



Korrektionsfaktoren

Protokoll 15.12.2017

BM 6 Dosimetrie

Dozent: Prof. Dr. Gunter Christ

Von Isabella Strobel

1 Bestimmung des Korrektionsfaktors k_s

Bei diesem Praktikumsabschnitt soll der Korrektionsfaktor k_s zur Berücksichtigung der unvollständigen Sättigung der Ladungssammlung durch Rekombination von Ladungsträgern (DIN 6800-2) berechnet werden. Zusätzlich wird ein sogenanntes Jaffé-Diagramm erstellt.

1.1 Versuchsaufbau und –ablauf

Nachdem das Wasserphantom aufgebaut, mit Wasser gefüllt und sämtliche Einstellungen durchgeführt worden sind, wurde die Farmer Kammer $0,6 \text{ cm}^3$ (30013 Kammer, Trufix-Halter 381) an die Halterung im Phantom montiert (siehe Abbildung 1). Dabei wurde ein SSD von 100 cm, ein $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ Feld eingestellt und die Kammer in 10 cm Tiefe positioniert.

Nach der Montage des Versuchsaufbaus und dem Warmstrahlen des Linearbeschleunigers wurde dieser mit 6 MV und 100 Monitorunits eingestellt.

Die Messwerte wurden bei unterschiedlichen Kammerspannungen aufgenommen. Dabei wurde nach jeder Spannungsumstellung ein Nullabgleich durchgeführt.

Die Ladungen wurden für jede einzelne Spannung am UNIDOS-Messgerät in Abhängigkeit von der Kammerspannung gemessen.



Abbildung 1: Farmer Kammer $0,6 \text{ cm}^3$ (30013 Kammer, Trufix-Halter 381)

1.2 Ergebnisse und Auswertung

In der folgenden Tabelle 1 sind die Messwerte des UNIDOS-Messgerätes bei verschiedenen Kammerspannungen aufgelistet. Außerdem wurde der Kehrwert von Spannung und Messwert gebildet.

Tabelle 1: Ladung in Abhängigkeit der Kammerspannung mit den zugehörigen Kehrwerten

Kammerspannung U [V]	Messwert M : Ladung [nC]	$\frac{1}{M}$	$\frac{1}{U}$
50	17,49	0,057175529	0,02
100	17,59	0,056850483	0,01
200	17,66	0,056625142	0,005
300	17,68	0,056561086	0,003333333
400	17,7	0,056497175	0,0025

Mit Hilfe der Kehrwerte kann ein sogenanntes Jaffé-Diagramm erstellt werden. In einem Jaffé-Diagramm ergibt sich ein Spannungsbereich, in dem die Messwerte durch eine Gerade approximiert werden können. Durch Extrapolation dieser Geraden kann der Wert $\frac{1}{M_{S,norm}}$ an der Stelle $\frac{1}{U} = 0$ bestimmt werden. Dieser Wert $M_{S,norm}$ beträgt dabei 17,73 nC.

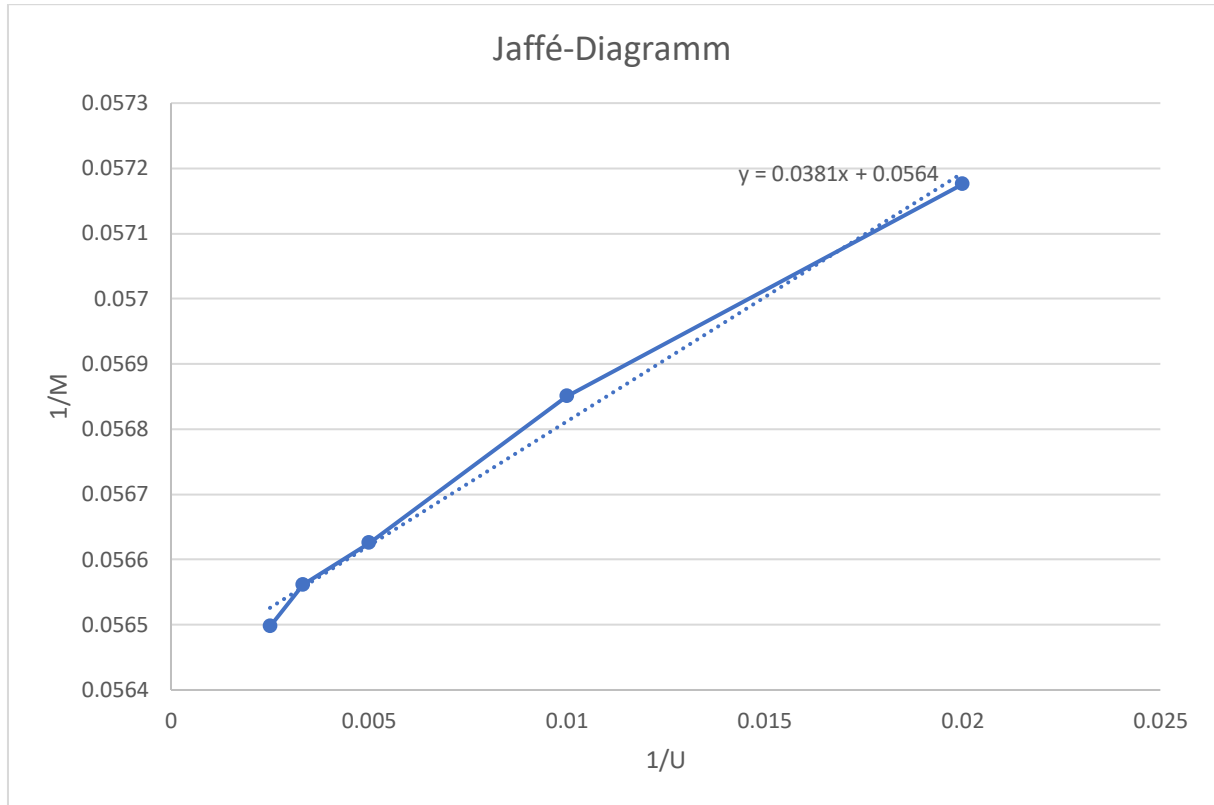


Abbildung 2: Jaffé-Diagramm

Der Korrekturfaktor k_s für die verschiedenen Spannungen kann mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$k_{s,400V} = \frac{M_{400V}}{M_{S,norm}} = \frac{17,70 \text{ nC}}{17,73 \text{ nC}} = 0,9983079$$

$$k_{s,50V} = \frac{17,49 \text{ nC}}{17,73 \text{ nC}} = 0,98643621$$

Mit Hilfe der folgenden Gleichung kann der Korrekturfaktor k_s durch die Dosis pro Puls D_P , die Kammerspannung U und Koeffizienten γ, δ deren Werte aus Tabelle 6 in der Din 6800 Teil 2 entnommen werden können:

$$k_S = 1 + \frac{\gamma + \delta \cdot D_P}{U} = 1,002236$$

Typbezeichnung der IONISATIONSKAMMER	γ in V	δ in V mGy ⁻¹	WASSER-ENERGIEDOSIS pro Puls D_P in mGy	Kammer-spannung U in V	IONENSAMMELZEIT in ms
Kompaktkammern					
PTW 30006/30013 Farmer	0	3,44	0,15 – 0,35 > 0,35 – 42	100 – 300 300 – 400	0,13 bei 400 V
PTW 31002 Semiflex PTW 31010 Semiflex	0,38	2,40	0,15 – 0,6 > 0,6 – 5,5	100 – 300 300 – 400	0,10 bei 400 V

Abbildung 3: Ausschnitt aus Tabelle 6 der DIN 6800 Teil 2

Für die Farmer Kammer:

$$\gamma = 0$$

$$\delta = 3,44$$

$D_P = 0,26$ (siehe Protokoll 8.12.17, doppelt so großes Volumen, aufgrund der Verwendung der semi-flexiblen Kompaktkammer 0,3 cm³)

2 Bestimmung des Korrektionsfaktors k_p

Die Polarität der Kammer-spannung kommt von dem Unterschied der Anzahl der Elektronen, die aus dem umgebenden Material in die Messelektrode (einschließlich Zuleitung) ein und austreten. Diese Differenz der Ladung der Elektronen erhöht oder erniedrigt den Anzeigewert (Polaritätsunterschiede) und kann durch Umpolen der Kammer-spannung sichtbar gemacht werden.

Dieser Effekt tritt sowohl bei Photonen als auch bei Elektronenstrahlung auf. Er hängt dabei von **Strahlungsart, Strahlungsqualität, Messtiefe im Phantom, Feldgröße, Kammerbauart** (Material, Größe und Dicke der Messelektrode) und der **Kammer-spannung** ab.

Der Kalibrierfaktor einer Kammer gilt für die im Kalibrierschein angegebene Polarität der Kammer-spannung. Er wird nicht über den beiden Polaritäten gemittelten Beträgen der Anzeige bestimmt. Der Korrektionsfaktor k_p behebt den Polaritätseffekt von Kalibrier- gegenüber von Messbedingungen. Dieser Korrektionsfaktor k_p kann wie folgt bestimmt werden.

$$k_p = \frac{\left(\frac{M_1 + M_2}{M_1}\right)_{\text{Messung}}}{\left(\frac{M_1 + M_2}{M_1}\right)_{\text{Kalibrierung}}}$$

M_1 : der Betrag der Anzeige bei der im Kalibrierschein angegebenen Polarität der Kammer-spannung

M_2 : der Betrag der Anzeige bei der entgegengesetzten Polarität der Kammer-spannung

Die im Nenner erwähnten Kalibrier-messwerte müssten mit einer Co60- Quelle gemessen werden. Falls keine Co60-Quelle vorhanden ist, kann mit der niedrigsten Photonenenergie (nicht höher als 6 MV) gemessen werden. Steht keine Co-60 Strahlung zur Verfügung und ist 6 MV die niedrigste verfügbare Photonenenergie, so hat der Korrektionsfaktor der Polarität bei 6 MV Photonenstrahlung automatisch den Wert 1.

2.1 Versuchsaufbau und –ablauf

In diesem Praktikumsabschnitt wurde der gleiche Aufbau verwendet wie in Kapitel 1.1 verwendet. Die Kammer Spannung am UNIDOS wurde auf 400 V eingestellt. Es wurden zunächst einige Messerwerte mit einer positiven Kammer Spannung aufgenommen. Anschließend wurde die Polarität an der Rückseite des UNIDOS-Messgerätes umgestellt (siehe Abbildung 4). Nach dem Umstellen zeigte das Messgerät negative Messwerte an. Zum Schluss wurde die Polarität erneut umgestellt und es wurden weitere Messwerte aufgenommen.

Nach jeder Umstellung der Polarität wurde ein Nullabgleich durchgeführt, um einen Drift auf der Anzeige zu verhindern.



Abbildung 4: Messgerät UNIDOS, Umstellung der Polarität

2.2 Ergebnisse und Auswertungen

In der folgenden Tabelle 1 sind die Messwerte bezüglich der Polarisierung aufgelistet.

Tabelle 2: Messwerte der Polarisierung in nC

1. Messung	+400 V	17,73nC; 17,73nC
2. Messung	-400 V	-17,73nC; -17,76nC; -17,76nC; -17,78nC; -17,76nC; -17,77nC
3. Messung	+400 V	17,79nC; 17,77nC; 17,78nC

Allerdings müssten die Werte solange durchgeführt werden, bis diese sich nur noch geringfügig verändern. Somit kann mit diesen Messwerten nur bedingt etwas angefangen werden.

Generell würde der erhaltene Polarisationsfaktor für die Monitorkalibrierung von 6 MeV und 15 MeV verwendet.

Zur Berechnung dieses Korrekturfaktors k_p kann die oben genannte Gleichung verwendet werden. Der Wert sollte dabei normalerweise 1 sein.

3 Bestimmung des Korrekturfaktors k_p

Der Korrekturfaktor k_p berücksichtigt bei offenen Ionisationskammern die Einflüsse des Luftdruckes p und der Temperatur T im Messvolumen der Kammer.

Mit Hilfe der folgenden Gleichung kann dieser berechnet werden:

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

mit $T_0 = 293,15 \text{ K}$ (bei 20°C)
 $p_0 = 101,325 \text{ kPa}$

3.1 Versuchsaufbau und –ablauf

Zur Berechnung des Luftdichtekorrektionsfaktors zu Messbedingungen wird die Wassertemperatur des Wasserphantoms und der befindliche Luftdruck gemessen. Anschließend kann durch einfaches Einsetzen dieser berechnet werden.

Um den Luftdichtekorrektionsfaktor zu Kalibrierbedingungen zu berechnen benötigt man den Kalibrierschein, die in diesem Schein verwendete Ionisationskammer mit zugehörigem Halter, sowie Kontrollvorrichtung. In unserem Fall wurde die Farmerkammer $0,6 \text{ cm}^3$ (TM30013, [SN]004272) mit dem zugehörigen Halter (T48002.3.003, [SN]000957) und der Kontrollvorrichtung ^{90}Sr mit einer Halbwertszeit von 28,8 Jahren (T48012, [SN]000400 siehe Abbildung 5).

Zunächst wurde in die Kontrollvorrichtung der nötige Halter eingedreht, um im Anschluss die Ionisationskammer $0,6 \text{ cm}^3$ zu positionieren. Dabei ist wichtig, dass der auf der Ionisationskammer befindliche Strich auf dem an der Kontrollvorrichtung befindlichen Strich liegt. Zusätzlich sollte das UNIDOS Messgerät auf eine Intervallmessung von 60 Sekunden ein gestellt werden. Somit kann die Kontrollanzeige des Kalibrierscheins auf das heutige Datum umgerechnet werden.



Abbildung 5: Kontrollvorrichtung ^{90}Sr

3.2 Ergebnisse und Auswertungen

Mit der oben genannten Gleichung kann der Korrektionsfaktor der Luftdichte bestimmt werden. Die Wassertemperatur des Phantomes lag bei $T = 22,25^\circ\text{C}$ und der Luftdruck bei $p = 947,9 \text{ hPa}$.

Somit ergibt sich:

$$k_p = \frac{p_0 * T}{p * T_0} = \frac{1013,25 \text{ hPa} * (273,2 \text{ K} + 22,25 \text{ K})}{947,9 \text{ hPa} * 293,15 \text{ K}} = 1,077$$

Um den Korrektionsfaktor der Luftdichte unter Kalibrierbedingungen zu erhalten muss zunächst der auf dem Kalibrierschein notierte Wert $k_{p,0} = 7,635 * 10^{-2} \text{ Gy/min}$ (vom 9.3.17) auf das Datum vom Messversuch umgerechnet werden.

Dabei sind vom 9.3.17 bis zum 15.12.17 genau 281 Tage vergangen. Der Messwert betrug $M=1,292 \text{ nC/min}$. Somit wäre $k_{p,0}$ am 15.12.17:

$$k_{p15.12.17,0} = 1,292 \frac{\text{nC}}{\text{min}} * 5,371 * 10^7 \frac{\text{Gy}}{\text{C}} * e^{\frac{\ln 2 * 281 \text{ Tage}}{28,8 \text{ Jahre} * 356 \text{ Tage}}} = 7,069 * 10^{-2} \frac{\text{Gy}}{\text{min}}$$

Der Wert vom 9.3.17 zum Wert von 15.12.17 unterscheidet sich ausschließlich bezüglich der Luftdichte. Somit kann durch Dividieren der Werte der Luftdichtekorrektionsfaktor bestimmt werden.

$$k_p = \frac{k_{p,0}}{k_{p15.12.17,0}} = \frac{7,635 * 10^{-2} \frac{\text{Gy}}{\text{min}}}{7,069 * 10^{-2} \frac{\text{Gy}}{\text{min}}} = 1,08006$$

Der über die Temperatur und den Luftdruck bestimmte Wert weicht mit ungefähr 3‰ von dem aus der Kalibrierung bestimmten Wert ab.

4 Bestimmung der Wasser-Energiedosis

In diesem Abschnitt wird nun mit Hilfe der Korrektionsfaktoren die Wasser-Energiedosis bestimmt. Sie wird dabei für hochenergetische Photonenstrahlung mit folgender Gleichung bestimmt:

$$D = (M - M_0) * N * k_p * k_r * k_s * k_p * k_{Q,R} = 1,028 \frac{\text{Gy}}{100 \text{ MU}}$$

mit

$$k_p = 1,08 \quad (\text{siehe 3.2 Ergebnisse und Auswertungen})$$

$$k_p = 1 \quad (\text{siehe 2.2 Ergebnisse und Auswertungen})$$

$$k_s = 1,00169 \quad (\text{siehe Protokoll vom 8.12.17})$$

$$k_r = \frac{1}{1 + \delta_{Co} * \Delta z} = \frac{1}{1 + 0,006 \frac{1}{\text{mm}} * 1,5025 \text{ mm}} = 1,009$$

$$\text{mit } \delta_{Co} = -0,006 \frac{1}{\text{mm}} \quad (\text{siehe DIN 6800-2 Tabelle 5})$$

$$\Delta z = \frac{r}{2} = \frac{3,05 \text{ mm}}{2} = 1,5025$$

(Radius der Farmerkammer $r=3,05 \text{ mm}$)

$$k_{Q,R} = \frac{1 + e^{A(0,57 - Q_0)}}{1 + e^{A(Q - Q_0)}} = \frac{1 + e^{9,6727(0,57 - 1,1045)}}{1 + e^{9,6727(0,68 - 1,1045)}} = 0,989$$

mit $A=9,6727$ (siehe DIN 6800-2 Tabelle 8, Farmer Kammer 30006/30013)

$Q_0 = 1,1045$ (siehe DIN 6800-2 Tabelle 8, Farmer Kammer 30006/30013)

$Q=0,68$ (siehe Protokoll vom 17.11.17)

$$M_0 = 0 \text{ nC}$$

$$M = 17,73 \text{ nC}$$

Die Dosis liegt demnach um 2,8 % zu hoch.

4.1 Monitorkalibrierung

Es sollte eine Korrektur der Dosis erfolgen, wenn:

- Unsicherheit bei der Messtechnischen Kontrolle von ca. $\pm 3\%$, durch Unsicherheit der TLDs und zwischen Primärnormal und „Firmennormal“
- Bei einer Messabweichung der Dosis von $\pm 2\%$ (beim Wochencheck) sollten die Monitoreinheiten nachgestellt werden (in Tübingen: $\pm 1,5\%$)

Um eine Änderung der Dosiswerte an den Linacs in Tübingen vorzunehmen muss die Anmeldung mit den Hersteller Login-Daten durchgeführt werden. Anschließend kann durch Umstellen der DosRef 1 und 2 Werte die Dosis angepasst werden. Dabei sollten 100 MU in einem 10 cm x10 cm Feld bei 10 cm so genau wie möglich 1 Gy ergeben.

Zur Umstellung der DosRef- Werte 1 und 2 wird zu nächst der Wert geändert und anschließend durch Klicken auf „die Diskette“ und Speichern des „Energy Cal. Blockes“ bestätigt (siehe Abbildung 6).

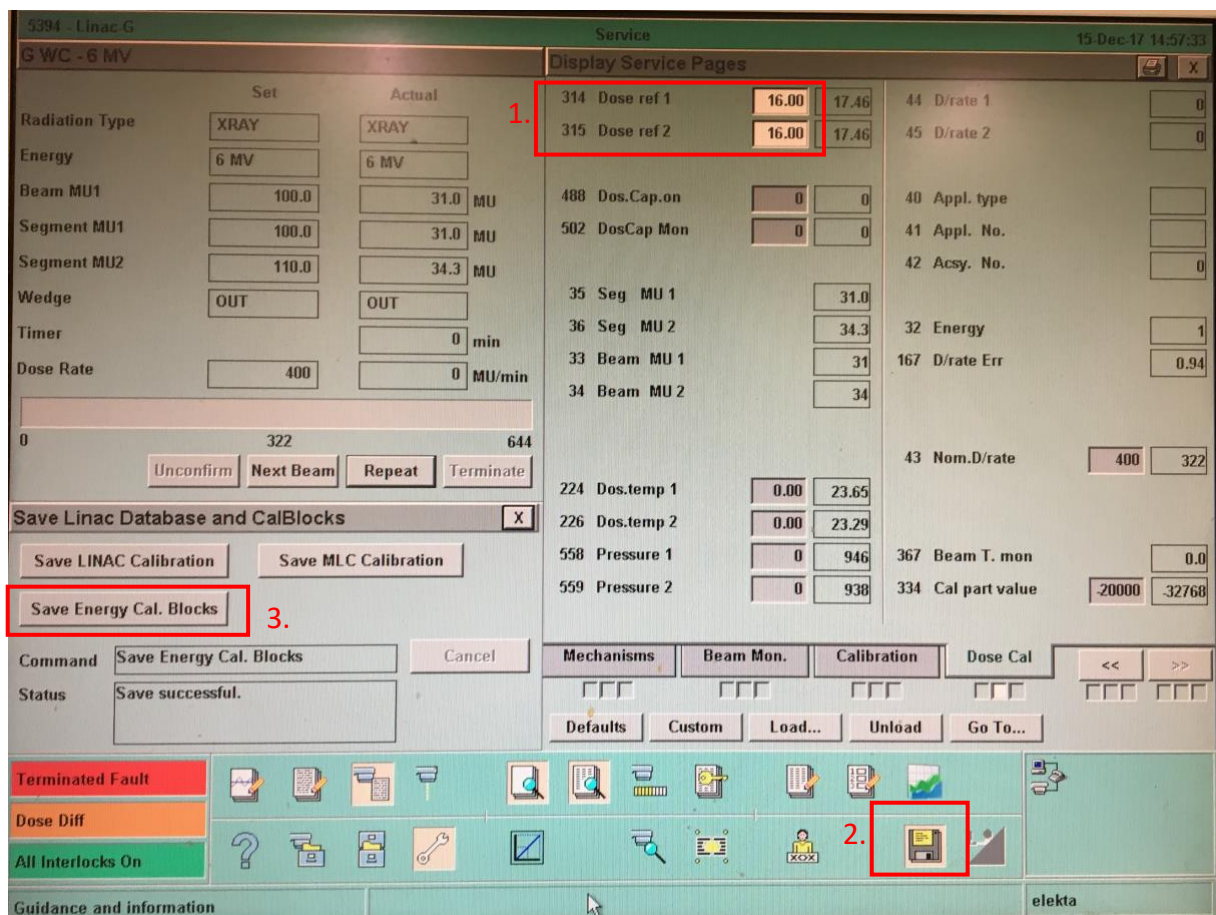


Abbildung 6: Umstellung der DosRef-Werte

5 Elektronen

Die Bestimmung der Korrekturfaktoren der Elektronenstrahlung kann auf ähnlichem Wege durchgeführt werden, wie bei der Photonenstrahlung.

5.1 Versuchsaufbau und –ablauf

Zur Bestimmung der Messwerte wurde eine Roos-Kammer mit 200 V angeschlossen. Dabei musste beachtet werden, dass ein Nullabgleich durchgeführt wird. Die Kammer wurde bei 15 MeV in 27 mm Tiefe positioniert. Ein Elektronentubus der Größe 20 cm x 20 cm wurde angeschlossen und auf die Wasseroberfläche gefahren. In Abbildung 7 ist der Messaufbau dargestellt.

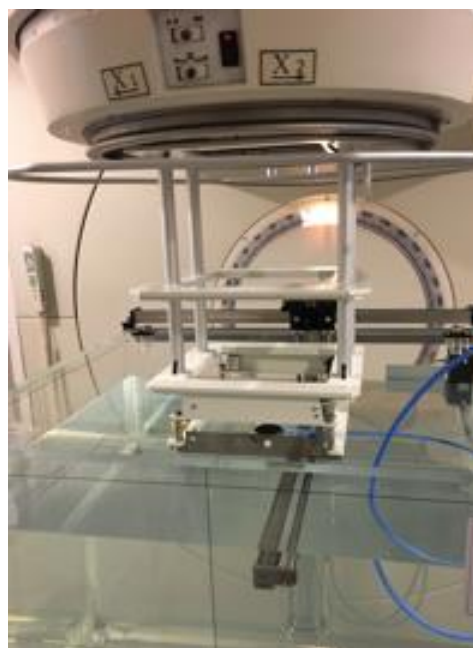


Abbildung 7: Messaufbau Elektronen

5.2 Ergebnisse und Auswertungen

Die Dosis kann mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet werden. Dazu wurden zuvor die nötigen Werte herausgesucht, beziehungsweise eine Messung durchgeführt. Dabei wurde ein Messwert von $M = 12,98 \text{ nC}$ gemessen.

$$D = (M - M_0) * N * k_r * k_p * k_s * k_{E,m} * k_p = 1,013 \text{ Gy}$$

mit

$$\begin{aligned} N &= 8,191 * 10^7 \frac{\text{Gy}}{\text{min}} \text{ (siehe Kalibrierschein Elektronen)} \\ k_p &= 1,08 \text{ (siehe 3.2 Ergebnisse und Auswertungen)} \\ k_p &= 1 \text{ (siehe 2.2 Ergebnisse und Auswertungen)} \\ k_s &= 1,003 \text{ (siehe Kalibrierwert Elektronen Wochencheck)} \\ k_r &= 0,9976 \text{ (siehe DIN 6800-2 Tabelle 4)} \\ k_{E,m} &= k_{E,R} = 0,882 \text{ (siehe Kalibrierwert Elektronen Wochencheck)} \end{aligned}$$

Die Dosis liegt somit 1,3% zu hoch.

Anhang

KALIBRIERSCHEIN Nr. 0904132

PTW

PTW-Freiburg, Lörracher Str. 7, 79115 Freiburg, Germany ☎ +49-(0)761-49055-0 FAX +49-(0)761-49055-70 E-Mail info@ptw.de

Kalibriergegenstand

Strahlungsdosimeter	UNIDOS webline T10021-00379	
Elektrometer	TM34001-01643	
Detektor	Ionisationskammer	
Detektortyp	8921-353	
Kontrollvorrichtung	48004-0447	
Halter	PTW-Freiburg	
Hersteller	Verwaltung des Klinikums	Auftragsnummer : AU094464
Auftraggeber	Abteilung C3 Medizintechnik	Auftragsdatum : 22.10.2009
	Geissweg 3	
	72076 Tübingen	

Ergebnis der Kalibrierung

Messgröße	Wasserenergiedosis (D_w)	
Detektor-Kalibrierfaktor	$N_{D,w} = 8,191 \cdot 10^7 \text{ Gy / C}$	
Elektrometer-Kalibrierfaktor	$k_{elec} = 1,000 \pm 0,5 \%$	
Strahlungsqualitätskorrektur	Strahlen-Qualität	Korrekturfaktor k_Q
	^{60}Co	1,000
		Unsicherheit
		1,1 %

Kontrollanzeige	$k_{p,0} = 3,492 \cdot 10^{-2} \text{ Gy/min}$	
Isotop / Halbwertszeit	^{90}Sr / 28,8 Jahre	
Referenzbedingungen	Strahlungsqualität:	^{60}Co
	Umgebungstemperatur:	293,2 K (20°C)
	Luftdruck:	1013,2 hPa
	Relative Luftfeuchte:	50%
	Kammerspannung/Polarität:	+ 200 V
	Sättigungseffizienz:	100 %
Kalibrierdatum	18.12.2009	
Rekalibrierintervall	2 Jahre (empfohlen)	

Freiburg, den 21.12.2009

PTW-Freiburg
Physikalisch-Technische
Werkstätten Dr. Pöchlauer GmbH

(Unterschrift)



02.2

Kontrolle der Dosismonitorkalibrierung bei Elektronenstrahlung

DIN 6847-5 / 5

Datum:

Messaufbau

RW3-Kammerplatte für Roos-Kammer + Aufbaumaterial gemäß Tabelle
Fadenkreuz der Kammerplatte fokusseitig
Schlauch Richtung T Seite
Fokus-Oberflächen-Abstand 95 cm ; Tubus 20 x 20 cm²
100 ME bei Dosisleistung 400 ME/min

Messsystem:

Kammer: 34001-01643

Kalibrierschein Nr.: 1701163

Dosimeter: Unidos 10021-0143

Kalibrierdatum: 09.03.2017

Messbereich: medium, 200V

Kalibrierwert N: 8,174E-07

akt. Luftdruck [hPa]:

Luftdruck auf NN [hPa]:

akt. Temperatur [°C]:

Luftdruck 675 m:

Luftdruck Laupheim

Dosisberechnung:

$$D = k_p \cdot k_s \cdot k_E \cdot U \cdot N \cdot M$$

Energie	4 MeV	6 MeV	8 MeV	10 MeV	12 MeV	15 MeV
Aufbaumaterial [mm]	6	11	15	21	25	27
k_p						
k_s	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003
k_E	0,946	0,931	0,917	0,910	0,900	0,882
$U_{RW3-Wasser}$	1,015	1,020	1,024	1,021	1,019	1,009
Messwert [nC]						
Kanal 2 [ME]						
Dosis [Gy]						
Solddosis [Gy]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Abweichung [%]						

DosRef1						
DosRef2						
Vorschlag DosRef1						
Vorschlag DosRef2						

2R Err 127						
2T Err 128						
Hump Err 166						

Toleranzbereich: Absolutdosis [Gy] 1,50
Kanal 2 [ME] 1

Durchführender: _____ Medizinphysik Experte: _____
Durchführender: _____ Medizinphysik Experte: _____

KALIBRIERSCHEIN

Nr. 1701160

PTW

PTW-Freiburg, Lorracher Str. 7, 79115 Freiburg, Germany ☎ +49-(0)761- 49055-0 FAX +49-(0)761- 49055-70 E-Mail info@ptw.de

Kalibriergegenstand

Strahlungsdetektor

Detektor	[REF] TM30013 [SN] 004272	
Detektortyp	Ionisationskammer	
Kontrollvorrichtung	[REF] T48012 [SN] 000400	
Halter	[REF] T48002.3.003 [SN] 000957	
Hersteller	PTW-Freiburg	
Auftraggeber	Strahlentherapeutische Zweigpraxis des MVZ Strahlentherapie & Humangen Hohenzollernstrasse 40 72488 Sigmaringen	Auftragsnummer : R170569 Auftragsdatum : 02.03.2017

Ergebnis der Kalibrierung

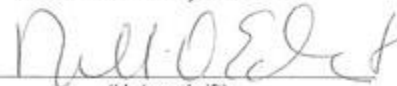
Messgröße	Wasserenergiedosis (D_w)
Detektor-Kalibrierfaktor	$N_{D,w} = 5,371 \cdot 10^7 \text{ Gy / C}$

Strahlungsqualitätskorrektur	Strahlen-Qualität	Korrekturfaktor k_Q	Unsicherheit
	^{60}Co	1,000	1,1 %

Kontrollanzeige	$k_{p,0} = 7,635 \cdot 10^{-2} \text{ Gy/min}$	
Isotop / Halbwertszeit	$^{90}\text{Sr} / 28,8 \text{ Jahre}$	
Referenzbedingungen	Strahlungsqualität:	^{60}Co
	Umgebungstemperatur:	293,2 K (20°C)
	Luftdruck:	1013,25 hPa
	Relative Luftfeuchte:	50%
	Kammerspannung/Polarität:	+ 400 V
	Sättigungseffizienz:	100 %
Kalibrierdatum	09.03.2017	
Rekalibrierintervall	2 Jahre (empfohlen)	

Freiburg, den 14.03.2017

PTW-Freiburg
Physikalisch-Technische
Werkstätten Dr. Pychlau GmbH


(Unterschrift)



02.1

Kontrolle der Dosismonitorkalibrierung bei Photonenstrahlung

DIN 6847-5 / 5

Datum: _____

Messaufbau

95 mm RW3 + RW3-Kammerplatte für Farmer-Kammer
(Messort in 5 mm Tiefe)
Fadenkreuz der Kammerplatte fokussseitig
Kammer von Seite T einschieben
Fokus-Oberflächen-Abstand 100 cm ; Feldgröße 10 x 10 cm²
100 ME bei Dosisleistung 400 ME/min

Messsystem:

Kammer: 30013-04272 Kalibrierschein Nr.: 1701160
Dosimeter: Unidos 10021-00379 Kalibrierdatum: 09.03.2017
Messbereich: medium, 400V Kalibrierwert N: 5,371E+07
akt. Luftdruck [hPa]: _____ Luftdruck auf NN [hPa]: _____
akt. Temperatur [°C]: _____ Luftdruck 675 m: _____
Luftdruck Laupheim

Dosisberechnung:

$$D = k_p \cdot k_s \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_Q \cdot U \cdot N \cdot M$$

Energie	6 MV	15 MV
k_p		
k_s	1,001	1,004
k_p	1,000	1,000
k_r	1,009	1,009
k_Q	0,987	0,971
$U_{RW3-Wasser}$	1,014	1,020
Messwert [nC]		
Kanal 2 [ME]		
Dosis [Gy]		
Soildosis [Gy]	1,000	1,000
Abweichung [%]		

DosRef1		
DosRef2		
Vorschlag DosRef1		
Vorschlag DosRef2		

2R Err 127		
2T Err 128		
Hump Err 166		

Toleranzbereich: Absolutdosis [%] 1,50
Kanal 2 [ME] 1

Durchführender: _____

Medizinphysik Experte: _____