

Dosimetrieprotokoll vom 16.12.2016

Vorgelegt von:
Paul Kalwa

18. Dezember 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Bestimmung der erzeugten Dosis eines einzelnen Pulses eines Linearbeschleunigers	3
1.1	Ablesen der Pulsfrequenz am Oszilloskop	3
1.2	Messen und Berechnen der Wasserenergiedosis pro Zeiteinheit	3
1.2.1	Die gemessene Luftenergiedosis $M - M_0$	4
1.2.2	Der Kalibrierfaktor N	5
1.2.3	Der Korrektionsfaktor k_ρ	5
1.2.4	Der Korrektionsfaktor k_r	7
1.2.5	Der Korrektionsfaktor $k_{Q,M}$	7
1.2.6	Die Korrektionsfaktoren k_h , k_S , k_P und k_T	7
1.3	Berechnung der erzeugten Dosis eines einzelnen Pulses	8
2	Dosiskonstanz pro Monitoreinheit bei unterschiedlicher Anzahl von Monitoreinheiten	9

1 Bestimmung der erzeugten Dosis eines einzelnen Pulses eines Linearbeschleunigers

Um die Dosis eines einzelnen Pulses eines Linearbeschleunigers zu bestimmen kann mit einem Oszilloskop die Pulsfrequenz pro Zeiteinheit gemessen werden. Anschließend kann mit dieser Pulsfrequenz und einer gemessenen Dosis pro Zeiteinheit die Dosis eines einzelnen Pulses bestimmt werden. An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass die Pulse sich über die gemessene Zeiteinheit nicht verändern.

1.1 Ablesen der Pulsfrequenz am Oszilloskop

Das Oszilloskop wird mit dem Linearbeschleuniger verbunden. Es sollte dabei beim Hersteller angefragt werden über welchen Anschluss auf das Pulssignal zugegriffen werden kann. Am Oszilloskop lässt sich dann während der Bestrahlung des Linearbeschleunigers die Dauer t eines einzelnen Pulses ablesen (siehe Abbildung 1.1). Die Pulsfrequenz f ergibt sich dann zu $f = \frac{1}{t}$. In unserem Beispiel betrug die Pulsdauer $t \approx 1,8ms$ dies entspricht einer Pulsfrequenz von $f \approx 556Hz$.

1.2 Messen und Berechnen der Wasserenergiedosis pro Zeiteinheit

Bestimmt werden soll in unserem Fall die Wasserenergiedosis eines einzelnen Pulses. Hierfür ist es ratsam die Din Norm 6800-2 [1] hinzuzuziehen, auf die im Weiteren verwiesen wird. In [1] findet sich für die Wasserenergiedosis folgende Beziehung:

$$D = (M - M_0) * N * k_\rho * k_h * k_S * k_P * k_r * k_T * k_{Q,M}$$

Mit:

- D als benötigte Wasserenergiedosis.
- $M - M_0$ als gemessene Luftenergiedosis der verwendeten Ionisationskammer.
- N als Kalibrierfaktor der verwendeten Ionisationskammer.
- k_ρ als Korrektionsfaktor der Luftdichte.

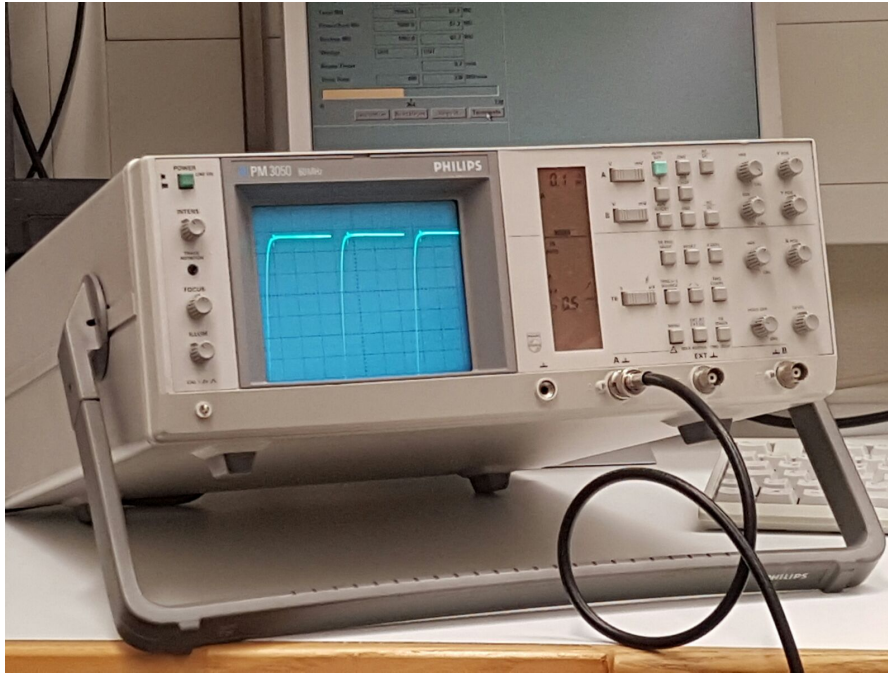


Abb. 1.1: Oszilloskop mit mehreren Pulsen

- k_h als Korrektionsfaktor der Luftfeuchte.
- k_S als Korrektionsfaktor der unvollständigen Sättigung.
- k_P als Korrektionsfaktor der Polarität der Kammerspannung.
- k_r als Korrektionsfaktor der unterschiedlichen Positionierung.
- k_T als Korrektionsfaktor der Temperatur.
- $k_{Q,M}$ als Korrektionsfaktor der Strahlenqualität.

1.2.1 Die gemessene Luftenergiedosis $M - M_0$

Die Dosis $M - M_0$ kann mithilfe einer Ionisationskammer und eines Wasserphantoms gemessen werden. In unserem Fall wurde (wie in [1] vorgeschlagen) ein Feld der Größe $10 \times 10 \text{ cm}$ benutzt und die Ionisationskammer im Abstand von 1 Meter vom Strahlerkopf (bzw. Quelle) und einer Wassertiefe von 10 cm im Wasserphantom angebracht. Als Ionisationskammer wurde eine sogenannte Farmer Kammer (siehe Abbildung 1.2) mit einem Messvolumen von $0,6 \text{ cm}^3$ verwendet. Wie oben bereits erwähnt ist es aus Gründen der Genauigkeit nicht unbedingt zweckmäßig die Dosis eines einzelnen Pulses zu messen. Vielmehr ist es ratsam die Dosis innerhalb eines Zeitintervalls (in unserem Fall 60 Sekunden) zu messen und dann mit Hilfe der Pulsfrequenz die Dosis für einen Puls zu berechnen. Die so gemessene Dosisleistung betrug $52,89 \frac{nC}{Min}$.

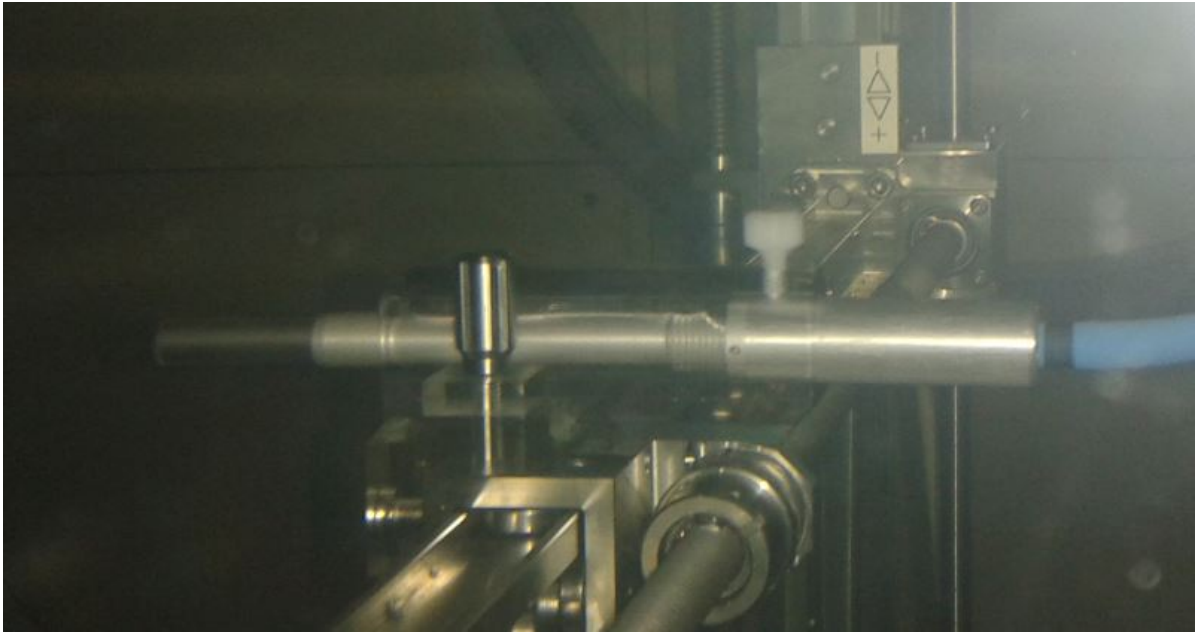


Abb. 1.2: Die Farmer Kammer

1.2.2 Der Kalibrierfaktor N

Der Kalibrierfaktor ist spezifisch für jede Kammer und wird bei der Kalibrierung der Kammer bestimmt und angegeben. Eine solche Kalibrierung sollte alle zwei Jahre wiederholt werden um Veränderungen dieses Faktors zu berücksichtigen. In unserem Fall beträgt er $5,407 * 10^7 \frac{Gy}{C}$.

1.2.3 Der Korrektionsfaktor k_p

Dieser Korrektionsfaktor berücksichtigt den unterschiedlichen Luftdruck und die unterschiedliche Temperatur zwischen Kalibrierung und Messung. Er lässt sich mithilfe einer Formel aus [1] berechnen:

$$k_p = \frac{p_0 * T}{T_0 * p}$$

Wobei:

- p_0 dem Luftdruck bei Normalbedingungen entspricht (101,325 kPa).
- T_0 der Temperatur bei Normalbedingungen entspricht (293,15 K).
- p dem bei der Messung vorliegendem Luftdruck entspricht ($\approx 0,978$ kPa).
- T der bei der Messung vorliegenden Temperatur der Ionisationskammer entspricht ($\approx 295,85$ K).

Aus Lerngründen wurde diese Korrektionsfaktor auch noch auf einem anderen Wege bestimmt. Dafür wurde die Ionisationskammer in eine Kontrollvorrichtung (Abbildung 1.3)



Abb. 1.3: Strontiumquelle mit Kontrollvorrichtung

eingbracht. Diese Kontrollvorrichtung besteht aus einer Strontiumquelle mit bekannter Aktivität A_0 zu einem bekannten Kalibrierungszeitpunkt t_0 . Die derzeitige Aktivität A der Strontiumquelle kann mithilfe der Halbwertszeit von Strontium ($t_{\frac{1}{2}} \approx 28,8$ Jahre) wie folgt berechnet werden:

$$A = A_0 * \exp^{-\lambda * t}$$

Mit:

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{\frac{1}{2}}}$$

und

$$t = t_{\text{Messung}} - t_0 = 589 \text{ Tage}$$

Da es sich bei dieser Aktivität eigentlich um die von der Ionisationskammer gemessene Aktivität handelt, wird diese nicht wie üblich in $\frac{1}{s}$ sondern in $\frac{Gy}{min}$ angegeben. Die bekannte Aktivität beträgt $A_0 = 3,403 * 10^{-2} \frac{Gy}{min}$, womit sich die berechnete Aktivität für den Zeitpunkt der Messung zu $A = 3,273 * 10^{-2} \frac{Gy}{min}$ ergibt. Zudem gilt:

$$A = X * N * k_{\rho}$$

bzw.

$$k_{\rho} = \frac{A}{X * N}$$

Wobei X die gemessene Luft-Energiedosis mit einer Ionisationskammer des Kalibrierfaktors N innerhalb einer Minute ist. Als Ionisationskammer wurde wieder die Farmer

Kammer benutzt, womit sich der Kalibrierfaktor wieder auf $5,407 * 10^{-2} \frac{Gy}{C}$ beläuft. Die gemessene Luft-Energiedosis X pro Minute betrug $578,5 * 10^{-12} \frac{C}{min}$. Beide Wege führen im Bereich der jeweiligen Fehlertoleranzen auf das gleiche Ergebnis für den Korrektionsfaktor der Luftdichte $k_\rho = 1,046$.

1.2.4 Der Korrektionsfaktor k_r

Dieser Korrektionsfaktor berücksichtigt die unterschiedliche Positionierung der Kammer zwischen Bezugspunkt (bei der Kalibrierung) und Messpunkt. Er ist Kammer-spezifisch und berechnet sich nach [1] wie folgt:

$$k_r = \frac{1}{1 + 0,006mm^{-1} * \Delta z_{Co}}$$

Mit Δz_{Co} als Bezugspunktverschiebung (1,5025 mm) ergibt sich daraus:

$$k_r = 1,009$$

1.2.5 Der Korrektionsfaktor $k_{Q,M}$

Dieser Korrektionsfaktor berücksichtigt die unterschiedliche Strahlenqualität zwischen Kalibrierung und Messung. Laut [1] gilt folgende Beziehung:

$$k_{Q,M} = k_{Q,R} = \frac{1 + \exp^{A*(0,57-Q_0)}}{1 + \exp^{A*(Q-Q_0)}}$$

Wobei

$$Q = 1,2661 * \frac{M_{20}}{M_{10}} - 0,0595$$

ist. Und

- A Kammerkonstante (9,6727).
- Q_0 Kammerkonstante (1,1045).
- M_{20} Messwert in 20 cm Wassertiefe im Wasserphantom (17,47 nC).
- M_{10} Messwert in 10 cm Wassertiefe im Wasserphantom (10,17 nC).

M_{20} und M_{10} werden dabei bei einer Feldgröße von 10 x 10 cm und einem SSD von 100 cm gemessen. Damit ergibt sich:

$$k_{Q,M} = k_{Q,R} = 0,99$$

1.2.6 Die Korrektionsfaktoren k_h , k_S , k_P und k_T

Die Korrektionsfaktoren k_h , k_P und k_T ergeben sich laut [1] in unserm Fall zu ≈ 1 und können daher vernachlässigt werden. k_S konnte leider im Praktikum nicht bestimmt werden und wird im Folgenden ebenfalls als ≈ 1 angenommen.

1.3 Berechnung der erzeugten Dosis eines einzelnen Pulses

Mit den oben bestimmten Korrekturfaktoren, dem Kalibrierungsfaktor und dem Messwert ergibt sich die Wasserenergiedosis pro Minute zu:

$$D = 2,988 \frac{Gy}{min}$$

Und damit die Energiedosis E_{Puls} eines Pulses zu:

$$E_{Puls} = \frac{D}{f * 60} = \frac{2,988 \frac{Gy}{min}}{556 * 60 \frac{1}{min}} = 89,57 \mu Gy$$

2 Dosiskonstanz pro Monitoreinheit bei unterschiedlicher Anzahl von Monitoreinheiten

Gemessen wurde mit der selben Farmer Kammer, sowie bei gleicher Feldgröße wie vorher. Auch die Eintauchtiefe der Kammer im Wasserphantom betrug ebenfalls 10 cm. Gemessen wurde die Wasserenergiedosis bei verschieden vielen abgestrahlten Monitoreinheiten. Die gemessene Dosis wurde am Ende durch die Anzahl der abgestrahlten Monitoreinheiten geteilt, sodass ein konstanter Wert für die Dosis pro Monitoreinheit zu erwarten wäre. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.1 aufgetragen.

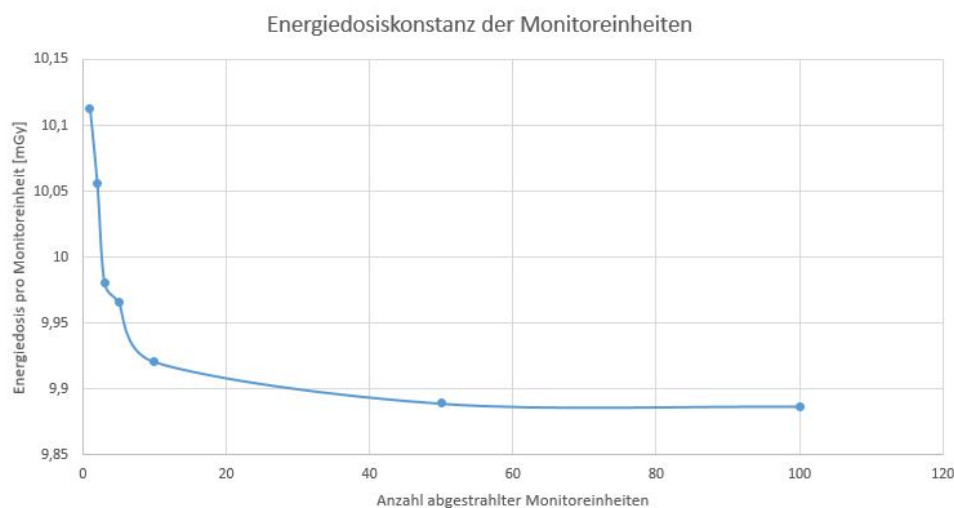


Abb. 2.1: Dosis pro Monitoreinheit

Wie in Abbildung 2.1 zu sehen ist die Wasserenergiedosis pro Monitoreinheit nicht konstant. Bei geringer Anzahl abgestrahlter Monitoreinheiten ist sie um ein paar Prozentpunkte höher als bei höherer Anzahl, sodass wir beim Messwert einer einzigen abgestrahlten Monitoreinheit einen zwei Prozent höheren Wert als bei 100 abgestrahlten Monitoreinheiten bekommen. Grundsätzlich sollte die Dosis pro Monitoreinheit für hohe Anzahlen von abgestrahlten Monitoreinheiten in etwa den Wert $\frac{1}{100} Gy$ ergeben, sodass bei 100 abgestrahlten Monitoreinheiten insgesamt eine Dosis von etwa 1 Gy erreicht wird. Die Abweichung um $\approx -0,1 mGy$ könnte durch das Vernachlässigen des Korrektionsfaktors k_S verursacht worden sein.