar vor der Auswertung mit der Referenzdosis bestrahlten TL-DETEKTOREN ermittelt. Für die vom Anwender bestrahlten TL-DETEKTOREN beträgt der KORREKTIONSFAKTOR dann

$$k_F = \frac{1}{1 - \dot{F} \cdot t} \quad (10)$$

wobei t die Zahl der Tage bezeichnet, die von der BESTRAHLUNG beim Anwender bis zur Auswertung vergangen sind.

ANMERKUNG Gleichung (8) entspricht der Definition des FADINGS nach 3.1.12, da sich die KORREKTIONSFAKTOREN k_M , k_N und k_Q bzw. k_E herauskürzen.

4.4.5.5 KORREKTIONSAKTOREN k_Q und k_E zur Berücksichtigung der STRAHLUNGSART und der STRAHLUNGSQUALITÄT

Werden TL-DETEKTOREN bei anderen STRAHLUNGSQUALITÄTEN als der Bezugsstrahlungsqualität zur Dosismessung verwendet, so ist gemäß Gleichung (3) ein KORREKTIONSAKTOR k_Q oder k_E nach den Tabellen 4 bis 8 anzuwenden. Dieser berücksichtigt die Qualitätsabhängigkeit der Energiedeposition im TL-MATERIAL bei gegebener WASSER-ENERGIEDOSIS am MESSORT, wobei sich energieabhängige Einflüsse des Übergangs vom Photonen- zum Elektronendetektor, der unterschiedlichen Schwächung in Wasser und in den Materialien der TL-SONDE sowie der Elektronenrückstreuung und der Sekundärelektronenemission aus dem Umhüllungsmaterial der TL-DETEKTOREN überlagern [6]. Die Tabellenwerte von k_Q in Tabellen 4, 6 und 8 zeigen den mit abnehmender Photonenenergie zunehmenden Einfluss des Photoeffekts. Die in Tabelle 7 dargestellte, durch tiefenabhängige Streustrahlungsanteile bedingte Tiefenabhängigkeit von k_Q ist ebenfalls auf den Photoeffekt zurückzuführen. Liegen andere Q-Werte bzw. $E_{p,0}$ -Werte als die in Tabellen 4 und 5 angegebenen vor, so sind die k_Q - und k_E -Werte sowie die MESSTIEFEN bei ELEKTRONENSTRAHLUNG durch lineare Interpolation zu ermitteln.

In den Tabellen 4 bis 8 sind experimentell und durch Monte-Carlo-Rechnungen bestimmte Werte der KORREKTIONSAKTOREN k_Q und k_E für PHOTONEN- und ELEKTRONENSTRAHLUNGEN, gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF, zusammengefasst.

Tabelle 4 — Experimentell bestimmte k_Q -Werte für hochenergetische PHOTONENSTRAHLUNG¹⁾; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF

Nominelle Beschleunigungsspannung MV	Strahlungsqualitätsindex ^a	MESSTIEFE ^b cm	k_Q		Quellen
			LiF-Rods ^c	LiF-Chips ^d	
6	0,68	10	1,025	1,041	[7]
18	0,78	10	1,038	1,055	[7]
ANMERKUNG Die angegebenen Werte von k_Q und k_E gelten nur für die angegebenen MESSTIEFEN. Die bei abweichenden MESSTIEFEN entstehenden Fehler sind in der Literatur [8] beschrieben.					
^a Nach DIN 6800-2.					
^b TL-SONDEN mit 1 mm vorderer Wandstärke (PMMA), Bezugspunkt in der Vorderfläche der Detektoren (Rods, Chips).					
^c LiF-Rods: Durchmesser 1 mm, Länge 6 mm, Material LiF:Mg,Ti (siehe 5.3.2 und Tabelle 9).					
^d LiF-Chips: Durchmesser 5 mm, Dicke 0,9 mm, Material LiF:Mg,Ti (siehe 5.3.2 und Tabelle 9).					

1) FOA: 100 cm, Feldgröße: 10 cm × 10 cm

Tabelle 5 — Experimentell bestimmte k_E -Werte für hochenergetische ELEKTRONENSTRAHLUNG²⁾; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF

Nominelle ELEKTRONENENERGIE E_0 , MeV	Wahrscheinlichste ELEKTRONENENERGIE ^a $E_{p,0}$, MeV	MESSTIEFE ^b d_{max} , cm	k_E		Quellen
			LiF-Rods ^c	LiF-Chips ^d	
4	4,7	0,8	1,037	1,058	[7], [9]
6	6,4	1,3	1,039	1,060	[7], [9]
8	8,3	1,7	1,041	1,062	[7], [9]
10	9,6	2,1	1,043	1,064	[7], [9]
12	11,5	2,5	1,043	1,064	[7], [9]
15	14,9	2,6	1,043	1,064	[7], [9]
18	17,1	3,0	1,043	1,064	[7], [9]
20	19,2	2,8	1,043	1,064	[7], [9]

ANMERKUNG 1 Die angegebenen Werte von k_Q und k_E gelten nur für die angegebenen MESSTIEFEN. Die bei abweichenden MESSTIEFEN entstehenden Fehler sind in der Literatur [8] beschrieben.

ANMERKUNG 2 Für Zwecke der BRACHYTHERAPIE mit Betastrahlung können Werte für k_E aus der Literatur [10], [11] entnommen werden.

^a Nach DIN 6800-2.

^b TL-SONDEN mit 1 mm vorderer Wandstärke (PMMA), Bezugspunkt in der Vorderfläche der Detektoren (Rods, Chips).

^c LiF-Rods: Durchmesser 1 mm, Länge 6 mm, Material LiF:Mg,Ti (siehe Tabelle 9).

^d LiF-Chips: Durchmesser 5 mm, Dicke 0,9 mm, Material LiF:Mg,Ti (siehe Tabelle 9).

Tabelle 6 — Monte-Carlo-Werte von k_Q für Röntgenstrahlung³⁾; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF

Röhrenspannung kV	Mittlere Photonen- Energie keV	MESSTIEFE ^a cm	k_Q		Quellen
			LiF-Rods	LiF-Chips ^b	
50	29	1	—	0,728	[12]
100	52	1	—	0,775	[12]
150	71	1	—	0,785	[12]
250	122	1	—	0,971	[12]
300	207	1	—	0,976	[12]

^a Werte für weitere MESSTIEFEN siehe [12].

^b LiF-Chips: Durchmesser 3,61 mm, Dicke 0,9 mm, Material LiF:Mg,Ti (siehe Tabelle 9).

2) FOA: 100 cm, Tubus: 20 cm × 20 cm

3) Feldgröße: 10 cm × 10 cm

Tabelle 7 — Experimentell bestimmte k_Q -Werte für hochenergetische Gammastrahlung; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF

Nuklid	Mittlere Photonen-Energie ^a keV	MESSTIEFE ^b cm	k_Q		Quellen
			LiF-Rods ^c	LiF-Chips ^d	
Co-60	1250	1	1,012	—	[1]
		2	—	1,002	[4]
		3	1,004	—	[7]
		5	1,000	1,000	[1], [4]
		9	0,995	—	[1]
		10	0,995	0,990	[4], [7]
		20	—	0,99	[4]
Ir-192	350	1,36	0,983	1,000	[9], [13]
		3,34	0,961	0,978	[9], [13]
		5,32	0,941	0,957	[9], [13]
		7,27	0,928	0,943	[9], [13]
		10,00	0,906	0,933	[9], [13]

^a Berechnet nach [13].

^b Messung in Wasser [4] bzw. RW3 [9], Bezugspunkt Rod- bzw. Chipmitte.

^c LiF-Rods: Durchmesser 1 mm, Länge 6 mm, Wandstärke der Sonde 1 mm PMMA (bei Co-60) bzw. 2,5 mm PMMA (bei Ir-192).

^d Fläche 3,18 mm × 3,18 mm, Dicke 0,89 mm.

Tabelle 8 — Experimentell bestimmte k_Q -Werte für niederenergetische Gammastrahlung; gültig für mit ^{60}Co -Gammastrahlung in 5 cm Wassertiefe kalibrierte TL-SONDEN aus LiF

Nuklid	Mittlere Photonen-Energie ^{a)} keV	MESSTIEFE ^{b)} cm	k_Q		Quellen
			LiF-Rods	LiF-Chips ^{c)}	
I-125	26,4	0,5 bis 10	0,704	$0,714 \pm 3 \%$	[15], [16], [17], [18]
Pd-103	19,0	0,5 bis 10	—	$0,714 \pm 3 \%$	[19]

^a Berechnet nach [13].
^b Messung in verschiedenen wasseräquivalenten Festkörperphantomen, Bezugspunkt Chipmitte.
^c Fläche 3,18 mm × 3,18 mm, Dicke 0,89 mm.

4.5 MESSUNSICHERHEIT der Energiedosis

Die MESSUNSICHERHEIT des MESSWERTES der WASSER-ENERGIEDOSIS wird nach DIN 1319-3 unter Verwendung von Gleichung (3) ermittelt. Eingangsgrößen sind die mit Typ-A-Methoden (statistischen Methoden) für die ANZEIGEN ($M_i - M_0$) und den KORREKTIONSFAKTOR k_M bestimmten Standardmessunsicherheiten sowie die mit Typ-B-Methoden (andere Methoden) für die KALIBRIERFAKTOREN N_i und alle übrigen KORREKTIONSFAKTOREN bestimmten Standardmessunsicherheiten.

4.6 Wiederverwendbarkeit

Es kann Aufgabe des Anwenders sein, die in 5.3.3 beschriebene Prüfung der WIEDERVERWENDBARKEIT durchzuführen.

4.7 Konstanzprüfungen

Die Langzeitkonstanz eines TLD-SYSTEMS wird durch die vor allen klinischen Dosismessungen durchzuführenden KALIBRIERUNGEN nach 4.4.4 gesichert. Inwieweit das ANSPRECHVERMÖGEN des TLD-SYSTEMS Langzeitänderungen unterworfen ist, wird durch Vergleich der zeitlichen Änderung der KALIBRIERFAKTOREN überwacht.

4.8 Personal

Wegen der Komplexität des Verfahrens der TL-Dosimetrie muss qualifiziertes Bedienungspersonal zur Verfügung stehen.

5 Anforderungen an das TLD-SYSTEM

5.1 Allgemeines

5.1.1 Gliederung der Anforderungen

Die im Wesentlichen an den Hersteller gerichteten Anforderungen an ein TLD-SYSTEM umfassen die Anforderungen an die Vollständigkeit des MESSSYSTEMS (siehe 5.2), an die TL-DETEKTOREN (siehe 5.3), an die TL-ANZEIGGERÄTE (siehe 5.4), an die ZUSATZGERÄTE (siehe 5.5), an das TLD-SYSTEM als Ganzes (siehe 5.6), an die Kalibrier-Bestrahlungseinrichtung (siehe 5.7) und an die BEGLEITPAPIERE (siehe 5.8). Die Einhaltung der Anforderungen bezüglich der Leistungsmerkmale des TLD-SYSTEMS und seiner Komponenten, die in 5.3 bis 5.6 niedergelegt sind, stellt weitgehend sicher, dass die in Tabelle 11 angegebenen MESSUNSICHERHEITEN eingehalten werden können. Regeln für die ABNAHMEPRÜFUNGEN sind in 5.9 enthalten.

5.1.2 Anforderungen an Leistungsmerkmale

Die Grenzen für die Auswirkungen der EINFLUSSGRÖSSEN, die innerhalb ihrer NENNGEBRAUCHSBEREICHE von ihren BEZUGSWERTEN BEI PRÜFUNGEN abweichen, werden durch die Festlegung von a -WERTEN quantifiziert. Der zum Erhalt des richtigen Wertes erforderliche KORREKTIONSAKTOR bezüglich der betreffenden EINFLUSSGRÖSSE muss in dem angegebenen Intervall $1 - a$ bis $1 + a$ liegen. Bei der Prüfung auf Einhaltung des a -WERTES für eine EINFLUSSGRÖSSE bleiben alle übrigen EINFLUSSGRÖSSEN unverändert und innerhalb ihres Prüfwertebereiches.

Bei EINFLUSSGRÖSSEN, deren Auswirkung auf den MESSWERT bei der Quantifizierung von Anforderungen durch eine Korrektur berücksichtigt wird (z. B. STRAHLUNGSQUALITÄT), kennzeichnet der a -WERT den Bereich der nach Korrektur noch verbleibenden Abweichung vom richtigen Wert.

Für EINFLUSSGRÖSSEN, deren Variationen durch die Anwendung des TLD-SYSTEMS bedingt sind, und für EINFLUSSGRÖSSEN, deren Variationen unabhängig von der Anwendung des TLD-SYSTEMS sind, werden in den Tabellen 12 und 13 Mindest-Nenngebrauchsbereiche gefordert, in denen die jeweiligen a -WERTE einzuhalten sind.

Der a -WERT gilt entsprechend für die MESSGRÖSSE, deren Abweichung vom BEZUGSWERT BEI PRÜFUNGEN die NICHTLINEARITÄT bedingt und die mit dem KORREKTIONSAKTOR k_N berücksichtigt wird.

5.2 Vollständigkeit des TLD-SYSTEMS

5.2.1 Technische Komponenten

Ein TLD-SYSTEM muss mindestens die folgenden technischen Komponenten enthalten:

- a) eine Anzahl TL-DETEKTOREN gleichen Typs, eventuell mit geeigneter KONDITIONIERUNG; die TL-DETEKTOREN können gruppenweise in TL-SONDEN untergebracht sein;
- b) ein TL-ANZEIGEGERÄT mit einer oder mehreren Einrichtungen zur Erwärmung der TL-DETEKTOREN und zur Messung und ANZEIGE des Thermolumineszenzlichtes;
- c) ZUSATZGERÄTE, wie z. B. ein Ofen zur Wärmebehandlung und eine Vakuumpinzette.

5.2.2 Hardware- und Softwarekomponenten

Ein TLD-SYSTEM muss die Dosisermittlung aus der ANZEIGE des TL-ANZEIGEGERÄTES gestatten. Die hierzu benötigte Hardware und Software sind Teil des TLD-SYSTEMS.

5.2.3 Gebrauchsanweisung

5.2.3.1 Allgemeines

Die Gebrauchsanweisung muss in deutscher oder einer anderen dem Anwender verständlichen Sprache abgefasst und so gekennzeichnet sein, dass sie dem beschriebenen TLD-SYSTEM eindeutig zugeordnet ist. Zu jedem TLD-SYSTEM ist eine solche Gebrauchsanweisung mitzuliefern. Die Gebrauchsanweisung muss die Beschreibung von Aufbau, Wirkungsweise, Betrieb und Handhabung des TLD-SYSTEMS und seiner Komponenten enthalten.

5.2.3.2 Notwendige Angaben zum TLD-SYSTEM

Die Gebrauchsanweisung muss die folgenden Angaben zum TLD-SYSTEM enthalten:

- a) Sicherheitshinweise zu den Geräten;
- b) Sicherheitshinweise zum (teils giftigen) TL-MATERIAL;
- c) Beschreibung des Verwendungszwecks;
- d) Angaben zum Regenerationsprozess mit allen Parametern;
- e) Angaben zur Stabilisierungsbehandlung mit allen Parametern;
- f) Beschreibung des Auslesevorgangs mit allen Parametern;
- g) Funktion und Bedienung aller Taster, Schalter und Drehknöpfe, Bedeutung der Anschlussbuchsen, Anzeigeskalen und Signallampen;
- h) Angaben über das Auswechseln von Verschleißteilen (z. B. Batterien und Sicherungen) durch den Benutzer; diese Angaben müssen gegebenenfalls beinhalten: Prüfung der Betriebsfähigkeit der Verschleißteile und Typ der als Ersatz vorgesehenen Verschleißteile;
- i) Blockschaltbild;
- j) für ein netzbetriebenes Gerät: NENNGEBRAUCHSBEREICH der Anschlussspannung und der Frequenz, Umschaltung der NETZSPANNUNG, falls erforderlich;
- k) Angaben, wann ein TL-DETEKTOR nicht mehr verwendbar ist; gegebenenfalls Hinweis auf Einrichtungen, um die TL-DETEKTOREN wiederverwendbar zu machen;
- l) Angaben über die Justierung und Kalibrierung des TLD-SYSTEMS nach Einbau von Verschleißteilen;
- m) ANLAUFZEIT des TL-ANZEIGEGERÄTES;
- n) Hinweis auf die Notwendigkeit einer Gasspülung der TL-DETEKTOREN bei der Auswertung (insbesondere gasgeheizte Geräte);
- o) innere und äußere Abmessungen der TL-DETEKTOREN, falls mitgeliefert;
- p) Abmessung, Dichte und Art des Detektormaterials, falls mitgeliefert;
- q) Abmessung, Dichte und Art des Wandmaterials und gegebenenfalls zusätzlicher Bauteile, falls mitgeliefert;
- r) Angaben zu Lagerung, Reinigung und Entsorgung;
- s) Warnung, wenn längere Aufbewahrung bei hoher Luftfeuchte schädlich sein kann;
- t) zulässige Methode zur Reinigung und Trocknung der TL-DETEKTOREN, falls eine solche vorgesehen ist.

5.2.3.3 Notwendige Angabe technischer Daten

Folgende technische Daten sind anzugeben:

- a) Art des TLD-SYSTEMS, Typbezeichnung sowie Hersteller und Zulassungsinhaber;
- b) MESSGRÖSSE sowie STRAHLUNGSQUALITÄT, für die das TLD-SYSTEM bestimmt ist;
- c) Anzeige- und MESSBEREICHE für die DOSIS;

- d) NENNGEBRAUCHSBEREICHE der TL-SONDEN und anderer Komponenten des TLD-SYSTEMS zusammen mit den zugehörigen Werten für die folgenden EINFLUSSGRÖSSEN:
- 1) Photonenenergie und Strahleneinfallsrichtung für parallelen Einfall der PHOTONENSTRAHLUNG;
 - 2) DOSISLEISTUNG bei der Dosismessung;
 - 3) Umgebungstemperatur und relative Luftfeuchte;
 - 4) Sonnenlicht;
 - 5) mechanischer Schock;
 - 6) EMV-Prüfungen;
 - 7) Betriebsspannung;
- e) Lage des Bezugspunktes und der VORZUGSRICHTUNG relativ zu externen Markierungen;
- f) Diagramm der Energie- und RICHTUNGSABHÄNGIGKEIT des ANSPRECHVERMÖGENS;
- g) Dosisleistungsabhängigkeit und NICHTLINEARITÄT, ggf. mit Diagramm;
- h) Variationskoeffizient des ANSPRECHVERMÖGENS einer Stichprobe, ggf. mit Diagramm.

5.2.3.4 Notwendige Angaben zur radioaktiven KONTROLLVORRICHTUNG

Falls radioaktive KONTROLLVORRICHTUNGEN vorgesehen sind, muss die Gebrauchsanweisung die folgenden Angaben enthalten:

- a) Prozedur zur Bestimmung der Kontrollmesswerte;
- b) Angabe des Radionuklids und der Nennaktivität;
- c) in der Gebrauchsanweisung für die KONTROLLVORRICHTUNG muss eine Tabelle oder ein Diagramm für die Änderung der Kontrollanzeige bzw. Kontrollzeit infolge Aktivitätsabnahme der radioaktiven Strahlungsquelle vorhanden sein.

5.2.4 Zugriff auf eine Kalibrier-Bestrahlungseinrichtung

Bei einem TLD-SYSTEM muss der Zugriff auf eine geeignete Kalibrier-Bestrahlungseinrichtung (vgl. 4.4.4 und 5.7) sichergestellt sein.

5.3 Anforderungen an TL-DETEKTOREN

5.3.1 Kenngrößen für TL-MATERIALIEN

Zur Dosisbestimmung in der Strahlentherapie durch Thermolumineszenzdosimetrie können verschiedene TL-MATERIALIEN eingesetzt werden. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die Kenngrößen häufig verwendeter TL-MATERIALIEN.

Tabelle 9 — Kenngrößen für häufig verwendete TL-MATERIALIEN

	LiF:Mg, Ti ^a	LiF:Mg, Cu, P ^a
Z_{eff} [20]	8,2	8,2
Nutzbarer MESSBEREICH in Gy	10^{-3} bis 10^2	10^{-3} bis 10^2
Nichtlineares Verhalten (typische Werte von k_N bei $D_0 = 1$ Gy, $D = 2$ Gy)	0,975	1,004
Bemerkungen	Signifikanter Einfluss der REGENERIERUNG auf dosimetrische Eigenschaften	Signifikanter Einfluss der REGENERIERUNG auf dosimetrische Eigenschaften
ANMERKUNG Die aufgeführten TL-MATERIALIEN sind empfindlich gegenüber Sonnenlicht und hochintensiver UV-Bestrahlung.		
^a Eine Verwendung von ^7LiF an Stelle von LiF in natürlicher Isotopenzusammensetzung ist nicht notwendig, da der Einfluss der Neutronenkomponente in der Strahlentherapie vernachlässigbar ist.		

5.3.2 Konfektionierungen

TL-MATERIALIEN sind in verschiedenen Formen verfügbar:

- Pulver verschiedener Korngröße;
- Einkristalle bzw. polykristalline Presslinge als Stäbchen (Rods), Scheibchen (Chips, Discs) oder Mikrowürfel (Microcubes);
- Einbettung von Pulvern in temperaturbeständige Polymere (z. B. PTFE, Silikonkautschuk);
- Pulver als dünne Schicht auf temperaturbeständige Träger aufgebracht, aufgesprüht oder in einem Heipressvorgang aufgebondet.

Das Matrix- und Trägermaterial kann gegebenenfalls die Regenerierbarkeit bzw. die dosimetrischen Eigenschaften beeinflussen.

TL-SONDEN sind in verschiedenen Ausführungen verfügbar, die sich durch Material, Größe, Form und Anzahl der in einer TL-SONDE untergebrachten TL-DETEKTOREN sowie durch Material, Größe und Form der Umhüllung unterscheiden.

Die Umhüllung muss wasserdicht sein und eine reproduzierbare, geometrisch definierte Anordnung der TL-SONDE im PHANTOM sicherstellen. Die Gebrauchsanweisung muss eine eindeutige Angabe über den Bezugspunkt der SONDE enthalten.

5.3.3 WIEDERVERWENDBARKEIT VON TL-DETEKTOREN

TL-DETEKTOREN müssen wiederverwendbar sein. Die mechanischen, thermischen, chemischen und optischen Eigenschaften der TL-DETEKTOREN müssen die mehrmalige WIEDERVERWENDUNG ohne Vergrößerung der MESSUNSICHERHEIT zulassen. Zur Prüfung der WIEDERVERWENDBARKEIT dient der PRÜFFPARAMETER T_i

$$T_i = \frac{(M_{01}) - (M_{i2} - M_{02}) \cdot k_M}{(M_{i1} - M_{01})} \quad (11)$$

Die Indizes 1 und 2 kennzeichnen zwei aufeinander folgende MESSZYKLEN unter BEZUGSBEDINGUNGEN. Der Faktor k_M ist nach Gleichung (7) zu ermitteln. Für eine CHARGE von TL-DETEKTOREN und für ein gegebenes TLD-SYSTEM ist eine ausreichende WIEDERVERWENDBARKEIT sichergestellt, wenn 95 % der T_i -Werte dieser CHARGE kleiner oder gleich 0,01 sind.

ANMERKUNG Die Prüfung der WIEDERVERWENDBARKEIT ist nur bei konditionierten CHARGEN sinnvoll. Ihre Durchführung ist Gegenstand einer Vereinbarung zwischen dem Hersteller und dem Anwender (siehe 4.6).

5.3.4 EXEMPLARSTREUUNG

5.3.4.1 EXEMPLARSTREUUNG DES ANSPRECHVERMÖGENS

Jeder TL-DETEKTOR weist ein individuelles, in der Regel vom Mittelwert abweichendes ANSPRECHVERMÖGEN auf, jedoch wird dessen Einfluss auf den MESSWERT durch das Verfahren der individuellen KALIBRIERUNG (siehe Gleichung (3)) ausgeschaltet. Hingegen gelten zur Berücksichtigung des FADINGS und der NICHTLINEARITÄT nach Gleichung (3) pauschale KORREKTIONSAKTOREN, daher muss die Streuung des ANSPRECHVERMÖGENS aufgrund dieser Einflüsse begrenzt werden.

5.3.4.2 EXEMPLARSTREUUNG des nichtlinearen Verhaltens

Genau Dosisbestimmungen im gesamten Anwendungsbereich sind nur möglich, wenn alle DETEKTOREN einer CHARGE weitgehend gleiches nichtlineares Verhalten aufweisen. Zur Prüfung dieser Voraussetzung ist die ganze CHARGE mit der höchsten bei den Anwendungen zu erwartenden Dosis zu bestrahlen. Bei der Auswertung sollte für jeden einzelnen DETEKTOR das Produkt aus der ANZEIGE und dem zugehörigen KALIBRIERFAKTOR nicht mehr als 1,0 % vom Mittelwert aller dieser Produkte abweichen. DETEKTOREN, die dieser Bedingung nicht genügen, sind entweder auszusondern oder dürfen nur verwendet werden, wenn die zu messende Dosis nicht signifikant größer als die Bezugsdosis ist.

5.3.4.3 EXEMPLARSTREUUNG des FADINGS

Vor dem Versand von TL-DETEKTOREN, beispielsweise im Rahmen der messtechnischen Kontrollen von Therapiedosimetern (siehe Leitfaden zu Messtechnischen Kontrollen von Medizinprodukten mit Messfunktion), ist die Gleichmäßigkeit des FADINGS aller DETEKTOREN der verwendeten CHARGE zu überprüfen. Dazu wird die ganze CHARGE mit einer Dosis derselben Größenordnung wie beim Anwender bestrahlt und erst nach einem Zeitraum ausgewertet, der länger als die zwischen dem Versand und dem Rückerhalt der DETEKTOREN zu erwartende Zeit ist. DETEKTOREN, deren Auswertung dabei einen um mehr als 1 % vom Mittelwert abweichenden Dosiswert liefert, sollen nur zur Bestimmung des KORREKTIONSAKTORS k_M verwendet werden, jedoch nicht zur klinischen Dosismessung.

5.4 Anforderungen an TL-ANZEIGERÄTE

5.4.1 Allgemeines

Anzeigeräte bestehen aus dem TL-ANZEIGERÄT sowie der Steuer- und Anzeigeeinheit (mit eigenem Computer).

ANMERKUNG Die Anforderungen an die MESSUNSICHERHEIT können es erforderlich machen, das TL-ANZEIGERÄT an einen Netz-Stabilisator anzuschließen.

5.4.2 Betriebslage

Falls die Betriebslage des TL-ANZEIGERÄTES das ANSPRECHVERMÖGEN oder mechanische Funktionen beeinflusst (z. B. den Detektortransport bei automatisch arbeitenden Geräten), muss der Hersteller zur Vermeidung von Störungen oder Messfehlern in der GEBRAUCHSANWEISUNG entsprechende Hinweise geben, die z. B. die waagerechte und erschütterungsfreie Aufstellung verlangen.

5.4.3 ANLAUFZEIT

Die ANLAUFZEIT muss in der Gebrauchsanweisung angegeben werden.

5.4.4 ANZEIGE und Anzeigebereiche

Für ANZEIGE und Anzeigebereiche gelten die folgenden Forderungen:

- a) die Gebrauchsanweisung muss ausreichende Informationen über die Art des Zusammenhangs zwischen der ANZEIGE des TL-ANZEIGEGERÄTES und der vom jeweils ausgewerteten TL-DETEKTOR ausgehenden Lichtmenge, z. B. eine Kennlinie, enthalten;
- b) die ANZEIGE des TL-ANZEIGEGERÄTES muss digital erfolgen. Bei Segmentanzeige muss die ordnungsgemäße Darstellung der Ziffern überprüfbar sein;
- c) Umschaltungen von Anzeigebereichen des TL-ANZEIGEGERÄTES müssen automatisch erfolgen. Bei Geräten mit mehreren Anzeigebereichen müssen diese lückenlos aneinander anschließen.

5.4.5 NULLANZEIGE

Einzelheiten zur Ermittlung der NULLANZEIGE sind in der GEBRAUCHSANWEISUNG anzugeben.

5.4.6 Überlaufanzeige und Nachwirkungen beim Auswerten hoher Dosen

Eine TL-Anzeige, die einen voreingestellten Wert überschreitet, und ein Betriebszustand des TL-ANZEIGEGERÄTES, bei dem die MESSEMPFINDLICHKEIT durch Nachwirkungen der Glowkurven-Messung an einem mit hoher DOSIS bestrahlten TL-DETEKTOR beeinträchtigt ist, müssen dem Bediener deutlich angezeigt werden.

5.4.7 TESTLICHTQUELLE

Die TESTLICHTQUELLE kann z. B. aus einer Leuchtdiode (LED) oder einem Szintillator mit integrierter radioaktiver Quelle bestehen. Sie kann der elektrischen und photometrischen Funktionskontrolle des TL-ANZEIGEGERÄTES dienen oder zur Sicherstellung der Stabilität des Photomultipliers verwendet werden. Bei manchen Geräten erlaubt das Testlicht allerdings keine Rückschlüsse auf die Stabilität des TL-ANZEIGEGERÄTES und der verwendeten TL-DETEKTOREN.

5.4.8 Änderungen des ANSPRECHVERMÖGENS

Falls mechanische Vorrichtungen zum Ändern des ANSPRECHVERMÖGENS oder zur Korrektur von EINFLUSSGRÖSSEN vorhanden sind, müssen sie von außen unzugänglich sein oder markiert, arretierbar und mit einer Skala versehen sein. Änderungen, die über ein Computerprogramm eingegeben werden, müssen in der ANZEIGE des TL-ANZEIGEGERÄTES erscheinen.

5.4.9 Mechanischer Aufbau

Geräteteile, die der regelmäßigen Wartung bedürfen und deren Austausch keinen Einfluss auf die Langzeitkonstanz des ANSPRECHVERMÖGENS hat (z. B. Heizvorrichtung, optische Filter, Photomultiplier oder Photomultiplier-Einheit), sollten leicht zugänglich sein.

5.4.10 Lichtdichtheit

Bei einer allseitigen Exposition des TL-ANZEIGEGERÄTES mit Tageslicht der Bestrahlungsstärke 60 Wm^{-2} darf sich der MESSWERT im vom Hersteller angegebenen MESSBEREICH um nicht mehr als 1 % ändern.

5.4.11 Klimatische Einflüsse

Das TL-ANZEIGEGERÄT muss für die in der Tabelle 12 angegebenen Mindest-Nenngebrauchsbereiche ausgelegt sein. Bei Temperatur- und Feuchteprüfungen sollte die absolute Feuchte den Wert von 10 gm^{-3} nicht überschreiten. Für die Beziehung zwischen Temperatur, relativer und absoluter Feuchte siehe DIN 6817.

5.4.12 Elektrische Anforderungen

5.4.12.1 NETZSPANNUNG

Das TL-ANZEIGEGERÄT muss mindestens für eine NETZSPANNUNG von 230 V vorgesehen sein. Bei Änderung der NETZSPANNUNG im Bereich von -10% bis $+15\%$ darf der a -WERT 1% nicht überschreiten.

5.4.12.2 Netzfrequenz

Das TL-ANZEIGEGERÄT muss mindestens für eine Netzfrequenz von 50 Hz vorgesehen sein. Bei Änderung der Netzfrequenz im Bereich von -1 Hz bis $+1$ Hz darf der a -WERT 1% nicht überschreiten.

5.4.12.3 ELEKTROMAGNETISCHE STÖRUNGEN

Die Gesamtheit aller ELEKTROMAGNETISCHEN STÖRUNGEN, d. h. aller elektromagnetischen Felder und leitungsgetragenen Störungen, darf $0,01 D_0/N_i$ nicht überschreiten, siehe Tabelle 10. Dabei ist D_0 die untere Grenze des MESSBEREICHES. Die Dauer der ELEKTROMAGNETISCHEN STÖRUNG muss so bemessen sein, dass sie einer einstündigen Benutzung entsprechend den Häufigkeitsangaben in Tabelle 10 entspricht.

Alle Prüfungen müssen entsprechend den in Tabelle 10 angegebenen Normen durchgeführt werden. Für alle Prüfungen wurden die Mindest-Nenngebrauchsbereiche aus DIN EN 61000-6-2:2002-08 entnommen und in Tabelle 10 zusammen mit den Häufigkeiten der Störungen, den zugehörigen Maximalwerten der KORREKTIONSINTERVALL-HALBBREITE und dem Leistungs-Kriterium A, B oder C nach DIN EN 61000-6-2:2002-08, angegeben. Nur die Kriterien A oder B sind zulässig. Wenn Kriterium B zulässig ist, dann beziehen sich die Werte in Tabelle 10 auf die Werte der DOSIS, die vor und nach der Prüfung angezeigt werden. Falls die Dauer der ELEKTROMAGNETISCHEN STÖRUNG nicht einer einstündigen Benutzung entspricht, dann muss die Auswirkung der ELEKTROMAGNETISCHEN STÖRUNG auf eine einstündige Benutzung umgerechnet werden.

Nur für die Normarbeit

Tabelle 10 — Leistungsmerkmale von TLD-SYSTEMEN bei Störungen durch elektromagnetische Felder und leitungsgeführte Störungen

Zeile	Prüfmerkmal oder EINFLUSSGRÖSSE	Mindest-Nenngebrauchs-bereich der EINFLUSSGRÖSSE	Prüfungs-verfahren nach	Häufigkeit	Höchstwert für M_s^a	Kriterium ^b
1	Gesamte Auswirkung der ELEKTROMAGNETISCHEN STÖRUNGEN in Zeilen 2 bis 9	Siehe Zeilen 2 bis 9	Siehe Zeilen 2 bis 9	—	$0,01 D_0 / N_{i,K}$	—
2	Elektrostatische Entladung, Ladespannung	0 kV bis ± 8 kV Luftentladung 0 kV bis ± 4 kV Kontaktentladung	DIN EN 61000-4-2:2001-12	10 Störungen je Stunde	$0,007 D_0 / N_{K,i}$	B
3	Eingestrahltes elektromagnetisches Feld, Feldstärke und Modulation	80 MHz bis 1 GHz 0 V/m bis 10 V/m (unmodulierter Mittelwert) 80 % AM (1 kHz)	DIN EN 61000-4-3:2003-03	10 % der Zeit	$0,007 D_0 / N_{K,i}$	A
4	Eingestrahltes elektromagnetisches Feld von Mobiltelefonen, Feldstärke und Modulation	800 MHz bis 960 MHz 0 V/m bis 20 V/m 1,4 GHz bis 2,0 GHz und 0 V/m bis 15 V/m (unmodulierter Mittelwert) 80 % AM (1 kHz)	DIN EN 61000-4-3:2003-03	10 % der Zeit	$0,007 D_0 / N_{K,i}$	A
5	Leitungsgeführte Störungen hervorgerufen durch schnelle Transienten / Bursts, Spitzenspannung	0 kV bis ± 2 kV 5/50 ns (t_r/t_h)	DIN EN 61000-4-4:2001-07	10 Störungen je Stunde	$0,007 D_0 / N_{K,i}$	B
6	Leitungsgeführte Störungen hervorgerufen durch Spannungsstoß, Spitzenspannung und Anstiegszeit	0 kV bis ± 2 kV unsymmetrisch 0 kV bis ± 1 kV symmetrisch 1,2/50 (8/20) μ s (t_r/t_h)	DIN EN 61000-4-5:2001-12	10 Störungen je Stunde	$0,007 D_0 / N_{K,i}$	B
7	Leitungsgeführte Störungen hervorgerufen durch Hochfrequenz, Frequenz und Spannung	150 kHz bis 80 MHz 0 V bis 10 V (unmodulierter Mittelwert) 80 % AM (1 kHz)	DIN EN 61000-4-6:2001-12	10 % der Zeit	$0,007 D_0 / N_{K,i}$	A
8	Magnetisches 50-Hz-Feld, Feldstärke	0 A/m bis 30 A/m	DIN EN 61000-4-8:2001-12	10 % der Zeit	$0,007 D_0 / N_{K,i}$	A
9	Spannungseinbrüche / kurze Unterbrechungen, Dauer	10 ms (30 % Reduktion) 100 ms (60 % Reduktion)	DIN EN 61000-4-11:2001-12	10 Störungen je Stunde	$0,007 D_0 / N_{K,i}$	B

^a D_0 ist die untere Grenze des Messbereichs.
^b Siehe DIN EN 61000-6-2:2002-08.

5.4.12.4 Bewegungen von Verbindungskabeln

Werden zum Verbinden einzelner Komponenten des TL-ANZEIGERGERÄTES Kabel verwendet, deren Bewegungen den MESSWERT beeinflusst, so muss der Hersteller in der GEBRAUCHSANWEISUNG darauf hinweisen. Darüber hinaus sollten die Kabel gekennzeichnet sein.

5.4.12.5 Rückwirkung angeschlossener Geräte

Ausgangsbuchsen am TL-ANZEIGEGERÄT zum Anschluss von z. B. Schreiber, Drucker, Computer müssen kurzschlussfest sein.

5.4.12.6 ELEKTRISCHE SICHERHEIT

TL-ANZEIGEGERÄTE müssen DIN EN 61010-1 und DIN EN 60601-1 genügen.

5.4.13 Betriebssicherheit und Erkennung von Funktionsfehlern

5.4.13.1 Erkennung von Funktionsfehlern

Die Funktion von Parametern (z. B. Hochspannung, Temperatur, Heizgas), die den MESSWERT beeinflussen können, muss vom TL-ANZEIGEGERÄT kontinuierlich kontrolliert werden. Ihr Wert oder Stand sollte vor jeder Messung angezeigt werden oder abfragbar sein. Werden Toleranzgrenzen von Parametern überschritten, so muss der betroffene MESSWERT markiert werden. Weiterhin darf die nächste Messung erst nach Quittieren durch den Benutzer möglich sein. Die Funktion der Datenausgabe-Schnittstelle für ein angeschlossenes Gerät muss in gleicher Weise kontrolliert werden. Bei ihrem Ausfall muss die automatische Auswertung ebenfalls unterbrochen werden. Die Ursache der Unterbrechung muss für den Benutzer erkennbar sein (z. B. Symbol, Fehlercode), der betroffene MESSWERT muss entsprechend gekennzeichnet werden. Verluste von MESSWERTEN durch Funktionsfehler müssen auf den Verlust von zwei MESSWERTEN beschränkt sein.

5.4.13.2 DATENSICHERUNG

Die Dokumentation des MESSWERTES (z. B. Ausdruck, Speichern auf Datenträgern) muss sichergestellt sein, bevor die Auswertung des nächsten TL-DETEKTORS möglich ist.

5.4.13.3 Automatische TL-ANZEIGEGERÄTE

Bei automatischen TL-ANZEIGEGERÄTEN erfolgt die Auswertung der TL-DETEKTOREN nacheinander ohne Eingriffe durch den Benutzer.

5.4.13.4 ANZEIGE des Betriebszustandes

Der jeweilige Betriebszustand muss für den Benutzer durch geeignete ANZEIGEN, Symbole oder akustische Signale jederzeit erkennbar sein.

5.4.13.5 Funktionsfehler-Häufigkeit

Die mechanischen, optischen, elektronischen und elektromagnetischen Komponenten eines TLD-SYSTEMS sind auf hohe Betriebssicherheit auszulegen. Das Auftreten von Funktionsfehlern ist auf eine Häufigkeit von 0,01 % zu begrenzen.

5.4.13.6 Ausfall technischer Betriebsmittel

Bei Ausfall einer Versorgung (z. B. NETZSPANNUNG, Heizgas, Wasserkühlung) muss der MESSZYKLUS automatisch unterbrochen werden. Nach Wiederverfügbarkeit darf der MESSZYKLUS nur durch den Benutzer wieder gestartet werden können. Verluste von MESSWERTEN durch den Ausfall müssen auf den Verlust von zwei MESSWERTEN beschränkt sein.

5.4.13.7 Ausfall eines angeschlossenen Gerätes

Bei Ausfall eines angeschlossenen Gerätes sollte der automatische Messablauf unterbrochen werden. Im TL-ANZEIGEGERÄT müssen die Daten so gesichert sein, dass sie nach Wiederverfügbarkeit des Gerätes erneut abgefragt werden können.

5.4.14 Datenausgabe und DATENSICHERUNG

5.4.14.1 Allgemein

Informationsverluste durch Funktionsfehler im TL-ANZEIGEGERÄT sollten durch die Konstruktion ausgeschlossen sein. Dies gilt im Besonderen für automatisch arbeitende TL-ANZEIGEGERÄTE.

5.4.14.2 Messdaten

Das TL-ANZEIGEGERÄT sollte eine Schnittstelle zum Anschluss von Ausgabemedien haben. Mindestens eine Schnittstelle des TL-ANZEIGEGERÄTES muss genormt sein.

5.4.14.3 GLOWKURVE

Das TL-ANZEIGEGERÄT muss eine analoge oder digitale Schnittstelle zum Aufzeichnen und, falls gewünscht, zum Analysieren der GLOWKURVE haben.

5.5 Anforderungen an Zusatzgeräte (Regeneriereinrichtung)

5.5.1 Allgemeines

5.5.1.1 Regenerierung

Um die WIEDERVERWENDBARKEIT der TL-DETEKTOREN sicherzustellen, müssen diese vor der BESTRAHLUNG regeneriert werden. Näheres ist in der Gebrauchsanweisung anzugeben.

5.5.1.2 Konstruktion

Hinsichtlich Betriebslage, mechanischem Aufbau und Widerstandsfähigkeit gegen klimatische Einflüsse sind an einen separaten Ofen die gleichen Ansprüche zu stellen wie an ein TL-ANZEIGEGERÄT.

5.5.1.3 Elektrische Anforderungen

Hinsichtlich der Netzversorgung, Netzfrequenz und der Abschirmung gegen Netzstörungen und äußere Störfelder sind an einen separaten Ofen die gleichen Ansprüche zu stellen wie an ein TL-ANZEIGEGERÄT.

5.5.1.4 Betriebssicherheit

Die Betriebssicherheit muss bei manuell bedienten Öfen durch klar gekennzeichnete und leicht zugängliche Bedienelemente und bei prozessor- oder computergesteuerten Öfen durch klar gegliederte Programme gewährleistet sein.

5.5.2 Funktionsfehler-Erkennung

Parameter, die das zeitliche Temperaturprofil beeinflussen, müssen intern kontinuierlich kontrolliert werden. Werden die Grenzen des Temperaturprofils bezüglich Zeit oder Temperatur überschritten, muss die thermische STABILISIERUNG oder REGENERIERUNG abgebrochen und die Ursache des Abbruchs angezeigt werden.

5.5.3 Anzeige des Betriebszustandes

Der jeweilige Betriebszustand muss für den Benutzer durch geeignete ANZEIGEN oder Symbole jederzeit erkennbar sein.

5.6 Anforderungen an das gesamte TLD-SYSTEM

5.6.1 Mindest-Messbereiche

Der MESSBEREICH eines TLD-SYSTEMS nach dieser Norm muss einen Mindest-Messbereich nach Tabelle 11 umfassen. Der MESSBEREICH ist derjenige Teil des Anzeigebereichs, für den die Messunsicherheit innerhalb der in Tabelle 11 angegebenen Werte bleibt.

Tabelle 11 — Mindest-Messbereiche von TLD-SYSTEMEN für die Strahlentherapie

Anwendungsart	$D_{\min}$ Gy	$D_{\max}$ Gy	Zulässige Messunsicherheit
Messtechnische Kontrollen (siehe Leitfaden zu Messtechnischen Kontrollen von Medizinprodukten mit Messfunktion)	0,5	3	1 %
FRAKTIONIERTER STRAHLENBEHANDLUNG	0,01	10	1 %
Einzeit-Strahlenbehandlung ^a	10	30	2 %
BRACHYTHERAPIE mit Photonen	0,01	20	10 %

^a In Einzelfällen kann es zu hohen DOSEN dieser Größenordnung kommen. Hier sind besondere Anforderungen an REGENERIERUNG und Kalibrierung zu stellen.

Die in Spalte 4 angegebene Messunsicherheit umfasst nicht den Beitrag, der bei der Kalibrierung von TL-DETEKTOREN durch Dosisbestimmung mit Hilfe des Referenzdosimeters hervorgerufen wird.

Durch die Applikation einer den MESSBEREICH überschreitenden DOSIS kann es zu einer bleibenden Veränderung des ANSPRECHVERMÖGENS kommen (STRAHLENSCHADEN, siehe 3.1.36).

5.6.2 Mindest-Nenngebrauchsbereiche

5.6.2.1 Allgemeines

Bei Variation einer EINFLUSSGRÖSSE über ihren NENNGBRAUCHSBEREICH muss der in Tabelle 12 angegebene α -WERT (siehe 5.1.2) eingehalten werden.

Die Wirkung der EINFLUSSGRÖSSEN auf den MESSWERT wird für jede EINFLUSSGRÖSSE einzeln untersucht. Abgesehen von der Variation der EINFLUSSGRÖSSE über ihren NENNGBRAUCHSBEREICH (Tabelle 13) verbleiben bei dieser Untersuchung die übrigen EINFLUSSGRÖSSEN unverändert in ihren Prüfwertebereichen. Bei Variation einer EINFLUSSGRÖSSE über ihren NENNGBRAUCHSBEREICH darf die verbleibende MESSUNSICHERHEIT (Energie) bzw. der α -WERT (Richtung) die in Tabelle 13 angegebenen Schranken nicht überschreiten. Diese Forderung gilt auch für NENNGBRAUCHSBEREICHE, die den Mindest-Nenngebrauchsbereich überschreiten.

ANMERKUNG In Tabelle 12 sind Mindest-Nenngebrauchsbereiche für die Verwendung von TLD-SYSTEMEN in der Strahlentherapie mit Teilchenbeschleunigern angegeben. Mindest-Nenngebrauchsbereiche für die Verwendung von TLD-SYSTEMEN in der BRACHYTHERAPIE sind in dieser Norm nicht festgelegt.

Tabelle 12 — Bezugswerte und Mindest-Nenngebrauchsbereiche für EINFLUSSGRÖSSEN, deren Variation durch die Anwendung des TLD-SYSTEMS bedingt ist

EINFLUSSGRÖSSE	Bezugswert	Mindest-Nenngebrauchsbereiche	a-WERT	Siehe
Strahlenenergie, Photonen	1250 keV ^a	1250 keV sowie 6 MV bis 25 MV	1 %	5.6.2.2
Strahleneinfallsrichtung, Photonen	VORZUGSRICHTUNG ^b	$\pm 180^\circ$	1 %	5.6.2.4
Strahlenenergie, Elektronen	1250 keV ^a	4 MeV bis 25 MeV	1 %	5.6.2.3
Strahleneinfallsrichtung, Elektronen	VORZUGSRICHTUNG ^b	$\pm 180^\circ$	1 %	5.6.2.4
^a ⁶⁰ Co-Gammastrahlung. ^b Zum Beispiel bei runden Scheibchen die Richtung der Zylinderachse, bei Rods senkrecht zur Längsachse.				

5.6.2.2 Photonenenergie

Im Mindest-Nenngebrauchsbereich der Photonenenergie nach Tabelle 12 muss der Einfluss der Photonenenergie zunächst durch einen KORREKTIONSFAKTOR k_Q nach Gleichung (3) oder — bei Ermittlung des individuellen ANSPRECHVERMÖGENS durch Anschlussmessung — durch einen Quotienten von KORREKTIONSFAKTOREN (k_Q/k_Q) korrigiert werden (siehe 4.4.4.2). Der a-WERT in Tabelle 12, Spalte 4, betrifft die verbleibenden, nicht durch k_Q eliminierten Einflüsse der Photonenenergie, z. B. durch Streustrahlungsbeiträge oder in Folge der Filterung der Strahlung durch die Körpergewebe.

5.6.2.3 ELEKTRONENENERGIE

Im Mindest-Nenngebrauchsbereich der ELEKTRONENENERGIE nach Tabelle 12 muss der Einfluss der ELEKTRONENENERGIE zunächst durch einen KORREKTIONSFAKTOR k_E nach Gleichung (3) oder — bei Ermittlung des individuellen ANSPRECHVERMÖGENS durch Anschlussmessung — durch einen Quotienten von KORREKTIONSFAKTOREN (k_E/k_E) korrigiert werden (siehe 4.4.4.2). Der a-WERT in Tabelle 12, Spalte 4, betrifft die verbleibenden, nicht durch k_E eliminierten Einflüsse der ELEKTRONENENERGIE, z. B. durch Abweichung der MESSTIEFE von der Bezugstiefe.

5.6.2.4 Strahleneinfallsrichtung

Für die Strahleneinfallsrichtung wird in Gleichung (3) kein KORREKTIONSFAKTOR angewendet. Der a-WERT für die Strahleneinfallsrichtung in Tabelle 12, Spalte 4, kennzeichnet den nicht korrigierten Einfluss der Strahleneinfallsrichtung.

5.6.3 Prüfwertebereiche

5.6.3.1 Allgemeines

Prüfwertebereiche gelten für EINFLUSSGRÖSSEN, deren Variation unabhängig von der Anwendung des TLD-SYSTEMS von außen aufgeprägt ist und nur begrenzt beeinflusst werden kann.

Die Wirkung der EINFLUSSGRÖSSEN auf das MESSWERT wird für jede EINFLUSSGRÖSSE einzeln untersucht. Abgesehen von der Variation der EINFLUSSGRÖSSE über ihren NENNGEBRAUCHSBEREICH (Tabelle 13) verbleiben bei dieser Untersuchung die übrigen EINFLUSSGRÖSSEN unverändert in ihren Prüfwertebereichen. Bei Variation einer EINFLUSSGRÖSSE über ihren NENNGEBRAUCHSBEREICH darf der a-WERT die in Tabelle 13 angegebenen Schranken nicht überschreiten.

Dabei wird vorausgesetzt, dass Störeinflüsse wie UV-Bestrahlung oder Sonnenlicht ausgeschlossen sind; sie werden daher nicht als EINFLUSSGRÖSSEN behandelt. Leistungsmerkmale von TLD-SYSTEMEN bei Störungen durch elektromagnetische Felder sind in Tabelle 10 gesondert festgelegt.

Tabelle 13 — Bezugswerte, Prüfwertebereiche und Mindest-Nenngebrauchsbereiche für EINFLUSSGRÖSSEN, deren Variation unabhängig von der Anwendung des TLD-SYSTEMS von außen aufgeprägt ist

EINFLUSSGRÖSSE	Bezugswert	Prüfwertebereich	Mindest-Nenngebrauchsbereich	a-WERT	Siehe
Temperatur	20 °C	18 °C bis 22 °C	15 °C bis 25 °C	1 %	5.6.3.2
Relative Luftfeuchte	50 %	30 % bis 70 %, $r_w \leq 10 \text{ g/m}^3$ ^a	30 % bis 70 %, $r_w \leq 10 \text{ g/m}^3$		
NETZSPANNUNG	Nennwert	Nennwert $\pm 2 \%$	Nennwert -10% und $+5 \%$	1 %	5.4.12.1
Netzfrequenz	Nennwert	Nennwert $\pm 1 \text{ Hz}$	Nennwert $\pm 1 \text{ Hz}$	1 %	5.4.12.2
ANLAUFZEIT	Herstellerangabe	$\geq$ Herstellerangabe	$\geq$ Herstellerangabe	1 %	5.4.3

^a r_w Wasserdampfdichte in Luft, absolute Feuchte.

5.6.3.2 Umgebungstemperatur und Luftfeuchte

Der in Tabelle 13 angegebene a-WERT bezieht sich auf die kombinierte Variation von Temperatur und Luftfeuchte. Zur Prüfung werden die TL-DETEKTOREN den EINFLUSSGRÖSSEN Temperatur und Feuchte 24 h lang ausgesetzt. Die absolute Feuchte (Wasserdampfdichte) darf 20 g/m^3 nicht überschreiten.

5.6.3.3 Kurzzeitstabilität

Die EMPFINDLICHKEIT des TL-ANZEIGEGERÄTES muss für die Dauer eines MESSZYKLUS ausreichend stabil sein. Dies ist der Fall, wenn bei der Prüfung der WIEDERVERWENDBARKEIT, wie in 5.3.3 beschrieben, 95 % der T_i -Werte einer CHARGE kleiner oder gleich 0,01 sind.

5.7 Anforderungen an die Kalibrier-Bestrahlungseinrichtung

Bei der zur Ermittlung des individuellen ANSPRECHVERMÖGENS von TL-DETEKTOREN, zur Durchführung der KORREKTIONEN für die EXEMPLARSTREUUNG und für die systematische Änderung des ANSPRECHVERMÖGENS verwendeten Bestrahlungseinrichtung muss die Dosisbestimmung mit einer Reproduzierbarkeit von 0,2 % sichergestellt sein.

5.8 Anforderungen an die BEGLEITPAPIERE

Die mitzuliefernden BEGLEITPAPIERE, insbesondere die Gebrauchsanweisung, müssen DIN EN 61187:1995-06, sowie Abschnitt 4 und Abschnitt 5 dieser Norm entsprechen. Die verwendeten Begriffe müssen mit den Definitionen in Abschnitt 3 dieser Norm übereinstimmen. Die erforderliche Dokumentation muss in deutscher oder englischer Sprache erfolgen.

5.9 Abnahmeprüfungen

5.9.1 Allgemeines

Die ABNAHMEPRÜFUNG gilt nur für das Gesamtsystem. Beim Ersatz von Einzelkomponenten (z. B. des TL-ANZEIGEGERÄTES) ist sie erneut durchzuführen, beim Zukauf von Komponenten (z. B. DETEKTOREN) jedoch nicht. Die ABNAHMEPRÜFUNG muss sicherstellen, dass das TLD-SYSTEM die in 5.2 bis 5.8 festgelegten Anforderungen erfüllt. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Hersteller in Form von Dokumenten und Zertifikaten belegt, dass die Komponenten des Systems für sich die in den vorherigen Abschnitten genannten Eigenschaften aufweisen. Daher besteht die ABNAHMEPRÜFUNG ausschließlich aus dem Nachweis reproduzierbarer MESSWERTE.

5.9.2 Anzahl der zu verwendenden TL-DETEKTOREN

Bei einem manuellen TL-ANZEIGEGERÄT sollte die Anzahl der für WIEDERHOLUNGSMESSUNGEN verwendeten TL-DETEKTOREN mindestens 20 betragen. Bei einem automatischen TL-ANZEIGEGERÄT sollte die Anzahl der für WIEDERHOLUNGSMESSUNGEN verwendeten TL-DETEKTOREN mindestens gleich der Anzahl der in einem Auswertevorgang möglichen TL-DETEKTOREN sein.

5.9.3 Art der verwendeten TL-DETEKTOREN für die ABNAHMEPRÜFUNG

Für die ABNAHMEPRÜFUNG sollten TL-DETEKTOREN desjenigen Typs Verwendung finden, die hauptsächlich beim Anwender eingesetzt werden.

Nur für die Normung

Literaturhinweise

- [1] Feist, H.: Entwicklung der Thermolumineszenzdosimetrie mit LiF zu einer Präzisionsmethode für absolute Energiedosisbestimmungen in der Strahlentherapie mit Photonen- und Elektronenstrahlung hoher Energie, Habilitationsschrift, LMU München (1992)
- [2] Regulla, D., Fill, U., Feist, H. und Michalski, G.: Kurzzeitannealing für die klinische TL-Dosimetrie. 26. Jahrestagung des Fachverband für Strahlenschutz, Strahlenschutz: Physik und Messtechnik. 266–296 (1994)
- [3] Sprunck, M., Regulla, D. and Fill, U.: TL measurements with computerized glow curve analysis in clinical dosimetry. Radiat. Prot. Dosim. **66**, 269–271 (1996)
- [4] Miljanic, S., Ranogajec-Komor, M.: Application of cavity theory to the response of various TLDs to ⁶⁰Co gamma rays degraded in water. Phys. Med. Biol. **42**, 1335–1349 (1997)
- [5] Fill, U., Regulla, D. und Sprunck, M.: PC-assisted dose assessment in clinical TL dosimetry and QA programmes. Radiat. Prot. Dosim. **66**, 249–253 (1996)
- [6] Feist, H., Harder, D., Michalski, G., Krimmel, K., Fill, U. und Regulla, D.: Neue Kalibrierkorrekturen kQ und kE für die Thermolumineszenzdosimetrie. In: Medizinische Physik 2001 (Hrsg.: Welker, K. und Zink, K.) (2001), 183–184
- [7] Bruggmoser G., Saum R., Schmid F., Pychlau Ch.: LiF-TLDs irradiated in megavoltage photon and electron beams (in Vorbereitung)
- [8] Schwedas, M., Scheithauer, M., Wiezorek, T., Wendt, T. G., Harder, D.: Vergleichsmessung mit Thermolumineszenzdetektoren (TLD) für messtechnische Kontrollen von Dosimetern in der Strahlentherapie. In: Medizinische Physik 2002, CD-ROM (Hrsg.: Mandl, H., Salzburg), ISBN 3-925218-75-0 (2002)
- [9] Bruggmoser G., Saum R., Schmid F., Pychlau Ch., Christ G., Krimmel K.: LiF-Thermolumineszenzdosimetrie bei Elektronenstrahlung im Bereich 4 MeV bis 20 MeV. In: Medizinische Physik 2002, CD-ROM (Hrsg.: Mandl, H., Salzburg), ISBN 3-925218-75-0 (2002)
- [10] Zhigang, X., Almond, P. R., Deasy, J. O.: The dose distribution produced by a ³²P source for endovascular irradiation, Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. **36**, 933–939 (1996)
- [11] Piessens, M., Reynaert, N.: Verification of absolute dose rates for intravascular brachytherapy beta sources. Phys. Med. Biol. **45**, 2219–2231 (2002)
- [12] Mobit, P. N.: A Monte Carlo study of the quality dependence factors of common TLD materials in photon and electron beams. Phys. Med. Biol. **42**, 1335–1349 (1997)
- [13] Meigooni A. S., Meli J. A., Nath R.: Influence of the variation of energy spectra with depth in the dosimetry of ¹⁹²Ir using LiF TLD. Phys. Med. Biol. **33**, 10, 1159–1170 (1988)
- [14] Browne, E., Firestone, R. B.: Table of Radioactive Isotopes. J. Wiley & Sons, New York 1986
- [15] Meigooni, A. S., Meli, J. A., Nath, R. A.: Comparison of solid phantoms with water for dosimetry of ¹²⁵I brachytherapy sources. Med. Phys. **15**, 695–701 (1998)
- [16] Muench, P. J., Meigooni, A. S., Nath, R., McLaughlin, W. L.: Photon energy dependence of the sensitivity of radiochromic film and comparison with silver halide film and LiF TLD's used for brachytherapy dosimetry. Med. Phys. **18**, 769–775 (1991)

- [17] Huang D. Y. C., Schell M. C., Weaver K. A., Ling C. C.: Dose distribution of ^{125}I sources in different tissues. Med. Phys. **17**(5), 826–832 (1990)
- [18] Meigooni, A. S., Dini, S. A., Sowards, K., Hayes, J. L., Al-Otoom, A.: Experimental determination of the TG-43 dosimetric characteristics of Echo Seed TM model 6733 ^{125}I brachytherapy source. Med. Phys. **29**, 939–942 (2002)
- [19] Yue, N., Nath, R.: Experimental determination of the anisotropy function for the Model 200 ^{103}Pd „light seed“ and derivation of the anisotropy constant based upon the linear quadratic model. Med. Phys. **29**, 1120–1129 (2002)
- [20] K. Becker, A. Scharmann: Effektive atomare Ordnungszahl. Einführung in die Festkörperdosimetrie. Verlag Karl Thieme, München 1975

Nur für die Normungsarbeit

Stichwortverzeichnis

Für alle in der vorliegenden Norm definierten oder verwendeten Begriffe enthält das Stichwortverzeichnis Angaben der betreffenden Textstellen entsprechend der Dezimalklassifikation sowie die englische Übersetzung der Begriffsbenennungen. Für die in anderen DIN-Normen oder internationalen Empfehlungen definierten Begriffe ist die betreffende Publikation angegeben.

Benennung	Quelle	Abschnitt	Englische Übersetzung
ABNAHMEPRÜFUNG	DIN 55350-17	1, 5.1.1, 5.9, 5.9.1, 5.9.3	ACCEPTANCE TEST
ANLAUFZEIT	DIN 6818-1	3.1.9, 5.2.3.2, 5.4.3, 5.6.3.1	STABILIZING TIME
ANSPRECHVERMÖGEN	DIN 6800-5	3.1.1, 3.1.3, 3.1.5, 3.1.8, 3.1.10, 3.1.11, 3.1.16, 3.1.27, 3.1.28, 3.1.32, 3.1.33, 3.1.34, 3.1.36, 4.3.4.3, 4.3.4.4, 4.3.5, 4.4.1, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.5.2, 4.4.5.3, 4.7, 5.2.3.3, 5.3.4.1, 5.4.2, 5.4.8, 5.4.9, 5.6.1, 5.6.2.2, 5.6.2.3, 5.7	RESPONSE FUNCTION
ANZEIGE	IVM	3.1.1, 3.1.2, 3.1.9, 3.1.15, 3.1.16, 3.1.20, 3.1.25, 3.1.29, 3.1.41, 4.1, 4.3.8.3, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4.3, 4.4.5.3, 4.4.5.4, 4.5, 5.2.1, 5.2.2, 5.3.4.2, 5.4.4, 5.4.8, 5.4.13.4, 5.5.3	INDICATED VALUE
a-WERT	DIN 6800-5	3.1.3, 5.1.2, 5.4.12.1, 5.4.12.2, 5.6.2.1, 5.6.2.2, 5.6.2.3, 5.6.2.4, 5.6.3.1, 5.6.3.2	A-VALUE
BEGLEITPAPIERE	DIN EN 60061-1	5.1.1, 5.8	ACCOMPANYING PAPERS
BESTRAHLUNG	DIN 6814-8	3.1.12, 3.1.17, 3.1.26, 3.1.35, 4.3.5, 4.3.6, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4.1, 4.4.5.1, 4.4.5.3, 4.4.5.4, 5.5.1	IRRADIATION
BEZUGSBEDINGUNGEN	DIN 6800-5	3.1.6, 3.1.7, 3.1.15, 3.1.16, 4.4.4.1, 4.4.5.2, 4.4.5.3, 5.3.3	REFERENCE CONDITIONS
BEZUGSPUNKT EINER TL-SONDE	DIN 6800-5	3.1.7, 4.4.1, 4.4.4.1	REFERENCE POINT OF A TL PROBE
BEZUGSWERT BEI PRÜFUNGEN	DIN 6800-5	3.1.3, 3.1.5, 5.1.2	REFERENCE VALUE FOR TESTS
BEZUGSWERT BEI KALIBRIERUNGEN	DIN 6800-5	3.1.4, 4.4.4.1, 4.4.5.3	REFERENCE VALUE FOR CALIBRATIONS
BRACHYTHERAPIE	DIN 6814-3	1, 4.4.5.5, 5.6.1, 5.6.2.1	BRACHYTHERAPY
CHARGE	DIN 6800-5	3.1.8, 3.1.11, 3.1.16, 3.1.17, 4.3.3, 4.3.4.4, 4.3.8.1, 4.4.4.3, 4.4.5.2, 4.4.5.3, 4.4.5.4, 5.3.3, 5.3.4.2, 5.3.4.3, 5.6.3.3	CHARGE
DATENSICHERUNG	DIN 6873-5	5.4.13.2, 5.4.14	DATA DOCUMENTATION
DOSIS	DIN 25401-8	3.1.1, 3.1.2, 3.1.9, 3.1.18, 3.1.21, 3.1.28, 3.1.36, 4.3.6, 4.4.2, 4.4.4.1, 4.4.4.3, 4.4.5.2, 4.4.5.3, 4.4.5.4, 5.2.3.3, 5.3.4.2, 5.3.4.3, 5.4.6, 5.4.12.3, 5.6.1	DOSE
DOSISLEISTUNG	DIN 25401-8	5.2.3.3	DOSE RATE
EINFLUSSGRÖSSE	DIN 6800-5	3.1.3, 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6, 3.1.9, 3.1.19, 3.1.20, 3.1.27, 3.1.30, 3.1.30, 3.1.31, 3.1.46, 4.4.4.1, 4.4.5.1, 5.1.2, 5.2.3.3, 5.4.8, 5.4.12.3, 5.6.2.1, 5.6.3.1, 5.6.3.2	INFLUENCE QUANTITY

Benennung	Quelle	Abschnitt	Englische Übersetzung
ELEKTRISCHE SICHERHEIT	DIN VDE 0751-1	5.4.12.6	ELECTRICAL SAFETY
ELEKTROMAGNETISCHE STÖRUNGEN	DIN EN 50083-2	5.4.12.3	ELECTROMAGNETIC DISTURBANCES
ELEKTRONENENERGIE	DIN EN 552	4.4.5.5, 5.6.2.3	ELECTRON ENERGY
ELEKTRONENSTRAHLUNG	DIN 6814-2	1, 3.1.38, 4.4.5.5	ELECTRON RADIATION
EMPFINDLICHKEIT, MESSEMPFINDLICHKEIT	DIN 6818-6	5.4.6, 5.6.3.3	SENSITIVITY
ENERGIEABHÄNGIGKEIT	DIN 6800-5	3.1.3, 3.1.10, 3.1.19	ENERGY DEPENDENCE
EXEMPLARSTREUUNG; EXEMPLARSTREUUNG DES ANSPRECHVERMÖGENS	DIN 6800-5	3.1.8, 3.1.11, 5.3.4, 5.3.4.1, 5.3.4.2, 5.3.4.3, 5.4.14.3	INDIVIDUAL VARIATION; INDIVIDUAL VARIATION OF THE RESPONSE FUNCTION
FADING	DIN 6800-5	3.1.9, 3.1.12, 3.1.13, 3.1.19, 3.1.25, 4.4.5.4, 5.3.4.1, 5.3.4.3	FADING
FADINGRATE	DIN 6800-5	3.1.13, 4.4.5.4	FADING RATE
FELDGRÖSSE	DIN 6814-8	4.3.6, 4.4.4.1, 4.4.4.2	FIELD SIZE
FRAKTIONIERTER STRAHLENBEHANDLUNG	DIN 6814-8	5.6.1	FRACTIONED RADIOTHERAPY
GESAMT-MESSUNSICHERHEIT (siehe MESSUNSICHERHEIT)			OVERALL UNCERTAINTY OF MEASUREMENT
GLOWKURVE	DIN 6800-5	3.1.2, 3.1.14, 4.3.8.2, 4.3.8.3, 4.4.2, 4.4.5.3, 5.4.14.3	GLOW CURVE
KALIBRIEREN	DIN 6800-5	3.1.15	CALIBRATION
KALIBRIERFAKTOR	DIN 6800-5	3.1.2, 3.1.4, 3.1.15, 3.1.16, 3.1.25, 3.1.49, 4.3.2, 4.4.1, 4.4.4, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.4.3, 4.4.5.3, 4.4.5.4, 4.5, 4.7, 5.3.4.2	CALIBRATION FACTOR
KONDITIONIERUNG EINER CHARGE; KONDITIONIERUNG	DIN 6800-5	3.1.17, 5.2.1	CONDITIONING OF A CHARGE; CONDITIONING
KONSTANZPRÜFUNG	DIN 6814-16	1, 4.7	STABILITY CHECK
KONTROLLVORRICHTUNG	DIN 6800-5	3.1.18, 5.2.3.4	STABILITY CHECK DEVICE
KORREKTIONSFAKTOR	DIN 6800-5	3.1.2, 3.1.3, 3.1.9, 3.1.19, 3.1.25, 3.1.32, 4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.5, 4.4.5.1, 4.4.5.3, 4.4.5.4, 4.4.5.5, 4.5, 5.1.2, 5.3.4.1, 5.3.4.3, 5.6.2.2, 5.6.2.3, 5.6.2.4	CORRECTION FACTOR FOR AN INFLUENCE QUANTITY
KORREKTIONSINTERVALL-HALBBREITE (siehe a -WERT)		3.1.3, 5.4.12.3	HALF-WIDTH OF CORRECTION INTERVAL
KORREKTIONSSUMMAND	DIN 6800-5	3.1.2, 3.1.9, 3.1.20	CORRECTION SUMMAND FOR AN INFLUENCE QUANTITY
MESSBEREICH	DIN 6800-5	3.1.21, 4.4.5.2, 5.2.3.3, 5.3.1, 5.4.10, 5.4.12.3, 5.6.1	MEASURING RANGE OF A TLD SYSTEM
MESSERGEBNIS	DIN 6818-1	3.1.9	RESULT OF A MEASUREMENT
MESSGRÖSSE	DIN 6800-5	3.1.3, 3.1.4, 3.1.6, 3.1.9, 3.1.15, 3.1.16, 3.1.19, 3.1.24, 3.1.25, 4.1, 4.2, 4.4.4.1, 4.4.5.1, 5.1.2, 5.2.3.3	MEASURED QUANTITY
MESSORT	DIN 6800-5	3.1.7, 3.1.22, 3.1.23, 3.1.25, 4.2, 4.3.2, 4.4.1, 4.4.4.1, 4.4.5.5	POINT OF MEASUREMENT

Benennung	Quelle	Abschnitt	Englische Übersetzung
MESSTIEFE		4.3.6, 4.4.4.1, 4.4.5.5, 5.6.2.3	DEPTH OF MEASUREMENT
MESSUNSICHERHEIT	DIN 1319-3	3.1.3, 3.1.24, 4.4.5.2, 4.5, 5.1.1, 5.3.3, 5.4.1, 5.6.2.1	UNCERTAINTY OF MEASUREMENT
MESSWERT EINES TL-SYSTEMS; MESSWERT	DIN 6800-5	3.1.2, 3.1.15, 3.1.21, 3.1.24, 3.1.25, 3.1.47, 4.4.1, 4.4.3, 4.4.5.2, 4.5, 5.1.2, 5.3.4.1, 5.4.10, 5.4.12.4, 5.4.13.1, 5.4.13.2, 5.4.13.6, 5.6.2.1, 5.6.3.1, 5.9.1	MEASURED VALUE OF A TLD SYSTEM; MEASURED VALUE
MESSZYKLUS	DIN 6800-5	3.1.26, 3.1.32, 3.1.49, 4.3, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.5.3, 4.4.5.4, 5.3.3, 5.4.13.6, 5.6.3.3	MEASUREMENT CYCLE
NENNGEBRAUCHSBEREICH	DIN 6800-5	3.1.27, 4.4.5.2, 5.1.2, 5.2.3.2, 5.2.3.3, 5.6.2.1, 5.6.3.1	NAMED RANGE OF USE
NETZSPANNUNG	DIN EN 60601-1	3.1.9, 5.2.3.2, 5.4.12.1, 5.4.13.6, 5.6.3.1	LINE VOLTAGE
NICHTLINEARITÄT	DIN 6800-5	3.1.4, 3.1.8, 3.1.19, 3.1.28, 4.4.4.1, 4.4.5.2, 5.1.2, 5.2.3.3, 5.3.4.1	NON-LINEARITY
NULLANZEIGE	DIN 6800-5	3.1.1, 3.1.9, 3.1.16, 3.1.20, 3.1.25, 3.1.29, 4.3.8.1, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.4.3, 4.4.5.4, 5.4.5	BACKGROUND VALUE
PATIENT, PATIENTENKÖRPER	DIN EN 60601-1	1, 3.1.7, 3.1.23, 4.4.1	PATIENT, BODY OF THE PATIENT
PERKUTANE STRAHLENTHERAPIE	DIN 6814-2	1	PERCUTANEOUS RADIOTHERAPY
PHANTOM	DIN 6809-5	1, 3.1.7, 4.3.6, 4.4.1, 4.4.4.1, 5.3.2	PHANTOM
PHOTONENSTRAHLUNG	DIN 6814-2	1, 3.1.38, 4.4.4.2, 4.4.5.5, 5.2.3.3	PHOTON RADIATION
PRÜFBEDINGUNGEN	DIN 6800-5	3.1.31	TEST CONDITIONS
PRÜFPARAMETER T_i		5.3.3	TEST PARAMETER T_i
PRÜFWERT	DIN 6800-5	3.1.30, 3.1.31	PARAMETERS FOR TESTS, RANGE OF TEST PARAMETERS, TEST CONDITIONS
REFERENZDETEKTOR	DIN 6800-5	3.1.32, 4.4.5.3	REFERENCE DETECTOR
REGENERIERUNG	DIN 6800-5	3.1.17, 3.1.26, 3.1.29, 3.1.33, 4.3.4.3, 4.3.5, 5.3.1, 5.5.2, 5.6.1	PRE-IRRADIATION ANNEALING
RELATIVE SPEKTRALE TEILCHENFLUSSDICHTHE	DIN 6814-2	3.1.38	RELATIVE SPECTRAL PARTICLE FLUENCE RATE
RICHTUNGSABHÄNGIGKEIT	DIN 6800-5	3.1.34, 5.2.3.3	DIRECTIONAL DEPENDENCE
STABILISIERUNG	DIN 6800-5	3.1.26, 3.1.35, 4.3.4.3, 4.3.7, 4.4.5.4, 5.5.2	POST-IRRADIATION ANNEALING
STRAHLENSCHADEN	DIN 6800-5	3.1.36, 5.6.1	RADIATION DAMAGE
STRAHLUNGSART	DIN 6814-2	3.1.37, 3.1.38, 4.4.5.5	TYPE OF RADIATION
STRAHLUNGSFELD	DIN 6814-2	4.3.2, 4.4.3	RADIATION FIELD
STRAHLUNGSQUALITÄT	DIN 6814-2	3.1.1, 3.1.9, 3.1.10, 3.1.38, 4.3.6, 4.4.1, 4.4.3, 4.4.4.1, 4.4.4.2, 4.4.5.1, 4.4.5.4, 4.4.5.5, 5.1.2, 5.2.3.3	RADIATION QUALITY
TESTLICHTQUELLE	DIN 6800-5	3.1.39, 5.4.7	TEST LIGHT SOURCE
Thermolumineszenz	DIN 6800-5	3.1.40	THERMOLUMINESCENCE

Benennung	Quelle	Abschnitt	Englische Übersetzung
THERMOLUMINESZENZ- ANZEIGEGERÄT; TL- ANZEIGEGERÄT	DIN 6800-5	3.1.1, 3.1.2, 3.1.29, 3.1.39, 3.1.41, 3.1.44, 4.3.4.2, 4.4.2, 5.1.1, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3.2, 5.4, 5.4.1, 5.4.2, 5.4.4, 5.4.6, 5.4.7, 5.4.8, 5.4.10, 5.4.11, 5.4.12.1, 5.4.12.2, 5.4.12.4, 5.4.12.5, 5.4.12.6, 5.4.13.1, 5.4.13.3, 5.4.13.7, 5.4.14.1, 5.4.14.2, 5.4.14.3, 5.5.1.2, 5.5.1.3, 5.6.3.3, 5.9.1, 5.9.2	INDICATING INSTRUMENT FOR THERMOLUMINESCENCE MEASUREMENTS; INDICATING INSTRUMENT FOR TL MEASUREMENTS
THERMOLUMINESZENZDETEKTOR; TL-DETEKTOR; DETEKTOR	DIN 6800-5	3.1.1, 3.1.2, 3.1.8, 3.1.10, 3.1.11, 3.1.14, 3.1.15, 3.1.16, 3.1.17, 3.1.25, 3.1.26, 3.1.29, 3.1.32, 3.1.33, 3.1.34, 3.1.35, 3.1.36, 3.1.41, 3.1.42, 3.1.43, 3.1.44, 3.1.45, 3.1.46, 3.1.47, 3.1.49, 4.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.4.2, 4.3.4.3, 4.3.4.4, 4.3.8.2, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4.1, 4.4.4.3, 4.4.5.1, 4.4.5.2, 4.4.5.3, 4.4.5.4, 4.4.5.5, 5.1.1, 5.2.1, 5.2.3.2, 5.3, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4, 5.3.4.2, 5.3.4.3, 5.4.4, 5.4.6, 5.4.7, 5.4.13.2, 5.4.13.3, 5.5.1, 5.6.3.2, 5.7, 5.9.1, 5.9.2, 5.9.3	THERMOLUMINESCENCE DETECTOR; TL DETECTOR; DETECTOR
THERMOLUMINESZENZDETEKTOR- TYP; TL-DETEKTORTYP; DETEKTORTYP	DIN 6800-5	3.1.43, 4.3.5, 4.3.7	TYPE OF THERMOLUMINESCENCE DETECTOR; TYPE OF TL DETECTOR; TYPE OF DETECTOR
THERMOLUMINESZENZ- DOSIMETRIE-SYSTEM, TLD-SYSTEM	DIN 6800-5	3.1.21, 3.1.25, 3.1.29, 3.1.44, 4.3.1, 4.3.8.3, 4.7, 5, 5.1.1, 5.1.2, 5.2, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3.1, 5.2.3.2, 5.2.3.3, 5.2.4, 5.3.3, 5.4.12.3, 5.4.13.5, 5.6, 5.6.1, 5.6.2.1, 5.6.3.1, 5.9.1	THERMOLUMINESCENCE DOSIMETRY SYSTEM; TLD SYSTEM
THERMOLUMINESZENZSONDE; TL-SONDE, SONDE	DIN 6800-5	1, 3.1.7, 3.1.25, 3.1.44, 3.1.45, 3.1.46, 4.1, 4.3.4.2, 4.3.6, 4.4.1, 4.4.3, 4.4.4.1, 4.4.5.5, 5.2.1, 5.2.3.3, 5.3.2	THERMOLUMINESCENCE PROBE; TL PROBE; PROBE
TL-MATERIAL	DIN 6818-6	3.1.42, 4.4.5.5, 5.2.3.2, 5.3.1, 5.3.2	THERMOLUMINESCENT MATERIAL
VORZUGSRICHTUNG	DIN 6800-5	3.1.46, 5.2.3.3, 5.6.2.1	DIRECTION OF PREFERENCE
WASSER-ENERGIEDOSIS	DIN 6814-3	3.1.7, 3.1.15, 3.1.22, 3.1.23, 3.1.25, 4.1, 4.2, 4.3.2, 4.4, 4.4.1, 4.4.4.1, 4.4.5.1, 4.4.5.5, 4.5	ABSORBED DOSE TO WATER
WIEDERHOLBARKEIT	DIN 6800-5	3.1.47, 4.3.3	REPEATABILITY
WIEDERHOLBEDINGUNGEN	DIN 6800-5	3.1.47, 3.1.48	REPETITION CONDITIONS
WIEDERVERWENDBARKEIT	DIN 6800-5	3.1.17, 3.1.49, 4.6, 5.3.3, 5.5.1, 5.6.3.3	RE-USABILITY