

KfK 2626
Juni 1978

Thermolumineszenz- und Phosphatglas- Dosimetersysteme im Bereich kleiner Dosen:

**Vorstellung eines Testprogrammes und
Ergebnisse an 43 Systemen**

Bearbeitung:
E. Piesch, B. Burgkhardt
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
ABTEILUNG STRAHLENSCHUTZ UND SICHERHEIT

KfK 2626

THERMOLUMINESZENZ- UND PHOSPHATGLAS- DOSIMETERSYSTEME
IM BEREICH KLEINER DOSEN:
VORSTELLUNG EINES TESTPROGRAMMES UND ERGEBNISSE AN 43 SYSTEMEN

BEARBEITUNG: E. PIESCH
B. BURGKHARDT

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht stellt ein Standardtestprogramm für TLD und RPL Systeme vor, welches im Arbeitskreis "Dosismessung externer Strahlung" des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. zum Leistungsnachweis von Dosimetersystemen für eine Anwendung in der Umgebungsüberwachung und Personendosimetrie erarbeitet wurde. Es werden die Ergebnisse eines Vergleiches wiedergegeben, an dem sich 17 Laboratorien aus dem deutschsprachigen Raum mit 43 Dosimetersystemen beteiligt haben.

THERMOLUMINESCENCE AND PHOSPHATE GLASS DOSIMETER SYSTEMS IN THE LOW DOSE RANGE

Description of a Test Program and Results of 43 Systems.

Abstract

This report describes a standard test program for TLD and RPL systems worked out by the Working Party on "Dose Measurement of External Radiation" by the Fachverband für Strahlenschutz e.V. to demonstrate the performance of dosimeter systems to be employed in environmental monitoring and in personnel dosimetry. The results of an intercomparison study are outlined in which 17 laboratories from the German speaking countries participated with 43 dosimeter systems.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
1. Einleitung	1
2. Standard-Testprogramm	3
2.1 Allgemeines	3
2.2 Durchführung des Meßprogrammes	5
2.3 Erläuterungen zum Testprogramm	6
2.3.1 TLD Dosimetersysteme	6
2.3.2 RPL Dosimetersysteme	9
3. Ergebnis des Testprogrammes 1976/77	11
3.1 TLD Systeme	11
3.1.1 Allgemeines	11
3.1.2 Untere Nachweisgrenze	12
3.1.3 Nulldosisanzeige	13
3.1.4 Detektorstreuung	15
3.1.5 Reproduzierbarkeit	16
3.1.6 Langzeitänderung der Nulldosisanzeige	22
3.1.7 Langzeitstabilität des Dosimetersystems	23
3.1.8 Linearität	24
3.1.9 Temperatureinfluß	24
3.2 RPL Systeme	26
3.2.1 Allgemeines	26
3.2.2 Untere Nachweisgrenze	26
3.2.3 Nulldosisanzeige	27
3.2.4 Detektorstreuung	27
3.2.5 Reproduzierbarkeit	27
3.2.6 Langzeitänderung der Nullanzeige	29
3.2.7 Langzeitstabilität des Dosimetersystems	29
3.2.8 Linearität	29
3.2.9 Temperatureinfluß	30
4. Beurteilung der Systeme	30
4.1 Allgemeines	30
4.2 TL Material	31
4.3 Auswertegerät	33
4.4 Dosimetersystem	34

5. Ergebnis der PTB-Kalibrierung 1976	39
6. Ergebnis der ERDA-Vergleichsmessung 1977	43
7. Ausblick	44
Anhang I	47
Anhang II	51
Anhang III	65

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Untere Nachweisgrenze D_{NWG} und die Nulldosisanzeige α_u von TLD-Systemen
- Abb. 2 Mittlere Nulldosisanzeige und die untere Nachweisgrenze von TLD-Systemen
- Abb. 3 Maximalschwankung des Dunkelstromes α_0 und der Nulldosisanzeige α_u sowie die kleinste anzeigbare Dosis von TLD-Systemen
- Abb. 4 Individuelle Detektorempfindlichkeit einer Charge von 10 Dosimetern und deren Reproduzierbarkeit bei Einzel- und Chargenkalibrierung
- Abb. 5 Rel. Standardabweichung s von LiF-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis
- Abb. 6 Rel. Standardabweichung s von LiF-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis
- Abb. 7 Rel. Standardabweichung s von automatischen LiF-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis
- Abb. 8 Rel. Standardabweichung s von $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis
- Abb. 9 Rel. Standardabweichung s von CaF_2 -Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis
- Abb. 10 Rel. Standardabweichung s von CaSO_4 -Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis
- Abb. 11 Rel. Standardabweichung (1s-Wert) und Maximalabweichung von TLD-Systemen bei einer Dosis von 30 mR
- Abb. 12 Rel. Standardabweichung (1s-Wert) und Maximalabweichung von TLD-Systemen bei einer Dosis von $100 \times D_{\text{NWG}}$
- Abb. 13 Änderung der Nulldosisanzeige von TLD-Systemen bei 10-maliger Bestrahlung auf $100 \times D_{\text{NWG}}$
- Abb. 14 Änderung der Referenzdosisanzeige einer TLD-Charge bei 10-maliger Bestrahlung auf $100 \times D_{\text{NWG}}$
- Abb. 15 Rel. Fading von LiF-Systemen für eine Lagerung bei 70°C
- Abb. 16 Rel. Fading von $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -Systemen für eine Lagerung bei 70°C
- Abb. 17 Rel. Fading von CaF_2 -Systemen für eine Lagerung bei 70°C
- Abb. 18 Rel. Fading von CaSO_4 -Systemen für eine Lagerung bei 70°C
- Abb. 19 Rel. Standardabweichung s von RPL-Systemen I als Funktion der Dosis
- Abb. 20 Rel. Standardabweichung s von RPL-Systemen II als Funktion der Dosis
- Abb. 21 Rel. Fading von RPL-Systemen für eine Lagerung bei 70°C
- Abb. 22 Häufigkeitsverteilung für die rel. Standardabweichung s der individuellen Detektorempfindlichkeit einer Charge
- Abb. 23 Rel. Fading von TLD-Systemen für eine Lagerung bei 70°C und Anwendung unterschiedlicher Vortemperierung vor der Auswertung
- Abb. 24 Häufigkeitsverteilung für die rel. Standardabweichung s der Reproduzierbarkeit bei einer Dosis von 30 mR und $100 \times D_{\text{NWG}}$
- Abb. 25 Häufigkeitsverteilung für die rel. Standardabweichung $2s$ der Chargenempfindlichkeit (10 Dosimeter) bei zehnmaliger Behandlung auf $100 \times D_{\text{NWG}}$
- Abb. 26 Ergebnis der PTB-Kalibrierbehandlung von TLD- und RPL-Systemen mit einer Dosis von 5 R
- Abb. 27 Ergebnis der PTB-Vergleichsbestrahlung von TLD- und RPL-Systemen

Tabellenverzeichnis

- Tab. 1 Eigenschaften des Auswertegerätes Harshaw 2000 A+B
- Tab. 2 Eigenschaften des automatischen Auswertegerätes Studsvik 1313
- Tab. 3 Dosisgrenzwert D_G von TLD-Systemen, oberhalb dem eine vorgegebene Reproduzierbarkeit (3s-Wert) von 7,5%, 10,5% und 15% erhalten wird
- Tab. 4 Dosisgrenzwert D_G von RPL-Systemen, oberhalb dem eine vorgegebene Reproduzierbarkeit (3s-Wert) von 7,5%, 10,5% und 15% erhalten wird
- Tab. 5 Eigenschaften von automatischen TLD-Auswertesystemen
- Tab. 6 Ergebnis der PTB-Vergleichbestrahlung von TLD- und RPL-Systemen 1976
- Tab. 7 Ergebnis der ERDA-Vergleichsmessung 1977
- Tab. 8 Meßfehler der ERDA-Vergleichsmessung 1977

Anhang I Testprogramm 1976/77

- Tab.I/1 Teilnehmer am TLD-RPL-Testprogramm 1976/77
- Tab.I/2 Zusammenstellung der TLD-Auswertegeräte (Testprogramm 1976/77)
- Tab.I/3 Zusammenstellung der TL Materialien
- Tab.I/4 Vergleich der Ergebnisse des TLD-Testes 1976/77
- Tab.I/5 Vergleich der Ergebnisse des RPL-Testes 1976/77

Anhang II Das Standardtestprogramm für TLD-Systeme

- Tab.II/1 Experimentelle Testvorschriften für TLD-Systeme
- Tab.II/2 Protokoll- und Datenblätter für den TLD-Test, Bl. 1-5
- Tab.II/3 Erläuterungen für die Ergebnisdarstellung des TLD-Testes, Bl. 1-3
- Tab.II/4 Vergleich der Meßergebnisse des TLD-Testes, Bl. 1-3

Anhang III Das Standardtestprogramm für RPL-Systeme

- Tab.III/1 Experimentelle Testvorschriften für RPL-Systeme
- Tab.III/2 Protokoll- und Datenblätter für den RPL-Test, Bl. 1-6
- Tab.III/3 Erläuterungen für die Ergebnisdarstellung des RPL-Testes, Bl. 1-3
- Tab.III/4 Vergleich der Meßergebnisse des RPL-Testes, Bl. 1-3

1. Einleitung

Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimeter werden seit über 10 Jahren von verschiedenen Meßlabors innerhalb der Strahlenschutzüberwachung zur Personendosimetrie und Umgebungsüberwachung eingesetzt. Auf dem Markt werden heute mindestens 18 verschiedene Thermolumineszenz (TLD)- Auswertegeräte, davon allein 8 Systeme mit automatischer Auswertung, angeboten, die mit verschiedenen TL Materialien zu einer Vielzahl von Dosimetersystemen kombiniert werden können. Die Überprüfung und Kalibrierung dieser Dosimetersysteme wird vom Hersteller und Anwender selbst nach bestem Wissen und Gutdünken durchgeführt. Nationale und internationale Vergleichsbestrahlungen, die u.a. von der PTB, von Euratom oder von der US ERDA durchgeführt werden, ermöglichen andererseits nur einen Vergleich der Meßgenauigkeit bei einer vorgegebenen Dosis. Bisher war es jedoch innerhalb einer Vergleichsmessung nicht möglich, alle wesentlichen Kenngrößen eines Dosimetersystems unter vergleichbaren Bedingungen zu untersuchen und anhand der Meßergebnisse verschiedene Systeme untereinander zu vergleichen.

Im Arbeitskreis "Umweltüberwachung" des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. werden zur Zeit Empfehlungen für die Anwendung von Festkörperdosimetern zur Umgebungsüberwachung von Leichtwassergekühlten Reaktoren erarbeitet. In Hinblick auf die Einhaltung des 30 mrem Konzeptes war es hierbei von besonderem Interesse, die Leistungsfähigkeit von Festkörperdosimetersystemen zu kennen und geeignete Dosimetersysteme mit hoher Meßgenauigkeit und stabiler Meßwertspeicherung auszusuchen. Aus diesem Anlaß wurde im Arbeitskreis "Dosismessung externer Strahlung" (AKD) das hier vorgestellte Labortestprogramm für TLD und RPL Systeme ausgearbeitet, welches im Einzelnen Meßreihen vorschreibt, die von allen Teilnehmern in einheitlicher Weise durchzuführen und auszuwerten sind.

An einem ersten Test, dessen Ergebnisse hier ebenfalls vorgelegt werden, sind Meßlabors mit langjähriger praktischer Erfahrung vor allem auf dem Gebiet der Personendosimetrie beteiligt. In Ergänzung zu den im Labor vorhandenen Dosimetersystemen wurden auch neue automatische Auswertesysteme von den Herstellern zu diesem Test zur Verfügung ge-

stellt. Die durchgeführten Meßreihen beziehen sich auf das Verhalten der Dosimetersysteme im unteren Dosisbereich, erfassen aber einen Meßbereich bis zum 1000-fachen der unteren Nachweisgrenze. Wenn auch bei der Auswahl des Testprogrammes und bei der Ergebnisdarstellung die Anwendung von Festkörperdosimetern in der Umgebungsüberwachung im Vordergrund stand, sind die hier erzielten Ergebnisse und Aussagen in gleicher Weise für die Personendosimetrie zutreffend, wenn man von den besonderen Forderungen einer Unfalldosimetrie absieht.

Ausgehend von den Ergebnissen der Vergleichsmessungen wurde ein Standardtestprogramm mit dem Ziel erarbeitet, repräsentative Meßergebnisse zu erhalten, welche die Leistungsfähigkeit von Dosimetersystemen unter vergleichbaren Bedingungen zu ermitteln gestatten.

Das Standardtestprogramm ist eine notwendige Ergänzung zu den vorhandenen Möglichkeiten des Leistungsnachweises von Festkörperdosimetern, die zur Zeit durch die PTB-Anforderungen zur Bauartprüfung [1], die Euratomempfehlung [2] und die jährlichen Kontrollmessungen bei der PTB gegeben sind.

Die vorliegenden Ergebnisse des Testprogrammes sollen allen Interessierten Hinweise auf die derzeitige Leistungsfähigkeit von TLD und RPL Systemen geben und Entscheidungshilfe sein bei der Neuanschaffung von Dosimetersystemen, d.h. bei der Auswahl einer zweckmäßigen Kombination von Detektormaterial, Auswertegerät und Auswertemethode. Die Testergebnisse sind andererseits auch meßtechnische Grundlage zur Erstellung von Empfehlungen für einen Einsatz von Festkörperdosimetern in der Umgebungsüberwachung und Personendosimetrie.

Das hier vorgestellte Standardtestprogramm gibt darüberhinaus jedem Interessenten die Möglichkeit, den Test mit eigenen bzw. verbesserten Dosimetersystemen zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen und seine Ergebnisse mit dem derzeitigen Stand zu vergleichen.

2. Standardtestprogramm

2.1 Allgemeines

Eine anwendungsorientierte Auswahl von Festkörperdosimetersystemen wird heute dadurch erschwert, daß die dosimetrischen Eigenschaften der zahlreichen auf dem Markt angebotenen Meßgeräte und Detektoren nur lückenhaft bekannt und damit nur bedingt vergleichbar sind. Außerdem werden Auswertegeräte, Detektoren und Zusatzeinrichtungen sowie erforderliche Meß- und Wärmebehandlungsvorschriften in den meisten Fällen erst vom Anwender zu einem "Dosimetersystem" kombiniert. Um die Leistungsfähigkeit der angebotenen Dosimetersysteme insbesondere für eine Anwendung in der Umgebungsüberwachung zu untersuchen, wurde daher vom Arbeitskreis "Dosismessung externer Strahlung" des Fachverbandes für Strahlenschutz eV. ein umfangreiches Testprogramm durchgeführt, an dem 17 Labors aus dem deutschsprachigen Raum mit 43 verschiedenen Dosimetersystemen, mit 14 Auswertegerätetypen und 15 verschiedenen Dosimetermaterialien teilgenommen haben (s. Anhang I, Tab. I/1 bis I/3). Der vorliegende Test kann von jedem interessierten Meßlabor weitgehend unabhängig durchgeführt und zu einem späteren Zeitpunkt auf den neusten Stand der Meßtechnik berichtigt oder durch neue Dosimetersysteme ergänzt werden.

Die dosimetrischen Eigenschaften eines Dosimetersystems sind durch die ausgewählte Kombination von Auswertegerät, Detektor und Auswertemethode vorgegeben. Unterschiede in den dosimetrischen Eigenschaften der Systeme ergeben sich im Einzelnen unter anderem durch

- den Typ des Auswertegerätes und die individuellen Eigenschaften des im jeweiligen Auswertegeräts zur Verfügung stehenden Fotomultipliers,
- das Dosimetermaterial, den Aktivator, das Trägermaterial, die Form, Dicke und Halterung des Detektors sowie die Vorgeschichte der Charge,
- die Auswertemethode insbesondere die Vorgabe des Ausheizzyklus und der maximalen Ausheiztemperatur,
- die thermische Vorbehandlung des Detektors vor dem Messen (tempern) oder zur Meßwertlöschung für eine Wiederverwendung (regenerieren).

Jede Änderung der hier angeführten Parameter kann die dosimetrischen Eigenschaften des Gesamtsystems verändern. Auch bei einer Gleichheit von Auswertegerätetyp, Detektor und Auswertemethode unterscheidet das vorliegende Testprogramm generell zwischen verschiedenen Dosimetersystemen, wenn der Test in verschiedenen Labors, mit verschiedenen Auswertegeräten desselben Typs oder mit unterschiedlicher Wärmebehandlung bzw. Vorgeschichte der Detektoren durchgeführt wurde.

Das Testprogramm wurde so festgelegt, daß für alle zu untersuchenden Kenngrößen entweder Meßreihen mit jeweils einer Charge von 10 Dosimetern, eine Zehnfachmessung oder eine 10-malige Wiederholung des Meßzykluses (z.B. regenerieren, tempern, messen, bestrahlen) vorgegeben wurden. Damit wurde ein Kompromiß gefunden zwischen einem minimalen Arbeitsaufwand und ausreichend gesicherter statistischer Meßergebnisse.

Zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Dosimetersystems bei der Messung kleiner Dosen wird eine Testbestrahlung von 30 mR vorgesehen. Bei der Messung kleiner Dosen ist andererseits die Unsicherheit der Anzeige unbestrahlter Dosimeter (Nulldosisanzeige) von besonderer Bedeutung. Die untere Nachweisgrenze D_{NWG} , definiert als die dreifache Standardabweichung der Nulldosisanzeige, wird daher innerhalb des Testes für jedes Dosimetersystem experimentell bestimmt. Im Hinblick auf die gewünschte Vergleichbarkeit der Ergebnisse müssen die unterschiedlich empfindlichen Dosimetersysteme in einem auf das Gerät zugeschnittenen Meßbereich untersucht werden. Der interessierende Dosisbereich wurde daher auf das Vielfache der jeweiligen unteren Nachweisgrenze D_{NWG} bezogen. Damit wird die Meßgenauigkeit eines Dosimetersystemes in einem Dosisbereich von $1 \times D_{NWG}$ zu höheren Dosen von $1000 \times D_{NWG}$ untersucht, welcher in der Regel auch in der Personenüberwachung von besonderem Interesse ist.

Durch Lagerung, insbesondere bei höheren Temperaturen, kann sich die Nullanzeige auch von regenerierten Dosimetern und damit die untere Nachweisgrenze verändern. Die Messung der Nullanzeige nach Lagerung bei 70°C sowie der Einfluß eines Fadings bei höheren Umgebungstemperaturen sind daher weitere Programmpunkte des Testes.

Bei der Messung kleiner Dosen kann u.U. mit einer Abweichung von der Linearität der Dosisanzeige gerechnet werden. Der Test soll daher auch Aussagen darüber zulassen, ob die zwangsläufig bei höheren Dosen durchgeführte Kalibrierung des Gerätes auch auf kleinere Dosen übertragbar ist.

Repräsentative Angaben über die Nulldosisanzeige einer Dosimetercharge oder die Reproduzierbarkeit eines Dosimetersystems lassen sich erfahrungsgemäß nur bei mehrmaliger Wiederholung der Meßreihen erhalten. Innerhalb des Testprogrammes kommt daher der Untersuchung der Langzeitstabilität des Dosimetersystems besondere Bedeutung zu, welche über 10 Tage durchgeführt wird. Die Ergebnisse des zehntägigen Langzeittestes sind damit von gleicher statistischer Aussagekraft wie die Ergebnisse des Kurzzeittestes mit 10 Dosimetern bzw. bei 10-maliger Wiederholung der Messung.

Entsprechend den Wünschen nach einem möglichst umfassenden Leistungsvergleich von Dosimetersystemen wurden folgende für die praktische Anwendung in der Umgebungsüberwachung und Personendosimetrie besonders wichtigen Kenngrößen untersucht: die Nulldosisanzeige sofort bzw. nach Lagerung bei 70°C/16 h, die Reproduzierbarkeit der Dosisanzeige im Bereich $1 \times D_{\text{NWG}}$ bis $1000 \times D_{\text{NWG}}$, die Proportionalität der Dosisanzeige im interessierenden Dosisbereich (Linearität), die Langzeit-Schwankung von Nulldosisanzeige und Meßgenauigkeit, die Dosimeterempfindlichkeit, die Dosis der unteren Nachweisgrenze sowie umweltbedingte Temperatureinflüsse. Durch eine einheitliche Ergebnisdarstellung in vorgegebene Formblätter ermöglicht das Standardtestprogramm einen direkten Vergleich der wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Dosimetersysteme untereinander.

2.2 Durchführung des Meßprogrammes

Für das Standardtestprogramm wurden Formblätter ausgearbeitet, welche die organisatorische und experimentelle Durchführung des Testprogrammes, die Protokollierung, Auswertung und Darstellung der Meßergebnisse sowie den Vergleich der verschiedenen Dosimetersysteme erleichtern

sollen. Diese Formblätter werden von den beteiligten Laboratorien ausgefüllt. Hierbei wird zwischen folgenden Formblättern unterschieden

- Testprogramm Teil A enthält Angaben zur experimentellen Durchführung des Testprogrammes mit Meßvorschrift, Erläuterungen und Meßprotokollhinweisen (Tab. II/1 und III/1),
- Testprogramm Teil B enthält Protokollblätter für die Meßdaten und ihre Auswertung (Tab. II/2 und III/2),
- Testprogramm Teil C enthält Tabellen und dazugehörige Erläuterungen für die zusammenfassende Ergebnisdarstellung aller untersuchten Dosimetersysteme (Tab. II/3 und Tab. III/3, Tab. II/4 und Tab. III/4).

Bei Durchführung des Testprogrammes in der in den Tabellen angegebenen Reihenfolge können die für ein Dosimetersystem erforderlichen Meßreihen mit einer einzigen Charge von mindestens 10 Dosimetern durchgeführt werden. Das Programm beschränkt sich auf ca. 200 Auswertungen, die in einem Meßlabor auch neben Routineaufgaben in ca. 4 Wochen durchgeführt werden können. Tab. II/1 und III/1 enthält neben Meß-, Wasch- und Regenerierungsvorschriften auch Hinweise auf die entsprechenden Protokolle in Teil B und C.

Die anfallenden Meßergebnisse sollen im Teil B protokolliert, in vorgeschriebener Weise ausgewertet und auf das Formblatt C übertragen werden. Zu Teil C "Vergleich der Meßergebnisse" werden weitere Erläuterungen über die durchzuführende Auswertung der Meßwerte sowie über die in den einzelnen Zeilen anzugebenden Kenngrößen gegeben. Die Ergebnisdarstellung in Formblatt Teil C ermöglicht einen direkten Vergleich der Eigenschaften mit anderen Dosimetersystemen.

2.3 Erläuterungen zum Standardtestprogramm

2.3.1 TLD Dosimetersysteme

In den Formblättern zur experimentellen Durchführung des Testprogrammes und zur Darstellung der Ergebnisse werden für die untersuchten Meßwertanzeigen bzw. Kenngrößen folgende Symbole und Definitionen be-

nutzt.

α Meßwert in Dosiseinheiten (mR, und nicht Skalenteile bzw. μC) nach entsprechender Subtraktion von α_0 und/oder α_u

$\bar{\alpha}$ arithmetrischer Mittelwert aus Meßwerten einer Meßreihe

s Standardabweichung $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n-1}}$

Δ_{max} Differenz des maximalen und minimalen Meßwertes aus einer Meßwertgruppe: $\Delta_{\text{max}} = \alpha_{\text{max}} - \alpha_{\text{min}}$

$\frac{\Delta_{\text{max}}}{2\alpha}$ relative maximale Meßwertabweichung ermittelt aus den Meßwerten bezogen auf den Mittelwert einer Meßreihe

α_0 Anzeige Dunkelstrom (Anmerkung: Ladung des in dem Auswertegerät integrierten Dunkelstromes), Anzeige des Auswertegerätes ohne Dosimeter unter sonst unveränderten Auswertebedingungen, d.h. Aufheizen auf T_{max}

α_u Nulldosisanzeige, Meßwert eines unbestrahlten Dosimeters nach der Regenerierung bzw. Auswertung abzüglich Anzeige Dunkelstrom

α_t Nulldosisanzeige, Meßwert eines unbestrahlten Dosimeters nach der Regenerierung bzw. Auswertung nach $70^\circ\text{C}/16\text{ h}$ Lagerung abzüglich Anzeige Dunkelstrom

$\bar{\alpha}_u + \bar{\alpha}_0$ mittlere Nulldosisanzeige einschließlich Dunkelstrom

D_{NWG} Dosis der unteren Nachweisgrenze : Dreifache Standardabweichung (3s-Wert) der Nullanzeige ermittelt aus der Anzeige von 10 Dosimetern abzüglich Anzeige Dunkelstrom nach einer Vorbestrahlung auf 300 mR und anschließender Regenerierung bzw. Blindauswertung. Danach kann die kleinste nachweisbare Dosis D_{NWG} mit einer Meßunsicherheit bis zu 100% behaftet sein.

D_{MIN} Anzeige für einen Skalenteil im kleinsten Meßbereich bzw. kleinstmögliche Digitalanzeige in mR.

Für das TLD-Testprogramm sind 8 Meßreihen vorgesehen (Tab. II/1).

Hierfür werden mindestens 10 Dosimeter einer Charge, eventuell jeweils 10 weitere Dosimeter zur Reduzierung des Zeitaufwandes für Meßreihe

4 und 7 benötigt. Die Meßreihen 1 bis 3 bestimmen die Nulldosisanzeige des Auswertegerätes unter den für die Routineauswertung festgelegten Auswertebedingungen (z.B. Dunkelstromunterdrückung, Gasspülung, Öffnen und Schließen des Schiebers, vollständiger Heizzyklus mit Abkühlung usw.). Die Nulldosis wird einheitlich mit regenerierten bzw. vor Wiederverwendung nochmals ausgewerteten Dosimetern bestimmt, die zuvor auf 300 mR vorbestrahlt wurden. Diese Maßnahme ist für eine repräsentative Ermittlung der Nulldosisanzeige erforderlich, da auch neue Dosimeter während der Lagerung den natürlichen Strahlenpegel akkumulieren. Das längere Lagern vorbestrahlter regenerierter Dosimeter bei 70°C soll im Hinblick auf die Vorgeschichte des Dosimeters den Einfluß einer Vorbestrahlung bzw. einer längeren Lagerung bei niederen Temperaturen zu ermitteln gestatten. Die Bestrahlungen zur Ermittlung der Reproduzierbarkeit im interessierenden Dosisbereich (Meßreihe 4) sollen mit $1 \times D_{\text{NWG}}$ beginnen und schrittweise unter Einschluß der 30 mR-Bestrahlung auf $1000 \times D_{\text{NWG}}$ erhöht werden.

Die Meßreihen 5 bis 7 sollen Auskunft über die Langzeitstabilität des Dosimetersystems bei Messungen derselben Charge an 10 verschiedenen Tagen geben. Der tägliche Meßzyklus in der Testvorschrift ist der jeweiligen Meßmethode anzupassen (z.B. Blindauswerten anstelle von Regenerieren). Meßreihe 8 dient der Ermittlung von umweltbedingten Temperatureinflüssen auf die Dosisanzeige und soll einen maximalen Fadingeinfluß für einen längeren Einsatz in der Umgebung bei geringeren Temperaturen widerspiegeln.

Für die Protokollierung und Zwischenauswertung der Meßergebnisse innerhalb des Testprogrammes sollen die Formblätter Teil B (Blatt 1-5) herangezogen werden (siehe Anhang Tab. II/2).

Die vollständige Auswertung der Formblätter ermöglicht eine Vielzahl von Aussagen über die 1-tägige bzw. 10-tägige Schwankung der Dosisanzeige sowohl des Einzeldosimeters als auch der Charge über einen Zeitraum von 1 bzw. 10 Tagen. Von den Ergebnissen sollen jedoch nur die Teilergebnisse in den schwarz umrandeten Feldern in das Formblatt C übertragen werden.

Der Umfang des vorgeschlagenen Standardtestprogrammes läßt sich unter Verzicht auf die Ergebnisse der Meßreihen 3,7(3) und 8 entsprechend verkürzen. Auch innerhalb des vorliegenden Testes wurden von den Teilnehmern nicht alle Meßreihen vollständig durchgeführt.

Die Darstellung der Meßergebnisse aller an einem Vergleich beteiligten Systeme erfolgt im Formblatt C "Vergleich der Ergebnisse" Blatt 1 und 2 (siehe Tab. II/4). Tab. II/3 enthält zusätzliche Hinweise über die Art der Ergebnisdarstellung. Die Kennnummer besteht aus einer fortlaufenden Nummer zur Kennzeichnung des Dosimetersystems und einer Codenummer zur Kennzeichnung des Labors. Angaben zum Auswertegerät und Dosimeter sowie über die Auswertung und Wärmebehandlung können in dieser Darstellung nicht vollständig sein, zusätzliche Erläuterungen können vom Hersteller erfragt werden.

2.3.2 RPL-Dosimetersysteme

In den Formblättern zur experimentellen Durchführung des Testprogrammes und zur Darstellung der Ergebnisse werden für die untersuchten Kenngrößen folgende Symbole und Definitionen benutzt:

α Meßwert in Dosiseinheiten (mR, und nicht Skalenteile bzw. μA) nach Subtraktion der Vordosis

$\bar{\alpha}$ arithmetrischer Mittelwert aus Meßwerten einer Meßreihe

s Standardabweichung $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n-1}}$

Δ_{max} Differenz des maximalen und minimalen Meßwertes aus einer Meßwertgruppe: $\Delta_{\text{max}} = \alpha_{\text{max}} - \alpha_{\text{min}}$

Δ_{max} relative maximale Meßwertabweichung ermittelt aus den Meßwerten bezogen auf den Mittelwert einer Meßreihe

α_0 Anzeige ohne Glas, Meßwert ohne Glas mit Streulicht Unterdrückung

- α_u Nulldosisanzeige neuer Gläser, Meßwert eines regenerierten und gewaschenen Glases (Vordosis)
- D_{NWG} Dosis der unteren Nachweisgrenze: dreifache Standardabweichung (3s-Wert) der Nulldosisanzeige ermittelt aus 40 Messungen der Vordosis eines regenerierten und gewaschenen Glases. Nach dieser Definition kann die kleinste nachweisbare Dosis D_{NWG} mit einer Meßunsicherheit bis zu 100% behaftet sein
- D_{MIN} Anzeige für einen Skalenteil im kleinsten Meßbereich bzw. kleinstmögliche Digitalanzeige in mR.

Für das RPL-Testprogramm sind 9 Meßreihen vorgesehen (Tab. III/1). Hierfür werden mindestens 10 Gläser einer Charge benötigt. Meßreihen 1 und 2 sollen die Nulldosisanzeige des Auswertegerätes zunächst ohne Glas und ohne bzw. mit Streulichtunterdrückung ermitteln. Die Nulldosisanzeige (Vordosis) soll mit neuen bzw. regenerierten Gläsern im Anschluß an einen für die Routineauswertung vorgegebenen Waschvorgang bestimmt werden. Der Einfluß des Waschvorganges auf die Anzeige der Vordosis (Rückstände des Waschmittels können bei Fluoreszenzanregung eine höhere Vordosis vortäuschen bzw. die Fluoreszenzintensität herabsetzen) soll durch zweimaliges Waschen und Messen der Glascharge (Meßreihe 3) sowie durch zehnmäßige Wiederholung des Waschvorganges (Meßreihe 6) aus der Änderung der Vordosisanzeige bestimmt werden. Zur Ermittlung der Dosis an der unteren Nachweisgrenze wird die Vordosis eines Einzelglases wiederholte Male ausgemessen (Meßreihe 3). Meßreihe 5 ermittelt die Reproduzierbarkeit im interessierenden Dosisbereich durch schrittweise Bestrahlungen auf $1 \times D_{NWG}$ bis $1000 \times D_{NWG}$ unter Einschluß von 30 mR.

Auskunft über die Langzeitstabilität des Auswertegerätes, der Auswertebzw. Regenerierungsmethode sowie über die Gleichmäßigkeit der Waschmethode erhält man bei Messungen derselben Charge an 10 verschiedenen Tagen (Meßreihe 6-8).

Zur Ermittlung langfristig bedingter Temperatureinflüsse während eines Einsatzes im Freien wird auch hier wie beim TLD-Testprogramm ein kurzzeitiger Einfluß bei einer höheren Temperatur untersucht (Meßreihe 9).

Für die Protokollierung und Zwischenauswertung der Meßergebnisse sollen die Formblätter Teil B (Tab. III/2, Blatt 1-5) herangezogen werden. Das Testprogramm ermöglicht eine Vielzahl von Aussagen über die eintägige bzw. zehntägige Schwankung der Vordosis und der Dosisanzeige sowohl des Einzeldosimeters als auch der Charge. Von den Ergebnissen sollen jedoch nur die Teilergebnisse in den schwarz umrandeten Feldern in das Formblatt C übertragen werden.

Die Darstellung der Meßergebnisse aller am Vergleich beteiligter Systeme erfolgt in Formblatt C "Vergleich der Ergebnisse" (siehe Tab. III/4). In Tab. III/3 sind zusätzliche Hinweise über die Art der Ergebnisdarstellung enthalten. Für das Dosimetersystem wird eine fortlaufende Nummer, für das Labor eine Codenummer verwendet.

3. Ergebnis des Testprogrammes 1976/77

3.1 TLD-Systeme

3.1.1 Allgemeines

Die Ergebnisse der TLD-Vergleichsbestrahlung 1976/77, an der sich 13 Labors mit 36 Dosimetersystemen beteiligt haben, sind in Tab. I/4 wiedergegeben. Bedingt durch die Teilnahme verschiedener Labors mit den dort benutzten Auswertegeräten und TL-Materialien stellt der Vergleich einen repräsentativen Querschnitt über die Leistungsfähigkeit der zur Zeit in der Praxis meist benutzten Geräte dar. Dieser Vergleich kann naturgemäß nicht alle auf dem Markt befindlichen Geräte und alle möglichen Dosimetersysteme vollständig und gleichgewichtig erfassen. Aus der wiedergegebenen Häufigkeit eines Gerätetyps kann andererseits nicht auf die in der Praxis eingesetzte Gerätezahl geschlossen werden, zumal die im Labor vorhandenen oder zum Teil vom Hersteller zum Test zur Verfügung gestellten Geräte bewußt dazu eingesetzt wurden, durch Änderung des Detektormaterials, der Regenerierung und der Vorgeschichte der Dosimeter die Eigenschaften vieler Dosimetersysteme zu untersuchen. Einer möglichst breit gestreuten Variation der

Dosimetersysteme waren auch hier wegen des zum Test erforderlichen hohen Arbeitsaufwandes Grenzen gesetzt. Der Vergleich der sich wenig unterscheidenden Systeme (gleicher Typ Auswertegerät, verschiedene Labors oder abgeänderte Auswertemethode) ist andererseits sehr aufschlußreich. Die Ergebnisse des Testes zeigen nämlich sehr deutlich, daß die Eigenschaften eines Gerätetyps sehr breit streuen können und daß zur Beurteilung bzw. zum Leistungsnachweis eines speziellen Gerätetyps insbesondere die Kenndaten des eingebauten PM-Photomultipliers heranzuziehen sind.

Beim Test können folgende Systemunterscheidungen bzw. Vergleiche getroffen werden:

1. gleiches Material und gleicher Typ von Auswertegerät: Die Verwendung desselben Gerätetyps in verschiedenen Labors ermöglicht es, die unterschiedlichen Eigenschaften der individuellen Geräte zu erkennen,
2. gleiches Material und gleiches Auswertegerät: Bei Verwendung des gleichen Geräts kann der Einfluß einer unterschiedlichen Regenerierung bzw. die unterschiedliche Vorgeschichte des Dosimeters (neue und gebrauchte Dosimeter) untersucht werden,
3. gleiches Material und verschiedene Auswertegerätetypen: Hier können verschiedene Typen von Auswertegeräten untereinander verglichen werden,
4. gleiches Auswertegerät und verschiedenes Material: Hier können die Eigenschaften des Detektormaterials verglichen werden.

3.1.2 Untere Nachweisgrenze

Die Dosis der unteren Nachweisgrenze D_{NWG} , definiert als die dreifache Standardabweichung (3s-Wert) der Nulldosisanzeige α_U , ist bei allen Systemen dem Betrag nach in etwa derselben Größenordnung wie die Nulldosisanzeige α_U selbst (siehe Abb. 1), kann beim Einzelgerät jedoch zwischen dem 0,2 und dem 6-fachen der Nulldosisanzeige liegen.

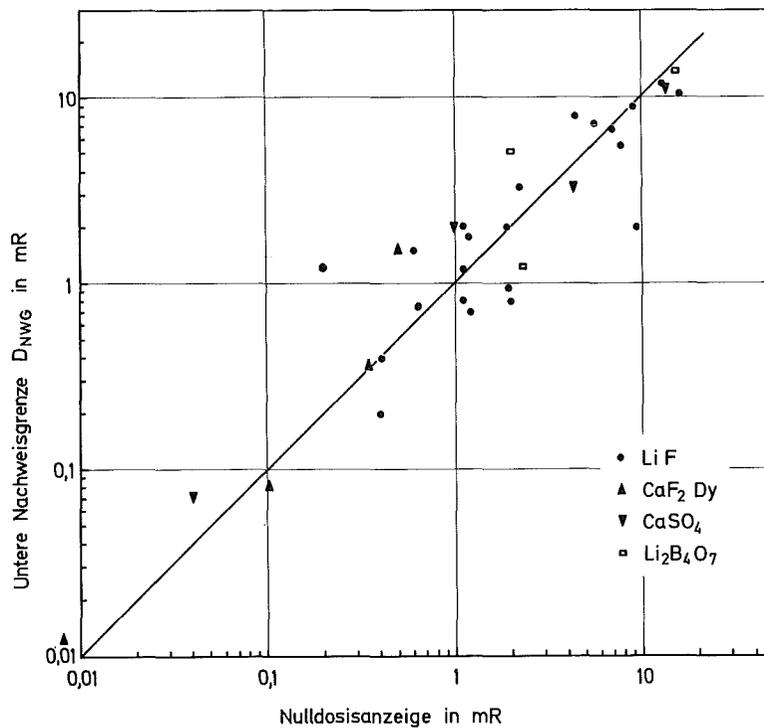


Abb. 1: Untere Nachweisgrenze D_{NWG} und die Nulldosisanzeige α_u von TLD-Systemen

3.1.3 Nulldosisanzeige

Die Meßergebnisse der Nulldosisanzeige verdeutlichen, daß eine Zwischenlagerung bei 70°C/16 h im Anschluß an eine Vorbestrahlung von 300 mR nur bedingt zu einer Erhöhung der Nulldosisanzeige führt (z.B. Systeme 5, 10, 13, 17, 18, 25, 31, 32, 33) und in gleicher Weise auch kleinere Anzeigen erhalten werden (System 4, 7, 8, 20, 21, 24, 29). Regenerierung anstelle einer Blindauswertung führt für beide Nulldosisanzeigen zu vergleichbaren konstanten Werten, das bestätigt sich auch bei zehnmaliger Auswertung im Anschluß an eine Vorbestrahlung auf $1000 \times D_{NWG}$ (siehe auch Zeile 16 und 17) (Ausnahme System 33). Bei höheren Dosen kann eine Blindauswertung (System 8) bzw. eine vereinfachte Regenerierung (System 6) eine Erhöhung der Standardabweichung nach Zwischenlagerung bei 70°C/16 h ergeben. Eine wiederholte Regenerierung kann aber auch kleinere Nulldosisanzeigen ergeben, was offensichtlich darauf hindeutet, daß eine Vorbestrahlung der Dosimeter schon vom Hersteller erfolgte.

Die mittlere Nulldosisanzeige ($\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_u$) sowie die 3s-Schwankung der Nulldosisanzeige α_u ist für die verschiedenen Dosimetersysteme in

Abb. 2 wiedergegeben. Bei der Messung kleiner Dosen ist $(\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_u)$ derjenige Dosisbetrag in mR, der von der Dosisanzeige subtrahiert werden muß. Die meisten LiF-Dosimetersysteme zeigen $(\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_u)$ -Werte zwischen 1 und 10 mR unabhängig von der Durchführung einer Regenerierung. Bei $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ erhält man $(\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_u)$ Werte zwischen 5 und 15 mR, bei CaF_2 und CaSO_4 vorwiegend Werte zwischen 1,5 und 14 mR. Höhere Werte zwischen 10 mR (System 3, 15, 20, 25) und 40 mR (System 1, 14, 16) werden vor allem bei Geräten mit einem hohen PM Dunkelstrom $\bar{\alpha}_0$ bzw. bei System 13, 29, 34 mit hoher Nulldosisanzeige α_u gefunden. Die kleinsten Werte von 0,1 mR (System 32,33) erhält man für die höchstempfindlichen Bulb-Dosimeter (System 32,33), für das neue LiF-Material (System 12) sowie für TLD 200 bei automatischer Auswertung (System 30).

Die Angaben über die kleinste mögliche Digitalanzeige, umgerechnet auf mR, gibt einen Hinweis auf das Ansprechvermögen des Systems insbeson-

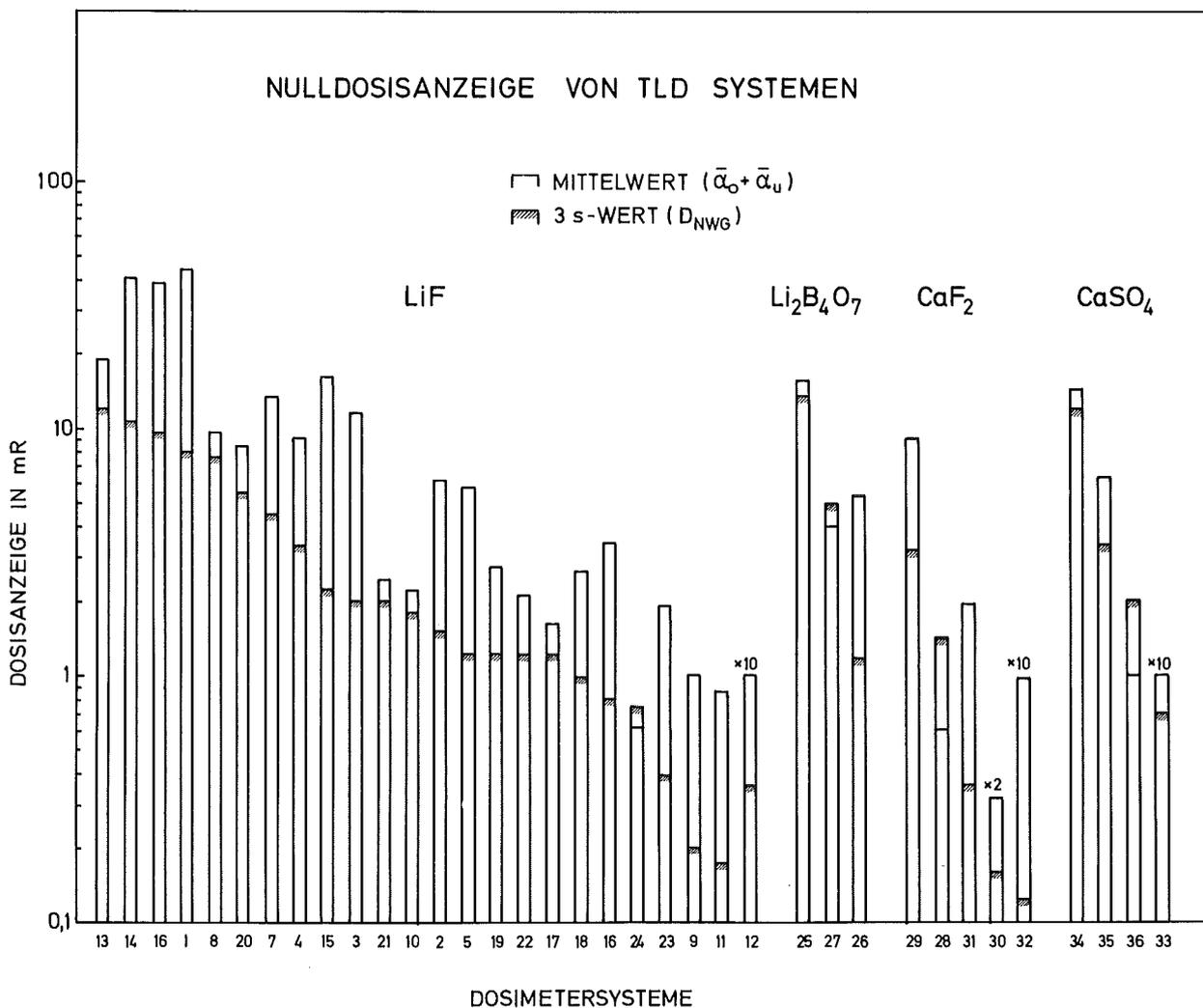


Abb. 2: Mittlere Nulldosisanzeige und die untere Nachweisgrenze von TLD-Systemen

dere des individuellen Photomultipliers für ein Dosimetermaterial (siehe Abb. 3). Der Betrag von D_{MIN} sollte bei einem abgestimmten System etwa eine Größenordnung kleiner sein als D_{NWG} . Für Dosimetersysteme mit gleichem Gerätetyp schwankt D_{MIN} beispielsweise zwischen 0,03 und 1,8 mR (System 1, 3, 6, 7). Die Maximalwerte des Dunkelstromes sowie der Nulldosisanzeige sind bei einigen Systemen zwischen einer und zwei Größenordnungen größer als D_{MIN} .

3.1.4 Detektorstreuung

Die Streuung der Dosimeterempfindlichkeit des Einzeldetektors innerhalb einer Charge (Zeile 8) ist herstellungsbedingt und kann nach Angaben der Hersteller bis zu $\pm 10\%$ betragen. In Abb. 4 ist die individuelle Detektorstreuung einer Charge bestehend aus zehn Dosimetern in

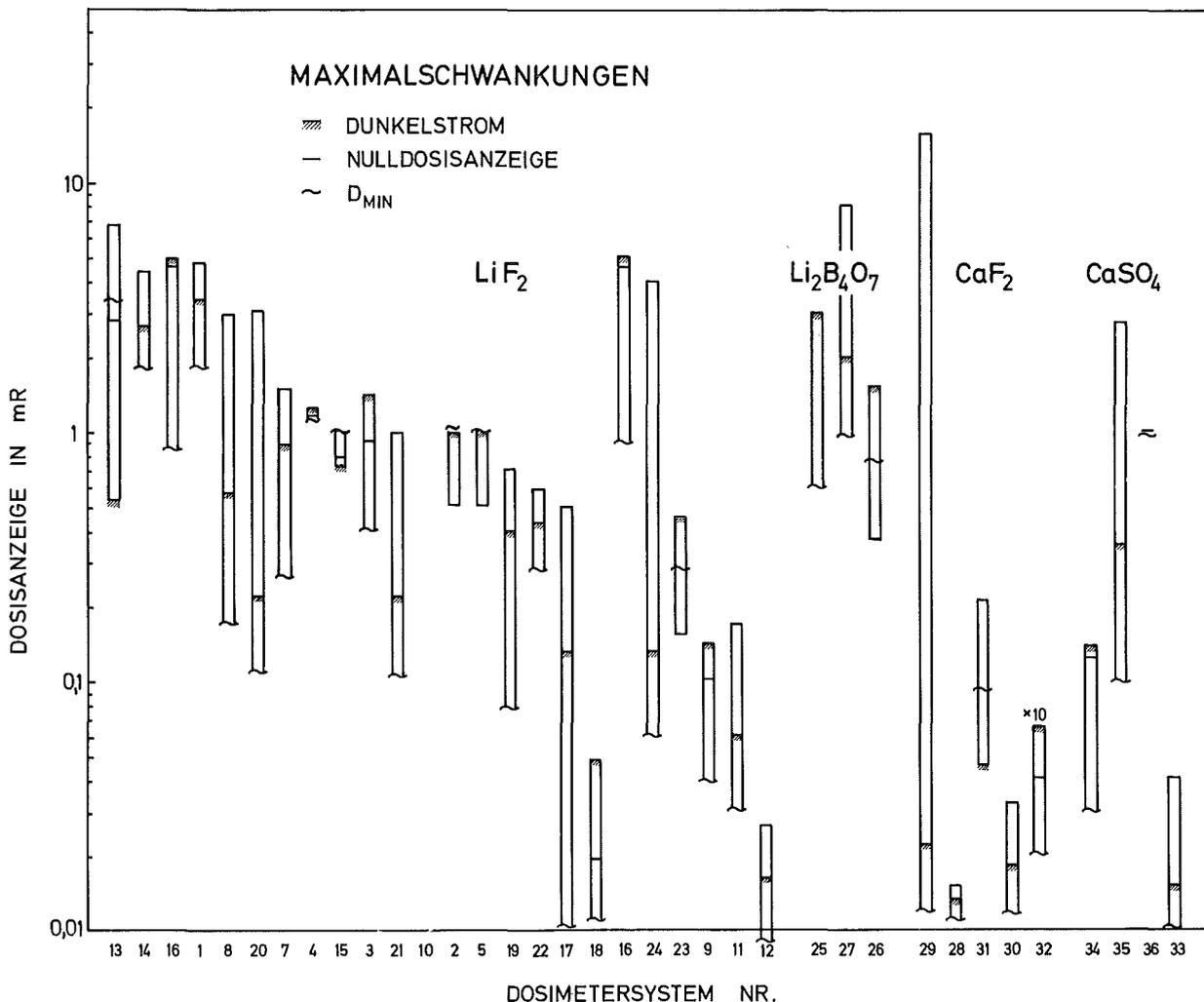


Abb. 3: Maximalschwankung des Dunkelstromes α_0 und der Nulldosisanzeige α_u sowie die kleinste anzeigbare Dosis von TLD-Systemen

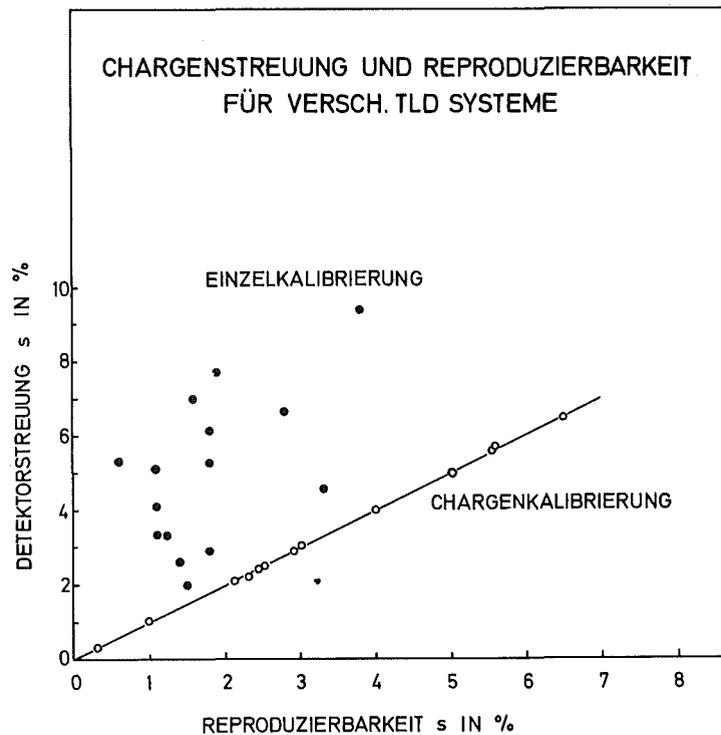


Abb. 4: Individuelle Detektorempfindlichkeit einer Charge von 10 Dosimetern und deren Reproduzierbarkeit bei Einzel- und Chargenkalibrierung

Beziehung gesetzt worden zur rel. Standardabweichung, die für die Reproduzierbarkeit derselben Charge nach vorhergehender Einzelkalibrierung bei einer Referenzdosis von $1000 \times D_{NWG}$ erhalten wurde. Bei Chargenkalibrierung ist die Detektorstreuung definitionsgemäß gleich der Reproduzierbarkeit. Durch wiederholte Kalibrierungen einer größeren Charge können vom Hersteller bzw. Benutzer Teilchargen ausgesucht werden, welche dann auch ohne zusätzliche Einzelkalibrierungen für die Reproduzierbarkeit s -Werte zum Teil unter 1% ergeben (Systeme 6,17,28, 33). Wie die Ergebnisse zeigen, beträgt die allgemein gefundene Detektorstreuung bei Lieferung von größeren Chargen hingegen 3% bis 9%. Bei Zugrundelegung einer Einzelkalibrierung erhält man in 80% der Fälle eine Verbesserung der Reproduzierbarkeit von $s \geq 3\%$ auf $s \leq 1,9\%$.

3.1.5 Reproduzierbarkeit

Die relative Standardabweichung der Dosisanzeige ist für den interessierenden Dosisbereich in den Abb. 5 bis Abb. 10 getrennt nach verschiedenen Materialien wiedergegeben (Zeile 10). Kommerzielle LiF-

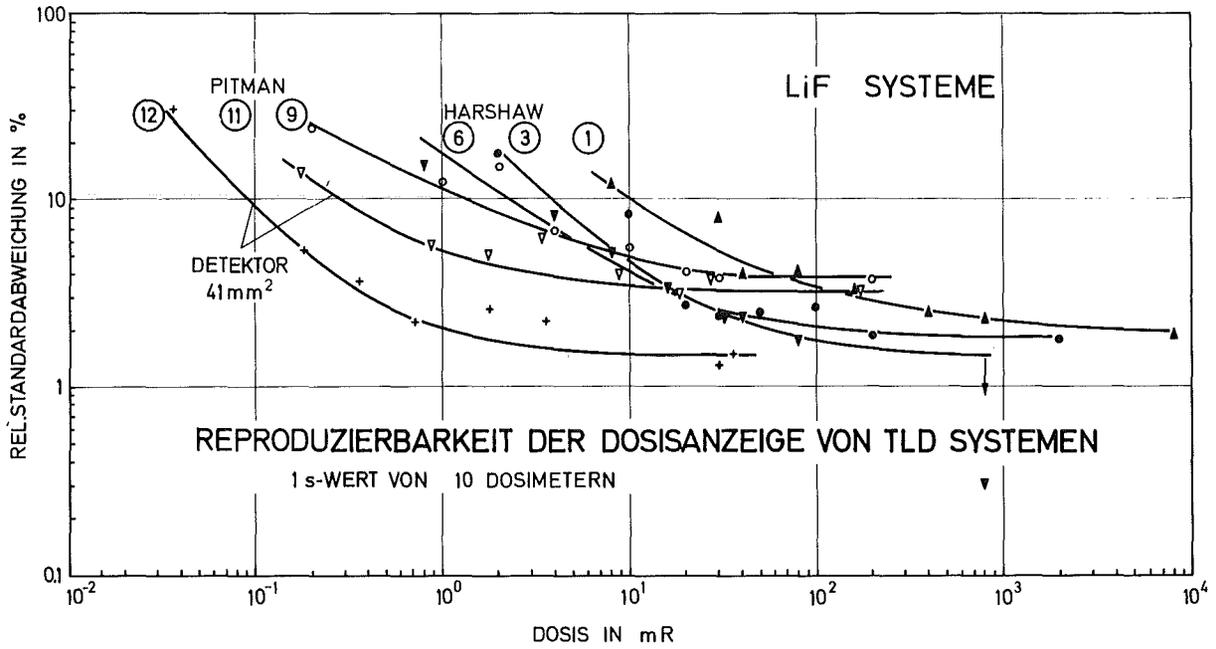


Abb. 5: Rel. Standardabweichung s von LiF-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis

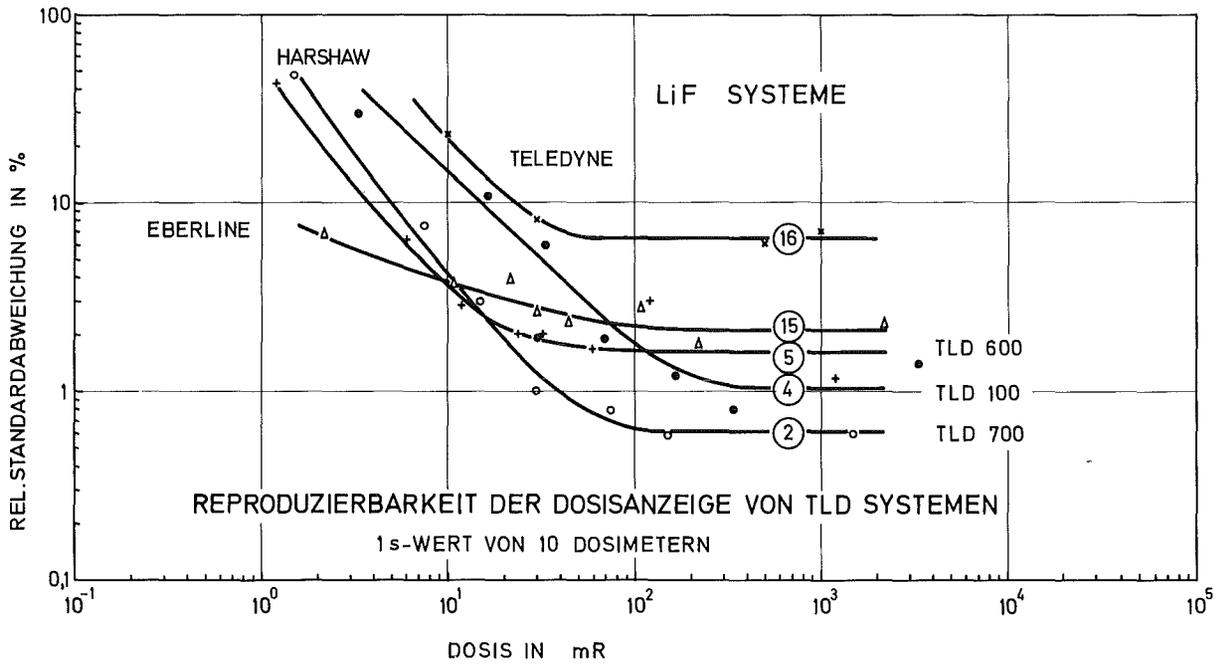


Abb. 6: Rel. Standardabweichung s von LiF-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis

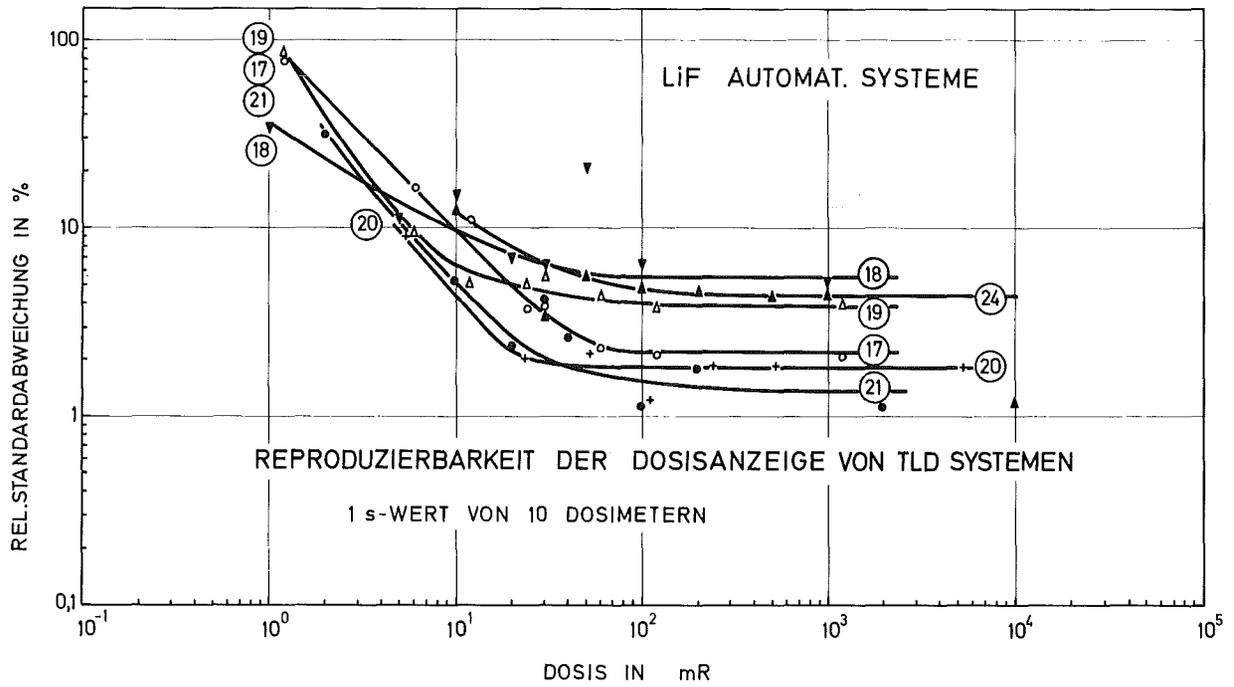


Abb. 7: Rel. Standardabweichung s von automatischen LiF-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis

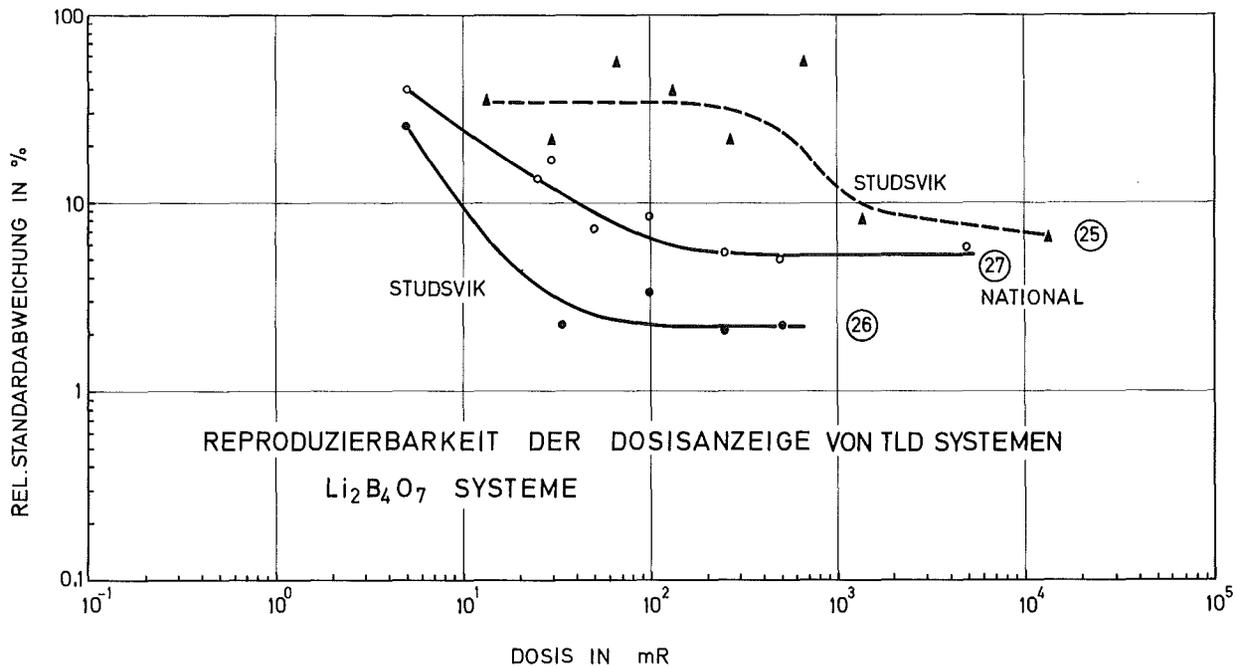


Abb. 8: Rel. Standardabweichung s von Li₂B₄O₇-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis

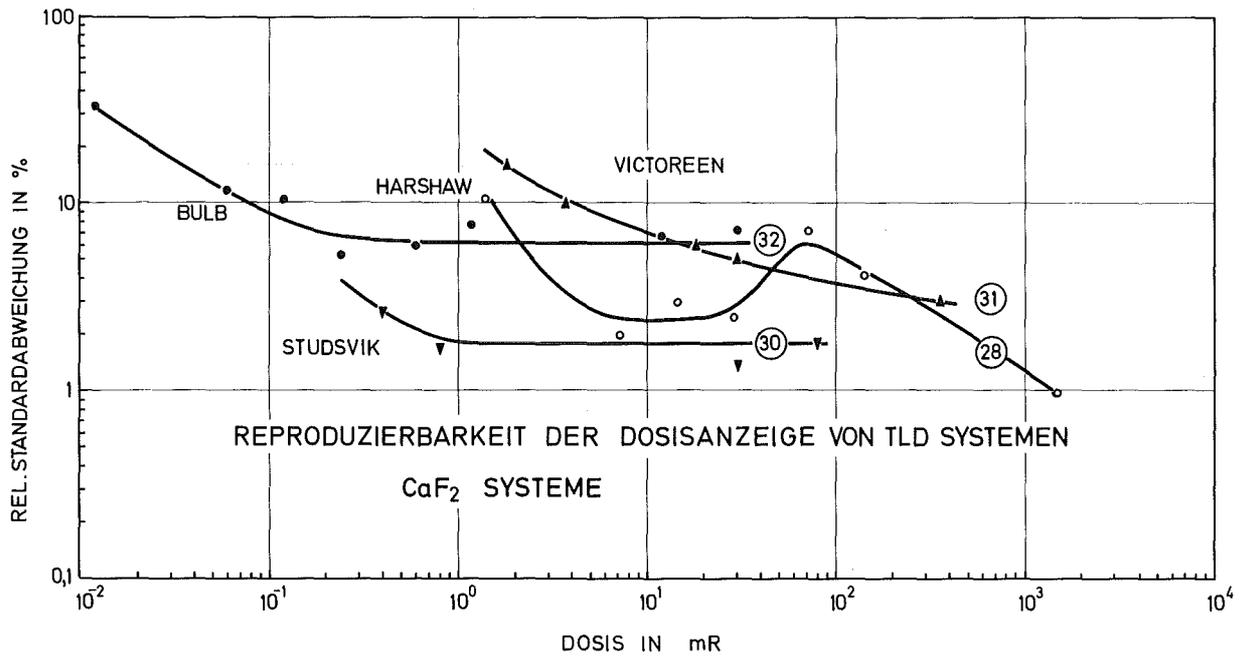


Abb. 9: Rel. Standardabweichung s von CaF₂-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis

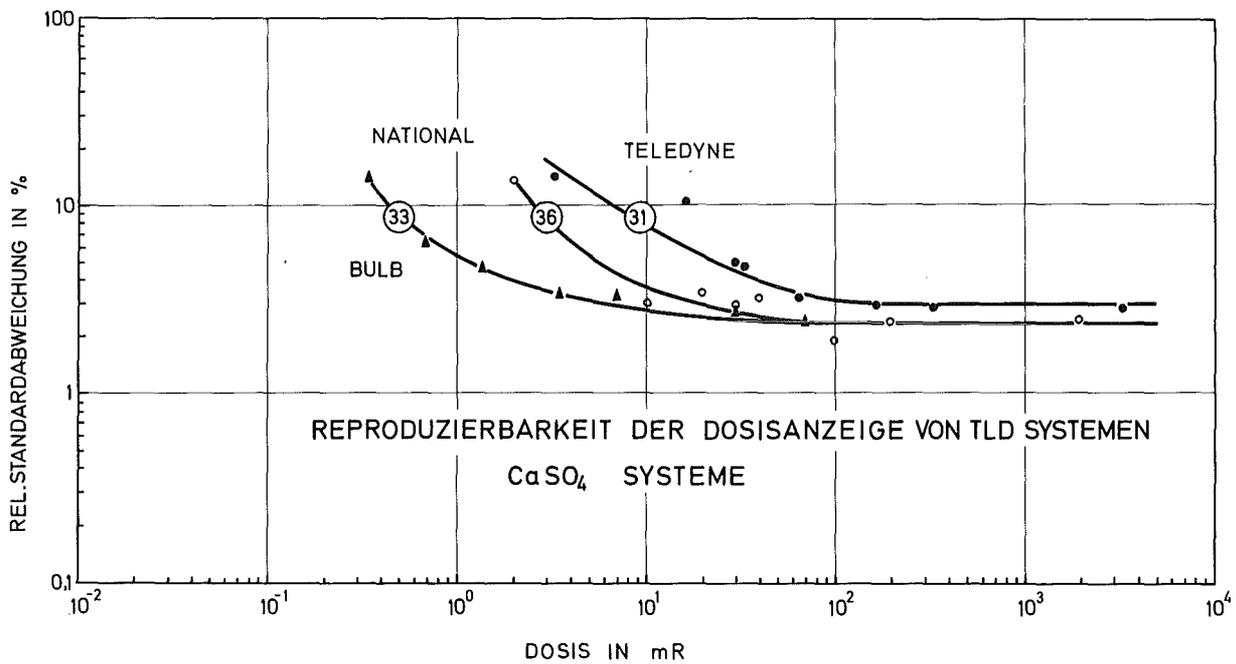


Abb. 10: Rel. Standardabweichung s von CaSO₄-Thermolumineszenzdosimetersystemen als Funktion der Dosis

Dosimetersysteme erzielen annähernd unabhängig von der Empfindlichkeit des Auswertegerätes erst oberhalb 20 mR bzw. 100 mR eine konstante Reproduzierbarkeit, die je nach Gerätetyp auch bei automatischen Auswertegeräten zwischen 0,6% und 4% beträgt. Bei den Systemen 1, 2, 3, 6 bzw. 9, 11, 12 handelt es sich um denselben Typ von Auswertegerät, bei den Systemen 2, 4, 5 bzw. 3, 7, 8 sowie 20, 21, 24 um dasselbe Auswertegerät mit verschiedenen Dosimetern, bei den Systemen 11 und 12 um experimentelle Detektoren, die sich vor allem in der Detektorgröße von den anderen Systemen unterscheiden. $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ und CaF_2 zeigen größere Unterschiede in der Reproduzierbarkeit der Auswertegerätetypen (System 26 und 27 bzw. 30, 31, 32). System 19 und 25 verwendete ein Prototypgerät, das nach Verbesserung als System 20 und 26 neu getestet wurde. Dasselbe Auswertegerät erreicht bei Verwendung verschiedene Dosimeter eine vergleichbare Reproduzierbarkeit von etwa 2% (System 20, 21, 26, 29, 30). CaSO_4 -Dosimeter verschiedener Materialzusammensetzung ergeben im Test mit unterschiedlich empfindlichen Auswertegeräten annähernd dieselbe Standardabweichung von 2-3%, CaF_2 -Dosimeter Werte zwischen 1 und 6%.

Die experimentell ermittelte Standardabweichung an der unteren Nachweisgrenze ist bei den meisten Systemen erstaunlicherweise kleiner, als dies nach der Definition zu erwarten wäre. Die vorliegenden Hinweise u.a. auf die Bestrahlungsvorgeschichte und Wärmebehandlung der Dosimeter sowie auf eine Verschlechterung der Chargenstreuung bzw. Änderung der Nulldosisanzeige während der Versuchsreihe (vergleiche Zeile 5 und 16) sind zur Erklärung dieser Ergebnisse jedoch nicht ausreichend.

Abb. 11 und 12 zeigen zusammenfassend die relative Standardabweichung (1s-Wert) der verschiedenen Dosimetersysteme sowie die maximale Meßwertabweichung für eine Dosis von 30 mR bzw. $100 \times D_{\text{NWG}}$. Für die meisten LiF-Dosimetersysteme erhält man annähernd denselben s-Wert von $(2 \pm 0,2\%)$, bei einer Dosis von $100 \times D_{\text{NWG}}$ sind es die Systeme 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 12, 15, 17, 20, 21, 29, 30, bei 30 mrem jedoch nur die Systeme 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30.

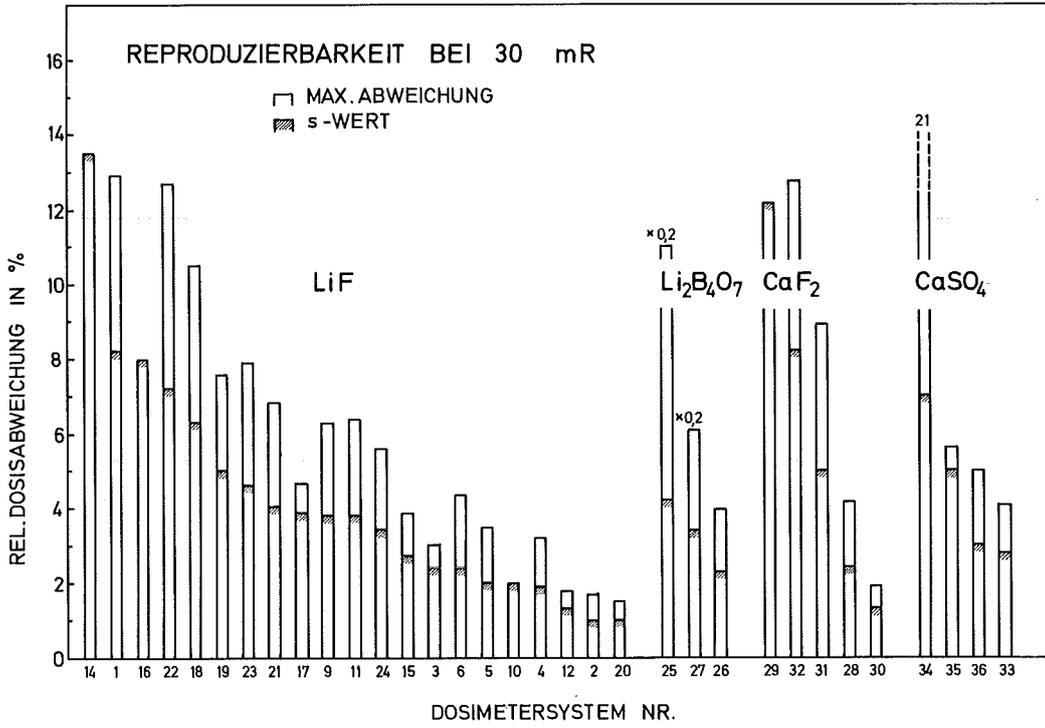


Abb. 11: Rel. Standardabweichung (1s-Wert) und Maximalabweichung von TLD-Systemen bei einer Dosis von 30 mR

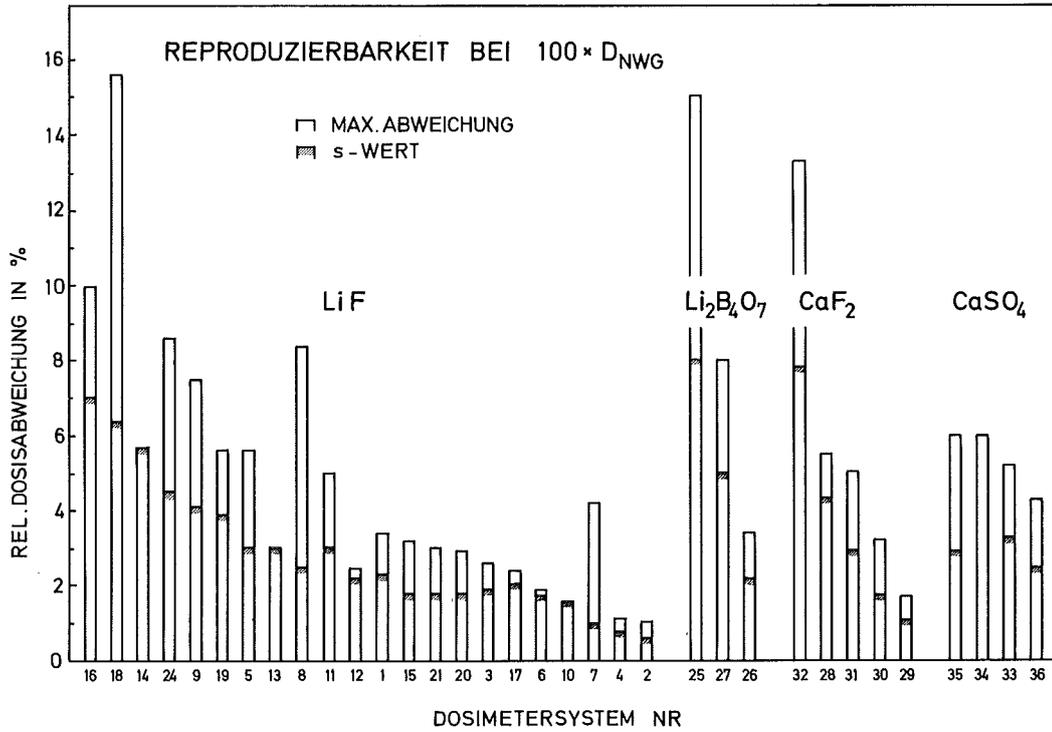


Abb. 12: Rel. Standardabweichung (1s-Wert) und Maximalabweichung von TLD-Systemen bei einer Dosis von 100 x D_{NWG}

3.1.6 Langzeitänderung der Nulldosisanzeige

Der Mittelwert und die Abweichung der Nulldosisanzeige α_U einer Charge für Messungen an 10 verschiedenen Tagen ist für die untersuchten Dosimetersysteme in Abb. 13 wiedergegeben (Zeile 16). Die erstmalige Messung der Nulldosisanzeige α_U vor dem Langzeittest (Zeile 5) wurde zum Vergleich mitaufgenommen. Ohne Regenerierung erhält man relativ höhere Nulldosisanzeigen, für das empfindliche TLD-200 sogar Werte zwischen 170 und 350 mR (System 29). Bemerkenswert ist die erhöhte Nulldosisanzeige bei Durchführung eines zweiten Testes mit denselben Dosimetern (System 21 und 20 bzw. 8 und 24),

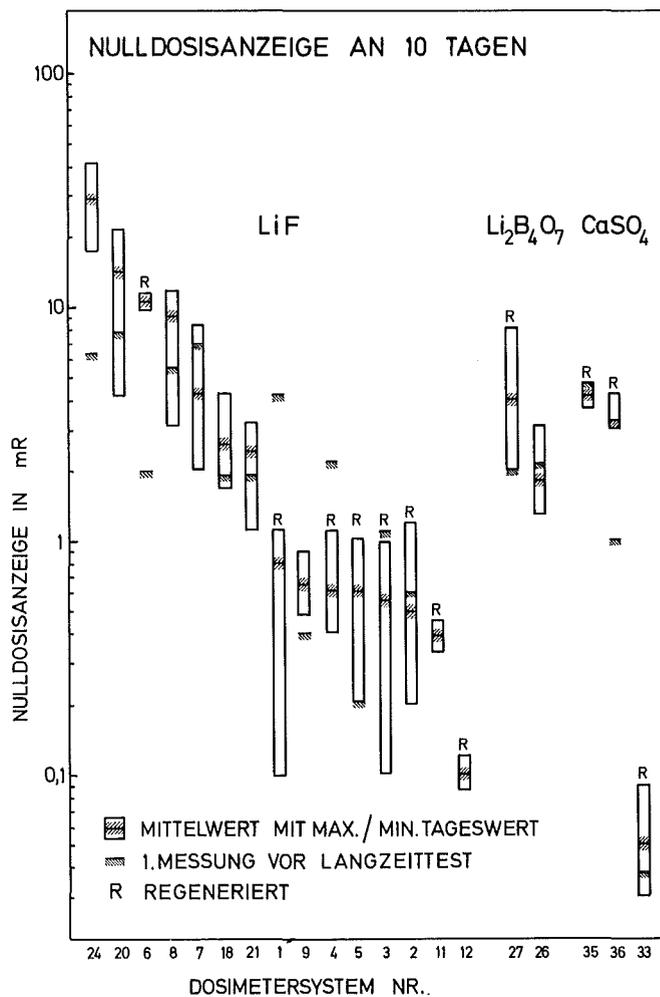


Abb. 13: Änderung der Nulldosisanzeige von TLD-Systemen bei 10-maliger Bestrahlung auf $100 \times D_{NWG}$

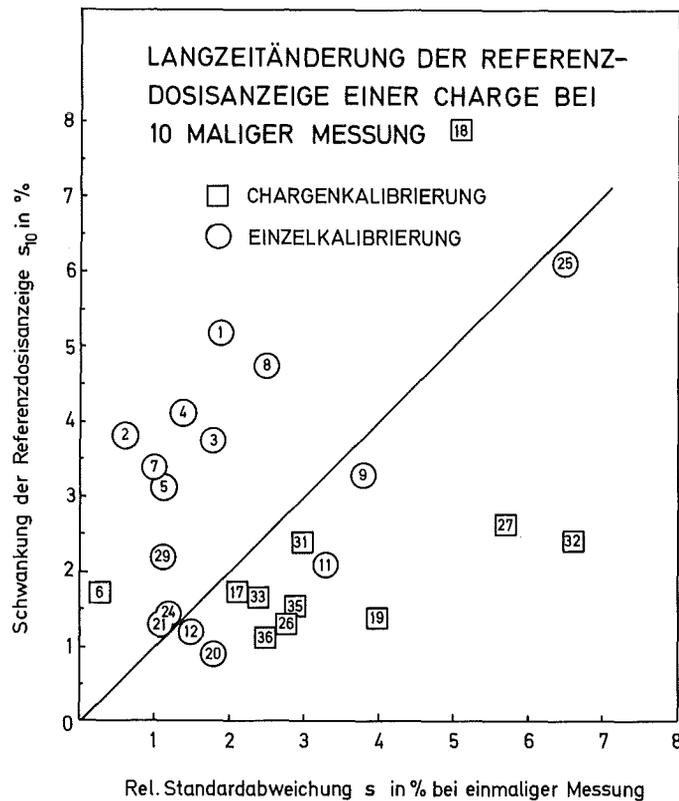


Abb. 14: Änderung der Referenzdosisanzeige einer TLD-Charge bei 10-maliger Bestrahlung auf $100 \times D_{NWG}$

3.1.7 Langzeitstabilität des Dosimetersystems

Die langzeitige Änderung der Referenzdosisanzeige ($1000 \times D_{NWG}$) eines Dosimetersystems bei zehnmaliger Wiederverwendung derselben Dosimetercharge ohne zusätzliche Kalibrierung des Auswertegerätes ist in Abb. 14 wiedergegeben. Die langzeitige Schwankung s_{10x} des täglichen Mittelwertes der Referenzdosisanzeige (Zeile 15) ist hier mit der Standardabweichung s der Dosisanzeige einer Charge bei Einmalmessung (Reproduzierbarkeit $1000 D_{NWG}$, Zeile 10) in Beziehung gesetzt worden. Die s_{10x} -Schwankung der Systeme ist unabhängig von der durchgeführten Regenerierung. Besonders bei Systemen mit Einzelkalibrierung der Dosimeter ist die Reproduzierbarkeit s bei einer Einmalmessung einer Charge kleiner als die langzeitige Schwankung s_{10x} der Tagesmittelwerte. Bei diesen Systemen ist eine tägliche Nachkalibrierung des Auswertegerätes angebracht.

Zusätzliche Aussagen über mangelnde Langzeitstabilität bei den Kalibrierbestrahlungen im interessierenden Dosisbereich werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

3.1.8 Linearität

Die Proportionalität zwischen Dosisanzeige $\bar{\alpha}$ einer Charge und der Dosis D (Linearität des Systems) wurden zwischen D_{NWG} und $100 \times D_{\text{NWG}}$ untersucht. In Zeile 12 der Tabelle sind die Werte $\bar{\alpha}/D$ angegeben, für die bei strenger Linearität der Wert 1 (100%) erwartet werden muß unter der Voraussetzung fehlerfreier Bestrahlung, genauer Kalibrierung auf das Vielfache von D_{NWG} und völliger Langzeitstabilität. Wegen dieser und anderen Fehlermöglichkeiten können evtl. vorhandene Nichtlinearitäten der Systeme auch bei Dosen oberhalb dem 5-fachen von D_{NWG} ohne Kenntnis der Bestrahlungsbedingungen im Labor nicht nachgewiesen werden. Die offensichtlich vorhandene Nichtlinearität bei kleinen Dosen kann nicht völlig erklärt werden, wird jedoch mindestens teilweise durch die jeweils in den Meßlabors unterschiedlich durchgeführte Null-dosisanzeigensubtraktion beeinflusst.

Die Ergebnisse in Zeile 12 zeigen eine systematische Nichtlinearität der Geräteanzeige bzw. der durchgeführten Kalibrierungsbestrahlung und damit die Notwendigkeit einer genauen Kalibrierung des Dosimetersystems im Dosisbereich kleiner Dosen durch einen Vergleich mit einem Sekundärstandard (siehe auch Abschnitt 5, Ergebnisse einer PTB-Kalibrierbestrahlung).

3.1.9 Temperatureinfluß

Anstelle eines Langzeitversuches unter extremen Expositionsbedingungen im Freien, wobei relativ hohe Temperaturen bei Sonneneinstrahlung nicht auszuschließen sind, wurde der Temperatureinfluß auf die Dosimeteranzeige bestrahlter Dosimeter innerhalb von 10 Tagen bei 70°C untersucht. Die Fadingergebnisse in Zeile 18 bzw. Abb. 15 bis 18 müssen daher als obere Grenze für die langzeitigen Umwelteinflüsse angesehen werden. Sie verdeutlichen die unterschiedlichen Eigenschaften des Detektormaterials und sollen von den beteiligten Labors zur Überprüfung der angewandten Regenerierungs- und Temperungsmethode herangezogen werden.

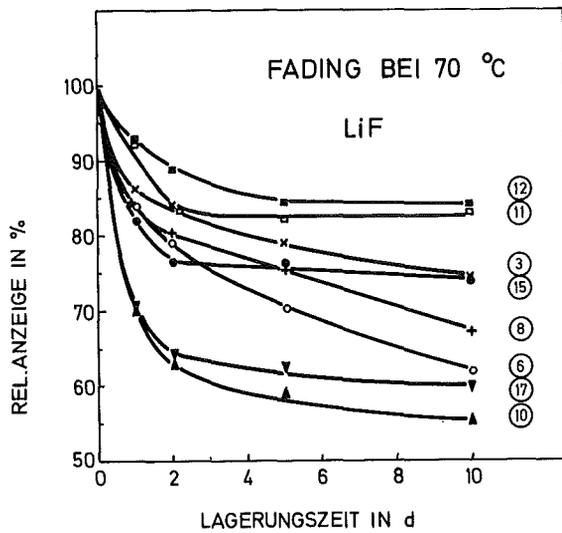


Abb. 15: Rel. Fading von LiF-Systemen für eine Lagerung von 70°C

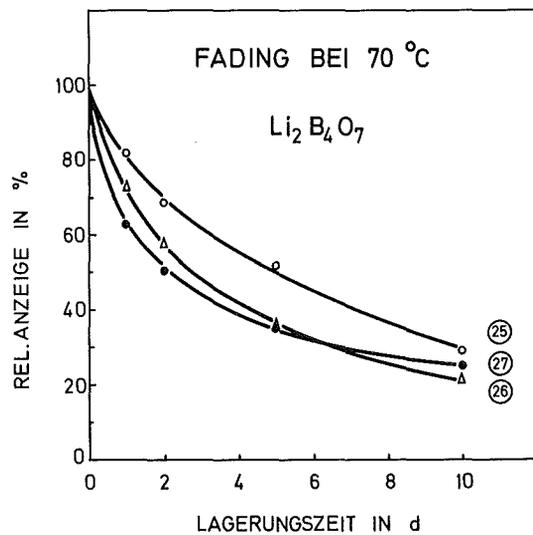


Abb. 16: Rel. Fading von Li₂B₄O₇-Systemen für eine Lagerung bei 70°C

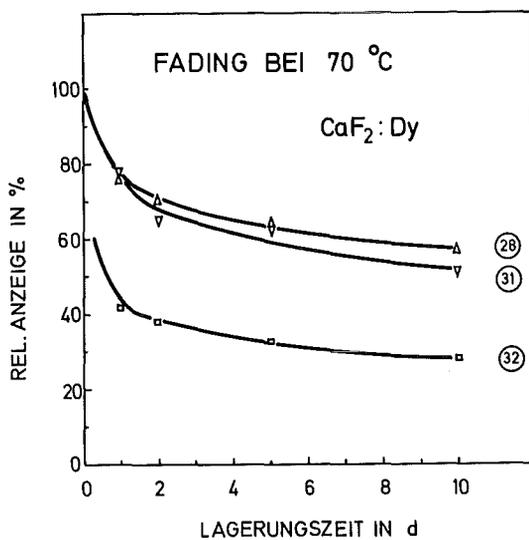


Abb. 17: Rel. Fading von CaF₂-Systemen für eine Lagerung bei 70°C

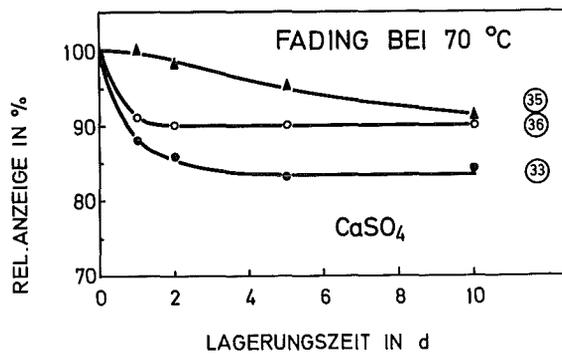


Abb. 18: Rel. Fading von CaSO₄-Systemen für eine Lagerung bei 70°C

Abweichend zu den Angaben in Spalte 3 wurden bei LiF und CaF₂:Dy Systemen zusätzliche Temperungsmethoden angewandt, welche zu einer erheblichen Reduzierung des Fadings beitragen. Auf optimale Temperungsmethoden wird in Teil 4.2 hingewiesen.

3.2 RPL-Systeme

3.2.1 Allgemeines

An der Vergleichsbestrahlung 1976/77 haben sich 6 Labors mit 7 Dosimetersystemen beteiligt (s. Tab. I/5). Im Vergleich zum TLD-Testprogramm ist die Anzahl der zur Verfügung stehenden Geräte- und Glastypen gering, nämlich 2 Gerätetypen sowie 2 Glastypen gleicher Zusammensetzung (Toshiba Glas FD-1 bzw. Schott-Glas DOS-2). Diese Systeme werden fast ausschließlich zur Personenüberwachung eingesetzt. Sie sind vor allem wegen der geringen Empfindlichkeit des Auswertegerätes und wegen des relativ hohen Betrages der Nulldosisanzeige nur für einen Langzeiteinsatz in der Umgebung verwendbar.

Der RPL-Test beschränkt sich auf folgende Systemunterscheidungen bzw. -vergleiche:

- für gleiche Geräte kann der Einfluß einer laborbedingten Auswertemethode sowie die betreffenden Eigenschaften der individuellen Geräte untersucht werden,
- für verschiedene Gerätetypen ist wegen der Verwendung von Gläsern gleicher Zusammensetzung ein guter Vergleich untereinander möglich.

3.2.2 Untere Nachweisgrenze

Die Dosis der unteren Nachweisgrenze D_{NWG} , definiert als der 3 s-Wert der Nulldosisanzeige, ist im Vergleich zu TLD-Systemen dem Betrag nach bis zu einer Größenordnung kleiner als die Nulldosisanzeige selbst. Dies verdeutlicht die relativ geringe Schwankung des PM-Dunkelstromes und die gute Stabilität der Auswertegeräte. Bei System

1,3 und 4 entspricht D_{NWG} der Anzeige D_{MIN} für einen Skalenteil im kleinsten Meßbereich. Für D_{MIN} wird bei allen Geräten ein Wert von 10 mR erhalten.

3.2.3 Nulldosisanzeige

Je nach Gerätetyp und der angewandten Methode des Nullabgleiches werden für die Nulldosisanzeige (Vordosis) neuer und regenerierter Gläser Werte zwischen 40 und 400 mR erhalten (Zeile 6). Die maximale Streuung der Vordosis einer Charge, die 3% bis 30% beträgt, kann im Gegensatz zu TLD-Systemen durch eine individuelle Vordosismessung eliminiert werden. Dadurch wird auch bei einer hohen Vordosis eine relativ gute Nachweisgrenze erzielt (Systeme 3,4 und 5).

3.2.4 Detektorstreuung

Die herstellungsbedingte Streuung der Dosimeterempfindlichkeit innerhalb einer Charge ist sehr gering, eine individuelle Kalibrierung der Detektoren ist daher nicht erforderlich. Auch ein Vergleich der Ergebnisse von Zeile 8 und Zeile 9 ($100 \times D_{\text{NWG}}$) zeigt, daß die individuelle Streuung der Dosimeterempfindlichkeit unter 1% liegt und von der Reproduzierbarkeit der Dosisanzeige des Auswertegerätes nicht mehr zu trennen ist.

3.2.5 Reproduzierbarkeit

Die relative Standardabweichung der Meßwerte einer Charge von 10 Gläsern ist für den interessierenden Dosisbereich in Abb. 19 und 20 (s. auch Zeile 9) wiedergegeben. Mit Ausnahme von System 3 zeigen alle Auswertegeräte für eine Bestrahlung auf $100 \times D_{\text{NWG}}$ eine Standardabweichung der Dosisanzeige von 1% bis 2%. Wegen der im Vergleich zu TLD-Systemen relativ hohen Stabilität von RPL-Systemen werden für die maximale Meßwertabweichung nur geringfügig höhere Werte von 1,7% bis 2,7% gefunden (Zeile 10).

Für die Messung einer Dosis von 30 mR können mit den zur Zeit vorhandenen RPL-Systemen bestenfalls jedoch nur s-Werte von 9% bis 13% erzielt werden (System 1,2 und 4).

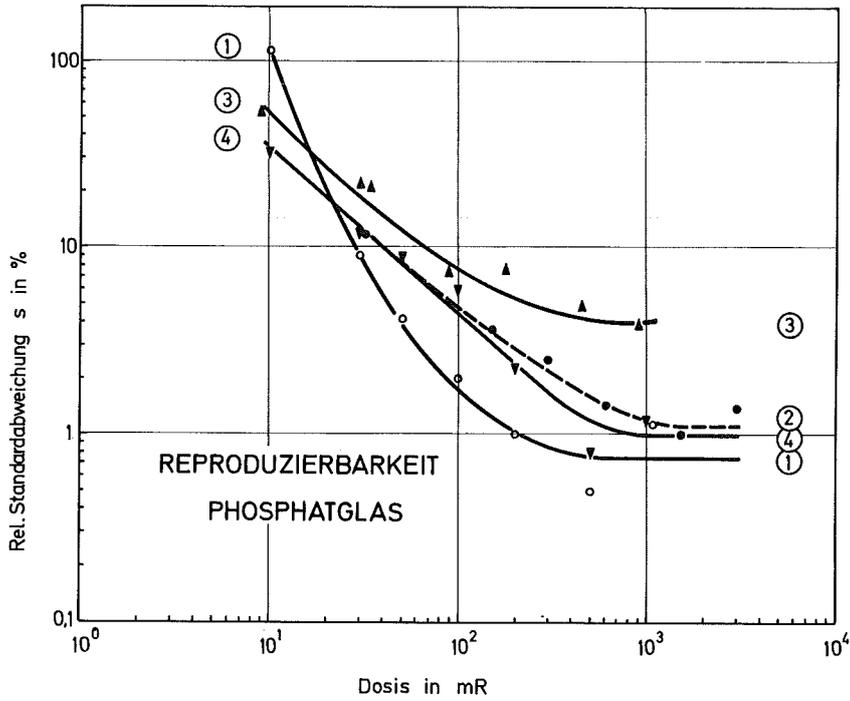


Abb. 19: Rel. Standardabweichung s von RPL-Systemen I als Funktion der Dosis

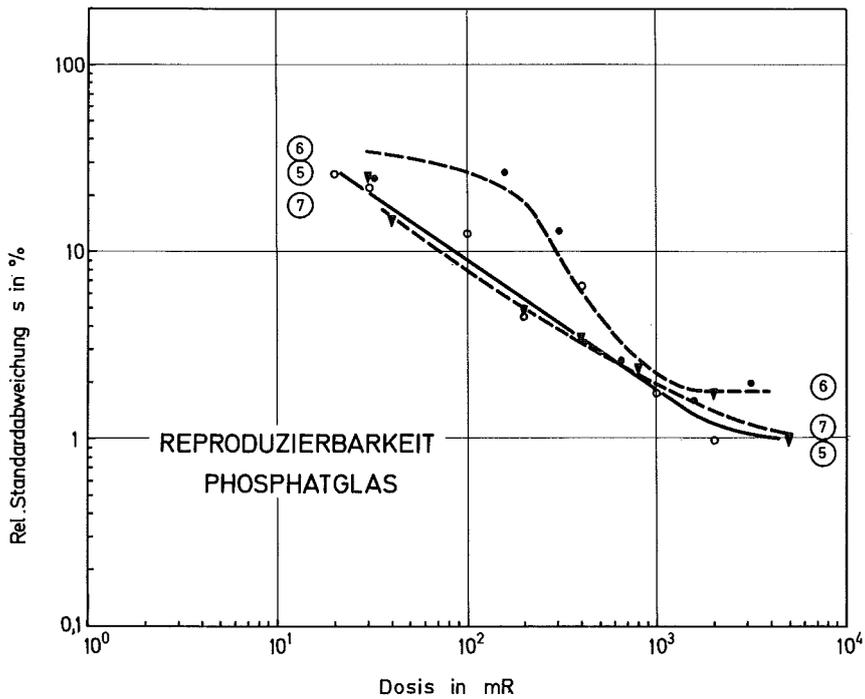


Abb. 2P: Rel. Standardabweichung s von RPL-Systemen II als Funktion der Dosis

3.2.6 Langzeitänderung der Vordosisanzeige

Längezeitige Änderungen der Vordosisanzeige sind u.a. auf den Einfluß des Waschvorganges, d.h. auf Waschmittelrückstände an der Glasoberfläche zurückzuführen (Zeile 12). Die Änderung der Vordosis einer Charge nach zweimaligem Waschen und Messen gibt die Reproduzierbarkeit des Waschvorganges bzw. den entsprechenden Fehlereinfluß bei der Bestimmung der Dosis wieder. Die zehnmahlige Wiederholung des Waschvorganges zeigt, daß der maximale Einfluß des Waschvorganges bei guten Waschmethoden 3 mR (System 2,3) betragen kann, der ungünstigste Meßfehler bei zwei aufeinanderfolgenden Waschvorgängen bis zu 15 mR (System 1,2,3,4,7).

Nach zehnmahliger Regenerierung des Glasdosimeters wird in den meisten Fällen ein Anstieg der Vordosis erhalten. Zusätzliche Versuche ergaben u.a. auch, daß die Erhöhung der Vordosis, die durch eine entsprechende Veränderung der Glasoberfläche während des Regenerierens verursacht wird, durch Verwendung chemisch neutraler Waschmittel bzw. günstigen Regenerierungstechnik vermieden werden kann (z.B. auch System 6).

3.2.7 Langzeitstabilität des Dosimetersystemes

Bei wiederholter Regenerierung und Messung an 10 Tagen (Zeile 13,14) erhält man für die rel. Standardabweichung der täglichen Dosisanzeige einer Charge etwa 0,7% (System 1,2,4) bis zu 2,4% (System 3,6,7). Die Langzeitschwankung der Dosimetersysteme ist demnach kleiner als die Reproduzierbarkeit der Dosismessung (Zeile 9).

3.2.8 Linearität

Die Proportionalität zwischen Dosisanzeige $\bar{\alpha}$ einer Charge und der Dosis D wurde im interessierenden Dosisbereich untersucht. Die Angaben in Spalte 11 enthalten zusätzliche Fehlereinflüsse u.a. bedingt durch die Kalibrierungsgenauigkeiten der Dosis als Vielfaches von D_{NWG} . Das Abweichen von der Linearität ist bei kleinen Dosen auf die Addition der Fehler von Vordosis- und Dosismessung zurückzuführen.

3.2.9 Temperatureinfluß

Die relative Änderung der Meßwertanzeige ist für eine zehntägige Lagerung des Glases bei 70°C in Abb. 21 und Zeile 16 wiedergegeben. Im Gegensatz zu TLD-Systemen ist der maximale Fadingeinfluß selbst bei der ungünstigsten Lagerungstemperatur von 70°C geringer als 10%.

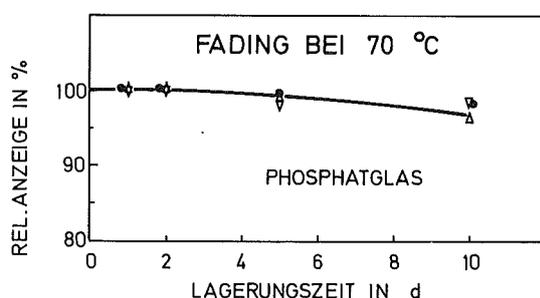


Abb. 21: Rel. Fading von RPL-Systemen für eine Lagerung bei 70°C

4. Beurteilung der TLD-Systeme

4.1 Allgemeines

Die vorliegenden Ergebnisse des Vergleichstestes ermöglichen einen direkten Vergleich der wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Dosimetersysteme hinsichtlich einer Anwendung in der Personendosimetrie und Umgebungsüberwachung. Für die hier zur Diskussion stehenden Anwendungen werden zur Umgebungsüberwachung zweifellos höhere Ansprüche vor allem an die Meßgenauigkeit im unteren Dosisbereich sowie an das Langzeitverhalten gestellt. Reproduzierbarkeit und Langzeitstabilität müssen hierbei als wesentliche Kriterien für die Auswahl eines Dosimetersystemes zur Umgebungsüberwachung angesehen werden. Die Kalibrierung der Dosimetersysteme wurde unter relativ günstigen, kurzzeitigen Versuchsbedingungen durchgeführt. Die hierbei gefundenen Ergebnisse werden sich daher von denjenigen Ergebnissen unterscheiden, die man unter den rel. ungünstigen Umweltbedingungen eines praktischen Einsatzes im Freien zu erwarten hat. In der Regel werden Langzeiteinflüsse zu einer Verschlechterung der hier gefundenen Ergebnisse füh-

ren. Während des Einsatzes im Freien können jedoch auch zusätzliche vorbestrahlte Dosimeter zur Ermittlung der tatsächlichen Meßunsicherheit und u.U. zur Korrektur des Fadings eingesetzt werden.

Eine Beurteilung der verschiedenen Systeme wird unter dem Gesichtspunkt des verwendeten TL Materials, des Auswertegerätes und des Gesamt-Systems angestrebt. Der hier durchgeführte Vergleich kann insofern nicht vollständig sein, als nicht alle auf dem Markt befindlichen Systeme erfaßt wurden und einige Geräte vor allem mit automatischer Auswertung mehrmals mit TL Materialien unterschiedlicher Vorgeschichte getestet wurden.

Unter der Annahme, daß man dasselbe Dosimetersystem von mehreren Meßlabors testen ließe, wären die Unterschiede der Testergebnisse bedingt durch die unterschiedliche Erfahrung der beteiligten Meßlabors oder durch eine gezielte Auswahl von Detektoren einer Charge gering verglichen mit den zu erwartenden Unterschieden beim Test verschiedener Auswertegeräte desselben Typs.

Trotzdem in diesem Abschnitt im wesentlichen nur die Ergebnisse des TLD-Testes zur Diskussion stehen, werden in den folgenden Abbildungen teilweise auch die Testergebnisse von RPL-Systemen zum Vergleich herangezogen.

4.2. TL-Material

Von den Eigenschaften der verschiedenen TL Materialien müssen vor allem das Ansprechvermögen, die Gleichmäßigkeit der Empfindlichkeit innerhalb einer Charge, die Energieabhängigkeit und das Fading betrachtet werden. Die Streuung der Dosimeterempfindlichkeit innerhalb einer Charge begrenzt unter anderem die Reproduzierbarkeit der Dosis-messung, wenn nicht eine individuelle Kalibrierung der Einzeldosimeter vorgenommen wird. In Abb. 22 ist die Streubreite der Charge (1s-Wert) für die untersuchten Dosimetersysteme wiedergegeben. Zur Erzielung einer hohen Reproduzierbarkeit wird man unter Berücksichtigung der Fertigungstoleranz von $\pm 10\%$ sinnvoller Weise eine Einzelkalibrierung

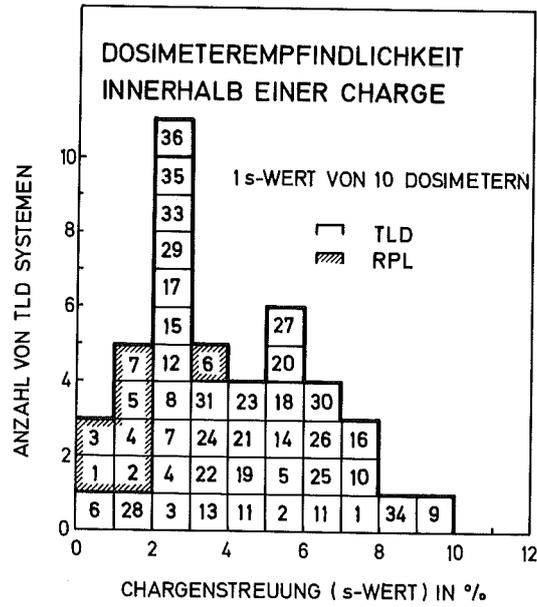


Abb. 22: Häufigkeitsverteilung für die rel. Standardabweichung s der individuellen Detektorempfindlichkeit einer Charge

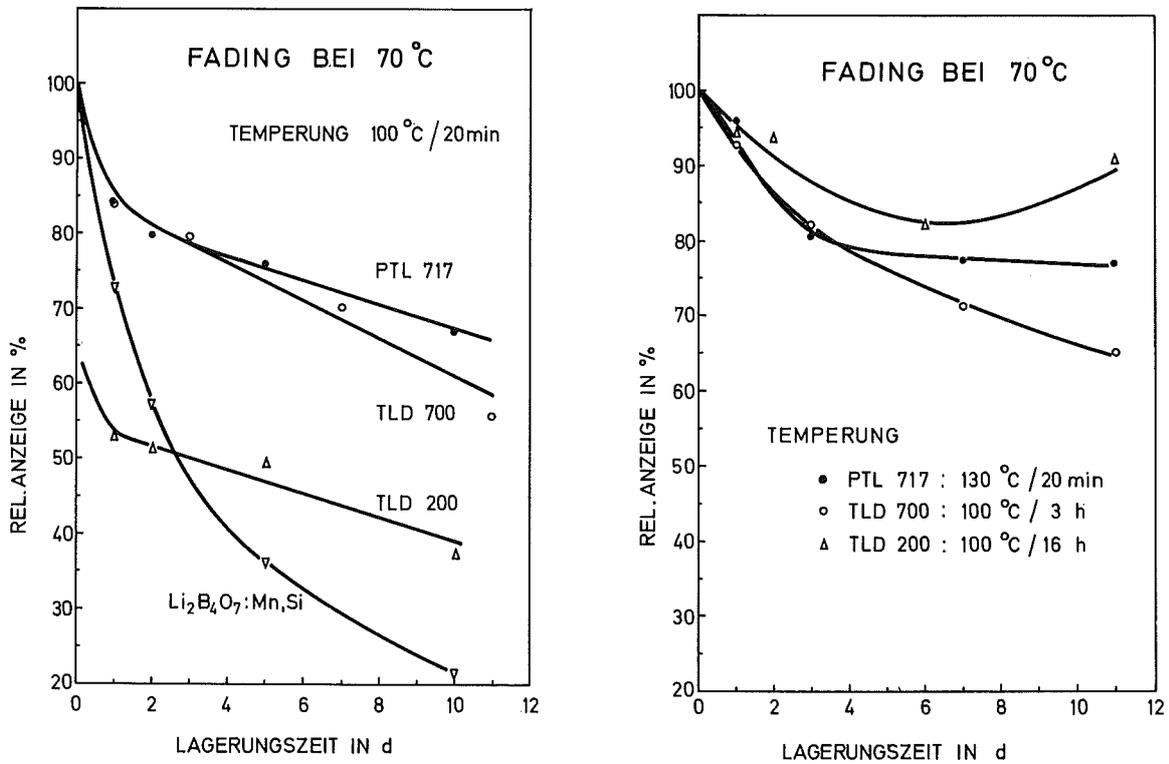


Abb. 23: Rel. Fading von TLD-Systemen für eine Lagerung bei 70°C und Anwendung unterschiedlicher Vortemperaturung vor der Auswertung

einer Chargenkalibrierung vorziehen.

Im Vergleich zu annähernd gewebeäquivalenten Materialien wie LiF und $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ zeigt CaF_2 und CaSO_4 eine ausgeprägte Energieabhängigkeit der Dosisanzeige. Zusätzliche perforierte Metallfilterungen ermöglichen hier eine ausreichende Energieunabhängigkeit oberhalb 30 keV. Das relativ harte Energiespektrum der Umgebungsstrahlung führt beim Einzeldosimeter auch unter Berücksichtigung der vorhandenen Fertigungstoleranz der Filter zu rel. geringen Fehlereinflüssen. In der Umgebung kerntechnischer Anlagen muß man jedoch mit Streustrahlung rechnen. Hier müssen CaF_2 und CaSO_4 Dosimeter mit Energiekompensationsfilter verwendet werden, um evtl. Fehlanzeigen bis zu 300% zu vermeiden.

Die hier durchgeführten Fadingversuche bei 70°C sollen keineswegs repräsentativ sein für einen Einsatz von Dosimetern im Freien, wo nur kurzzeitige Temperaturschwankungen zwischen -5°C und +50°C zu erwarten sind. Die Ergebnisse können jedoch als Kriterium für die Temperaturabhängigkeit der Meßwertspeicherung eines TL Materials angesehen werden. Sie sollen aber auch Hinweise darüber zulassen, ob und mit welchem Erfolg das betreffende Meßlabor eine Temperaturvorbehandlung zur Verringerung des Fadings angewendet hat. In Ergänzung zu den Testergebnissen in Abb. 15 bis 18 und abweichend von der angegebenen Temperaturvorbehandlung in Zeile 3 der Ergebnisdarstellung werden in Abb. 23 zusätzliche Fadingergebnisse für unterschiedliche Vorbehandlungen wiedergegeben. Aufgrund dieser Ergebnisse sollten für einen Einsatz in der Umgebungsüberwachung optimierte Temperierungsmethoden angewandt werden. Es kann hier nur auf neuere umfangreichere Arbeiten zur Verbesserung des Fadingverhaltens von TLD Dosimetern hingewiesen werden [3-5].

4.3 Auswertegerät

Als wesentliche Eigenschaften des Auswertegerätes werden hier der Photomultiplierdunkelstrom und dessen Schwankung sowie die kleinste angezeigte Dosis herausgegriffen. Ein Vergleich von Auswertegeräten

desselben Gerätetypen war mit dem Harshaw 2000 A+B Gerät möglich, während beim automatischen Studsvik-Gerät ein Prototyp 1313 und die verbesserte Ausführung 1313a für den Test zur Verfügung standen (siehe Tab. 1 und 2). Die Ergebnisse in Tab. 1 zeigen deutlich, daß es von ein- und demselben Gerätetyp unterschiedlich gute Geräte gibt. Das Auswertegerät Harshaw 2000 zeigt Unterschiede im Betrag des Dunkelstromes (Faktor 30), der unteren Nachweisgrenze (Faktor 10) und der kleinsten angezeigten Dosis (Faktor 55), während die Schwankung des Dunkelstromes offensichtlich unabhängig von der individuellen Empfindlichkeit des Photomultipliers ist. Bei den Studsvik-Auswertegeräten werden für den Betrag von Dunkelstrom und D_{MIN} Unterschiede bis zu einem Faktor 3 gefunden.

4.4 Dosimetersystem

Die Forderungen nach hoher Meßgenauigkeit im Bereich kleiner Dosen bestimmt u.a. die Auswahl von Dosimetersystemen zur Anwendung in der Umgebungsüberwachung. Um die Eignung des gesamten Systemes für einen Einsatz in der Umgebungsüberwachung zu diskutieren, sollen zunächst die Kenngrößen an der unteren Nachweisgrenze betrachtet werden. Zum Vergleich und zum besseren Verständnis der folgenden Abbildungen werden die untersuchten Systeme in der Reihenfolge der gemessenen Nulldosisanzeige angeordnet. Zur Diskussion stehen folgende Systemeigenschaften:

- die mittlere Nulldosisanzeige ($\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_u$), die schließlich vom Meßwert subtrahiert werden muß (Abb. 2),
- die maximale Schwankung der Nulldosisanzeige α_u und des Dunkelstromes α_0 , welche vor allem durch das Dosimetermaterial, seine Wärmebehandlung und seine Vorgeschichte bzw. durch die Empfindlichkeit und Qualität des Photomultipliers bestimmt werden (Abb. 3),
- die kleinste angezeigte Dosis D_{MIN} (Abb. 3),
- die Standardabweichung bei 30 mR, welche repräsentativ ist für die Reproduzierbarkeit der Dosismessung in der Umgebungsüberwachung (Abb. 24),
- die Änderung der Referenzdosisanzeige nach 10-maliger Wiederverwendung (Abb. 25).

AUSWERTEGERÄT	HARSHAW 2000 A+B								
BAUJAHR	1968	1971	1972	1972	1967	1972	1967	1971	1971
DETEKTOR	TLD 700	TLD 700	TLD 700	TLD 700	TLD 600	PTL 717	TLD 200	TLD 600	TLD 100
AUSHEIZZYKLUS DAUER (s)	↓ 30	30	30	30	30	30	30	30	30
T _{max} (°C)	↑240	240	240	250	300	250	300	240	240
TEMPERUNG intern/extern DAUER	ext. 10 min	ext. 10 min	ext. 10 min	ext. 10 min	ext. 15 min	ext. 10 min	ext. 15 min	ext. 10 min	ext. 10 min
T _{max} (°C)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
REGENERIERUNG	ext.	ext.	ext.		ext.		ext.	ext.	ext.
T _{max} °C/h	400/1,5	400/1	400/1,5	keine	350/5min	keine	350/5min	400/1	400/1
T _{min} °C/h	100/2	100/2	100/2		-			100/2	100/2
DUNKELSTROM									
$\bar{\alpha}_0$ (mR)	39,5	5,5	10,1	6,3	1,4	4,1	0,065	5,5	6,7
s ₀ (%)	4,8	9,3	4,9	4,9	7	4,9	6,2	9,3	9,3
KLEINSTE AN- GEZEIGTE DOSIS D _{MIN} ¹⁾ (mR)	1,8	1,0	0,4	0,26	0,033	0,17	0,001	1,0	1,2
KLEINSTE MEB- BARE DOSIS D _{NWG} ²⁾ (mR)	8	1,5	2,0	4,5	0,8	7,5	1,43	1,2	3,3

1) bereits verwendete Dosimeter

2) Vorbestrahlung 3 R anstelle 0,3 R

3) D_{MIN} = Anzeige für einen Skalenteil im kleinsten Meßbereich bzw. kleinstmögl. Digitalanzeige in mR4) D_{NWG} = 3 s_u-Wert der Nullanzeige/sofort α_u

Tab. 1: Eigenschaften des Auswertegerätes Harshaw 2000 A+B

AUSWERTEGERÄT	STUDSVIK AUTOMAT 1313									
BAUJAHR	1975	1976	1976	1976	1976	1976	1975	1976	1976	1976
DETEKTOR	TLD100	TLD700	TLD700	TLD700	TLD700	PTL717	Li ₂ B ₄ O ₇	Li ₂ B ₄ O ₇	TLD 200	TLD 200
AUSHEIZZYKLUS DAUER (s)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
T _{max} (°C)	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
TEMPERUNG INTERN/EXT. DAUER	ext. -	ext. 20 min	ext. 20 min	ext. 20 min	ext. 20 min	ext. 20 min	ext. -	ext. 20 min	ext. 20 min	ext. 20 min
T _{max} (°C)	100	80	80	80	80	80	100	80	80	80
REGENERIERUNG				ext.	ext.					ext.
T _{max} °C/h	keine	keine	keine	400/1	400	keine	keine	keine	keine	400/1,5
T _{min} °C/h				100/3	100/3					100/2
DUNKELSTROM										
$\bar{\alpha}_0$ (mR)	1,9	0,5	0,5	1,4	1,5	0,3	15,4	3,4	0,05	0,06
s ₀ (%)	10,0	20,6	20,6	17,7	17,7	20,6	7,8	20,6	20,6	17,7
KLEINSTE AN- GEZEIGTE DOSIS D _{MIN} ³⁾ (mR)	0,08	0,11	0,11	0,28	0,29	0,06	0,6	0,74	0,012	0,012
KLEINSTE MEB- BARE DOSIS D _{NWG} ⁴⁾ (mR)	1,2	2,0	5,4 ¹⁾	1,2 ¹⁾	0,4	7,5	13,5	1,2	33 ²⁾	0,08

1) bereits verwendete Dosimeter

2) Vorbestrahlung 3 R anstelle 0,3 R

3) D_{MIN} = Anzeige für einen Skalenteil im kleinsten Meßbereich bzw. kleinstmögl. Digitalanzeige in mR4) D_{NWG} = 3 s_u-Wert der Nullanzeige/sofort α_u

Tab. 2: Eigenschaften des automatischen Auswertegerätes Studsvik 1313

Für den Einsatz von Dosimetersystemen in der Umgebungsüberwachung interessiert u.a. auch der Dosisgrenzwert D_G , oberhalb dem eine vorgegebene 3s Reproduzierbarkeit von beispielsweise 7,5%, 10,5% bzw. 15% erzielt wird. Tab. 3 und 4 geben eine Übersicht über den Dosisgrenzwert D_G der unterschiedlichen Systeme, wenn zur Messung der Ortsdosis ein Einzeldosimeter bzw. 4 Dosimeter benutzt werden. Der hier angegebene Grenzwert D_G wurde aus den Testergebnissen der Abbildungen 5 bis 10 entnommen. Eine Reproduzierbarkeit von 10,5% erhält man für die meisten LiF Systeme erst nach einer Dosisakkumulierung auf 15 mR, für CaF_2 unter Umständen schon bei einer Dosis von 0,3 mR (Bulb-Dosimeter) bzw. 3,5 mR, für CaSO_4 bei 3,5 mR und 10 mR, für $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ bei 25 mR und Phosphatgläser u.U. schon bei 55 mR bzw. 150 mR.

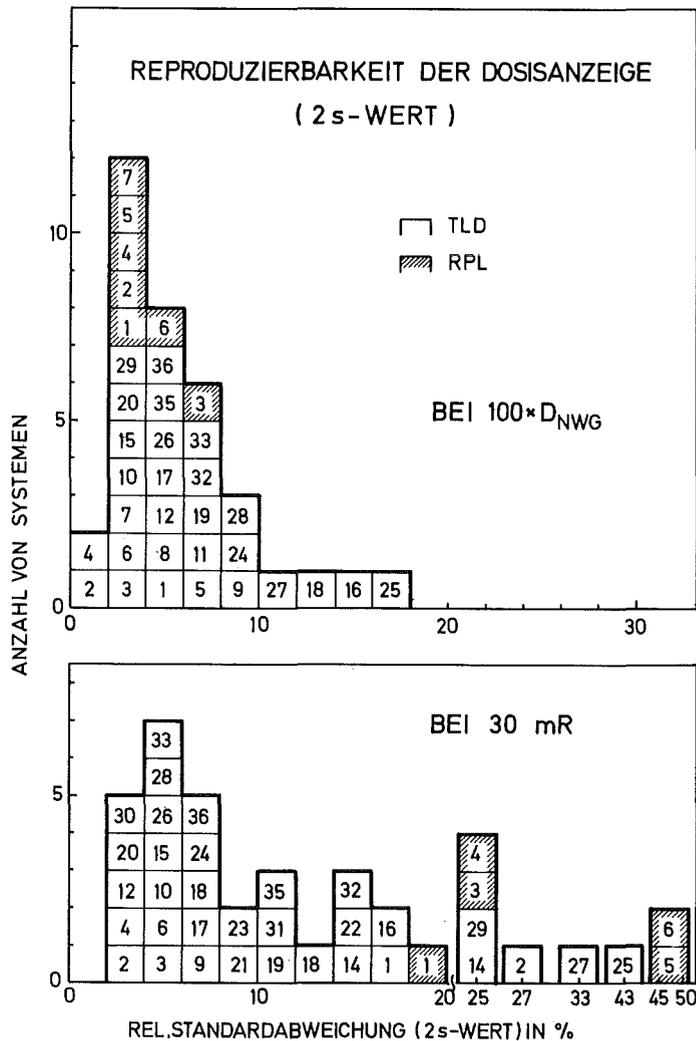


Abb. 24: Häufigkeitsverteilung für die rel. Standardabweichung s der Reproduzierbarkeit bei einer Dosis von 30 mR und $100 \cdot D_{NWG}$

DOSIMETER- SYSTEM NR.	DOSISGRENZWERT $D_G^{1)}$ mR FÜR 3 s REPRODUZIERBARKEIT					
	EINFACHMESSUNG			VIERFACHMESSUNG		
	7,5%	10,5%	15%	7,5%	10,5%	15%
LiF Systeme						
9	0,7	0,35	0,2	0,2	0,15	0,1
8	-	15	1,5	1,5	0,5	0,3
2	35	15	9	9	6	4
4	35	15	9	9	4	2,5
6	-	-	10	10	3,5	1,5
1	500	100	35	35	20	10
automatisch						
17	20	15	10	10	7,5	5,5
14	60	30	20	20	15	10
15	-	-	20	20	8	6
20	-	-	70	70	25	13
Li ₂ B ₄ O ₇ Systeme						
22	50	25	17	17	12	10
23	-	-	200	200	80	40
21	-	-	10 ⁴	10 ⁴	10 ³	(10 ³)
CaF ₂ Systeme						
26	0,45	0,3	0,2	0,2	(0,15)	(0,1)
24 ²⁾	250	200	120	120	70	1,5
27	-	200	30	30	10	4
28	-	-	-	-	0,2	0,1
CaSO ₄ Systeme						
29	40	3,5	1	1	0,7	0,5
32	40	10	5	5	4	2,5
31	-	60	25	25	15	7

¹⁾ D_G Grenzwert, oberhalb dem die 3-fache Standardabweichung der Dosisanzeige bei einer Messung mit einem bzw. vier Dosimetern kleiner als 7,5%, 10,5% bzw. 15% ist, ermittelt aus den Abb. 5-10

²⁾ Angaben sind nicht charakteristisch für das Dosimetersystem (Abb. 9)

Tab. 3: Dosisgrenzwert D_G von TLD-Systemen, oberhalb dem eine vorgegebene Reproduzierbarkeit (3s-Wert) von 7,5%, 10,5% und 15% erhalten wird

DOSIMETER- SYSTEM NR.	DOSISGRENZWERT D_G mR für 3s Reproduzierbarkeit		
	7,5%	10,5%	15%
	Phosphatglas- system		
1	70	55	45
4	200	130	90
2	300	150	90
3	-	-	250
5	600	400	200
7	600	400	240
6	800	650	450

Tab. 4: Dosisgrenzwert D_G von RPL-Systemen, oberhalb dem eine vorgegebene Reproduzierbarkeit (3s-Wert) von 7,5%, 10,5% und 15% erhalten wird

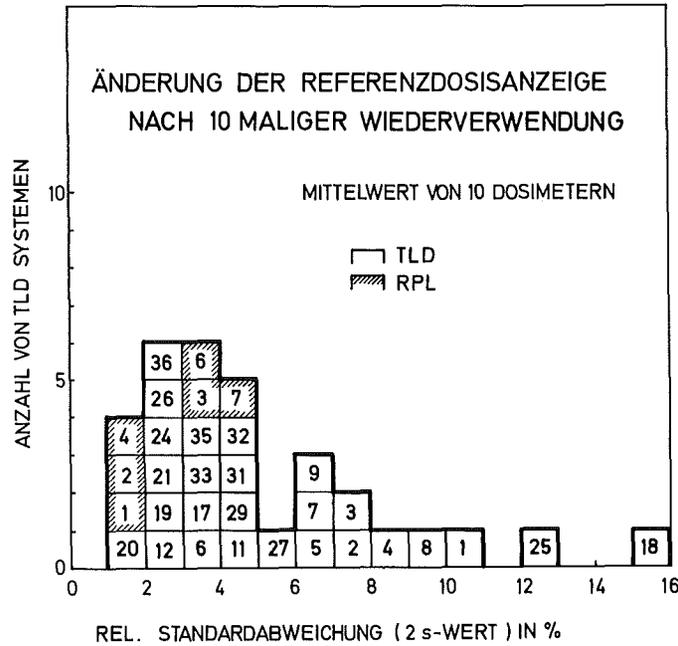


Abb. 25: Häufigkeitsverteilung für die rel. Standardabweichung $2s$ der Chargenempfindlichkeit (10 Dosimeter) bei 10-maliger Behandlung auf $100 \times D_{NWG}$

Ein Vergleich der Eigenschaften von automatischen Auswertegeräten ist in Tab. 5 wiedergegeben. Hier wird die Änderung des Dunkelstromes α_0 und der Nullanzeige α_u über einen Zeitraum von 10 Tagen dargestellt. Interessant ist die Langzeitänderung des Dunkelstromes zwischen 2% und 62,5%. Die Schwankung der Nulldosisanzeige lag zwischen 14% und 44%. Die meisten Automaten zeigen schon bei einer Dosis von 30 mR eine Reproduzierbarkeit von besser als 4%. Mit Ausnahme von den zur Zeit zur Verfügung stehenden Glasdosimetersystemen sind die meisten TLD Systeme in der Lage, die Jahresdosis in der Umgebung mit einer 3s Reproduzierbarkeit von besser als 10% zu ermitteln. Bei Vorgabe einer noch zu vertretenden Reproduzierbarkeit läßt sich andererseits für jedes Laborsystem eine entsprechende Mindestakkumulierungsdauer bestimmen.

AUSWERTEGERÄT	HARSHAW 2271		NATIONAL UD 510		STUDSVIK 1313A			
TL DETEKTOR	TLD 100	TLD 100	Li ₂ B ₄ O ₇ : Ag,Cu	CaSO ₄ :Tm	TLD 700	PTL 717	Li ₂ B ₄ O ₇ : Mn,Si	TLD 200
REGENERIERUNG	nein	nein	intern	intern	nein	nein	nein	400°C/1,5h
D _{NWG} ¹⁾ mR	1,2	0,9	5	2	2	7,5	1,2	0,08*
DUNKELSTROM ²⁾ α ₀ mR	0,7	1,3	2	-	0,55	0,3	3,5	0,06
s%	±26	±2	±62,5	-	±8,1	±21	±6,5	±8
NULLDOSIS ²⁾ α _U mR	-	2,6	4	3	2,4	6,3	1,8	0,1
s%	-	±40,5	±44,2	±14,6	±24,5	±40	±29,3	23
REPRODUZIERBAR- KEIT								
1s-Wert in % 100 x D _{NWG}	1,7	7,9	2,6	1,1	1,3	4,5	1,3	2,2
30 mR	3,9	6,3	16,8	3,0	4,1	3,4	2,3	1,3

1) D_{NWG} Dosis an der unteren Nachweisgrenze, entspricht dem 3s-Wert der Nulldosisanzeige α_U

2) Langzeitstabilität innerhalb von 10 Tagen, Änderung des Mittelwertes aus 10 Meßwerten pro Tag

Tab. 5: Eigenschaften von automatischen TLD-Auswertesystemen

5. Ergebnis der PTB-Kalibrierbestrahlung

Die am Testprogramm beteiligten Labors hatten Gelegenheit, an einer Kalibrierbestrahlung bei der PTB teilzunehmen. An dem Vergleich beteiligten sich 12 Labors mit 16 Dosimetersystemen. Hierbei wurden jeweils 10 Dosimeter mit einer unbekanntenen Dosis von 19 mR (TLD) und 57 mR (RPL) bestrahlt. Zur Überprüfung der Laborkalibrierung diente eine Bestrahlung mit 5 R ¹³⁷Cs γ-Strahlung.

Die 5 R Kalibrierbestrahlung (Abb. 26) führt bei den TLD-Systemen in einem Fall zu einer Meßwertabweichung von 10%. Beim Phosphatglas waren Abweichungen bis zu -15% unter anderem darauf zurückzuführen, daß zur Gerätekalibrierung nur ein samariumaktiviertes Referenzglas benutzt wurde und der Einfluß der Glaskapselung nicht Berücksichtigung fand. Hierbei liegen offensichtlich auch Kalibrierfehler des Meßlabors vor, da in einem Fall mit TLD und RPL-Systemen jeweils zu geringe Meßwerte erhalten wurden (Labor 5 in Vergleich zu Labor 1).

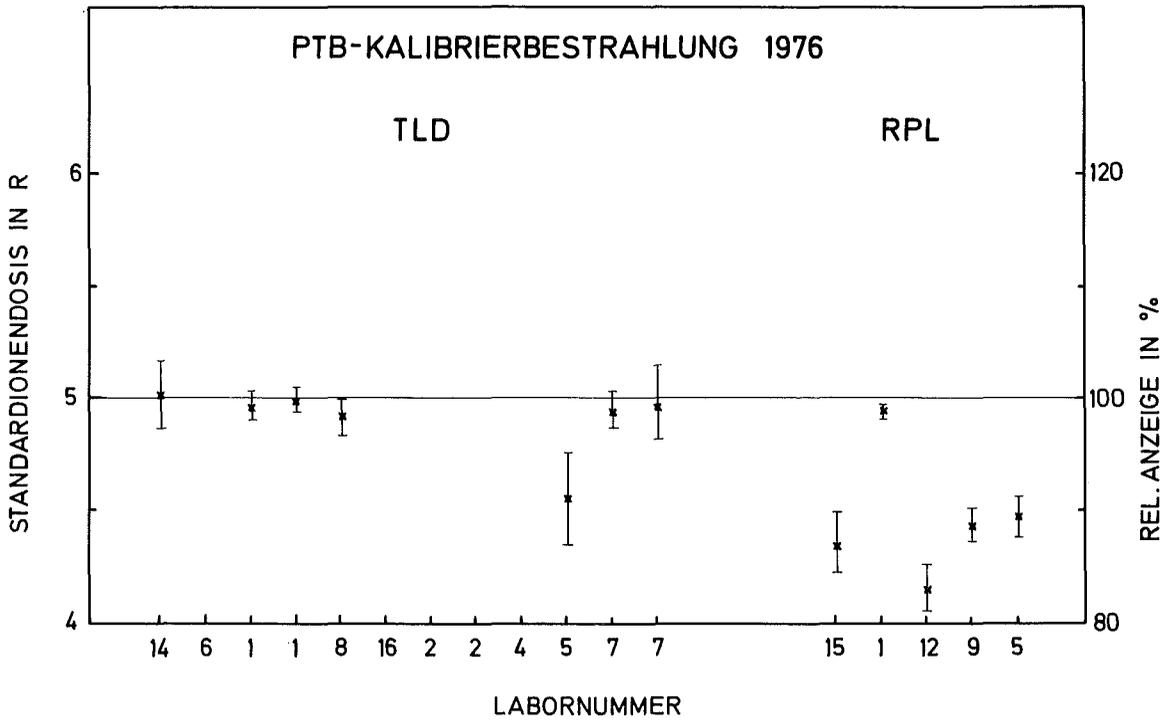


Abb. 26: Ergebnis der PTB-Kalibrierbestrahlung von TLD- und RPL-Systemen mit einer Dosis von 5 R

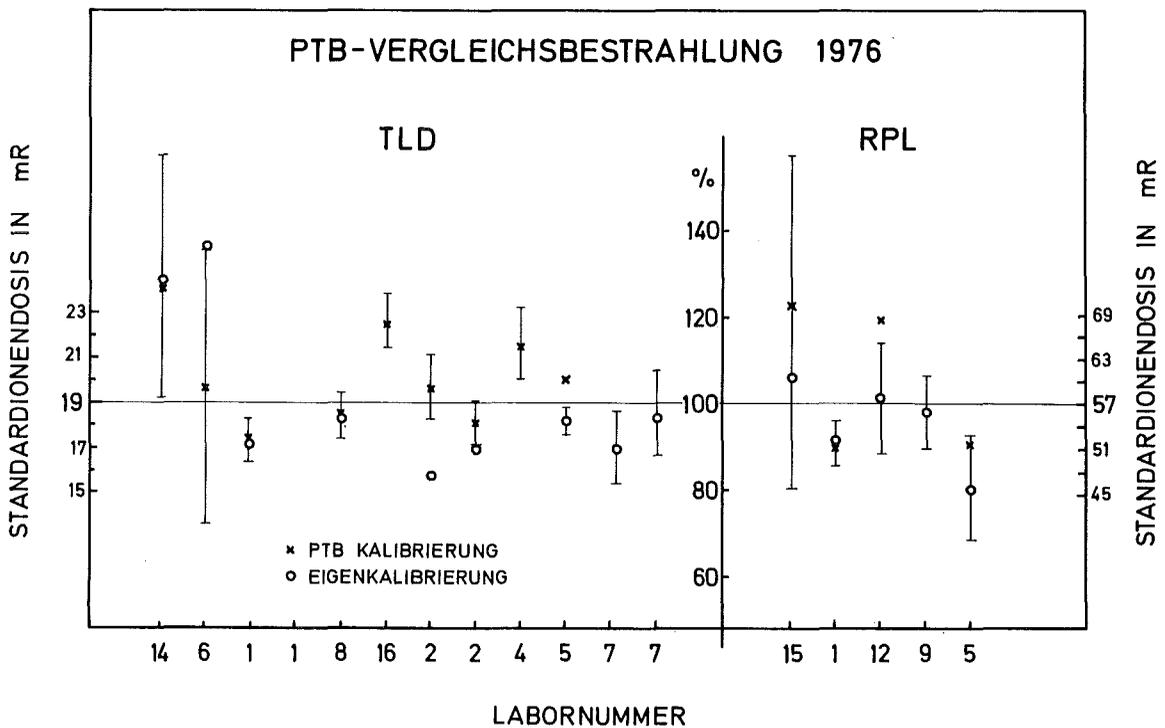


Abb. 27: Ergebnis der PTB-Vergleichsbestrahlung von TLD- und RPL-Systemen

Die Ergebnisse der Vergleichsbestrahlung sind in Tab. 6 und Abb. 27 wiedergegeben. Hier war eine entsprechende Korrektur der Transportdosis von 5 mR bis 30 mR erforderlich. Bei der Transportdosis von LiF-Teflon-Dosimetern (Labor 10) ist zusätzlich eine hohe Nulldosisanzeige enthalten. Unter Zugrundelegung der PTB-Kalibrierung betrug die

PTB-Vergleichsbestrahlung von TLD-Systemen								
Labor	Detektor	Auswertegerät	Kalibrierung	Dosis		Max. Dosis mR	Min. Dosis mR	Transp. Dosis mR
				mR	σ %			
14	TLD 100 chips	Harshaw 2000	eigen	24,7	23	36,2	15,2	17,8
6	LiF in Teflon	Teledyne	PTB	20,0	33	31,2	12,2	61,0
1	TLD 700 chips	Harshaw	eigen	17,2	5,9	18,9	15,7	4,2
8	CaSO ₄ :Tm bulb	National	eigen	18,4	5,0	20,1	17,1	6,5
16	TLD 100 chips	Harshaw Autom.	PTB	22,6	5,6	24,6	20,9	10,9
2	TLD 700 chips TLD 200 chips	Harshaw 2000 Harshaw 2000	PTB PTB	18,16	4,9	19,22	17,14	5,0
				19,65	7,5	22,48	17,94	5,4
4	TLD 200 chips	Victoreen	PTB	21,6	7,3	23,6	19,8	6,2
5	TLD 100 chips	Eberline TLR 5	eigen	18,2	3,0	19,2	17,6	7,8
7	CaF ₂ :Dy bulb TLD 100 chips	Harshaw Harshaw Autom.	eigen eigen	17,0	9,6	19,3	14,9	25,8
				18,6	9,4	20,35	17,3	31,4
Mittelwert			mR	19,64				
Standardabweichung			%	12,2				
PTB-Bestrahlung			mR	19				

PTB-Vergleichsbestrahlung von RPL-Systemen								
Labor	Detektor	Auswertegerät	Kalibrierung	Dosis		Max. Dosis mR	Min. Dosis mR	Transp. Dosis mR
				mR	σ %			
15	FD-1	FGD 6	eigen	61	34	97	36,5	-40
1	FD-1	FGD 3B	eigen	51,3	6,25	58,8	49,5	3,0
12	FD-1	FGD 6	eigen	58	13	68	45	-12,5
9	FD-1	FGD 6	eigen	56	9	60	50	<50
5	FD-1	FGD 3B	PTB	51,3	15,2	66,5	44,5	9
Mittelwert			mR	55,5				
Standardabweichung			%	7,6				
PTB-Bestrahlung			mR	57				

Tab. 6: Ergebnis der PTB-Vergleichsbestrahlung von TLD- und RPL-Systemen 1976

Abweichung von der Solldosis bei TLD-Systemen $19 \text{ mR} \begin{matrix} + 30\% \\ - 11\% \end{matrix}$, bei RPL-Systemen $57 \text{ mR} \begin{matrix} + 6\% \\ - 10\% \end{matrix}$. In Übereinstimmung zu den Ergebnissen des Vergleichstestes (siehe Abschnitt 3.1.5) wurde für die entsprechende Bestrahlung mit 10 Dosimetern eine relative Standardabweichung zwischen 3% und 9,6% bei TLD-Systemen (Ausnahme Labor 14 und 6) sowie 6% bis 15% bei RPL-Systemen (Ausnahme Labor 15) erhalten.

Die Meßwertabweichungen bei kleinen Dosen sind vor allem auf systematische Meßfehler unter anderem Nichtlinearität der Geräteanzeige und Subtraktion der Nulldosisanzeige zurückzuführen. Trotz einer relativ hohen Transportdosis (TLD-System Labor 7) und einem Abgleich-bedingten negativen Wert der Transportdosis (RPL-System Labor 15 und 12) wurden bei diesen Systemen befriedigende Meßergebnisse erzielt.

ERDA - VERGLEICHSMESSUNG 1977							
LABOR NR.	DETEKTOR	GERÄT	LABORDOSIS		UMGEBUNGSDOSIS		TRANSPORT-DOSIS mR
			mR	±%	mR	±%	
1	TLD 700	PITMAN TOLEDO	97,0	8,2	34,3	11,7	6,7
1	TLD 200	PITMAN TOLEDO	97,8	9,2	35,6	14,0	7,3
2	TLD 200	HARSHAW 2000	92,7	20,0	33,7	19,9	8,1
2	UD 200 S (bulb)	NATIONAL UD 505-A	87,9	10,0	33,5	10,1	7,3
7	TLD 100	HARSHAW 2271	102,5	9,6	28,6	38,8	19,3
7	TLD 200 (bulb)	HARSHAW 2000P	97,0	3,4	28,8	5,4	24,6
8	UD 200 S (bulb)	NATIONAL UD 505-A	90,9	5,9	35,5	6,7	8,0
1	FD-1	TOSHIBA FGD-3B	95,0	9,5	37,9	24,8	7,1
9	FD-1	TOSHIBA FGD 6	90,0	7,8	37,5	18,7	10
MITTELWERT			86,2		31,5 ¹⁾		
BESTRAHLUNG			91,7		34,9		

¹⁾ Ohne Ergebnisse der Filmdosimeter und Kalzium-Thermolumineszenzdosimeter

Tab. 7: Ergebnis der ERDA-Vergleichsmessung 1977

6. Ergebnis der ERDA-Vergleichsmessung 1977

Die US-ERDA veranstaltete in den vergangenen Jahren regelmäßig Vergleichsprogramme zur Messung kleiner Dosen im Hinblick auf eine Anwendung in der Umgebungsüberwachung, wobei Dosimeter bis zu 3 Monaten im Freien exponiert wurden [6]. An diesem internationalen Leistungsvergleich beteiligten sich eine Vielzahl von Laboratorien mit 155 verschiedenen Dosimetersystemen. Die Ergebnisse dieses Vergleiches vermitteln einen guten Einblick in den derzeitigen Stand der Meßtechnik, auch wenn hierbei nur die tatsächlich gefundene Meßwertabweichung bei 30 mR und die vom Meßlabor angegebene relative Meßunsicherheit verglichen werden können.

Am Vergleich 1977 waren auch einige am Standardtest beteiligten Laboratorien mit insgesamt 9 Dosimetersystemen vertreten. Die Bestrahlungen im Oak Ridge National Laboratory erfolgten innerhalb eines Zeitraumes von 1 Monat im Freien. Zusätzliche Dosimeter wurden in diesem Zeitraum in einer Abschirmung gelagert. Sie dienten zur Ermittlung der Transportdosis und einer vorgegebenen Bestrahlungsdosis von 90 mR. Tab. 7 zeigt die Meßergebnisse der hier beteiligten Laboratorien im Vergleich zur vorgegebenen Dosis bzw. zum Mittelwert aller Teilnehmer am ERDA-Vergleich.

Bei einer Dosis von 35 mR werden mit Ausnahme der empfindlichen Bulb-Dosimetersysteme Standardabweichungen zwischen 12% und 20% angegeben, Werte, die unter Umständen auch mit RPL-Systemen erzielt werden. Unterschiede zwischen den 2σ Fehlerangaben der Meßstellen und den tatsächlich gefundenen Meßwertabweichungen (Tab. 8) ergeben sich vor allem aus systematischen Fehlereinflüssen wie Nichtlinearität der Dosisanzeige im unteren Meßbereich, Genauigkeit der Transportdosismessung, Einflüsse der Regenerierung auf die Empfindlichkeit der Dosimeter und Fadingeinflüsse. Ein Vergleich zeigt, daß die im Standardtest für die Reproduzierbarkeit bei 30 mR ermittelten σ -Werte mit der tatsächlichen Meßwertabweichung relativ gut übereinstimmen, wenn man von den unterschiedlichen Einflüssen der Transportdosis-Subtraktion und der gleichzeitigen Bestrahlung mehrerer Dosimeter absieht. Die Ergebnisse dieses Vergleiches sollen in Ergänzung zur PTB-Kalibrierbestrahlung und zum umfangreichen unter Laborbedingungen durchgeführten Standardtestprogramm verdeutlichen, daß die zu erwartende Meßunsicherheit der Dosismessung bei Verwendung eines Dosimeters für eine halbjährliche Exposition im Freien zwischen 10 und 20% beträgt.

LABOR NR.	DETEKTOR	GERÄT	STANDARDABW. σ bei 30 mR ²⁾	Umgebungs dosis 30 mR ¹⁾ tatsächl. Abweichung von Bestrahlung		angegebener 2 σ -Meßfehler
				%	Mittelwert ⁴⁾	
1	TLD 700	PITMAN	3,8	- 1,5	+ 9	12
1	TLD 200	PITMAN	-	+ 2,0	+ 13	14
2	TLD 200	HARSHAW 2000	2,4	- 3,3	+ 7	20
2	UD 200 S (bulb)	NATIONAL	-	- 4	+ 6	10
7	TLD 100	HARSHAW 2271	3,9	- 18	- 9	38,8 ³⁾
7	TLD 200 (bulb)	HARSHAW 2000P	7,2	- 17	- 8	5,4
8	UD 200 S (bulb)	NATIONAL	2,8	+ 2	+ 13	6,7
1	FD-1	TOSHIBA FGD 3B	9,2	+ 9	+ 20	25
9	FD-1	TOSHIBA FGD 6	22	+ 8	+ 19	19

¹⁾ ermittelt mit mindestens 2 Dosimetern

²⁾ Ergebnisse des vorliegenden Standardtestprogrammes 1976/77

³⁾ hohe Transportdosis in 19,3 mR

⁴⁾ beim ERDA-Vergleich angegebener Mittelwert

Tab. 8: Meßfehler der ERDA-Vergleichsmessung 1977

7. Ausblick

Die Ergebnisse des vorliegenden Vergleichstestprogrammes geben einen Überblick über die Leistungsfähigkeit von TLD und RPL Dosimetersystemen für einen Einsatz in der Umgebungsüberwachung und Personendosimetrie.

Wegen der raschen Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Meßtechnik ist mit neuen automatischen Auswertegeräten zu rechnen, so daß Testmethoden zur Auswahl von geeigneten Dosimetersystemen in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen werden.

Das vorliegende Standardtestprogramm schließt eine offensichtliche Informationslücke innerhalb der Literatur über den Leistungsnachweis von Festkörperdosimetern zur Strahlenschutzüberwachung.

Es hat sich gezeigt, daß die Durchführung des Standardtestes die Inbetriebnahme und Kalibrierung eines Festkörperdosimetersystems in einem Meßlabor wesentlich erleichtert, weil es die wichtigsten Meßfehlerinflüsse gezielt untersucht und den erforderlichen Arbeitsaufwand auf ein Mindestmaß herabsetzt. Aber auch dem Hersteller können die Testergebnisse einer Vielzahl von Meßlabors bei entsprechender Auswertung zur Verbesserung seines Dosimetersystemes zugute kommen.

Es ist daher das Anliegen des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung" (AKD), das hier vorgeschlagene Standardtestprogramm auch internationalen Gremien und Institutionen sowohl als Auswahlverfahren unter verschiedenen Systemen wie als Testverfahren bei einem vorhandenen System anzubieten.

Die Durchführung des Testes ist auch ohne direkten Vergleich mit anderen Laboratorien möglich. Der AKD möchte die Teilnehmer des vorliegenden Vergleichs und auch andere an einem Leistungsnachweis interessierten Meßlabors auffordern, den Test mit verbesserten oder neuen Dosimetersystemen zu wiederholen. Die Testunterlagen sind beim Sekretär des AKD erhältlich, der auch die Ergebnissammlung und Weiterleitung an die Interessenten übernehmen wird.

Literatur

- [1] Anforderungen der PTB für die Bauartzulassung von Thermolumineszenz-dosimeter-Systemen für Strahlenschutzmessungen, Entwurf 1976, unveröffentlicht
- [2] Technical Recommendations for the use of Thermoluminescence for Dosimetry in individual monitoring, EUR 5358 e, Luxembourg, 1975
- [3] B. Burgkhardt, R. Herrera, E. Piesch, Long-term fading experiment with different TLD systems Scharmann, A. [Hrsg.]: Proc. of the 5. Internat. Conference on Luminescence Dosimetry, Sao Paulo, Brazil, February 14-17, 1977. Giessen: Justus-Liebig-Univ. 1977. S. 75 - 83
- [4] B. Burgkhardt, R. Herrera, E. Piesch The effect of post-irradiation annealing on the fading characteristic on different thermoluminescent materials, Nucl. Instr. Meth., in Druck
- [5] R. Kramer, D. Regulla, G. Drexler, TLD environmental radiation monitoring: Processing, experiences and data interpretation s. [3] S. 298
- [6] P. de Burke, T.F. Gesell, K. Becker, Second Int. Intercomparison of Environmental Dosimeters under Field and Laboratory Conditions s. [3] S. 365

ANHANG I: TESTPROGRAMM 1976/77

- Tab. I/1 Teilnehmer am TLD-RPL-Testprogramm 1976/77
- Tab. I/2 Zusammenstellung der TLD-Auswertegeräte (Testprogramm 1976/77)
- Tab. I/3 Zusammenstellung der TL Materialien
- Tab. I/4 Vergleich der Ergebnisse des TLD-Testes 1976/77
- Tab. I/5 Vergleich der Ergebnisse des RPL-Testes 1976/77

Tab. I/11. Teilnehmer am TLD-Vergleichstest

Burgkhardt B., Kernforschungszentrum Karlsruhe
Duftschmid K.E., Österreichische Studiengesellschaft f. Atomenergie,
Wien
Hohlfeld K., Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Heinzelmann M., Kernforschungsanlage Jülich
Kirchhoff K., Niedersächsisches Landesverwaltungsamt, Hannover
Ludwig F., Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Düsseldorf
Moos W., Eidgenössisches Gesundheitsamt, Bern
Nink R., Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Institut Berlin
Regulla D., Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, München
Schmidt Th., Institut für Radiologie der Universität Erlangen
Türck D., Technische Hochschule, Darmstadt
Wernli C., Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung, Würenlingen

2. Teilnehmer am RPL-Vergleichstest

Burgkhardt B., Kernforschungszentrum Karlsruhe
Heise M., Kernkraftwerk Kaiseraugst Ag., Baden (Schweiz)
Henning K., Gesellschaft für Kernenergieverwertung im Schiffbau,
Geesthacht
Ludwig F., Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Düsseldorf
Ritzenhoff K.-H., Staatliches Materialprüfamt, Dortmund
Schellkes, Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe

3. Redaktions Komitee

Burgkhardt B., Kernforschungszentrum Karlsruhe
Heinzelmann M., Kernforschungsanlage Jülich
Nink R., Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Institut Berlin
Piesch E., Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Sekretär des AK "Dosismessung externer Strahlung" des
Fachverbandes für Strahlenschutz e.V.

Tab. I/2: Zusammenstellung der TLD-Auswertegeräte (Testprogramm 1976/77)

<u>HERSTELLER</u>	<u>GERÄTETYP</u>	<u>BAUJAHR</u>	<u>DOSIMETERSYSTEM-NR.</u>	
Eberline	TLR 5	1970	15	
Harshaw	2000 A+B	1967	6,28	
		1968	1	
		1971	2,4,5	
		1972	3,7,8	
	Automat	2000 P	1974	32
	2271	1974/76	17,18	
National	UD 505-A	1975	33	
	Automat	UD 510-A	1977	27,36
Pitman	TOLEDO	1974	10	
		1975	9	
		1976	11,12	
Studsвик	Automat	1313	1975	19,25
		1313 A	1976	20,21,22,23,24, 26,29,30
Teledyne	8310	1974	16,34	
	9100	1977	35	
Victoreen	2800	1973	13,14,31	

Tab. I/3: Zusammensetzung der TL Materialien (Testprogramm 1976/77)

<u>MATERIAL</u>	<u>DOTIERUNG</u>	<u>HERSTELLER</u>	<u>DICKE/FLACHE</u>	<u>DOSIMETERSYSTEM-NR.</u>
<u>LiF</u>				
TLD 700	Mg,Ti	Harshaw	0,9/10	1,2,3,7,9,10,14,20, 21,22,23
TLD 700	Mg,Ti	Harshaw	0,4/10	13
TLD 600	Mg,Ti	Harshaw	0,9/10	5,6
TLD 100	Mg,Ti	Harshaw	0,9/10	4,15,17,18,19
PTL 717	Na,Mg	Desmarquest+CEC	0,9/16	8,24
Dot 92	Mg,Si,Ti	PTB Berlin	0,9/41	11
Dot 161	Ti	PTB Berlin	0,9/41	12
LiF	Mg,Ti	Teledyne- Isotopes	0,4/200	16
<u>CaF₂</u>				
TLD 200	Dy	National	0,9/10	28,29,30,31
2040	Dy	Harshaw	1/12	32
<u>Li₂B₄O₇</u>				
Li-Borat	Mn,Si	Studsvik	0,9/12	25,26
Li-Borat	Ag,Cu	National	70 μ /12	27
<u>CaSO₄</u>				
CaSO ₄	Tm	National	70 μ /12	33,36
CaSO ₄	Dy	Teledyne- Isotopes	0,4/200	34,35

TLD TESTPROGRAMM TEIL C										VERGLEICH DER ERGEBNISSE BLATT 1																													
SYSTEM/LABOR	1/1	2/17	3/1	4/17	5/17	6/2	7/1	8/1	9/1	10/3	11/13	12/13	13/4	14/4	15/5	16/6	17/7	18/16	19/7	20/1	21/1	22/1	23/1	24/1	25/7	26/1	27/7	28/2	29/1	30/1	31/4	32/7	33/8	34/6	35/7	36/7			
GERAT	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Pitman	Pitman	Pitman	Pitman	Victo-reen	Victo-reen	Eberline	Teledyne	Harshaw	Harshaw	Studsvik	National	Harshaw	Studsvik	Studsvik	Victo-reen	Harshaw	National	Teledyne	Teledyne	Teledyne	National									
DETEKTOR	TLD 700	TLD 700	TLD 700	TLD 100	TLD 600	TLD 600	TLD 700	PTL 717	TLD 700	TLD 700	Dot 92	Dot 161	TLD 700	TLD 700	TLD 100	LiF-Tefl	TLD 100	TLD 100	Studsvik	National	Harshaw	Studsvik	Studsvik	Victo-reen	Harshaw	National	Teledyne	Teledyne	Teledyne	National									
1 TLD-SYSTEM																																							
GERAT HERSTELLER	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Pitman	Pitman	Pitman	Pitman	Victo-reen	Victo-reen	Eberline	Teledyne	Harshaw	Harshaw	Studsvik	National	Harshaw	Studsvik	Studsvik	Victo-reen	Harshaw	National	Teledyne	Teledyne	Teledyne	National									
TYP	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	2000 A+B	TLR 5	8310	2271	2271	1313	1313A	UD 510-A	2000 A+B	1313 A	1313 A	2800	2000 P	UD 505-A	8310	9100	UD 510-A									
BAUJAHR	1968	1971	1972	1971	1971	1967	1972	1972	1972	1975	1976	1976	1973	1973	1970	1974	1974	1976	1975	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1977	1967	1976	1976	1973	1974	1975	1974	1977	1977	1977		
DETEKTOR MATERIAL	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	LiF	CaF ₂	CaSO ₄										
HERSTELLER	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	Harshaw	
FORM	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
DICKE mm/FLÄCHE mm ²	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	0,9/10	
HALTERUNG	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	10/10	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
VORGESCHICHTE	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	10/10	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2 AUSWEIS-ZYKLUS																																							
DAUER Sekunden	30	30	30	30	30	30	35	35	36	36	21	19	23	23	7	12	15	15	12	12	12	12	12	12	12	12	1	30	12	12	23	15	10	12	11	11	1		
T _{max} °C	240	240	240	240	240	300	250	250	240	240	340	340	250	250	230	245	270	295	320	320	320	320	320	320	320	320	300	300	320	320	255	380	245	295	300	300			
3 TEMPERUNG																																							
intern/extern	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	int.	int.	int.	int.	int.	int.	int.	int.	int.	ext.	int.	keine	keine	int.	int.	ext.														
DAUER	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min	15 min	10 min	10 min	10 min	16 s	30 s	40 s	12 s	12 s	9 s	12 s	2 s	2 s	30 min	20 min	10 min	15 min	20 min	20 min	12 s	keine	keine	12 s	130	130	10 min								
T _{max} °C	100	100	100	100	100	100	100	100	100	135	140	140	120	120	130	130	100	100	100	80	80	80	80	80	80	80	95	100	80	80	120	keine	keine	100	130	130	95		
3 REGENERIERUNG																																							
intern/extern	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	keine	keine	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	ext.	keine	keine	keine	keine	keine	ext.	ext.	keine	keine	keine	int.	ext.	keine	ext.	ext.	keine	ext.	ext.	int.	int.	int.	int.	
T _{max} °C/h	400/1,5	400/1	400/1,5	400/1	400/1	350/5min	-	-	400/1,5	400/1	480/1	480/1	400/1	400/1	400/1	285/1	-	-	-	-	-	400/1	400/1	400/1	400/1	400/1	300/15 s	350/5min	-	400/1,5	400/1	400/1	400/3min	285/1	300/- ⁶⁾	300/15 s	300/15 s		
T _{min} °C/h	100/2	100/2	100/2	100/2	100/2	-	-	-	100/2	400/12	-	-	80/2	80/2	100/2	-	-	-	-	-	-	100/3	100/3	100/3	100/3	100/3	-	-	-	100/2	80/2	-	-	-	-	-	-	-	
4 ANZEIGE DUNKELSTROM																																							
$\bar{\alpha}_0$ mR	39,5	5,5	10,1	6,7	5,5	1,44	6,3	4,1	0,62	1,03	0,48	0,066	5,9	30,5	6,6	24,9	0,49	1,31	1,9	0,5	0,5	1,4	1,5	0,3	15,4	3,4	2,0	0,065	0,05	0,06	1,53	0,09	0,013	0,67	2,0	0			
s ₀ %	4,8	9,3	4,9	9,3	9,3	7,0	4,9	4,9	11,6	13,0	6,5	13	7,5	7,5	7,1	11	8,2	2,0	10,0	20,6	20,6	17,7	17,7	20,6	7,0	20,6	65,2	6,2	20,6	17,7	0,5	3,3	79	11	15,0	-			
$\Delta\alpha_{max}/2\bar{\alpha}_0$ %	11,5	18,5	14,3	18,5	18,5	14,2	14,3	14,3	22,5	24,0	12,4	24	9	9	11,4	20	27	3,7	21,1	44	44	30	30	44	19,5	44	100	20	44	30	3	7,2	115	20	17,5	-			
5 NULLANZEIGE SOFORT																																							
$\bar{\alpha}_u$ mR	4,4	0,6	1,1	2,2	0,2	1,94	6,9	5,6	0,4	1,16	0,39	0,10 ¹⁾	12,9	8,9	9,3	15,6	1,1	1,9	0,8	7,9 ⁴⁾	1,9 ⁴⁾	0,7 ⁴⁾	0,4 ⁴⁾	6,3 ⁴⁾	0 ⁴⁾	2,3 ⁴⁾	2	0,54	91 ⁴⁾	0,1 ⁴⁾	0,34	0,008	0,038	0,37	4,3	1			
s _u %	58	83	63	50	200	13,4	19	34	19,4	50	15	12	32	34	6,2	22	36	16,6	50	24	35	60	37	40	-	17	85	87	12	23	35	50	28	26	70	70			
$\Delta\alpha_{max}/2\bar{\alpha}_u$ %	109	83	83	56	250	18,2	22	54	26	78	44	26	53	49	8,6	30	45	1,0	87	39	52	83	38	64	-	16	400	104	17	32	63	50	105	34	62	100			
6 NULLANZEIGE 70 ⁰ /16h																																							
$\bar{\alpha}_t$ mR	3,3	1,1	1,0	0,5	1,7	2,27	3,7	2,3	0,6	13,3	-	-	37,3	11,0	7,1	17,6	1,6	2,5	1,4	1,1	0,8	-	-	2,4	0,6	2,2	-	0,53	52,4	-	1,75	0,114	0,063	-	4,9	-			
s _t %	62	45	60	150	41	15,9	24	24	8,8	12	-	-	34	59	8,2	15	37	6,7	64	29,5	22,0	-	-	32,2	530	60,4	-	11,9	9,5	-	17	2,0	48	-	32	-			
$\Delta\alpha_{max}/2\bar{\alpha}_t$ %	88	45	85	250	59	9,6	42	35	16,6	17	-	-	59	85	16,1	31	63	154,5	86	38	33	-	-	48	1016	94	-	28,5	15	-	28	11,0	87	-	64	-			
7 D _{MIN} mR	1,8	1,0	0,4	1,2	1,0	0,033	0,26	0,17	0,04	0,09	0,030	0,008	3,4	1,8	1	0,88	0,01	0,011	0,08	0,11	0,11	0,28	0,29	0,06	0,6	0,744	1	0,001	0,012	0,012	0,09	0,002	0,01	0,03	0,1	1			
D _{NWG} mR	8,0	1,5	2,0	3,3	1,2	0,8	4,5	7,5	0,2	1,8	0,176	0,036	12	9	2,2	10,5	1,2	0,938	1,2	5,4	2,0	1,2	0,4	7,5	13,5	1,2	5	1,43	32,7 ⁴⁾	0,08	0,36	0,012	0,07	0,33	3,3	2			
8 DETEKTORSTREUUNG																																							
s %	7,7	5,3	2,9	2,6	5,1	0,3	2,4	2,9	9,4	7	4,6	2,0	3	5,7	2,2	7	2,1	5,0	4,0	5,3	4,2	3,5	4,2	3,4	6,5	6,6	5,6	1,0	2,7	6,2	3	6,6	2,4	9	2,9	2,5			
9 NULLANZEIGE-SUBTRAKTION																																							
DETEKTORKALIBRIERUNG	$\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_s$	$\bar{\alpha}_0$	$\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_s$	$\bar{\alpha}_0$	$\bar{\alpha}_0$	$\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_s$	$\bar{\alpha}_s$	$\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_s$																															
10 REPRODUZIERBARKEIT																																							
REL. STANDARDABWEICHUNG																																							
1x D _{NWG}	12,1	47,8	17,3	29,6	42,4	15,3			24,4	21	M	30	20	37	6,9	23	80,0	35,9	87	6,9	32,5			12,2	34,6	25,0	40,0	10,4	8,2			33	14	4	14,5	13,7			
5x	4,0	7,4	8,2	11,0	6,4	8,4			12,5	16	5,7	5,3	14,5	5,6	3,6	4,0	15,6	11,0	9,4	2,0	5,3			5,5	56,0	2,3	13,3	2,0	2,1			11,3	6,4	8	10,7	3,0			
10x	4,2	3,0	2,7	6,0	2,9	5,4			15,0		5,3	3,6			4,0	4,0	11,4	14,9	5,0	2,1	2,4			4,9	38,9	7,2	7,2	3,0	1,3			10,8	4	4,8	3,5	3,5			
20x	3,3	1,0	2,5	1,9	2,0	3,4			6,9		6,5	2,1			2,3	2,3	3,8	6,8	5,6	1,2	2,7			4,8	21,3	3,4	8,4	2,5	2,2			5,2	4,7	7	3,3	3,3			

RPL TESTPROGRAMM		TEIL C						
SYSTEM/LABOR NR.		1/1	2/5	3/9	4/10	5/11	6/12	7/1
GERÄT		FGD 3B	FGD 3B	FGD 6	FGD 6	FGD 6	FGD 6	FGD 6
DETEKTOR		FD 1	FD 1	FD 1	FD 1	DOS 2	FD 1	FD 1
1	RPL-SYSTEM							
	GERÄT HERSTELLER TYP BAUJAHR DETEKTOR HERSTELLER GRÖÖE mm x mm x mm KAPSELUNG VORGESCHICHTE	Toshiba FGD 3B 1961 Toshiba 8x8x4,7 Kugel 0/0	Toshiba FGD 3B 1965 Toshiba 8x8x4,7 Kugel 0/0	Toshiba FGD 6 1971 Toshiba 8x8x4,7 Kugel 0/0	Toshiba FGD 6 1968 Toshiba 8x8x4,7 Kugel 0/0	Toshiba FGD 6 1973 Schott 8x8x4,7 Kugel 0/0	Toshiba FGD 6 1970 Toshiba 8x8x4,7 Kugel 0/0	Toshiba FGD 6 1967 Toshiba 8x8x4,7 Kugel 0/0
2	WASCHVORGANG VOR MESSUNG							
	ULTRASCHALLBAD WASCHMITTEL DAUER SPOLEN DAUER FLIESENDES WASSER DEST. WASSER ALKOHOL SPOLMITTEL-WECHSEL TROCKNEN	U RBS 6 min 6 min 3 s 3 s 5 d Luft	U Deconex 1 min Aceton 3 min 3 min 3 min 5 d staub- frei	U RBS 1 min 2 x 1 x 200 Gl. üb.Nacht (3hLuft)	U RBS 3 min 1 min 3 s U 1 min 800 Gl. Luft Exsik.	Chrom- schwefel säure 10 min 800 Gl. Luft Exsik.	U RBS 1,5 min 0,5 min 2x10 s 2x10 s 10 x Exsik. Vakuum	U RBS 6 min 6 min 3 s 3 s 5 d Luft
3	TEMPERUNG BEI 100°C DAUER	20 min	-	20 min	30 min	20 min	20 min	20 min
4	REGENERIERUNG							
	DAUER T _{max} °C ABKÖHLZEIT	30 min 400 25 min	1 h 400 ca. 5min	20 min 400 ca. 2 h	30 min 400 24 h im Ofen	2 h 350 16 h im Ofen	20 min 410 110°C	30 min 400 25 min
5	ANZEIGE OHNE GLAS							
	$\bar{\alpha}_0$ mR s ₀ % $\Delta_{max}/2\bar{\alpha}_0$	0 0 0	0 0 0	50 0 0	65 0 0	0 0 0	65 0 0	0 0 0
	NULLANZEIGE NEUE GLÄSER							
6	$\bar{\alpha}_u$ mR s _u % $\Delta_{max}/2\bar{\alpha}_u$	41 9,6 12	-13 28 27	147 10,2 12	156 7 6,4	394 1,5 3,2	125 15,7 26	107 10,8 18,6
	D _{MIN} mR D _{NWG} mR	10 10	10 30	10 9	10 10	10 21	10 32	10 40
	DETEKTORSTREUUNG s %	0,8	1,5	0,82	1,4	1,6	3,2	1,9
9	REPRODUZIERBARKEIT REL. STANDARDABWEICHUNG							
	1x D _{NWG} 5x 10x 20x 50x 100x 30 mR	115 4,1 2,0 1,0 0,5 1,2 9,2	13 3,7 2,6 1,4 1,0 1,4 13,0	52,3 21,9 7,3 7,7 4,8 3,9 22,0	32,3 9,1 6,0 2,3 0,8 1,2 12,3	26 12,5 4,6 6,7 1,8 1,0 22,0	25,3 28,3 12,7 2,5 1,6 2,0 25,3	15 4,7 3,5 2,5 1,8 1,0 -

1) 70x D_{NWG} 2) 40 mR 3) mit D_{NWG} = 21 mR errechnet 4) 200x D_{NWG}

RPL TESTPROGRAMM		TEIL C						
SYSTEM/LABOR NR.		1/1	2/5	3/9	4/10	5/11	6/12	7/1
GERÄT		FGD 3B	FGD 3B	FGD 6	FGD 6	FGD 6	FGD 6	FGD 6
DETEKTOR		FD 1	FD 1	FD 1	FD 1	DOS 2	FD 1	FD 1
10	REPRODUZIERBARKEIT MAXIMALABWEICHUNG							
	1x D _{NWG} 5x 10x 20x 50x 100x 30 mR	188 4,9 2,5 1,3 0,5 1,7 8,9	14,3 5,1 3,8 2,1 1,8 2,0 ¹⁾ 14,3	83 36 10 10 7 4 40	38,5 9,2 0,9 2,3 1,0 1,9 15	47 16 6,1 8,8 2,4 1,5 39	35 46 25 4,7 2,1 3,3 35	24 7,3 4,9 3,0 2,8 1,7 24 ²⁾
11	LINEARITÄT DES DOSIMETERSYSTEMS							
	1x D _{NWG} 5x 10x 20x 50x 100x 30 mR	40 102 101 100 101 101 93	93 96 94 94 96 97 ⁴⁾ 93	130 94 108 109 110 112 140	119 99 105 103 98 98 102	3) 92 93 100 101 96 107	5) 120 83 88 84 84 83 120	40 102 101 104 96 100 40 ²⁾
12	WASCHVORGANG BEI VORDOSIS $\bar{\alpha}_u$ WV 10 DOSIMETER 10 WV s $\Delta_{max}/2$ 10 DOSIMETER 2 WV s $\Delta_{max}/2$ EINZELDOSIMETER 10 WV MAX MIN	19,7 4,1 6	30,2 1,3 2,5	127 5,3 3,8	150 8,2 10		5 x 125 3,5 5 7,5 (30) 7,5 5	170 6 9 13 15 40 9,5
	READERSTABILITÄT s MAX MIN MITTEL	0,15 0,999 0,994 0,997	8 d 0,55 1,012 1,005	1,7 1,06 1,00 1,02			1,47 1,018 0,981 1,000	2,32 1,082 1,005 1,052
14	REFERENZDOSIS s MAX MIN MITTEL	0,73 1,009 0,983 0,995	4 d 0,69 0,997 0,987	2,4 1,03 0,97 1,0	5 d 0,77 1,001 0,983 0,989		1,66 1,021 0,986 1,000	2,21 1,096 1,018 1,062
	NULLANZEIGE s % MAX mR MIN mR MAX/MIN	28,4 77 35 2,2		40,2 372 139 2,7			24,3 194 94 2,1	43,9 528 108 5,7
16	TEMPERATUREINFLUSS BEI 70°C nach 1d 2d 5d 10d	1,00 1,00 0,98 0,98	1,00 1,00 0,99 0,96	0,96 0,98 0,99 0,94	1,00 1,00 1,00 0,99		110°C 1,01 0,98 0,94 0,92	1,00 1,00 0,99 0,98

5) Dosis D enthält Fehler des Bestrahlungsrigs

ANHANG II: DAS STANDARDTESTPROGRAMM FÜR TLD-SYSTEME

Tab. II/1 Experimentelle Testvorschriften für TLD-Systeme

Tab. II/2 Protokoll- und Datenblätter für den TLD-Test

Tab. II/3 Erläuterungen für die Ergebnisdarstellung des TLD-Testes

Tab. II/4 Vergleich der Meßergebnisse des TLD-Testes

TLD TESTPROGRAMM TEIL A					
EXPERIMENTELLE DURCHFÜHRUNG					
MESS-REIHE	KENNGRÖSSE	ANZAHL DOSIMETER (MESSUNG)	TESTVORSCHRIFT	MESSWERTE	
				TEIL B	TEIL C
1	NULLANZEIGE			1)	2)
	DUNKELSTROM	(10x)	Auswerten ohne Dosimeter	1/1	4
	SOFORT	10	Neue oder regen. Dosimeter auf 300 mR bestrahlen, regenerieren, auswerten,	1/2	5
3	70°C/16h	10	bestrahlen auf 300 mR, regenerieren, 16h/70°C lagern, auswerten	1/3	6,7
4	REPRODUZIERBARKEIT		JEWELNS REGENERIEREN UND BESTRAHLEN		
	1xD _{NWG}	10	auf 3s der Nullanzeige/sofort (=D _{NWG})	1/5	10-12
	30 mR	10	auf 30 mR	1/12	
5x BIS 1000xD _{NWG}	10	auf 5,10,20,50,100 und 1000xD _{NWG}	1/6-11		
5	LANGZEITSTABILITÄT		AN 10 TAGEN JE 10 DOSIMETER/MESSUNGEN OHNE ZUSÄTZLICHE GERÄTEKALIBRIERUNG		
	EICHLICHTQUELLE	(10x)	10x messen	5/1	13
	DUNKELSTROM	(10x)	Abgleichen und 10x messen	5/2	14
	REFERENZDOSIS	10	Regenerieren, bestrahlen auf 1000xD _{NWG} , auswerten,	2 5/3	15
	NULLANZEIGE/SOFORT	10	regenerieren, auswerten,	3 5/4	16
7	NULLANZEIGE/70°C,16h	10	lagern bei 70°C/16 h, auswerten,	4 5/5	17
8	TEMPERATUREINFLUSS BEI 70° C	10	2 Dosimeter jeweils vor Lagerung bei 70°C für 10,6,2,1 d und 2 Referenzdosimeter (Lagerung 2h/25°C) auf 1000xD _{NWG} bestrahlen, zusammen auswerten.	-	18

1) Blatt/Spalte bzw. Reihe

2) Meßreihe in Tab. 5

Tab. II/1

TLD TESTPROGRAMM TEIL B					Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung"								
DETEKTOR _____					Blatt 1								
GERÄT _____													
LABOR/SYSTEM _____													
	DUNKEL- STROM	NULLANZEIGE IN mR		REL. ¹⁾ INDIVID. EMPFINDL.	ANZEIGE α IN mR nach individ. Korrektur für Vielfaches von D_{NWG}								
		SOFORT	16h/70°C		1x	5x	10x	20x	50x	100x	1000x	30 mR	
DOSIMETER													
i = 1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
s	mR											0	
s	%											0	
MAX	mR												
MIN	mR												
$\Delta_{max}/2\bar{\alpha}$	%											0	
MITTEL	mR												
$\bar{\alpha}/D$												1,0	

¹⁾ Verhältnis Meßwert zu Mittelwert der 10 Dosimeter für 1000 D_{NWG}

Tab. II/2, Bl. 1

TLD TESTPROGRAMM TEIL B											Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung" Blatt 2				
DETEKTOR GERÄT LABOR	----- ----- -----										REL. STREUUNG DES EINZELDOSIMETERS				
	REL. DOS. EMP. $\alpha_i/\bar{\alpha}$	REL. ANZEIGE α/α_i										s %	$(\alpha/\alpha_i)_{max}$	$(\alpha/\alpha_i)_{min}$	(α/α_i)
		1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag	8.Tag	9.Tag	10.Tag				
DOSIMETER															
i = 1	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
3	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
4	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
5	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
6	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
7	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
8	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
9	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
10	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
REL. STREUUNG DER CHARGE												LANGZEIT-REPRODUZIERBAR- KEIT DES GESAMTSYSTEMS FÜR REFERENZDOSIS ²⁾)			
s %												von _____ mR			
MAX															
MIN															
Mittelwert															

Tab. II/2, B1.2

¹⁾ $\bar{\alpha}$ Mittelwert der 10 Dosimeter, α_i Einzeldosimeteranzeige, siehe Blatt 1, Spalte 4

²⁾ Referenzdosis: 1000-fache der unteren Nachweisgrenze

Tab. II/2, Bl. 3

TLD TESTPROGRAMM TEIL B										Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung"				
DETEKTOR _____ GERÄT _____ LABOR _____										Blatt 3				
	NULLANZEIGE α_U IN mR										REL. STREUUNG DES EINZELDOSIMETERS			
	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	s %	MAX	MIN	$\bar{\alpha}_U$
DOSIMETER i = 1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
REL. STREUUNG DER CHARGE											LANGZEITÄNDERUNG DER NULLANZEIGE NACH WIEDERHOLTER VORBESTRAHLUNG ¹⁾ ohne bzw. mit externer/interner Regenerierung			
s %											ohne Lagerung			
MAX														
MIN														
Mittelwert														

¹⁾ Als Vorbestrahlung wird die Bestrahlung auf Referenzdosis, siehe Blatt 2, genutzt

Tab. II/2, Bl. 4

TLD TESTPROGRAMM TEIL B											Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung"			
DETEKTOR GERÄT LABOR											Blatt 4			
	NULLANZEIGE α_n IN mR										REL. STREUUNG DES EINZELDOSIMETERS			
	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag	8.Tag	9.Tag	10.Tag	s %	MAX	MIN	$\bar{\alpha}_n$
DOSIMETER i = 1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
REL. STREUUNG DER CHARGE											LANGZEITÄNDERUNG DER NULLANZEIGE NACH WIEDERHOLTER VORBESTRAHLUNG ¹⁾ ohne bzw. mit externer/interner Regenerierung			
s %											mit Lagerung 70°C/16h			
MAX														
MIN														
Mittelwert														

¹⁾ Als Vorbestrahlung wird die Bestrahlung auf Referenzdosis, siehe Blatt 2, genutzt

TLD TESTPROGRAMM TEIL B											Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung"			
DETEKTOR GERÄT LABOR	----- ----- -----										Blatt 5			
ART DER MESSUNG	MITTELWERT VON 10 MESSUNGEN										LANGZEITSTABILITÄT			
	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag	8.Tag	9.Tag	10.Tag	s %	MAX	MIN	MITTEL
LICHTQUELLE mR														
DUNKELSTROM mR														
REFERENZD. ¹⁾ %														
NULLANZEIGE mR SOFORT ²⁾ 16 h/70°C ³⁾														

Tab. II/2, B1.5

- 1) Siehe Blatt 2, unterste Zeile
- 2) Siehe Blatt 3, unterste Zeile
- 3) Siehe Blatt 4, unterste Zeile

TLD TESTPROGRAMM TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 1
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR		Kennzeichnung des Meßlabors und des Dosimetersystems
1	TLD-SYSTEM GERÄT HERSTELLER TYP BAUJAHR DETEKTOR MATERIAL DOTIERUNG HERSTELLER FORM DICKE mm/FLÄCHE mm ² HALTERUNG VORGESCHICHTE	Angaben zum Gerät und Dosimeter FORM; Pulver P, Pressling R, in Teflon T, auf Träger L, Einkristall E HALTERUNG; Detektor in Glas G, zw. Teflonfolien T, ohne Halterung O VORGESCHICHTE: Anzahl der bis Testbeginn durchgeführten Regenerierungen/Auswertungen
2	AUSHEIZ-ZYKLUS DAUER Sekunden T _{max} °C	Dauer der Meßzeiten ohne evtl. Vor- bzw. Nachtemperierung während der Auswertung innerhalb der Meßzeit erreichte Maximaltemperatur
3	TEMPERUNG intern/extern DAUER T _{max} °C	Wärmebehandlung vor der Messung
	REGENERIERUNG intern/extern T _{max} °C/h T _{min} °C/h	Wärmebehandlung zur Löschung des Meßwertes im Auswertegerät (intern) bzw. im Ofen (extern) T _{min} = Temperatur der unmittelbar anschließenden Wärmebehandlung
4	ANZEIGE DUNKELSTROM $\bar{\alpha}_0$ mR s ₀ % $\Delta_{\max}/2\bar{\alpha}_0$ %	α_0 = Meßwert ohne Dosimeter beim Aufheizen unter Routinebedingungen Angaben aus 10 Messungen
5	NULLANZEIGE SOFORT $\bar{\alpha}_u$ mR s _u % $\Delta_{\max}/2\bar{\alpha}_u$ %	α_u = Meßwert abzüglich Dunkelstrom unmittelbar nach 300 mR Vorbestrahlung und Regenerierung bzw. Blindauswertung Angaben aus 10 Messungen
6	NULLANZEIGE 70 ⁰ /16h $\bar{\alpha}_t$ mR s _t % $\Delta_{\max}/2\bar{\alpha}_t$ %	α_t = Meßwert abzüglich Dunkelstrom nach 300 mR Vorbestrahlung, Regenerierung bzw. Blindauswertung und bei 70 ⁰ C/16 h Lagerung (Restdosis) Angaben aus 10 Messungen
7	D _{MIN} mR D _{NWG} mR	D _{MIN} = Anzeige für einen Skalenteil im kleinsten Meßbereich bzw. kleinstmögl. Digitalanzeige in mR D _{NWG} = Dosis der unteren Nachweisgrenze

Tab. II/3, Bl. 1

TLD TESTPROGRAMM		TEIL C	VERGLEICH DER ERGEBNISSE 2
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR		Kennzeichnung des Meßlabors und des Dosimetersystems	
8	DETEKTORSTREUUNG s%	Rel. Streuung von 10 Dosimetern (Charge) für Bestrahlung auf $1000x D_{NWG}$ ohne Einzelkalibrierung, einschließlich Reproduzierbarkeit des Dosimetersystems	
9	NULLANZEIGE-SUBTRAKTION DETEKTOR-KALIBRIERUNG	Subtraktion einer Nullanzeige vom Meßwert: Mittelwert der Nullanzeige $\bar{\alpha}_0, \bar{\alpha}_u$ oder $\bar{\alpha}_t$ bzw. Einzelwert der Nullanzeige α_0, α_u oder α_t vor Bestrahlung (nach Regenerierung) bzw. unmittelbar nach Auswertung durch Zweitmessung Ch = Kalibrierung einer Dosimetercharge E = zusätzl. Kalibrierung des Einzeldosimeters	
10	REPRODUZIERBARKEIT REL. STANDARDABWEICHUNG 1x D_{NWG} 5x 10x s% 20x 50x 100x 1000x 30 mR	Rel. Standardabweichung der Meßwerte einer Charge von 10 Dosimetern nach entsprechender Bestrahlung und Korrektur der Detektorstreuung durch Kalibrierung der Einzeldosimeter	
11	REPRODUZIERBARKEIT MAXIMALABWEICHUNG 1x D_{NWG} 5x 10x $\frac{\Delta_{max}}{2 \bar{\alpha}}$ 20x 50x 100x 1000x 30 mR	Rel. maximale Abweichung der Meßwerte einer Charge von 10 Dosimetern nach entsprechender Bestrahlung und Korrektur der Detektorstreuung durch Kalibrierung der Einzeldosimeter	
12	LINEARITÄT DES DOSIMETERSYSTEMES 1x D_{NWG} 5x 10x $\bar{\alpha}/D$ 20x 50x 100x 1000x 30 mR	$\bar{\alpha}$ = Mittelwert der Meßwerte einer Charge von 10 Dosimetern nach entsprechender Bestrahlung auf eine Dosis D (Proz. Abweichung von der linearen Anzeige des Gerätes einschließlich Meßunsicherheit durch Bestrahlung, Regenerieren, Temperieren, Gerätekalibrierung)	

Tab. II/3, Bl. 2

TLD TESTPROGRAMM TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 3
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR		Kennzeichnung des Meßlabors und des Dosimetersystems
13	LICHTQUELLE s % MAX mR MIN mR MITTEL mR	Anzeige der Referenzlichtquelle (Mittelwert von 10 Messungen/Tag) an 10 verschiedenen Tagen
14	DUNKELSTROM s % MAX mR MIN mR MITTEL mR	Änderung der Nullanzeige/Dunkelstrom (Mittelwert von 10 Messungen/Tag) an 10 verschiedenen Tagen
15	REFERENZDOSIS s % MAX % MIN % MITTEL %	Änderung der Referenzdosisanzeige (Mittelwert von 10 Messungen/Tag nach Kalibrierung der Einzeldosimeter bzw. Charge) an 10 verschiedenen Tagen ohne Veränderung der Gerätekalibrierung Referenzdosis = $1000 \times D_{NWG}$
16	NULLANZEIGE SOFORT s % MAX mR MIN mR MITTEL mR	Änderung der Nullanzeige sofort nach Regenerierung bzw. Blindauswertung (Mittelwert von 10 Messungen/Tag nach Kalibrierung der Einzeldosimeter und Charge) an 10 verschiedenen Tagen (jeweils vorangegangen ist die Bestrahlung und Auswertung der Referenzdosis)
17	NULLANZEIGE 70°C/16h s % MAX mR MIN mR MITTEL mR	Änderung der Nullanzeige nach Regenerierung bzw. Blindauswertung und Lagerung 16 h bei 70°C (Mittelwert von 10 Messungen/Tag nach Kalibrierung der Einzeldosimeter bzw. Charge) an 10 verschiedenen Tagen (jeweils vorangegangen ist Bestrahlung und Auswertung der Referenzdosis)
18	TEMPERATUREINFLUß BEI 70°C nach 1d 2d 4d 10d $\frac{\alpha}{\alpha_a}$	Rel. Änderung des Meßwertes α für eine Lagerung bei 70°C α_a = Referenzdosimeterbestrahlung 2 h vor der Auswertung α = Meßwert nach entsprechender Lagerung bei 70°C

Tab.II/3,B1.3

TLD TESTPROGRAMM TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 1				
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR						
1	TLD-SYSTEM GERÄT HERSTELLER TYP BAUJAHR DETEKTOR MATERIAL DOTIERUNG HERSTELLER FORM DICKE mm/FLÄCHE mm ² HALTERUNG VORGESCHICHTE					
2	AUSHEIZ-ZYKLUS DAUER Sekunden T _{max} °C					
3	TEMPERUNG intern/extern DAUER °C T _{max} °C					
	REGENERIERUNG intern/extern T _{max} °C/h T _{min} °C/h					
4	ANZEIGE DUNKELSTROM $\bar{\alpha}_0$ mR s ₀ % $\Delta\max/2\bar{\alpha}_0$ %					
5	NULLANZEIGE SOFORT $\bar{\alpha}_u$ mR s _u % $\Delta\max/2\bar{\alpha}_u$ %					
6	NULLANZEIGE 70°C/16h $\bar{\alpha}_t$ mR s _t % $\Delta\max/2\bar{\alpha}_t$ %					
7	D _{MIN} mR D _{NWG} mR					

Tab. II/4, Bl. 1

TLD TESTPROGRAMM TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 2				
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR						
8	DETEKTORSTREUUNG s%					
9	NULLANZEIGE-SUBTRAKTION DETEKTOR-KALIBRIERUNG					
10	REPRODUZIERBARKEIT REL. STANDARDABWEICHUNG 1x D_{NWG} 5x 10x 20x s% 50x 100x 1000x 30 mR					
11	REPRODUZIERBARKEIT MAXIMALABWEICHUNG 1x D_{NWG} 5x 10x $\frac{\Delta_{max}}{2 \bar{\alpha}}$ 20x 50x % 100x 1000x 30 mR					
12	LINEARITÄT DES DOSIMETERSYSTEMES 1x D_{NWG} 5x 10x $\bar{\alpha}/D$ 20x % 50x 100x 1000x 30 mR					

Tab.II/4,Bl.2

TLD TESTPROGRAMM TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 3				
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR						
13	LICHTQUELLE s % MAX mR MIN mR MITTEL mR					
14	DUNKELSTROM s % MAX mR MIN mR MITTEL mR					
15	REFERENZDOSIS s % MAX mR MIN mR MITTEL mR					
16	NULLANZEIGE SOFORT s % MAX mR MIN mR MITTEL mR					
17	NULLANZEIGE 70°C/16h s % MAX mR MIN mR MITTEL mR					
18	TEMPERATUREINFLUß BEI 70°C nach 1d 2d 4d 10d $\frac{\alpha}{\alpha_a}$					

Tab.II/4,B1.3

ANHANG III: DAS STANDARDTESTPROGRAMM FÜR RPL-SYSTEME

- Tab. III/1 Experimentelle Testvorschriften für RPL-Systeme
- Tab. III/2 Protokoll- und Datenblätter für den RPL-Test
- Tab. III/3 Erläuterungen für die Ergebnisdarstellung des RPL-Testes
- Tab. III/4 Vergleich der Meßergebnisse des RPL-Testes

RPL TESTPROGRAMM TEIL A					
EXPERIMENTELLE DURCHFÜHRUNG					
MESS-REIHE	KENNGRÖSSE	ANZAHL DOSIMETER (MESSUNG)	TESTVORSCHRIFT	MESSWERTE	
				TEIL B	TEIL C
1	NULLANZEIGE	(1x) (10x)	Dunkelstrom messen bei geschlossenem PM Messen ohne und mit Streulichtunterdrückung	1)	2)
	OHNE GLAS			-	-
2	NEUE GLÄSER	10	Neue Gläser waschen, messen, regenerieren, waschen, messen	1/3	-
	REGEN. GLÄSER	10		1/4	6
3	REPRODUZIERBARKEIT	10	Waschen, Vordosis messen, waschen, messen	1/5	12
	WASCHVORGANG				
4	VORDOSIS/EINZELDOSIS	1	40x Vordosis messen ohne Gerätenachstellung 3s der Vordosis = 1xD _{NWG}	-	7
5	1xD _{NWG}	10	Jeweils bestrahlen auf 30 mR und 1,5,10,20,50,100, 1000 D _{NWG} temperieren, waschen, messen, regenerieren	1/6-14	8-11
	30 mR	10			
	5x BIS 1000xD _{NWG}	10			
6	LANGZEITSTABILITÄT	10	AN 10 TAGEN JE 10 MESSUNGEN	2 1/5 6/1-2	12
	WASCHVORGANG		Neue Gläser waschen, messen der Vordosis		
7	GERÄT	10	Auf 100xD _{NWG} bestrahlte Gläser waschen, messen	3 6/3	13
8	REFERENZDOSIS	10	Bestrahlen auf 100xD _{NWG} , temperieren, waschen, messen, regenerieren, waschen, messen	4 6/4	14
	NULLANZEIGE/VORDOSIS	10		5 6/5	15
9	TEMPERATUREINFLUSS BEI 70°C	10	Regen. Dosimeter auf 100xD _{NWG} bestrahlen, temperieren, auswerten, jeweils 2 Dosimeter bei 70°C 10,6,2,1 d lagern, zusammen auswerten	-	16

1) Blatt/Spalte bzw. Reihe

2) Meßreihe in Tab. 4

Tab. III/1

RPL TESTPROGRAMM TEIL B							Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung"						
DETEKTOR _____							Blatt 1						
GERÄT _____													
LABOR/SYSTEM _____													
	NULLANZEIGE IN mR				$\Delta\alpha$ ¹⁾ mR	REL. ²⁾ INDIVID. EMPFINDL.	ANZEIGE α IN mR nach individ. Korrektur für Vielfaches von D_{NWG}						
	STREULICHT- UNTERDRÖCK.		GLAS				1x	5x	10x	20x	50x	100x	1000x
	OHNE	MIT	NEU	REG.	WASCHEN								
DOSIMETER													
i = 1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
s	mR										0		
s	%										0		
MAX	mR												
MIN	mR												
$\Delta\max/2\bar{\alpha}$	%										0		
MITTEL	mR												
$\bar{\alpha}/D$											1,0		

Tab. III/2, B1.1

1) Differenz der Anzeige von zwei aufeinanderfolgenden Waschvorgängen

2) Verhältnis Meßwert zu Mittelwert der 10 Dosimeter für 100 D_{NWG}

RPL TESTPROGRAMM TEIL B											Fachverband f. Strahlenschutz-AK "Dosismessung externer Strahlung"	
DETEKTOR GERÄT -----											Blatt 2	
LABOR -----												
	$\bar{\alpha}_U^{2)}$ mR	ANZEIGEDIFFERENZ $\alpha_U - \bar{\alpha}_U$ IN mR										
		1. WV ¹⁾	2. WV	3. WV	4. WV	5. WV	6. WV	7. WV	8. WV	9. WV	10. WV	
DOSIMETER												
i = 1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
STREUUNG V. 10 GLÄSERN NACH 1 WV												EINFLUSS DES WASCHVORGANGES AUF DIE NULLANZEIGE DER GLÄSER
s mR												
MAX mR												
MIN mR												
$\Delta_{max}/2$ mR												
MITTEL mR												

1) WV = Waschvorgang

2) Mittelwert der Anzeige eines Dosimeters für 10 WV

Tab. III/2, B1.2

RPL TESTPROGRAMM TEIL B										Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung" Blatt 3					
DETEKTOR GERÄT LABOR		----- ----- -----													
	REL. DOS. EMP $\alpha_i / \bar{\alpha}_i$ ¹⁾	REL. ANZEIGE α / α_i										REL. STREUUNG DES EINZELDOSIMETERS			
		1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag	8.Tag	9.Tag	10.Tag	s %	$(\alpha/\alpha_i)_{max}$	$(\alpha/\alpha_i)_{min}$	(α/α_i)
DOSIMETER i = 1		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
9		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
REL. STREUUNG DER CHARGE												LANGZEIT-STABILITÄT DES GERÄTES FÜR REFERENZDOSIS ²⁾			
s %												von ----- mR			
MAX															
MIN															
Mittelwert	1,00														

Tab. III/2, Bl. 3

1) α täglicher Meßwert nach Abzug der jeweils im vorausgegangenen Versuch (Tag) ermittelten Vordosis (Nullanzeige) α_U
 α_i im Vorversuch ermittelte Einzeldosimeteranzeige nach Bestrahlung auf Referenzdosis und Abzug der Vordosis α_U
 $\bar{\alpha}_i$ Mittelwert der 10 Dosimeter aus dem Vorversuch

2) Referenzdosis: 100-fache der unteren Nachweisgrenze

RPL TESTPROGRAMM TEIL B											Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung", Blatt 4				
DETEKTOR GERÄT LABOR															
	REL. DOS. EMP. $\alpha_i / \bar{\alpha}_i$ ¹⁾	REL. ANZEIGE α / α_i									REL. STREUUNG DES EINZELDOSIMETERS				
		1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag	8.Tag	9.Tag	10.Tag	s %	$(\alpha/\alpha_i)_{max}$	$(\alpha/\alpha_i)_{min}$	(α/α_i)
DOSIMETER															
i = 1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
REL. STREUUNG DER CHARGE											LANGZEIT-REPRODUZIERBARKEIT DES GESAMTSYSTEMS FÜR REFERENZDOSIS ²⁾				
s %											von _____ mR				
MAX															
MIN															
Mittelwert	1,00														

Tab. III/2, Bl. 4

¹⁾ α täglicher Meßwert nach Abzug der Vordosis α_u
 α_i im Vorversuch ermittelte Einzeldosimeteranzeige nach Bestrahlung auf Referenzdosis und Abzug der Vordosis α_u
 $\bar{\alpha}_i$ Mittelwert der 10 Dosimeter aus dem Vorversuch
²⁾ Referenzdosis: 100-fache der unteren Nachweisgrenze

Tab. III/2, Bl. 5

RPL TESTPROGRAMM TEIL B											Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung" Blatt 5			
DETEKTOR	-----										REL. STREUUNG DES EINZELDOSIMETERS			
GERÄT	-----													
LABOR	-----													
	NULLANZEIGE α_u IN mR													
	1.Tag	2.Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	s %	MAX	MIN	$\bar{\alpha}_u$
DOSIMETER i = 1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
REL. STREUUNG DER CHARGE											LANGZEITÄNDERUNG DER NULLANZEIGE NACH WIEDERHOLTER VORBESTRAHLUNG ¹⁾ mit Regenerierung			
s %	-----													
MAX mR	-----													
MIN mR	-----													
Mittel mR	-----													

¹⁾ Als Vorbestrahlung wird die Bestrahlung auf Referenzdosis, siehe Blatt 4, genutzt

RPL TESTPROGRAMM TEIL B											Fachverband für Strahlenschutz AK "Dosismessung externer Strahlung"			
DETEKTOR _____ GERÄT _____ LABOR _____											Blatt 6			
ART DER MESSUNG	MITTELWERT VON 10 MESSUNGEN										LANGZEITSTABILITÄT			
	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	s	MAX	MIN	MITTEL
1	WASCHVORGANG 10 DOSIMETER mR ¹⁾										mR			
2	WASCHVORGANG EINZEL- DOSIMETER ²⁾ $\Delta_{max}/2$ mR										/			/
3	READER- STABILITÄT ³⁾										%			
4	REFERENZDOSIS ⁴⁾										%			
5	NULLANZEIGE mR ⁵⁾										%			

¹⁾ Siehe Blatt 2, unterste Zeile

²⁾ Siehe Blatt 2, 2. Zeile von unten

³⁾ Siehe Blatt 3, unterste Zeile

⁴⁾ Siehe Blatt 4, unterste Zeile

⁵⁾ Siehe Blatt 5, unterste Zeile

Tab. III/2.B1.6

RPL TESTPROGRAMM TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 1
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR		Kennzeichnung des Meßlabors und des Dosimetersystems
1	RPL-SYSTEM GERÄT HERSTELLER TYP BAUJAHR DETEKTOR HERSTELLER GRÖßE mm x mm x mm KAPSELUNG VORGESCHICHTE	Angaben zum Gerät und Dosimeter einschließlich Kapse- lung für Routineanwendung Genauere Bezeichnung der Glastype
2	WASCHVORGANG VOR MESSUNG ULTRASCHALLBAD WASCHMITTEL DAUER SPÜLEN DAUER FLIEßENDES WASSER DEST. WASSER ALKOHOL SPÜLMITTEL-WECHSEL TROCKNEN	Angaben zur Reinigung der Gläser Häufigkeit der Spülmittelerneuerung in Tagen bzw. Gläseranzahl Trocknen in Luft, Exsikkator oder dergleichen
3	TEMPERUNG BEI 100°C DAUER	Wärmebehandlung vor der Messung
4	REGENERIERUNG DAUER T_{max} °C ABKÜHLZEIT	Wärmebehandlung zur Löschung des Meßwertes Dauer für Abkühlung von 400°C auf 25°C
5	ANZEIGE OHNE GLAS $\bar{\alpha}_0$ mR s_0 % $\Delta_{max}/2\bar{\alpha}_0$	α_0 = Meßwert ohne Glas mit Streulichtunterdrückung Angaben aus 10 Messungen
6	NULLANZEIGE NEUE GLÄSER $\bar{\alpha}_u$ mR s_u % $\Delta_{max}/2\bar{\alpha}_u$	α_u = Meßwert regenerierter und gewaschener Gläser (Vordosis) Angaben aus 10 Gläsern
7	D_{MIN} mR D_{NWG} mR	D_{MIN} = Anzeige für einen Skalenteil im kleinsten Meß- bereich bzw. kleinstmögl. Digitalanzeige in mR D_{NWG} = Dosis der unteren Nachweisgrenze

Tab. III/3, Bl. 1

RPL TESTPROGRAMM		TEIL C	VERGLEICH DER ERGEBNISSE 2
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR		Kennzeichnung des Meßlabors und des Dosimetersystems	
8	DETEKTORSTREUUNG s %	Rel. Streuung von 10 Gläsern (Charge) für Bestrahlung auf $100 \times D_{NWG}$ einschl. Reproduzierbarkeit des Dosimetersystems ohne Einzelkalibrierung	
9	REPRODUZIERBARKEIT REL. STANDARDABWEICHUNG 1x D_{NWG} 5x 10x 20x s % 50x 100x 30 mR	Rel. Standardabweichung der Meßwerte einer Charge von 10 Gläsern nach entsprechender Bestrahlung und Subtraktion der indiv. Vordosis	
10	REPRODUZIERBARKEIT MAXIMALABWEICHUNG 1x 5x $\frac{\Delta_{max}}{2 \bar{\alpha}}$ 10x 20x % 50x 100x 30 mR	Rel. maximale Meßwertabweichung mit $\Delta_{max} = \alpha_{max} - \alpha_{min}$ der Meßwerte einer Charge von 10 Gläsern nach entsprechender Bestrahlung und Subtraktion der indiv. Vordosis	
11	LINEARITÄT DES DOSIMETERSYSTEMS 1x D_{NWG} $\bar{\alpha}/D$ 5x 10x % 20x 50x 100x 30 mR	$\bar{\alpha}$ = Mittelwert der Meßwerte einer Charge von 10 Dosimetern nach entsprechender Bestrahlung auf die Dosis D mit Subtraktion der indiv. Vordosis Proz. Abweichung von der linearen Anzeige des Readers einschließlich Meßunsicherheit durch Bestrahlen, Regenerieren, Waschen, Readerkalibrieren	
12	WASCHVORGANG BEI VORDOSIS $\bar{\alpha}_U$ WV mR 10 DOSIMETER 10 WV mR s $\Delta_{max}/2$ mR 10 DOSIMETER 2 WV mR s $\Delta_{max}/2$ mR EINZELDOSIMETER 10 WV mR MAX mR MIN mR	Änderung der Nullanzeige einer Charge von 10 regenerierten Gläsern bei 10-maliger Wiederholung von Regenerierung sowie des Waschvorganges unter Routinebedingungen: Meßwertänderung ($\alpha_U - \bar{\alpha}_U$) der Charge über 10 Waschvorgänge (Teil B Blatt 2 und Blatt 6, Zeile 1) Meßwertänderung der Charge über 2 Waschvorgänge (Teil B Blatt 1, Spalte 5) Extremwerte der Nullanzeigeänderung eines Einzelglases für 10 Waschvorgänge (Teil B Blatt 6, Zeile 2) von 10 Gläsern	

Tab. III/3, Bl. 2

RPL TESTPROGRAMM TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 3
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR		Kennzeichnung des Meßlabors und des Dosimetersystems
13	READERSTABILITÄT s MAX MIN % MITTEL	Änderung der Dosisanzeige einer Charge von 10 Gläsern nach einmaliger Bestrahlung auf $100 \times D_{NWG}$ und wiederholter Messung an 10 Tagen
14	REFERENZDOSIS s MAX MIN % MITTEL	Änderung der Dosisanzeige einer Charge von 10 Gläsern nach 10-maliger Wiederholung der Regenerierung, der Bestrahlung auf $100 \times D_{NWG}$ und der Messung
15	NULLANZEIGE s % MAX mR MIN mR MAX/MIN	Änderung der Nullanzeige einer Charge von 10 Gläsern nach 10-maliger Wiederholung der Bestrahlung auf $100 \times D_{NWG}$ und der Regenerierung
16	TEMPERATUREINFLUß BEI 70°C nach 1d 2d 4d 10d $\frac{\alpha}{\alpha_a}$	Rel. Änderung der Meßwertanzeige für eine Lagerung bei 70°C α_a = Meßwert vor Lagerung bei 70°C α = Meßwert nach entsprechender Lagerung bei 70°C

Tab. III/3, Bl. 3

RPL TESTPROGRAMM		TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 1			
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR							
1	RPL-SYSTEM GERÄT HERSTELLER TYP BAUJAHR DETEKTOR HERSTELLER GRÖÖE mm x mm x mm KAPSELUNG VORGESCHICHTE						
2	WASCHVORGANG VOR MESSUNG ULTRASCHALLBAD WASCHMITTEL DAUER SPOLEN DAUER FLIESENDES WASSER DEST. WASSER ALKOHOL SPÜLMITTEL-WECHSEL TROCKNEN						
3	TEMPERUNG BEI 100°C DAUER						
4	REGENERIERUNG DAUER T_{max} °C ABKÜHLZEIT						
5	ANZEIGE OHNE GLAS $\bar{\alpha}_0$ mR s_0 % $\Delta_{max}/2\bar{\alpha}_0$						
6	NULLANZEIGE NEUE GLÄSER $\bar{\alpha}_u$ mR s_u % $\Delta_{max}/2\bar{\alpha}_u$						
7	D_{MIN} mR D_{NWG} mR						

Tab.III/4.B1.1

RPL TESTPROGRAMM		TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 2			
SYSTEM/LABOR NR.							
GERÄT							
DETEKTOR							
8	DETEKTORSTREUUNG s %						
9	REPRODUZIERBARKEIT REL. STANDARDABWEICHUNG 1x D_{NWG} 5x 10x 20x s % 50x 100x 30 mR						
10	REPRODUZIERBARKEIT MAXIMALABWEICHUNG 1x D_{NWG} 5x $\frac{\Delta_{max}}{2 \bar{\alpha}}$ 10x 20x % 50x 100x 30 mR						
11	LINEARITÄT DES DOSIMETERSYSTEMES 1x D_{NWG} $\bar{\alpha}/D$ 5x 10x % 20x 50x 100x 30 mR						
12	WASCHVORGANG WV BEI VORDOSIS $\bar{\alpha}_u$ 10 DOSIMETER 10 WV s mR $\Delta_{max}/2$ mR 10 DOSIMETER 2 WV s mR $\Delta_{max}/2$ mR EINZELDOSIMETER 10 WV MAX mR MIN mR						

Tab. III/4, B1.2

RPL TESTPROGRAMM TEIL C		VERGLEICH DER ERGEBNISSE 3				
SYSTEM/LABOR NR. GERÄT DETEKTOR						
13	READERSTABILITÄT s MAX MIN % MITTEL					
14	REFERENZDOSIS s MAX MIN % MITTEL					
15	NULLANZEIGE s % MAX mR MIN mR MAX/MIN					
16	TEMPERATUREINFLUß BEI 70°C nach 1d 2d 4d $\frac{\alpha}{a}$ 10d					

Tab. III/4, Bl. 3