Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Anforderungen an Personendosimeter

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 117. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 23. April 1993
Veröffentlicht in: – Bundesanzeiger Nr. 207 vom 03. November 1993
– Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 31

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen 3

1 Anwendungsbereich 3

2 Rahmen der Anforderungen 4

3 Zulässige Gesamtmeßunsicherheit der Personendosis 4

4 Zuverlässigkeit und Auswertungszeit eines Personendosimeters 7

5 Zusätzliche Eigenschaften von Personendosimetern, die Informationen über die Expositionsbedingungen liefern sollen 8

6 Wünschenswerte zusätzliche Eigenschaften von Personendosimetern 9

Literatur 10

Anhang: Tabellarische Zusammenstellung von Anforderungen an Personendosimeter 11

Vorbemerkungen

Diese Empfehlung enthält physikalisch-technische Mindestanforderungen an Personendosimeter für die physikalische Strahlenschutzkontrolle nach § 63 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und § 35 der Röntgenverordnung (RöV). Sie richtet sich an alle Stellen und Personen, die Personendosimeter ausgeben, auswerten, verwenden, herstellen und prüfen. Die Anforderungen sind an den Erfordernissen des praktischen Strahlenschutzes bei äußerer Strahlenexposition ([1] bis [3]) ausgerichtet. Dabei sind die Empfehlung Nr. 35 der ICRP [4] und der Stand der Meßtechnik (technische Normen, z. B. [5] und [6]) berücksichtigt*).

Die Empfehlung dient dazu,

– die aus der Sicht des Strahlenschutzes erforderlichen Dosimetereigenschaften zu harmonisieren und

– zur Auswahl geeigneter Personendosimeter beizutragen (z. B. im Rahmen von Richtlinien zur Strahlenschutzverordnung und zur Röntgenverordnung) sowie

– Personendosimeter angemessen fortzuentwickeln.

Ferner ergeben sich aus der Empfehlung die bei einer meßtechnischen Überprüfung von Personendosimetern zugrundezulegenden Bewertungsmaßstäbe.

Die Empfehlung ersetzt nicht die im einzelnen festzulegenden technischen Anforderungen und Prüfvorschriften (z.B. durch technische Normen), sondern setzt Ziele für diese Festlegungen.

1 Anwendungsbereich

Diese Empfehlung bezieht sich auf Personendosimeter, die im Rahmen der physikalischen Strahlenschutzkontrolle zur Messung der Personendosis eingesetzt werden. Darunter fallen:

(a) Personendosimeter, die von den nach Landesrecht zuständigen Meßstellen bereitgestellt werden (§ 63 Abs. 3 Satz 1 StrlSchV, § 35 Abs. 2 Satz 1 RöV),

(b) Personendosimeter, deren Verwendung von der zuständigen Behörde angeordnet wird (§ 63 Abs. 3 Satz 5 StrlSchV, § 35 Abs. 6 Satz 1 Nr. 3 RöV) und

(c) Personendosimeter, die den zu überwachenden Personen auf deren Verlangen zur Verfügung zu stellen sind (§ 63 Abs. 5 StrlSchV, § 35 Abs. 4 RöV).

Die Personendosimeter nach (b) und (c) werden in der Regel vom Betreiber einer Einrichtung oder Anlage ausgegeben und ausgewertet.

---

*) Die verwendeten Begriffe entsprechen der StrlSchV in der Fassung der Bekanntmachung vom 30.6.1989 (BGBl I, S. 1321 und S. 1926) und der RöV vom 8.1.1987 (BGBl I, S. 114) sowie der Norm DIN 6814 Teil 3 [7].

2 Rahmen der Anforderungen

Diese Empfehlung stellt einen Rahmen für Anforderungen an Personendosimeter dar, der den Erfordernissen des praktischen Strahlenschutzes Rechnung trägt. Sie erstreckt sich auf:

– die zulässige Gesamtmeßunsicherheit der Personendosis

– Eigenschaften, die für eine sichere Handhabung und Auswertung des Personendosimeters wesentlich sind

– zusätzliche Angaben über die Expositionsbedingungen, die für eine genauere Ermittlung der Körperdosis zu berücksichtigen sind.

Es werden Mindestanforderungen an die Meßrichtigkeit und Meßbeständigkeit von Personendosimetern angegeben (Abschnitte 3 und 4). Zusätzliche Anforderungen an Personendosimeter, die neben Meßwerten der Personendosis Informationen über die Expositionsbedingungen am Arbeitsplatz liefern, so daß u. U. eine genauere Ermittlung der Körperdosis (effektive Dosis oder Teilkörperdosis) möglich ist, sind in Abschnitt 5 enthalten. In Abschnitt 6 werden wünschenswerte zusätzliche Eigenschaften aufgeführt, welche die Optimierung des Strahlenschutzes erleichtern und insbesondere bei Weiter- oder Neuentwicklungen von Personendosimetern berücksichtigt werden sollen.

Die Anforderungen müssen im Anwendungsbereich des Personendosimeters eingehalten werden. Dies bedeutet insbesondere, daß die Werte der Einflußgrößen, wie z.B. der Teilchenenergie, der Einfallsrichtung und der Umgebungstemperatur, bei der Messung innerhalb der Nenngebrauchsbereiche des Personendosimeters liegen müssen.

3 Zulässige Gesamtmeßunsicherheit der Personendosis

Die Körperdosen beruflich strahlenexponierter Personen dürfen bestimmte Grenzwerte (StrlSchV § 49 Abs. 1, RöV § 31 Abs. 1) nicht überschreiten. Die Ermittlung dieser Körperdosen erfolgt bei äußerer Exposition mit Hilfe von - gegebenenfalls über mehrere Überwachungszeiträume summierten - Personendosen. Im folgenden werden die die Gesamtmeßunsicherheit des Personendosimeters charakterisierenden, maximal zulässigen Meßabweichungen dieser Personendosen spezifiziert. Diese maximalen Meßabweichungen beinhalten z. B. Meßabweichungen aufgrund der Energie- und Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens des Personendosimeters sowie aufgrund von Fehlern bei der Kalibrierung.

Bei Ganzkörperdosimetern darf oberhalb etwa 10 mSv der Meßwert H_{pm} der Personendosis nicht größer als das 1,5-fache bzw. nicht kleiner als das 1/1,5-fache des wahren Wertes H_{pw} der Personendosis sein. Der Wert 1,5 ist in Übereinstimmung mit der Empfehlung Nr. 35 der ICRP [4] festgelegt. Ebenfalls darf der über einen Zeitraum von 12 Monaten summierte Meßwert H_{pm} nicht größer sein als das 1,5-fache bzw. nicht kleiner sein als das 1/1,5-fache des wahren Wertes H_{pw}, falls diese Summe 10 mSv überschreitet. Entsprechendes gilt oberhalb von etwa 50 mSv für Personendosimeter zur Messung der Teilkörperexposition.

Besondere Bedeutung in der Personendosisüberwachung haben Dosimeter, mit denen die über einen Monat summierte Personendosis gemessen wird. Allein durch die natürliche Umgebungsstrahlung werden effektive Dosen – von Ort zu Ort unterschiedlich – bis zu etwa 0,2 mSv im

Monat verursacht. Daher ist dieser Wert als untere Grenze des Meßbereichs eines Ganzkörperdosimeters für die über einen Monat summierte Personendosis angemessen. Für die Teilkörperdosen der Hände, Unterarme, Füße, Unterschenkel, Knöchel, einschließlich der dazugehörigen Haut, gilt ein höherer Grenzwert als für die effektive Dosis. Daher ist hier eine untere Meßbereichsgrenze von 1 mSv bei Teilkörperdosimetern zur Messung der Personendosis an diesen Körperteilen angemessen. Bei Messungen über kürzere Zeiträume als einen Monat (z.B. bei täglicher Ablesung von Taschendosimetern und Summation der täglichen Dosiswerte) ist darauf zu achten, daß bei einer Summation über einen Monat die oben genannte untere Meßbereichsgrenze eingehalten wird.

Im folgenden wird daher von einer Personendosis von 0,2 mSv bei Ganzkörperexposition und von 1 mSv bei Teilkörperexposition im Monat als unterstem anzugebenden Wert H_{p0} ausgegangen. Bei diesen Werten (d. h. für $H_{pw} = H_{p0}$) ist eine Meßabweichung von ± 100 % erlaubt. Mit zunehmenden Werten der Personendosis muß die maximal zulässige Meßabweichung gemäß der Beziehung (1) abnehmen, so daß zu hohen Werten hin (d. h. für $H_{pw} >> H_{p0}$) der Quotient H_{pm}/H_{pw} nur noch im Intervall von 1/1,5 bis 1,5 liegen darf:

$$\frac{1}{1{,}5}\left(1-\frac{2\,H_{p0}}{H_{p0}+H_{pw}}\right) \le \frac{H_{pm}}{H_{pw}} \le 1{,}5\left(1+\frac{H_{p0}}{2\,H_{p0}+H_{pw}}\right) \qquad (1)$$

Dabei ist:

H_{pm} Meßwert der Personendosis,
H_{pw} wahrer Wert der Personendosis,
H_{p0} untere Grenze des Meßbereiches mit H_{p0} = 0,2 mSv für Ganzkörperdosimeter und H_{p0} = 1 mSv für Teilkörperdosimeter.

Die maximal zulässigen Meßabweichungen sind in Bild 1 für Ganzkörperdosimeter und in Bild 2 für Teilkörperdosimeter dargestellt.

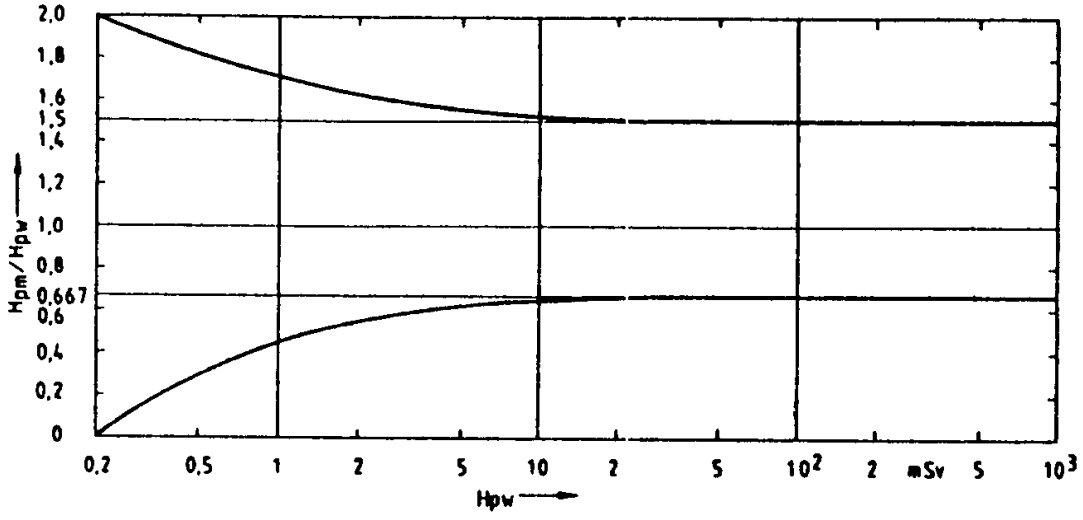

Abb. 1: Maximal zulässige Meßabweichungen, dargestellt als Variationsgrenzen des Quotienten H_{pm}/H_{pw} in Abhängigkeit vom wahren Wert der Meßgröße H_{pw} für Ganzkörperdosimeter (Beziehung (1) mit H_{p0}=0,2 mSv)

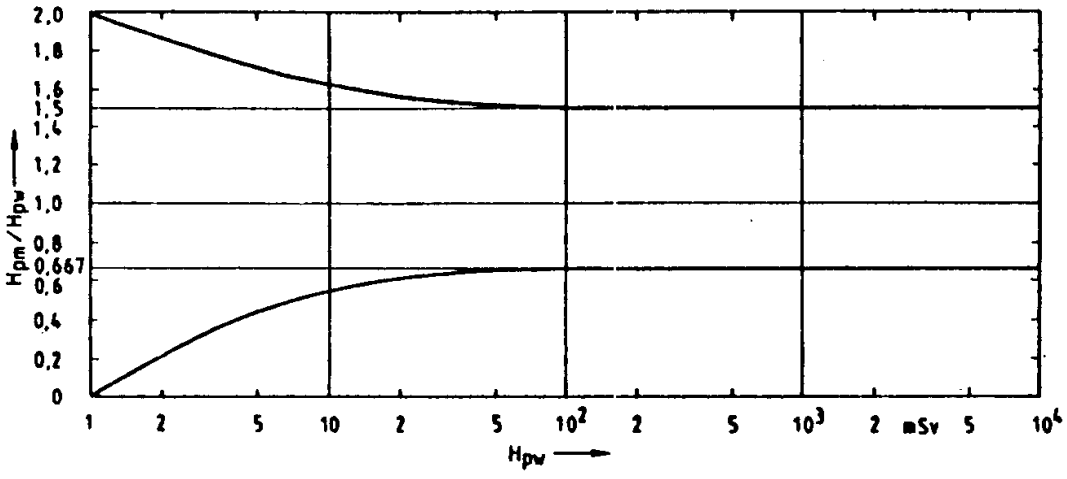

Abb. 2: Maximal zulässige Meßabweichungen, dargestellt als Variationsgrenzen des Quotienten H_{pm} / H_{pw} in Abhängigkeit vom wahren Wert der Meßgröße H_{pw} für Teilkörperdosimeter (Beziehung (1) mit H_{p0} =1 mSv)

Für Photonenstrahlung mit einer mittleren Energie unterhalb 10 keV, Betastrahlung mit einer mittleren Energie unterhalb 0,2 MeV und Neutronenstrahlung darf in Nenngebrauchsbereichen, in denen die Beziehung (1) nach dem augenblicklichen Stand der Meßtechnik nicht einzuhalten ist, statt dessen die folgende Beziehung (2) angewendet werden:

$$\frac{1}{2}\left(1-\frac{2H_{p0}}{H_{p0}+H_{pw}}\right)\leq\frac{H_{pm}}{H_{pw}}\leq 2 \qquad (2)$$

H_{p0}, H_{pw} und H_{pm} wie in Beziehung (1).

In gemischten Strahlungsfeldern, in denen die oben genannten, schwerer meßbaren Komponenten mehr als 20 % zur Gesamtdosis beitragen, gilt für die Gesamtdosis ebenfalls die Beziehung (2). Bis zu diesem Anteil von 20 % ist die Beziehung (1) einzuhalten. Häufig liegen in diesen Fällen auch ausreichende Informationen über das Strahlenfeld und die Arbeitsbedingungen vor, so daß die Körperdosis mit Hilfe dieser Angaben genauer als durch die Personendosismessung allein ermittelt werden kann.

Die meßtechnische Überprüfung der Einhaltung der Beziehungen (1) und (2) soll unter definierten, von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt festgelegten Prüfbedingungen erfolgen, die sich an den Expositionsbedingungen beim praktischen Einsatz der Dosimeter orientieren und für die H_{pw} genau bekannt ist. Es ist ausreichend, eine statistische Sicherheit von 90 % einzuhalten. Die herausfallenden Meßwerte dürfen nur zufällig, d.h. nicht systematisch bedingt sein.

Tabelle 1 enthält nach praktischen Gesichtspunkten ausgewählte Beispiele für Mindest-Nenngebrauchsbereiche der Teilchenenergien für Photonen-, Beta- und Neutronenstrahlung. Werden größere Nenngebrauchsbereiche angegeben, so sind alle Anforderungen auch innerhalb dieser Nenngebrauchsbereiche einzuhalten.

Tab. 1: Beispiele für Mindest-Nenngebrauchsbereiche der Teilchenenergie für Photonen-, Beta- und Neutronenstrahlung

Art der Strahlung	Mindest-Nenngebrauchsbereich
Photonenstrahlung (mittlere Energien)	0,015 MeV bis 0,08 MeV oder 0,045 MeV bis 1,3 MeV
Betastrahlung (mittlere Energien)	0,2 MeV bis 1,0 MeV
Neutronenstrahlung	Energien von Neutronen an Reaktoren und Beschleunigern (starke Abschirmung) oder Energien von Neutronen des Brennstoffzyklus und von kritischen Anordnungen (schwache Abschirmung) oder Energien von Neutronen aus Radionuklid-Neutronenquellen oder Energien von Neutronen von Beschleunigern in der Forschung

4 Zuverlässigkeit und Auswertungszeit eines Personendosimeters

Ein Personendosimeter muß den Anforderungen an die zulässige Gesamtmeßunsicherheit der Personendosis genügen und die folgenden weiteren Eigenschaften aufweisen:

(a) Zuordnung der Dosimetersonde zum Auswertegerät und zur Person

Die Dosimetersonde muß eine unlöschbare und unverwechselbare Kennzeichnung besitzen, die so beschaffen ist, daß eine eindeutige Zuordnung zum Auswertegerät und zur überwachten Person möglich ist.

(b) Manipulationen an der Dosimetersonde

Es sind Vorkehrungen zu treffen, daß Manipulationen an der Sonde erschwert sind bzw. erkannt werden. Dies bedeutet z. B., daß ein Herausnehmen oder Vertauschen der Detektoren einer Sonde nicht ohne weiteres möglich ist.

(c) Auswertungszeit des Dosimeters

Der Auswertevorgang muß innerhalb von 1 Stunde durchgeführt werden können.

(d) Erkennung von Funktionsfehlern

Funktionsfehler eines Dosimeters, die zu falschen Meßwerten oder zum Verlust von Meßwerten führen können, müssen entweder für das Bedienungspersonal deutlich erkennbar sein oder automatisch zu einer Unterbrechung des Auswertevorganges führen. Solche Funktionsfehler sind z. B. die Nachwirkung einer Messung auf die folgende Messung, das Ausdrucken von Meßwerten bei fehlendem Papier im Drucker, der Ausfall der Hochspannung des Sekundärelektronenvervielfachers bei einem Auswertegerät für Thermolumineszenzdetektoren oder die Änderung der Bestrahlungsstärke der Lampe im Densitometer bei einem Filmdosimeter.

5 Zusätzliche Eigenschaften von Personendosimetern, die Informationen über die Expositionsbedingungen liefern sollen

Personendosimeter, die Informationen über die Expositionsbedingungen liefern sollen, müssen je nach Meßzweck noch folgende Eigenschaften haben:

(a) Erkennung der Strahlenart

Es sind getrennte Meßergebnisse zu liefern für:

- Photonenstrahlung
- Betastrahlung
- Neutronenstrahlung

(b) Ermittlung der Teilchenenergie

Die folgenden Energiebereiche müssen unterschieden werden können:

- Photonenstrahlung: weich, hart, ultrahart (DIN 6814 Teil 2)
- Betastrahlung: mittlere Energie kleiner oder größer als 0,2 MeV
- Neutronenstrahlung: langsame, intermediäre und schnelle Neutronen (DIN 6814 Teil 2)

(c) Erkennung der Strahleneinfallsrichtung

Es muß ermittelt werden können, ob das Dosimeter von vorn, von hinten oder schräg zu seiner Vorzugsrichtung bestrahlt worden ist.

Diese Eigenschaften können auch durch Kombination mehrerer Dosimeter erreicht werden.

Falls die Expositionsbedingungen allein aus Meßwerten des Personendosimeters ermittelt werden, sollte dieses möglichst viele der oben genannten Eigenschaften besitzen. Besonderen Wert haben die vom Personendosimeter gelieferten Informationen über die Expositionsbedingungen bei der Aufklärung unerwartet oder unerklärlich hoher Dosiswerte.

Bei angenähert homogenen Strahlenfeldern, in denen der wesentliche Dosisanteil durch eine Strahlung verursacht wird, bei der das Verhältnis Personendosis zu Körperdosis nur unerheb-

lich von der Strahleneinfallsrichtung abhängt (z. B. bei Photonenstrahlung mit Energien von mehr als etwa 300 keV) können Personendosimeter ohne die oben genannten zusätzlichen Eigenschaften verwendet werden.

6 Wünschenswerte zusätzliche Eigenschaften von Personendosimetern

Zur Optimierung des Strahlenschutzes (wie rechtzeitige Erkennung von Gefahrenquellen, Verhinderung erhöhter Expositionen, Erhöhung der Sicherheit am Arbeitsplatz, Erkennung von Ursachen unvorhergesehener Expositionen) sind folgende Eigenschaften wünschenswert:

(a) Warnung der Person bei erhöhter Exposition (Dosis, Dosisleistung)

(b) jederzeitige Ablesbarkeit der Personendosis

(c) Erkennung von Kontaminationen

(d) Bestimmung von Dauer und Zeitpunkt der Strahlenexposition zur Rekonstruktion der Umstände bei einer erhöhten Exposition

(e) Dosisintegration über längere Zeiträume: bei Auswertung des Dosimeters nach Zeiträumen von beispielsweise einem Monat wäre es günstig, wenn die Meßinformation nicht gelöscht wird, sondern zur Dosisintegration über längere Zeiträume (z. B. ein Jahr) benutzt werden kann

(f) Ausgangsdaten, die zur Rekonstruktion des Meßwertes erforderlich sind, sollten automatisch dokumentiert werden (z. B. Glowkurven bei Thermolumineszenz-Dosimetern oder Werte der optischen Dichte bei Filmdosimetern sowie die zugehörigen Kalibrierfaktoren)

Literatur

[1] Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle (§§ 62 und 63 StrlSchV). GMBl 29 Nr. 22 Ausgabe B Seite 348-354, 1978

[2] Richtlinien über die Bewertung der Personendosis nach § 40 der Röntgenverordnung, 2. Bek. des BMJFG und des BMA vom 15. März 1974 - BMJFG 333-4552-04 und BMA III b 6-3882.4030-1519/74 -

[3] Richtlinien über Art und Umfang der Messung der Personendosis nach § 40 der Röntgenverordnung. 2. Bek. des BMJFG und des BMA vom 15. März 1974 - BMJFG 333-4552-04 und BMA III b 6-3882.4030-1519/74 -

[4] ICRP Publication 35: General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers. Annals of the ICRP 9 No. 4, 1982

[5] DIN 6816: Filmdosimetrie nach dem filteranalytischen Verfahren zur Strahlenschutzüberwachung, Deutsches Institut für Normung 1984

[6] DIN 6818 Teil 6: Strahlenschutzdosimeter, Thermolumineszenz-Dosimetrie-Systeme, Deutsches Institut für Normung 1988

[7] DIN 6814 Teil 3: Radiologische Technik, Begriffe und Benennungen Dosimetrie, Deutsches Institut für Normung 1989

Anhang

Tabellarische Zusammenstellung der Anforderungen an Personendosimeter

– ausgenommen bezüglich der zulässigen Gesamtmeßunsicherheit – sowie der wünschenswerten Eigenschaften

1	2	3	4	5	6
lfd. Nr.	Eigenschaft	erforderlich zur Ermittlung der Personen-dosis	Körper-dosis	wünschens-wert	s. Abschnitt Buchst.
1	Unlöschbare und unverwechselbare Kennzeichnung der Dosimetersonde und eindeutige Zuordnung zum Auswertegerät und zur überwachten Person	*	*		4 (a)
2	Erschwerung oder Erkennung von Manipulationen an der Sonde	*	*		4 (b)
3	Dauer des Auswertevorganges maximal 1 Stunde	*	*		4 (c)
4	Erkennung von Funktionsfehlern	*	*		4 (d)
5	Erkennung der Strahlenart und getrennte Meßergebnisse für: – Photonenstrahlung – Betastrahlung – Neutronenstrahlung		*		5 (a)
6	Ermittlung der Teilchenenergie für: – Photonenstrahlung: weich, hart, ultrahart – Betastrahlung: mittl. Energie kleiner oder größer als 0,2 MeV – Neutronenstrahlung: langsam, intermediär, schnell		*		5 (b)
7	Erkennung der Strahleneinfallsrichtung (von vorn, hinten, schräg)		*		5 (c)
8	Warnung bei erhöhter Exposition			*	6 (a)
9	Jederzeitige Ablesbarkeit der Personendosis			*	6 (b)
10	Erkennung von Kontaminationen			*	6 (c)

1	2	3	4	5	6
lfd. Nr.	Eigenschaft	erforderlich zur Ermittlung der		wünschens-wert	s. Abschnitt Buchst.
		Personen-dosis	Körper-dosis		
11	Bestimmung von Dauer und Zeitpunkt der Strahlenexposition zur Rekonstruk-tion der Umstände			*	6 (d)
12	Weiterverwendbarkeit der Sonde zur Dosisintegration über längere Zeiträume			*	6 (e)
13	Dokumentierbarkeit			*	6 (f)