



Dosimetrie am IRA für die Strahlentherapie: Messmöglichkeiten und Prüfregele

Stand: Januar 2017

Eichungen von Referenz-Dosimeterssystemen

Die Eichungen unterliegen der Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV) vom 7. Dezember 2012 mit den zugehörigen Begriffserläuterungen.

Nach StMmV bedürfen Referenz-Dosimetersysteme für die Strahlentherapie einer ordentlichen Zulassung um nachgeeicht zu werden.

Bei der Eichung wird das System auf Funktionstüchtigkeit geprüft und kalibriert.

Kontaktpersonen

Dr. C. Bailat

Dipl. Phys. T. Buchillier

Tel.: 021 314 80 65

Fax.: 021 314 82 99

Tel.: 021 314 81 51

Wasserenergiedosis bei harter Röntgenstrahlung von 100 bis 300 kV

Die Kalibrierung des Dosimeters erfolgt mit der Kammer in einem Wasserphantom. Ohne speziellen Kundenwunsch wird sie bei folgenden Bedingungen durchgeführt:

- Die Kammer wird **in seiner Plexiglashülse** bestrahlt (falls nicht wasserdicht).
- Die **Bezugsbedingungen** für die Einflussgrößen Temperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchte sind die Werte $T_0 = 293.15 \text{ K}$, $p_0 = 101'325 \text{ Pa}$ und $rF = 50\%$.
- Der **Bezugspunkt** bei der Fingerhutkammer ist der Mittelpunkt des Messvolumens auf der Kammerachse.
- Die Distanz zwischen der Strahlenquelle und der Phantomoberfläche ist 100 cm.
- Der **Referenzpunkt** liegt auf dem Zentralstrahl an einem **Wassertiefe von 2 cm** (von der externen Phantomoberfläche).
- Die **Referenzebene** ist die Ebene senkrecht zur Strahlrichtung durch den Referenzpunkt.
- **Strahleneinfallrichtung:** Die Kammer wird so befestigt, dass die Markierung oder eine allfällige Beschriftung auf ihrem Stiel in Richtung Strahlenquelle zeigt.
- Die **Positionierung** der Kammer in der Referenzebene erfolgt so, dass der Bezugspunkt der Kammer mit dem Referenzpunkt übereinstimmt.
- **Kammerspannung:** Es wird die vom Hersteller empfohlene Kammerspannung angelegt. Fehlt eine Empfehlung, so wird die anzulegende Kammerspannung mit dem Kunden abgesprochen. Ein allfälliger Polaritätseffekt wird nicht korrigiert.
- Der **Felddurchmesser** an der Phantomoberfläche beträgt 11 cm.
- Die **Strahlenquelle** ist eine Comet Yxlon MXR-320/26/Y Gleichspannungs-Röntgenanlage mit einer Röntgenröhre des Typs Y TU 320-D03 9421.
- Der **Fokus** der Strahlenquelle ist geometrisch definiert: Es ist der Fluchtpunkt der Blendenöffnungen und stimmt etwa mit dem Zentrum des Brennflecks der Röntgenröhre überein.
- Die **Wasserenergiedosisleistung** beträgt am Referenzpunkt 0.06 bis 0.12 Gy/min.
- Die **Strahlenqualitäten Q**, bei denen eine Kalibrierung am IRA möglich ist, sind die Folgenden:

IAEA Technical Reports Series No. 374

| Strahlen- qualität Q^1 | Röhren- spannung [kV] ² | feste Filter [mm] | Zusatz- Filter [mm] | Fokus- distanz [cm] | 1. Halbwert- schichtdicke [mm Cu] |
|--------------------------------|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---|
| 2.2.3 | 100 | 3 Be + 4.8 PMMA | 3.4 Al | 100 | 0.15 |
| 2.2.4 | 105 | 3 Be + 4.8 PMMA | 0.10 Cu + 1.0 Al | 100 | 0.20 |
| 2.2.5 | 135 | 3 Be + 4.8 PMMA | 0.27 Cu + 1.0 Al | 100 | 0.50 |
| 2.2.6 | 180 | 4 Al + 4.8 PMMA | 0.42 Cu + 1.0 Al | 100 | 1.0 |
| 2.2.7 | 220 | 4 Al + 4.8 PMMA | 1.20 Cu + 1.0 Al | 100 | 2.0 |
| 2.2.8 | 280 | 4 Al + 4.8 PMMA | 1.4 Sn + 0.25 Cu + 1.0 Al | 100 | 4.0 |

¹ Bezeichnung nach NPL

² Nominalwert

Die Lufttemperatur im Bestrahlungsraum liegt zwischen 18 und 25°C, die relative Feuchte zwischen 30 und 70%. Es wird keine Feuchtekorrektur vorgenommen.

Als **W-Wert** wird $(W/e)_{\text{Luft}} = 33.97 \text{ V}$ verwendet.

Bei der Kalibrierung wird die zu kalibrierende Kammer mit mindestens 1 Gy vorbe-strahlt. Ein Dosimeter wird kalibriert, indem unter Bezugsbedingungen seine Anzeige mit der Anzeige des IRA-Referenznormalis verglichen wird.

Der **Wasserenergiedosis-Kalibrierfaktor** ergibt sich damit wie folgt:

$$N_{w,Q} = D_w / M$$

mit:

- $N_{w,Q}$ Wasserenergiedosis-Kalibrierfaktor des Dosimeters für die Strahlenqualität Q.
 D_w Wasserenergiedosis am Bezugspunkt, gemessen mit dem IRA-Referenznormal, auf Bezugsbedingungen korrigiert.
 M Anzeige des zu kalibrierenden Dosimeters, auf Bezugsbedingungen und für unvollständige Sättigung korrigiert. Die Korrektur auf Bezugsbedingungen erfolgt nach der Formel $M = M_{nc} \cdot (T \cdot p_0) / (T_0 \cdot p)$.
 M_{nc} Unkorrigierte Anzeige des zu kalibrierenden Dosimeters.
 T Absolute Lufttemperatur bei der Kalibrierung
 p Luftdruck bei der Kalibrierung.

Die **totale Messunsicherheit** des Wasserenergiedosis-Kalibrierfaktors $N_{w,Q}$ ist abhängig vom zu kalibrierenden Dosimeter und beträgt typisch $\pm 2.7\%$.

Die angegebenen Messwerte und die zugehörigen Unsicherheiten geben die Bereiche an, die die Werte der gemessenen Grösse mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% enthalten. Die abgeschätzte totale Messunsicherheit beinhaltet Unsicherheitsbeiträge vom benutzten Normal, vom Kalibrierverfahren, von den Umgebungsbedingungen und vom kalibrierten Messgerät. Das Langzeitverhalten des kalibrierten Prüflings wird nicht berücksichtigt.

Messung des Kontrollstroms eines Dosimeters mit einer radioaktiven Kontrollvorrichtung

Die Ablesung des Dosimeters erfolgt mit der in die radioaktive Kontrollvorrichtung eingeführten Ionisationskammer und angeschlossenen Kundenelektrometer. Ohne speziellen Kundenwunsch wird sie wie folgt durchgeführt:

- **Bezugsbedingungen** für die Einflussgrößen Temperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchte sind die Werte $T_0=293.15$ K, $p_0=101325$ Pa und $rF=50\%$.
- **Bezugsdatum:** Der Kontrollstrom bezieht sich auf ein festgelegtes Datum.
- **Halbwertszeit:** Für die Umrechnung auf das Bezugsdatum wird die vom Hersteller der radioaktiven Kontrollvorrichtung angegebene Halbwertszeit verwendet.
- **Positionierung:** Ist die radioaktive Kontrollvorrichtung mit einem Thermometer ausgerüstet, so zeigt die Markierung oder eine allfällige Beschriftung auf dem Stiel der Kammer in Richtung des Thermometers.
- **Kammerspannung:** Es wird die vom Hersteller empfohlene Kammerspannung angelegt. Fehlt eine Empfehlung, so wird die anzulegende Kammerspannung mit dem Kunden abgesprochen. Ein allfälliger Polaritätseffekt wird nicht korrigiert.
- Die **Strahlenquelle** ist die vom Kunden gelieferte radioaktive Kontrollvorrichtung.
- Das **Elektrometer** ist das Kundenelektrometer.

Die Lufttemperatur im IRA Kalibrierlabor liegt zwischen 18 und 25°C, die relative Feuchte zwischen 30 und 70%. Es wird keine Feuchtekorrektur vorgenommen.

Im Zertifikat wird die dem Kontrollstrom entsprechende **Kontrollanzeige** A_{k0} des Dosimeters festgehalten. Diese ist der auf das Bezugsdatum und Bezugsbedingungen korrigierte Mittelwert aus mindestens 3 Einzelmessungen. Die Korrektur auf Bezugsbedingungen erfolgt nach der Formel

$$A_{k0} = A \cdot ((T \cdot p_0) / (T_0 \cdot p)) \cdot \exp(\ln(2) \cdot \Delta t / T_{1/2})$$

mit:

| | |
|------------|--|
| A | Dem Kontrollstrom entsprechende unkorrigierte Anzeige des Elektrometers. |
| Δt | Zwischen dem Messdatum und dem Bezugsdatum verstrichene Zeit. |
| $T_{1/2}$ | Halbwertszeit der radioaktiven Quelle. |
| T | Absolute Lufttemperatur bei der Messung. |
| p | Luftdruck bei der Messung. |