

## Regeln für die Durchführung von Vergleichsmessungen von amtlichen Neutronen-Personendosimetern gemäß der *Richtlinie über Anforderungen an Personendosismessstellen nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung*

### 1. Vorbemerkung

Nach Nr. 3.1 der *Richtlinie über Anforderungen an Personendosismessstellen nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung vom 10. Dezember 2001*<sup>1</sup> sind von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) jährlich Vergleichsmessungen für amtliche Personendosimeter, die nicht der Eichordnung unterliegen, als Maßnahme zur Qualitätssicherung durchzuführen. Es wird geprüft, ob die Messwerte der von der amtlichen Messstelle eingesetzten Personendosimeter die von der Strahlenschutzkommission (SSK) empfohlenen Anforderungen<sup>2</sup> bezüglich der maximal zulässigen Messabweichungen erfüllen. Die Personendosismessstelle kennt die für die Bestrahlungen verwendeten Dosiswerte dabei nicht.

Die PTB gibt hiermit die Regeln für die Vergleichsmessungen für Neutronen-Personendosimeter vom Typ Albedo bekannt.

### 2. Dosimeter

Diese Regeln gelten für Neutronen-Personendosimeter, die gemäß Nr. 3.1 der *Richtlinie über Anforderungen an Personendosismessstellen nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung vom 10. Dezember 2001* an Vergleichsmessungen hinsichtlich Neutronenstrahlung (Neutronen-Vergleichsmessungen) teilzunehmen haben.

### 3. Vergleichsmessungen

#### 3.1. Einladung und Zusendung der Personendosimeter

Vier Wochen vor Beginn der Vergleichsmessungen fordert die PTB von den amtlichen Personendosismessstellen 44 Personendosimeter an.

#### 3.2. Bestrahlung der Personendosimeter

Für die Neutronen-Vergleichsmessungen werden 36 Personendosimeter in den Referenzstrahlungsfeldern der PTB mit Neutronenstrahlung bestrahlt. Dabei werden Neutronenreferenzstrahlungsfelder gemäß ISO 8529-1<sup>3</sup> und ISO 12789-1<sup>4</sup> benutzt: <sup>252</sup>Cf, unmoderiert und D<sub>2</sub>O-moderiert, ohne und mit Schattenobjekt und <sup>241</sup>Am-<sup>9</sup>Be( $\alpha$ ,n) ohne Schattenobjekt (ohne Schattenobjekt: direkte und gestreute Neutronen, mit Schattenobjekt: nur gestreute Neutronen).

Das Bestrahlungsprogramm wird von der PTB festgelegt. Bei den Vergleichsmessungen wird ein Quaderphantom aus PMMA mit den Abmessungen 30 cm x 30 cm x 15 cm benutzt. Messgröße ist die Tiefen-Personendosis  $H_p(10)$ . Es werden jeweils zehn Bestrahlungen durchgeführt mit jeweils zwei oder vier Dosimetern pro Bestrahlung.

Alle amtlichen Neutronen-Personendosimeter sind aktuell Albedo-Dosimeter. Aufgrund

<sup>1</sup> *Richtlinie über Anforderungen an Personendosismessstellen nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung vom 10. Dezember 2001*, GMBI 2002, Nr. 6, S. 136.

<sup>2</sup> *Anforderungen an Personendosimeter*, Empfehlung der Strahlenschutzkommission vom 24.02.2011, Bundesanzeiger Nr. 135 vom 07.09.2011.

<sup>3</sup> ISO 8529-1:2001 *Reference neutron radiations - Part 1: Characteristics and methods of production*.

<sup>4</sup> ISO 12789-1:2008 *Reference radiation fields - Simulated workplace neutron fields - Part 1: Characteristics and methods of production*

der Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens des Albedo-Dosimeters werden die Neutronenstrahlungsfelder der PTB Anwendungsbereichen N1 bis N3 zugeordnet (siehe PTB-Bericht N-15<sup>5</sup>). Die Zuordnungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Für jedes bestrahlte Dosimeter wird der Personendosismessstelle bei der Rücksendung der Dosimeter der entsprechende Anwendungsbereich mitgeteilt.

Tabelle 1: Zuordnung der Strahlungsfelder zu Anwendungsbereichen.

Quelle	Anwendungsbereich
<sup>252</sup> Cf(D <sub>2</sub> O mod.)	N1
<sup>252</sup> Cf mit Schattenkonus	N2
<sup>252</sup> Cf, <sup>241</sup> AmBe	N3

Die Bestrahlungsbedingungen werden für Anwendungsbereich N1 und N3 durch die Einstellung verschiedener Abstände zwischen Quellzentrum und vorderer Phantomoberfläche und unterschiedlicher Einfallswinkel (Winkel zwischen der Verbindungslinie zwischen Quellmittelpunkt und Zentrum des Phantoms und der Normalen auf der vorderen Phantomoberfläche) variiert. Für den Anwendungsbereich N1 werden Bestrahlungen ohne und mit Schattenblock und mit und ohne Cadmium-Schale durchgeführt. Des Weiteren ist ein Neutronen-Photonen-Mischfeld oder eine zusätzliche Bestrahlung mit thermischen Neutronen im Rahmen der Vergleichsmessungen möglich.

In jedem Jahr wird für jeden Anwendungsbereich eine „Messung unter Wiederholbedingung“ durchgeführt. Die Wiederholbedingungen mit Quelle, Abstand  $d$  und Winkel  $\alpha$  sind in Tabelle 2 aufgeführt. Diese Messungen dienen dazu, regelmäßig Vergleichs- und Kontrollwerte zu erhalten.

Bei den Bestrahlungen werden jeweils Personendosimeter von verschiedenen Personendosismessstellen gemischt, um bei Unregelmäßigkeiten eine zusätzliche Kontrolle der Bestrahlungsbedingungen zu ermöglichen.

Tabelle 2: Wiederholbedingungen.

Anwendungsbereich	Wiederholbedingung
N1	<sup>252</sup> Cf(D <sub>2</sub> O mod., Cd), $d = 58 \text{ cm}, \alpha = 0^\circ$
N2	<sup>252</sup> Cf mit Schattenkonus, $d = 170 \text{ cm}$
N3	<sup>252</sup> Cf, $d = 58 \text{ cm}, \alpha = 0^\circ$

### 3.3. Rücksendung der Personendosimeter

Alle 44 erhaltenen Personendosimeter werden an die Personendosismessstelle zurückgeschickt. Die 36 bestrahlten Personendosimeter werden unter Angabe des dem Strahlungsfeld zugeordneten Anwendungsbereich (N1, N2 oder N3) zurückgesandt. Die acht unbestrahlten Personendosimeter werden als unbestrahlt gekennzeichnet und von der Personendosismessstelle zur Bestimmung der Transport- bzw. Lagerungsdosis genutzt. Wenn erforderlich dienen die Dosimeter als Reserve (z.B. bei Ausfällen der Bestrahlungseinrichtung).

### 3.4. Auswertung der Personendosimeter und Mitteilung der Ergebnisse

Die Personendosismessstelle wertet die erhaltenen Personendosimeter unter Nutzung eines feldspezifischen Korrekturfaktors nach den in der DIN 6802-4<sup>6</sup> festgelegten Vorschriften aus und teilt der PTB innerhalb von vier Wochen nach Erhalt der Personendosimeter die bestimmten Dosiswerte unter Angabe des Verhältnisses von Feld- zu Albedo-Neutronendosisanzeige und des benutzten feldspezifischen Korrekturfaktors mit.

Die PTB gibt der Personendosismessstelle das Ergebnis der Neutronen-Vergleichsmessungen bekannt, aus dem hervorgeht, ob die maximal zulässigen Messabweichungen (Abschnitt 4) eingehalten wurden. Hierzu wird ein Bericht erstellt und der Personendosismessstelle zugesandt. Der Bericht enthält neben dem Ergebnis auch die Bestrahlungsbedingungen: Neutronenquelle, Abstand, Winkel, Neutronenfluenz-Personendosis-

<sup>5</sup> PTB-Bericht N-15, Alberts, G.W. und Kluge, H. (1993) *PTB-Vergleichsmessungen an Personendosimetern für Neutronenstrahlung*, ISBN 3-89429-352-7.

<sup>6</sup> DIN 6802-4:1998 *Neutronendosimetrie – Teil 4: Verfahren zur Personendosimetrie mit Albedodosimetern*.

Konversionskoeffizient  $h_{p\phi}(10,\alpha)$ , Tiefen-Personendosisleistung  $dH_p(10)/dt$ , Anteil der Tiefen-Personendosis aufgrund von gestreuten Neutronen an der gesamten Tiefen-Personendosis  $H_p(10)_{\text{streu}}/H_p(10)_{\text{total}}$ , Tiefen-Personendosis  $H_p(10)$ .

Im Falle einer Nicht-Erfüllung der Anforderungen wird die zuständige Behörde von der Personendosismessstelle über das Ergebnis informiert. In diesem Fall wird nach Umsetzung von Maßnahmen eine weitere Vergleichsmessung durchgeführt.

#### 4. Maximal zulässige Messabweichungen

Der Messwert  $H_{pm}$  ist die von der Personendosismessstelle bestimmte Tiefen-Personendosis  $H_p(10)$  und der Wert  $H_{pw}$  der zugehörige Referenzwert der Tiefen-Personendosis der PTB. Liegt das Verhältnis der Werte  $H_{pm} / H_{pw}$  für ein Dosimeter innerhalb der in den Empfehlungen der SSK<sup>2</sup> vorgegebenen Grenzen ( $V_{\min}$  und  $V_{\max}$ ), gelten die Anforderungen für dieses Dosimeter als erfüllt. Es gilt:

$$V_{\min} \leq \frac{H_{pm}}{H_{pw}} \leq V_{\max}$$

mit:

- $V_{\min} = 0,5 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{H_{p0}}{(H_{p0} + H_{pw})}\right)$   
(mit  $H_{p0} = 0,1$  mSv der unteren Grenze des Messbereichs)
- $V_{\max} = 2$

Die relative Abweichung in % ergibt den Wert 0, wenn keine Grenze überschritten wird, sonst errechnet sich der Wert nach:

$$\text{Rel. Abw.} = \frac{\left(\frac{H_{pm}}{H_{pw}} - V\right)}{V} \cdot 100$$

mit  $V = V_{\min}$  bzw.  $V = V_{\max}$

Bei einer Neutronen-Vergleichsmessung müssen entsprechend der Empfehlung der SSK<sup>2</sup> für messtechnische Überprüfungen diese Grenzen für mindestens 90 % der bestrahlten Personendosimeter eingehalten werden. Für die herausfallenden Messwerte darf keine Systematik erkennbar sein. Im Falle Zur Nutzung in der Praxis müssen die Vorschriften der DIN 6802-4<sup>6</sup> angewendet werden.

#### 5. Häufigkeit der Vergleichsmessungen

Die Neutronen-Vergleichsmessungen werden einmal jährlich durchgeführt.

#### 6. Inkrafttreten

Vergleichsmessungen nach diesen Regeln werden ab dem 01.09.2019 durchgeführt.