

KfK 2898
August 1980

Dosimetrische Eigenschaften des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes Type Graetz TDW 10/20

M. Hauser, B. Burgkhardt, E. Piesch
Hauptabteilung Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Hauptabteilung Sicherheit

KfK 2898

Dosimetrische Eigenschaften des Taschen-
Dosimeß- und Warngerätes Type Graetz
TDW 10/20

M. Hauser, B. Burgkhardt, E.Piesch

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Innerhalb der Personenüberwachung werden Taschendosimeter mit eingebauter Alarmvorrichtung in zunehmendem Maße eingesetzt. Der Bericht gibt die Ergebnisse eines in Karlsruhe durchgeführten Testes des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes Type Graetz TDW 10/20 wieder. Untersucht wurden insbesondere

- die Linearität und Reproduzierbarkeit der Dosisanzeige sowie der akustischen Alarmanzeige,
- die Abhängigkeit der Dosisanzeige von der Photonenenergie, der Richtung des Strahleneinfalles, der Dosisleistung und der Temperatur,
- die Arbeitscharakteristik des Akkumulators.

Dosimetric Properties of the pocket alarm dosimeter Type Graetz TDW 10/20.

Abstract

In personnel monitoring pocket dosimeters with build-in alarm devices are increasingly in use. The report presents results of a test performed at Karlsruhe for the pocket dose and alarm meter type Graetz TDW 10/20. The properties investigated are above all

- linearity and reproducibility of the dose reading as well as of the acoustic alarm indication,
- dependence on the dose reading, the photon energy, the direction of the radiation incidence, the dose rate, the temperature,
- operational characteristic of the batteries.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung	1
2. Dosisanzeige	2
3. Akustische Warnanzeige	3
4. Energie- und Richtungsabhängigkeit	5
5. Dosisleistungsabhängigkeit	9
6. Temperaturabhängigkeit	10
7. Betriebsdauer des Akkumulators	11
8. Einsatzmöglichkeiten in der Personenüberwachung	12

1. Einleitung

Das Taschen-Dosismeß- und Warngerät TDW 10/20 der Firma Graetz Vertriebsgesellschaft mbH ist ein fremdablesbares Dosimeter mit Analoganzeige der Dosis im Meßbereich 0 - 200 mR bzw. 0 - 1500 mR und einer wählbaren akustischen Warnschwelle bei 20, 100, 400 oder 1500 mR. Als Detektor wird ein GM-Zählrohr Type Valvo 18 529 mit Energiekompensationsfilter verwendet, dessen Zählrate über einen Digital-Analogwandler gespeichert wird. Zur Auswertung der Dosimeter stehen wahlweise folgende Anzeigeräte zur Verfügung:

- das ohne Versorgungsspannung arbeitende Abfragegerät AG 01 mit Analoganzeige der Dosis in zwei manuell umschaltbaren Meßbereichen,
- das Lade- und Auswertegerät LAG 5 H mit einer Analoganzeige der Dosis an einem der 5 Ladeplätze,
- das Computer-kompatible-Meßsystem CKM mit einer Digitalanzeige der Dosis nach Digitalisierung des Speicherinhaltes mit einem Spannungsfrequenzwandler, einer gleichzeitigen Abtastung der Gerätekennummer und der Möglichkeit einer Datenübertragung an eine EDV-Anlage über einen BCD codierten Ausgang im TTL-Pegel.

Eine ausführliche Beschreibung der Funktionsweise und der Einsatzmöglichkeiten des Gerätes bietet das Prospektblatt der Firma Graetz [1].

Für den Gerätetest standen 10 Dosimeter sowie das Computer-kompatible-Meßsystem CKM zur Verfügung. Zur Prüfung der dosimetrischen Eigenschaften wurden bei den meisten Testreihen jeweils 10 Dosimeter unter gleichen Bedingungen bestrahlt. Die Chargenstreuung bzw. Fertigungstoleranz der 10 Dosimeter betrug aufgrund einer Kalibrierbestrahlung und Dosisablesung $\pm 6 \%$.

Die Bestrahlungen erfolgten mit ^{137}Cs Gammastrahlung, bei der Bestimmung der Energieabhängigkeit wurde gefilterte Röntgenbremsstrahlung unterschiedlicher Energie eingesetzt. Bei der Ergebnisdarstellung wird der Mittelwert bzw. die Standardabweichung mit der entsprechenden Maximalstreuung wiedergegeben.

Untersucht wurde die Meßgenauigkeit im vorgegebenen Dosisbereich, die Energie- und Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige, die Dosisanzeigegenauigkeit bei der Auslösung des Warntones an den Warnschwellen, die Abweichung der alarmauslösenden Dosis von der angewählten Dosischwelle,

die Übereinstimmung zwischen angewählter Dosisschwelle und Dosisanzeige bei Alarmauslösung, die Dosisleistungs- und Temperaturabhängigkeit der Dosisanzeige sowie die Entladungscharakteristik des eingebauten Akkumulators.

2. Dosisanzeige

Die Linearität der Dosisanzeige wurde bei konstanter Dosisleistung von 600 mR/h im vorgegebenen Dosisbereich zwischen 5 und 2000 mR untersucht. Der Quotient Dosisanzeige/Standardionendosis ist in Abb. 1 in Abhängigkeit von der Standardionendosis wiedergegeben.

Im Dosisbereich oberhalb 20 mR wird die Soll-dosis von den Dosimetern innerhalb $\pm 3\%$ richtig wiedergegeben. Im unteren Meßbereich ist der Anzeigefehler, der sich hier vor allem aus der kleinsten Digitalanzeige von 1 mR ergibt, durch die schraffierte Fläche dargestellt. Eine mittlere systematische Abweichung der Dosisanzeige von der Standardionendosis betrug -2% bei höheren Dosen.

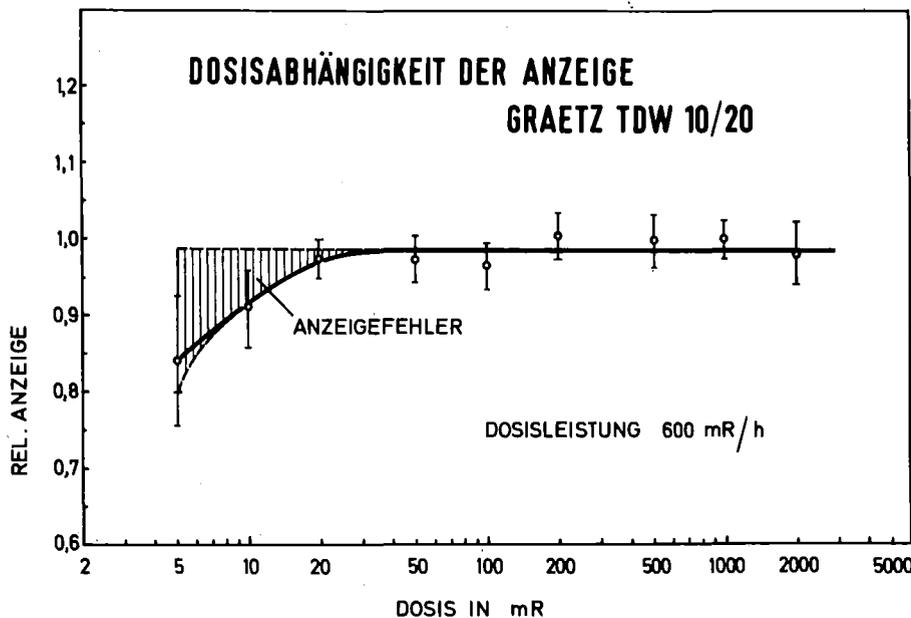


Abb. 1: Die rel. Anzeige des Taschendosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bezogen auf die Standardionendosis in Abhängigkeit von der Standardionendosis

3. Akustische Warnanzeige

Zur Untersuchung der akustischen Warnschwelle wurde in einem Bestrahlungsversuch diejenige Dosis D ermittelt, welche zur Auslösung des akustischen Alarmes an der Warnschwelle S erforderlich ist. Von Interesse ist hierbei

- die relative Abweichung $\frac{D - S}{D}$ zwischen der alarmlösenden Dosis D und der angewählten Dosisschwelle sowie

- die relative Abweichung $\frac{\alpha - D}{D}$ zwischen der alarmlösenden Dosis D und der bei Alarmlösung vom Dosimeter angezeigten Dosis α .

Die Ergebnisse dieses Testes sind in Abb. 2 und Abb. 3 für die verschiedenen Warnschwellen S wiedergegeben.

AUSLÖSUNG DES AKUSTISCHEN ALARMS GRAETZ TDW 10/20

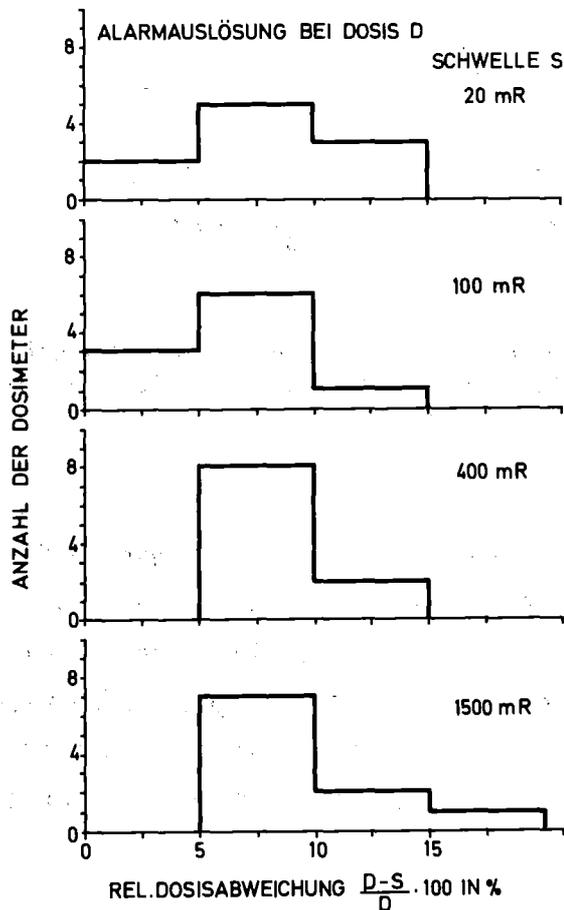


Abb. 2: Prozentuale Abweichung der alarmlösenden Dosis D von der angewählten Dosisschwelle S

AUSLÖSUNG DES AKUSTISCHEN ALARMS GRAETZ TDW 10/20

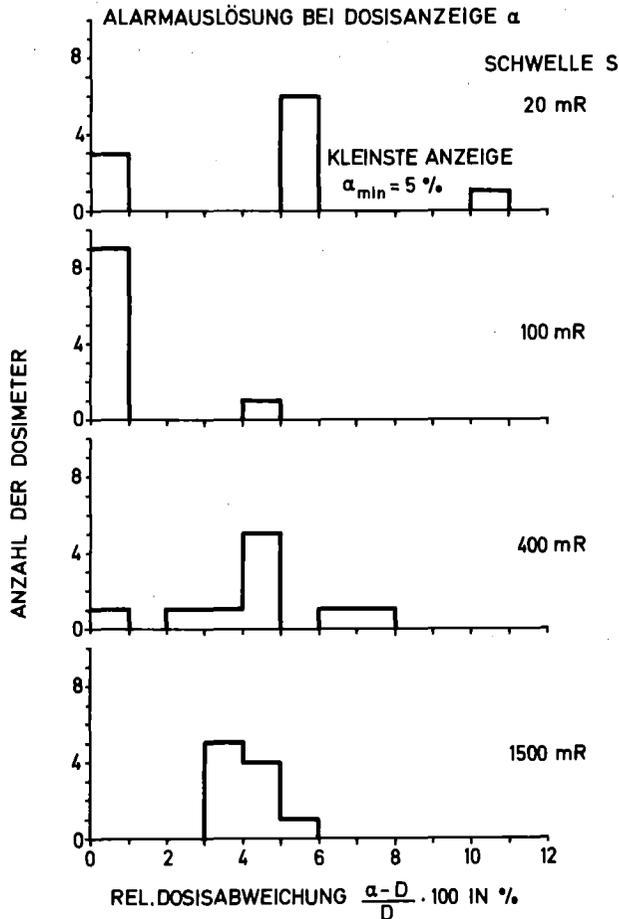


Abb. 3: Prozentuale Abweichung der alarmanlösenden Dosis D von der bei Alarmanlösung angezeigten Dosis α

Danach erfolgt die Alarmanlösung in den meisten Fällen erst nach einer Überschreitung der Warnschwelledosis um 5 - 15 %, für die obere Schwelle bei einem Einzeldosimeter erst nach 15 % Überschreitung. Die bei der Warnauslösung angezeigte Dosis α zeigt hingegen eine wesentlich kleinere Abweichung bis zu 5 %. Hier muß berücksichtigt werden, daß bei der Schwelle von 20 mR der kleinsten anzeigbaren Dosis von 1 mR eine Dosisänderung von 5 % entsprechen.

4. Energie- und Richtungsabhängigkeit

Zur Bestimmung der Energieabhängigkeit wurde Röntgenbremsstrahlung der PTB-Filterung A (Tab. 1) verwendet [2]. Als Vergleichsdosimeter diente eine von der PTB für die jeweilige Energie kalibrierte Ionisationskammer, Type St-Kammer 64 086 der Firma Pychlau, Freiburg. Die Ergebnisse in Abb. 4 wurden auf die Energie von ^{137}Cs Gammastrahlung bezogen. Das energiekompenzierte GM-Zählrohr Type Valvo 18 529, zeigt im Energiebereich 50 keV bis 660 keV eine maximale Energieabhängigkeit der Dosisanzeige von $\pm 30\%$.

Tabelle 1

Strahlenqualitäten für Eichung von Strahlenschutzdosimetern

a) Sehr harte Filterung (Serie A) :

Kurzbezeichnung	Röhrenspannung in kV	Zusatzfilterung				1. Halbwertschichtdicke in mm		Mittlere Energie in keV	
		Al	Cu	Sn	Pb	Al	Cu		
A 7,5	7,5	keine				0,025		6,5	
A 10	10	0,1				0,05		9	
A 15	15	0,5				0,15		12	
A 20	20	1,0				0,35		17	
A 30	30	4,0				1,2		26	
A 40*	40		0,21				0,09	33	
A 60	60		0,6				0,24	48	
A 80	80		2,0				0,59	65	
A 100	100		5,0				1,1	83	
A 120	120		5,0	1,0			1,7	100	
A 150	150			2,5			2,4	118	
A 200*	200		2,0	3,0	1,0		3,9	161	
A 250	250			2,0	3,0		5,2	205	
A 300	300			3,0	5,0		6,2	248	
Cs *	Caesium - 137 - Gammastrahlung							10,8	662
Co	Kobalt - 60 - Gammastrahlung							14,6	1250

* Diese Strahlungen werden als Bezugsstrahlungen verwendet. Sie dienen zur Realisierung der Bezugsenergien 30keV, 150keV und 662 keV.

Eigenfilterung: Angepaßt an 2mm Beryllium für Röhrenspannung $< 40\text{kV}$.

Angepaßt an 4mm Aluminium für Röhrenspannung $\geq 40\text{kV}$.

Angaben der Tabelle 2a gelten für einen Abstand Brennfleck-Meßort von 1m.

Dosisleistung in 1m Abstand für Röhrenstrom von 10mA: 1rdh^{-1} bis 10rdh^{-1} .

Werte für 1. Halbwertschichtdicke gelten für Röhrenstrom von 10mA.

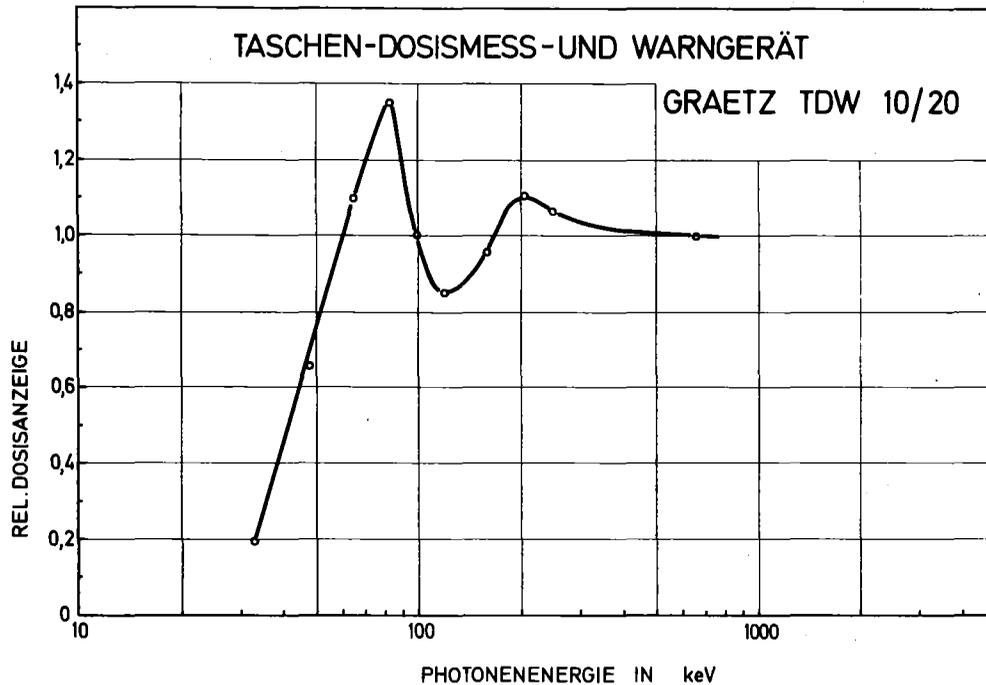


Abb. 4: Rel. Dosisanzeige des Taschen-Dosismess- und Warngerätes TDW 10/20 bezogen auf die Standardionendosis in Abhängigkeit von der Photonenenergie und normiert auf die Anzeige bei 660 keV.

Die Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige wurde bei einer Photonenenergie von 65 keV und 662 keV (Abb. 5 und Abb. 6) in zwei senkrecht zueinander liegenden Meßebenen untersucht. Energiearme Photonenstrahlung wird bei Bestrahlung von oben bzw. einem seitlichen Strahlungseinfall am Zählrohr abgewandten Teil des Dosimeters bis zu 90 % absorbiert.

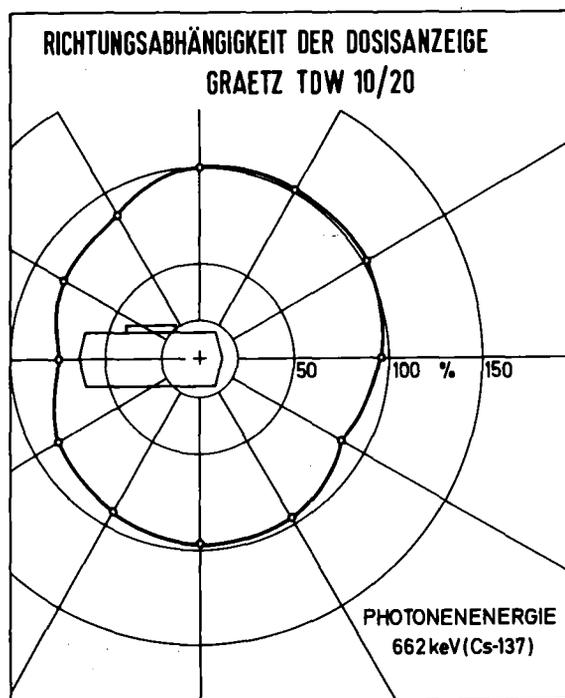
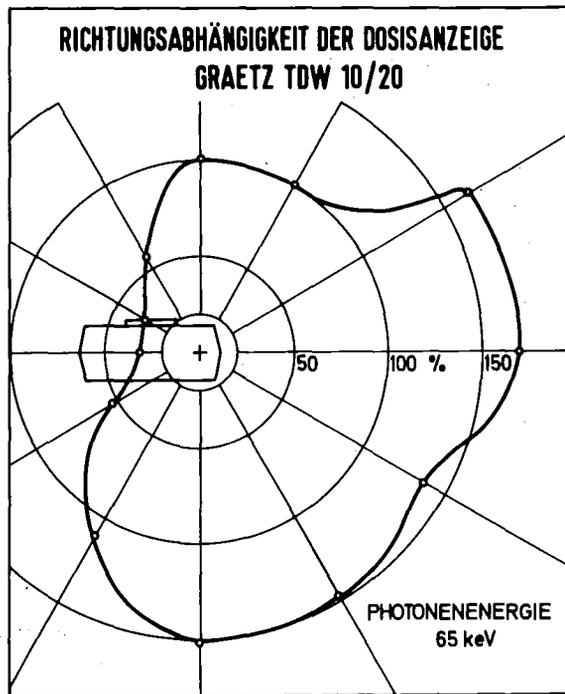


Abb. 5: Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige des Taschendosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bei Einstrahlung in horizontaler Ebene für Photonenenergien von 65 keV und 662 keV

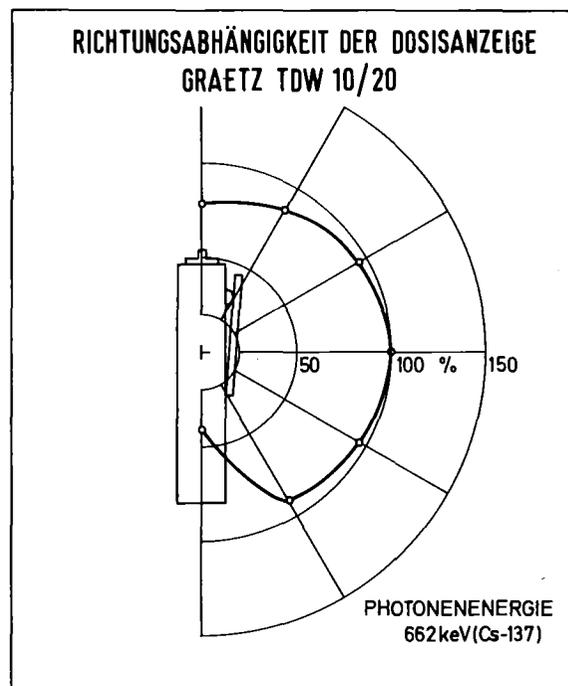
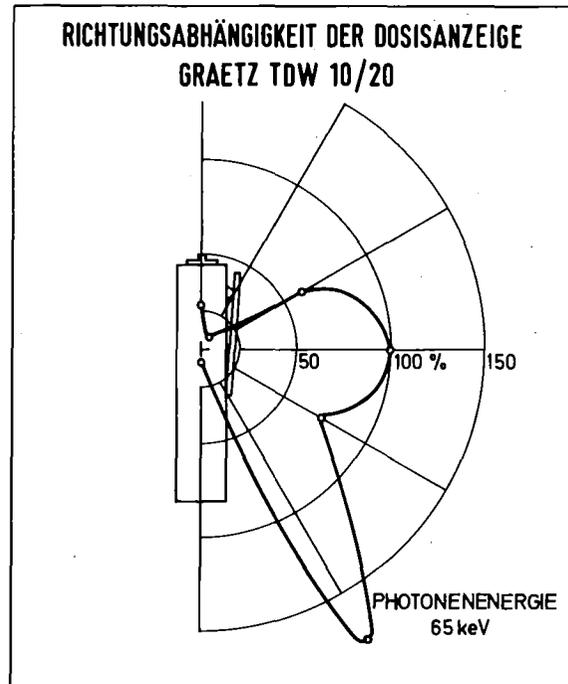


Abb. 6: Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige des Taschendosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bei Einstrahlung in vertikaler Ebene für Photonenenergien von 65 keV und 662 keV

5. Dosisleistungsabhängigkeit

Der Einfluß der Dosisleistung auf die akkumulierte Dosisanzeige ist in Abb. 7 wiedergegeben. Hierbei wurden jeweils 10 Dosimeter auf eine Dosis von 20 mR bzw. 100 mR bestrahlt und der Mittelwert der rel. Dosisanzeigen und die entsprechende Standardabweichung wiedergegeben. Die Streuung der Meßergebnisse bei kleiner Dosisleistung ist auf Anzeigefehler bei 20 mR zurückzuführen (1 Anzeigeschritt entspricht 1 mR, d.h. einer Meßwertabweichung von 5 %).

Wegen Totzeiteffekten im 600. Zählrohr wird die Dosis bei höherer Dosisleistung unterbewertet angezeigt. Bei einer Dosisleistung von 10 R/h beträgt der Meßfehler - 10 %. Das Überschreiten dieser Dosisleistung wird durch einen dafür vorgesehenen akustischen Alarm angezeigt. Für größere Dosisleistungen nimmt der Meßfehler schnell zu.

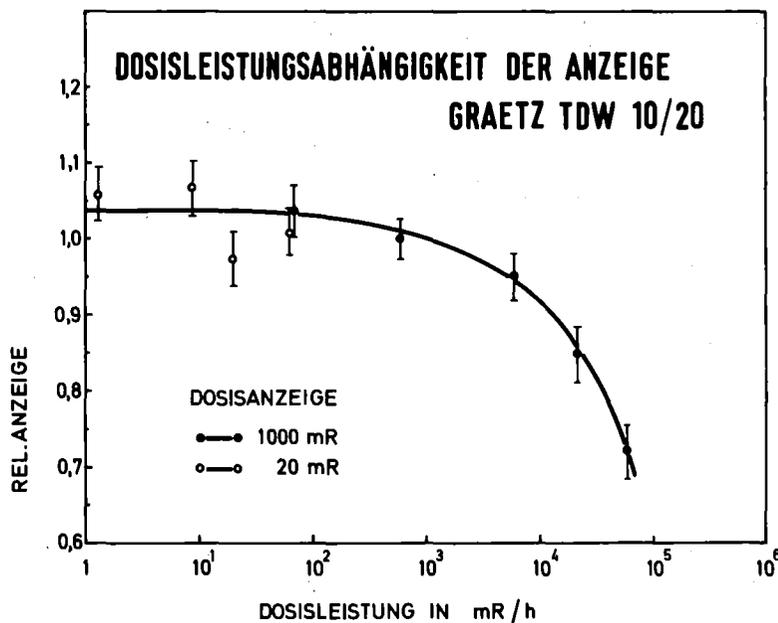


Abb. 7: Die rel. Dosisanzeige des Taschendosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bezogen auf die Standardionendosisleistung in Abhängigkeit von der Dosisleistung

6. Temperaturabhängigkeit

Die Temperaturabhängigkeit der Dosisanzeige wurde mit jeweils 4 Dosimetern untersucht, welche

- bei Zimmertemperatur von 21°C bestrahlt, danach bei verschiedenen Temperaturen gelagert und sofort nach Entnahme aus dem Temperaturschrank ausgewertet wurden (Temperatureinfluß während der Auswertung),
- bei verschiedenen Temperaturen im Temperaturschrank bestrahlt und sofort danach mit dem bei Zimmertemperatur gelagerten Auswertegerät abgelesen wurden (Temperaturanzeige während der Auswertung und Bestrahlung),
- bei verschiedenen Temperaturen im Temperaturschrank bestrahlt und nach Abkühlung auf Zimmertemperatur abgelesen wurden (Temperatureinfluß während der Bestrahlung).

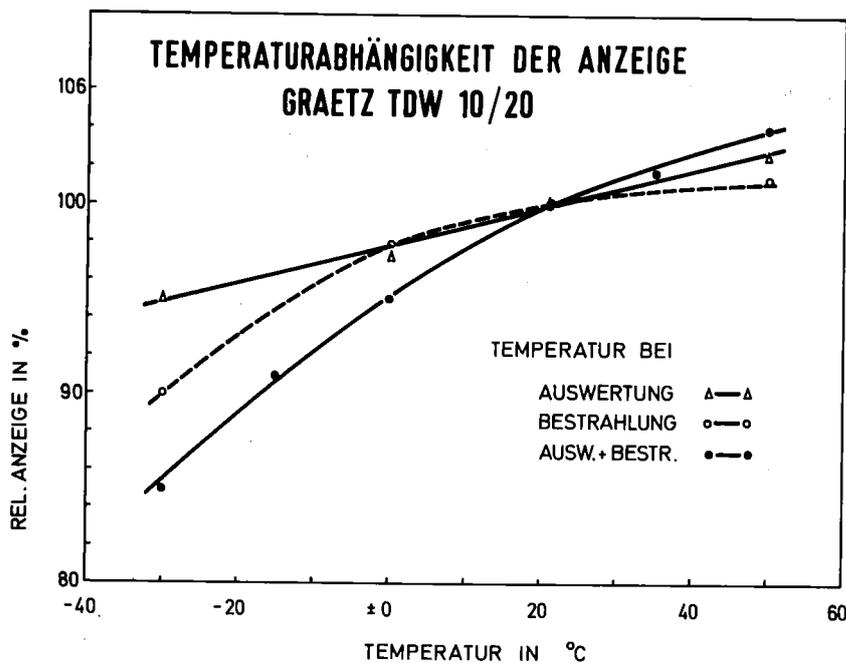


Abb. 8: Die rel. Änderung der Dosisanzeige des Taschendosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 in Abhängigkeit von der Temperatur während der Bestrahlung, während der Auswertung sowie während der Bestrahlung und Auswertung

Die Untersuchungen erfolgten im Temperaturbereich - 30°C bis + 50°C. Die Ergebnisse in Abb. 8 wurden auf die Anzeige bei einer Temperatur von 21°C (Bestrahlung, Lagerung, Auswertung) bezogen und sind Mittelwerte aus den Anzeigen der 4 Dosimeter.

Die Ergebnisse bestätigen die Aussagen im Datenblatt der Firma Graetz, wonach im Temperaturbereich - 30°C bis + 50°C eine maximale Temperaturabhängigkeit von 10 % während der Bestrahlung oder während der Lagerung zu erwarten ist. Der Kurvenverlauf in Abb. 8 zeigt, daß sich der einzelne Temperatureinfluß während der Bestrahlung bzw. während der Auswertung zu einem Gesamttemperatureinfluß bei Bestrahlung und Auswertung addiert.

7. Betriebsdauer des Akkumulators

Vom Hersteller wird für den im Dosimeter eingebauten Akkumulator 501 RS (Bauform Mignon) eine Betriebsdauer von mehr als 30 Stunden ohne Alarm und mehr als 5 Stunden mit Alarm angegeben. Die erforderliche Versorgungsspannung > 2,4 V wird mit Hilfe einer Lumineszenzdiode angezeigt

- volle Betriebsbereitschaft bei > 2,4 V, in Schalterstellung "Test" erfolgt ein Warnton, das Dosimeter ist betriebsbereit,
- Versorgungsspannung < 2,4 V, Aufleuchten der Diode bei jeder Schalterstellung, Speicherinhalt bleibt erhalten und kann abgelesen werden, Dosimeter ist nicht mehr betriebsbereit,
- Versorgungsspannung < 2,2 V, in Schalterstellung "Test" erfolgt weder Warnton noch Aufleuchten der Diode, das Gerät ist nicht mehr betriebsbereit.

Zur Ermittlung der Entladungscharakteristik wurde parallel zum Akkumulator ein hochohmiges Voltmeter angeschlossen. Bei Betrieb des Dosimeters wird ein Strahlungsfeld durch akustische Signale angezeigt, deren Frequenz mit der Dosisleistung ansteigt und bei 3 R/h in einen Dauerton übergeht, wie er bei Überschreiten einer Schwelle hörbar wird. Auch die akustische Dosisleistungsanzeige kann auf Wunsch außer Betrieb gesetzt werden.

Die Änderung der Betriebsspannung in Abhängigkeit von der Betriebsdauer in Abb. 9 zeigt, daß nach einer 16-stündigen Aufladung des Dosimeters die erforderliche Betriebsspannung von 2,4 V nach einer Betriebsdauer von

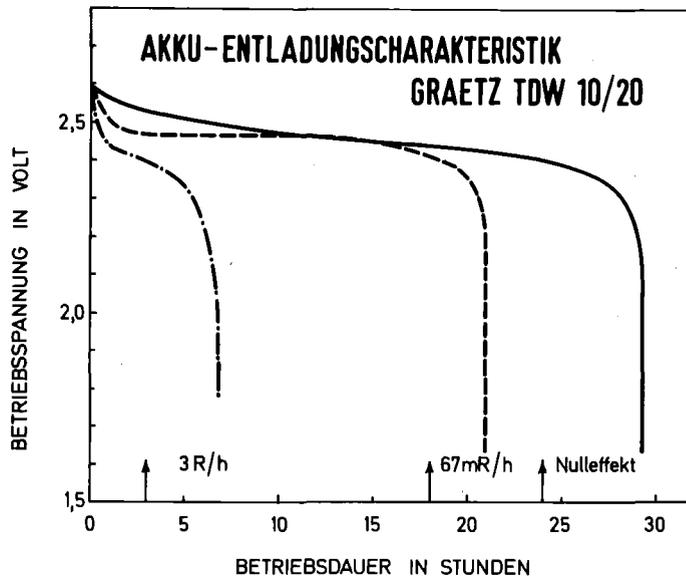


Abb. 9: Akkumulator-Entladungscharakteristik des Taschendosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 in Abhängigkeit von der Betriebsdauer nach 16 h Aufladung für verschiedene Dosisleistungen. Die erforderliche Betriebsspannung ist 2,4 V

3 h, 18 h und 24 h unterschritten wird bei entsprechender Bestrahlung mit einer Dosisleistung von 3 R/h mit Daueralarm, 67 mR/h bzw. Nulleffekt. Die entsprechenden Betriebszeiten für einen Abfall der Betriebsspannung auf 2,2 V betragen 6 h, 21 h und 29 h.

8. Einsatzmöglichkeiten in der Personenüberwachung

Taschenwarngeräte fallen wie alle tragbaren und ortsfesten Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräte unter die Zweite Verordnung über die Eichpflicht von Strahlenschutzmeßgeräten [3]. Nach Vorliegen einer Bauartprüfung durch die PTB sind damit auch Taschenwarngeräte innerhalb der Personenüberwachung hinsichtlich den Erfordernissen einer rechtserheblichen Messung der Personendosis anderen Personendosimetern gleichgestellt.

Hauptaufgabe des Taschenwarngerätes ist die Warnfunktion bei Überschreiten einer vorgegebenen wählbaren Dosis- bzw. Dosisleistungsschwelle.

Solche Warngeräte werden u.a. auch in der Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle [4] bei bestimmten Tätigkeiten in Kontrollbereichen gefordert.

Die zusätzliche Digitalanzeige der Dosis sowie die jederzeitige Ablesung bzw. Auswertung des Dosimeters mindestens am Ausgang des Kontrollbereiches läßt es zu, auf das Tragen zusätzlicher Füllhalterdosimeter zu verzichten. Bei der Auswahl des zweckmäßigen Dosimeters werden vor allem praktische Gesichtspunkte eine Rolle spielen. Zu beachten sind allerdings die unterschiedlichen dosimetrischen Eigenschaften dieses Gerätetypes, insbesondere die Energieabhängigkeit und Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige sowie die Abhängigkeit der Dosisanzeige von der Dosisleistung.

Literatur

- [1] Prospektblatt der Firma Graetz
- [2] B.A. Engelke und W. Oetzmann
PTB-Prüfregeln, ISSN 0341-7964, 1977
- [3] Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle
(§.62 und 63 StrSchV) vom 5.6.1978, GMBI, Nr. 22, S.348, 1978
- [4] Zweite Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung zum
Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 12.12.77, BGBl, I., S.2537,
1977

<u>Abbildungsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
Abb. 1 Die rel. Anzeige des Taschendosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bezogen auf die Standardionendosis in Abhängigkeit von der Standardionendosis	2
Abb. 2 Prozentuale Abweichung der alarmanlösenden Dosis D von der angewählten Dosischwelle S	3
Abb. 3 Prozentuale Abweichung der alarmanlösenden Dosis D von der bei Alarmanlösung angezeigten Dosis α	4
Abb. 4 Rel. Dosisanzeige des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bezogen auf die Standardionendosis in Abhängigkeit von der Photonenenergie	6
Abb. 5 Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bei Einstrahlung in horizontaler Ebene für Photonenenergien von 65 keV und 662 keV	7
Abb. 6 Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bei Einstrahlung in vertikaler Ebene für Photonenenergien von 65 keV und 662 keV	8
Abb. 7 Die rel. Dosisanzeige des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 bezogen auf die Standardionendosisleistung in Abhängigkeit von der Dosisleistung	9
Abb. 8 Die rel. Änderung der Dosisanzeige des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 in Abhängigkeit von der Temperatur während der Bestrahlung, während der Auswertung sowie während der Bestrahlung und Auswertung	10
Abb. 9 Akkumulator-Entladungscharakteristik des Taschen-Dosismeß- und Warngerätes TDW 10/20 in Abhängigkeit von der Betriebsdauer nach 16 h Aufladung für verschiedene Dosisleistungen. Die erforderliche Betriebsspannung ist 2,4 V	12