

ERMITTLUNG DER WASSER-ENERGIEDOSIS

BM6 DOSIMETRIE

PROTOKOLL VOM 15.12.2017

DOZENT: PROF. DR. GUNTER CHRIST

MEDIZINISCHE STRAHLENWISSENSCHAFTEN

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



--- NORA TREMMEL ---

1 INHALTSVERZEICHNIS

1	INHALTSVERZEICHNIS	1
1	THEORIE	2
1.1	ERMITTLUNG DER WASSER-ENERGIEDOSIS	2
1.2	BEGRIFFE	2
1.2.1	KALIBRIERFAKTOR N	2
1.2.2	KORREKTIONSFAKTOR	2
2	VERSUCHSABLAUF UND ERGEBNISSE	3
2.1	ERMITTLUNG DER WASSER-ENERGIEDOSIS BEI PHOTONENSTRAHLUNG	3
2.1.1	KORREKTIONSFAKTOR K_S ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DER UNVOLLSTÄNDIGEN SÄTTIGUNG DER LADUNGSSAMMLUNG DURCH REKOMBINATION VON LADUNGSTRÄGERN	3
2.1.2	KORREKTIONSFAKTOR K_P ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DER POLARITÄT DER KAMMERSPANNUNG	5
2.1.3	KORREKTIONSFAKTOR K_ρ ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DES EINFLUSSES DER LUFTDICHT	6
2.1.4	KORREKTIONSFAKTOR K_R ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN POSITIONIERUNG VON IONISATIONSKAMMERN BEI DER KALIBRIERUNG UND BEI DER MESSUNG	8
2.1.5	BEI PHOTONENSTRAHLUNG ANZUWENDENDER KORREKTIONSFAKTOR $K_{Q,M}$ ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DES EINFLUSSES DER STRAHLUNGSQUALITÄT UNTER MESSBEDINGUNGEN	8
2.1.6	BESTIMMUNG DER DOSIS	8
2.1.7	ANPASSEN DER MONITORWERTE	9
2.2	ERMITTLUNG DER WASSER-ENERGIEDOSIS BEI ELEKTRONENSTRAHLUNG	9

1 THEORIE

1.1 ERMITTLUNG DER WASSER-ENERGIEDOSIS

Die Ermittlung der Wasser-Energiedosis am Messort in Wasser muss mit Ionisationskammern durchgeführt werden, die mit ^{60}Co -Gammastrahlung im Wasserphantom in der Einheit Gray kalibriert wurden.

Wird die Sondenmethode verwendet, entspricht der Messwert der Wasser-Energiedosis D am Messort in dem durch die Messsonde ungestörten Wasserphantom. Da nicht alle Einflussgrößen ihren Bezugswerten entsprechen, müssen Korrekturfaktoren berücksichtigt werden. Dafür werden folgende Gleichungen verwendet:

Für Photonenstrahlung:

$$D = (M - M_0) \cdot N \cdot k_p \cdot k_s \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_{Q,M}$$

Für Elektronenstrahlung:

$$D = (M - M_0) \cdot N \cdot k_p \cdot k_s \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_{E,M}$$

Dabei sind:

- M unkorrigierte Anzeige des Dosimeters
- M_0 Nullanzeige des Dosimeters ohne Bestrahlung
- N Kalibrierfaktor für die Wasser-Energiedosis bei ^{60}Co -Gammastrahlung
- $\prod k_i$ Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung verschiedener Einflussgrößen

Im Kapitel 2 werden die verschiedenen Korrekturfaktoren genauer betrachtet und ermittelt. Das gesamte Verfahren der Dosisbestimmung wird in der DIN 6800-2 beschrieben.

1.2 BEGRIFFE

1.2.1 KALIBRIERFAKTOR N

Faktor zur Umrechnung der unter Bezugsbedingungen gemessenen Ionisationsladung oder des Ionisationsstroms auf den richtigen Wert der Wasser-Energiedosis bzw. Wasser-Energiedosisleistung am Ort des Bezugspunktes der Ionisationskammer bei Abwesenheit der Ionisationskammer.

1.2.2 KORREKTIONSFAKTOR

Zahlenfaktor, mit dem das unberichtigte Messergebnis (Produkt aus der um die NULLANZEIGE M_0 verminderten unkorrigierten Anzeige M und dem Kalibrierfaktor N) zum Ausgleich einer systematischen Messabweichung multipliziert wird.

2 VERSUCHSABLAUF UND ERGEBNISSE

2.1 ERMITTLUNG DER WASSER-ENERGIEDOSIS BEI PHOTONENSTRAHLUNG

Für dieses Praktikum wurde, wie bereits bekannt, das Wasserphantom aufgebaut. Als Ionisationskammer wurde die PTW Farmer-Kammer mit $0,6 \text{ cm}^3$ Volumen ausgewählt (Kammernummer: 30012). Deren zugehörige Kammerspannung beträgt 400 V.

Die Farmer Kammer ist relativ groß, ist dafür aber eine der präziseiten Kammern, mit der man die Monitorkalibrierung durchführen sollte.

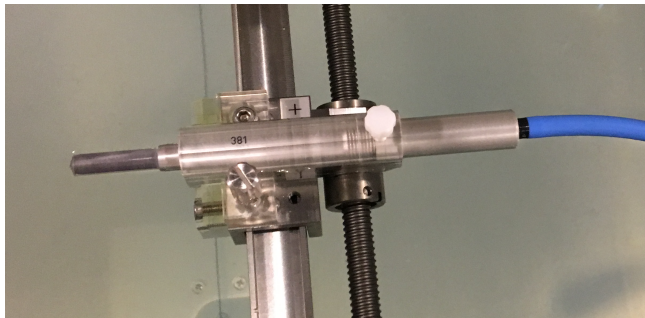


ABBILDUNG 1: FARMER KAMMER IN ZUGEHÖRIGER HALTERUNG 381

Die Farmer Kammer wurde bei einer SSD von 100 cm in eine Tiefe von 10 cm gefahren. Das UNIDOS-Elektrometer wurde auf die Farmer Kammer eingestellt und der Linac warmgestrahlt.

2.1.1 KORREKTIONSFAKTOR k_s ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DER UNVOLLSTÄNDIGEN SÄTTIGUNG DER LADUNGSSAMMLUNG DURCH REKOMBINATION VON LADUNGSTRÄGERN

Durch Rekombination in der Ionisationskammer kommt es zu einem Verlust der durch ionisierende Strahlung erzeugten Ionen. Dies ist die sogenannte unvollständige Sättigung. Sie hat zur Folge, dass die an den Elektronen gemessene elektrische Ladung stets kleiner ist als die im Messvolumen durch ionisierende Strahlung erzeugte Ladung. Aus diesem Grund wird der Korrektionsfaktor k_s benötigt.

Es gibt zwei Varianten k_s zu ermitteln:

- Messen.¹

Dieser Versuchsteil wurde letzte Woche bereits durchgeführt, allerdings waren die Ergebnisse fehlerhaft, weshalb die Messungen wiederholt wurden.

Es wurden 100 ME einer 6 MV Photonenstrahlung auf ein $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ Feld abgestrahlt, bei verschiedenen Kammerspannungen. Zwischen den verschiedenen Messungen muss ein Nullabgleich durchgeführt werden.

¹ Din 6800-2 Entwurf vom 02.10.2016 (S.63 ff)

TABELLE 1: KONTROLLE DER SÄTTIGUNG

Kammer- spannung U	Messwert M
400 V	17,7 nC
300 V	17,68 nC
200 V	17,66 nC
100 V	17,59 nC
50 V	17,49 nC

Die Anzeigewerte des Elektrometers werden als Kehrwert $1/M$ gegen den Kehrwert der zugehörigen Kammer-spannung $1/U$ als Graph aufgetragen. Dieser Graph (siehe Abbildung 2) wird Jaffé-Diagramm genannt. Die Messwerte liegen angenähert auf einer Geraden, deren extrapolierte Schnittpunkt mit der Y-Achse der Anzeige bei unendlicher Kammer-spannung entspricht, also dem Kehrwert der Anzeige der vollständigen Sättigung $1/M_{S,norm}$.

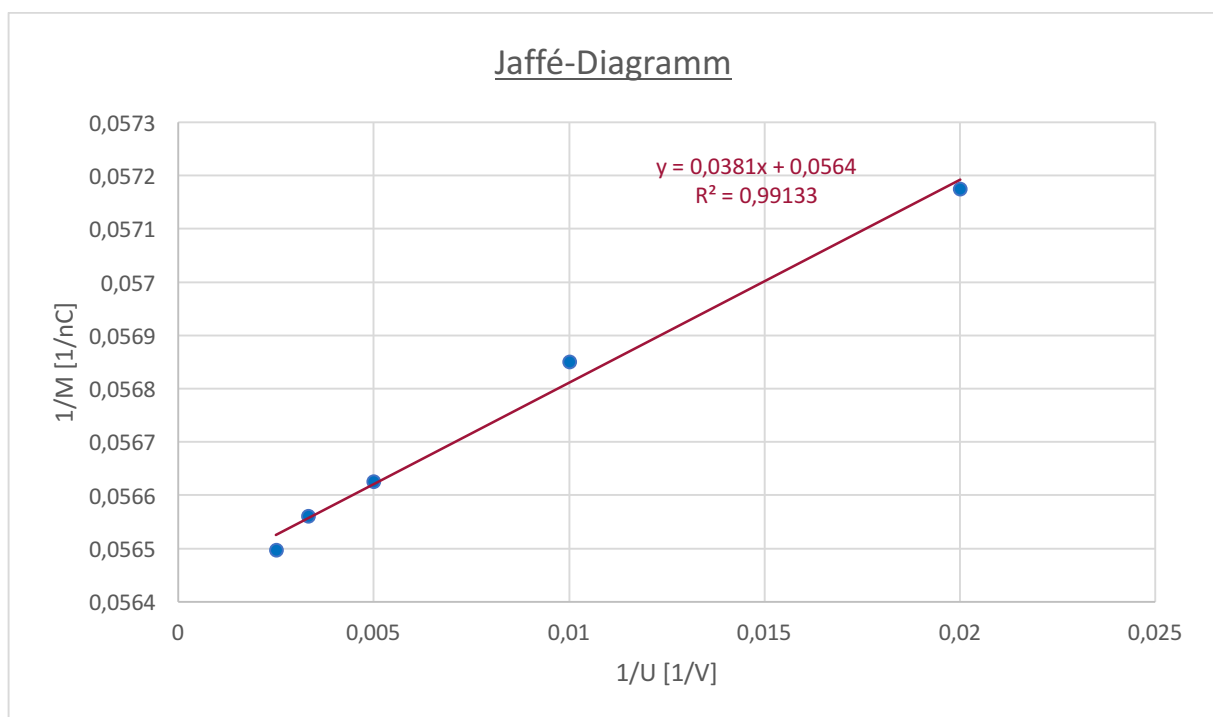


ABBILDUNG 2: JAFFÉ-DIAGRAMM

Durch Extrapolation erhält man

$$1/M_{S,norm} = 0,0564 \text{ 1/nC} \rightarrow M_{S,norm} = 17,73 \text{ nC}$$

Für den Korrekturfaktor k_s gilt:

$$k_s = \frac{\frac{1}{M_{norm}}}{\frac{1}{M_{S,norm}}} = \frac{M_{S,norm}}{M_{norm}} = \frac{17,73 \text{ nC}}{17,70 \text{ nC}} = 1,00169$$

M_{norm} entspricht dabei dem Elektrometer Anzeigewert der üblichen Kammer-Spannung, hier also $M_{400\text{V}}$. Es kommt zu einem Verlust von knapp 2 ‰.

- Durch Gleichung ermitteln:

$$k_s = 1 + \frac{\gamma + \delta \cdot D_p}{U}$$

D_p Wasser-Energiedosis pro Puls

Für die Farmer-Kammer sind aus Tabelle 6 der DIN 6800-2 folgende Werte zu entnehmen: $\gamma = 0 \text{ V}$ und $\delta = 3,44 \text{ mGy}^{-1}$. Die Spannung U entspricht 400 V.

Den Dosiswert haben wir letzte Woche ermittelt, allerdings für die flexible Kammer: $D_{p_flexibel} = 0,13 \text{ mGy}$. Da die Farmerkammer das doppelte Volumen besitzt, rechnen wir mit dem doppelten Dosiswert $D_p = 0,26 \text{ mGy}$.

$$k_s = 1 + \frac{3,44 \cdot 0,26}{400} = 1,00224$$

Da die zwei ermittelten Werte um 0,5 ‰ auseinanderliegen, wird im Folgenden mit dem genaueren, gemessenen Wert weitergerechnet.

2.1.2 KORREKTIONSFAKTOR K_p ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DER POLARITÄT DER KAMMERSPANNUNG

Die Elektronen gehen je nach eingestellter Polarität von dem Ummantelungsmaterial der Kammer ins Innere oder vom Inneren ins Material. Die Polarität der Kammer-Spannung muss bei der Dosisbestimmung berücksichtigt werden, da die Anzahl der Elektronen, die aus dem Material der Kammer ein- bzw. austreten, verschieden ist. Dadurch wird der Messwert des Elektrometers entweder erhöht oder erniedrigt.

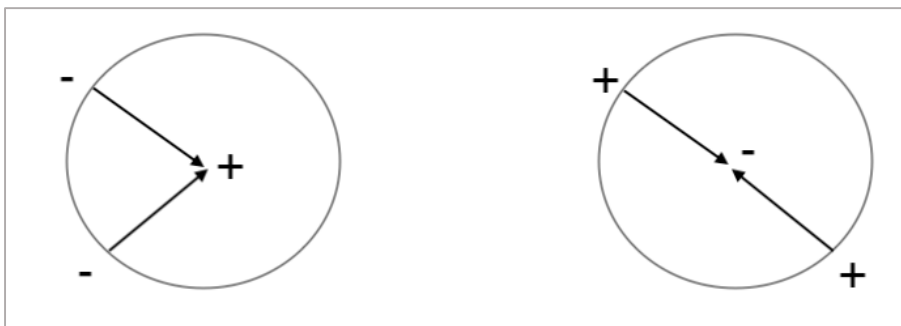


ABBILDUNG 3: POLARITÄT DER IONISATIONSKAMMER

Die Polarität kann mit einem Schalter hinten am Elektrometer umgeschaltet werden, siehe Abbildung 4. Dabei ist zu beachten, die Kammer für das Umschalten auszustecken.



ABBILDUNG 4: UMSCHALTEN DER POLARITÄT

Zuerst wird bei positiver Einstellung gemessen, danach auf negativ umgeschaltet. Nach der Umstellung müssen mehrere Messungen durchgeführt werden, bis der Wert konstant bleibt. Das braucht eine Weile, da sich das elektrostatische Gleichgewicht erst einfinden muss. Zuletzt wird wieder auf positiv zurückgestellt und wieder einige Messungen durchgeführt. Eigentlich müsste nun wieder ein ähnlicher Wert wie zu Beginn herauskommen. Dies war allerdings nicht der Fall, so dass die Werte nicht zu gebrauchen sind.

Für die Bestimmung von k_p werden die Werte allerdings auch nicht benötigt. Die Gleichung lautet folgendermaßen:

$$k_p = \frac{\left(\frac{|M_+| + |M_-|}{|M_+|} \right)_M}{\left(\frac{|M_+| + |M_-|}{|M_+|} \right)_K}$$

Dabei steht das M im Index für Messung und das K für Kalibrierung. Die Werte des Nenners müssten also an einer ^{60}Co -Anlage gemessen werden. Da es diese oft nicht vor Ort gibt, beschreibt die DIN-Norm einen Vorgang, bei dem man die Werte ersatzweise mit der niedrigsten verfügbaren Photonenenergie (max. 6 MV) messen kann. Somit entspricht der Nenner dem Zähler, so dass der Bruch 1 ergibt.

$$k_p = 1$$

2.1.3 KORREKTIONSFAKTOR k_p ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DES EINFLUSSES DER LUFTDICHT

Für die Berücksichtigung der Luftdichte werden die Bezugswerte $p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$ und $T_0 = 293,15 \text{ K}$ ($=20^\circ \text{C}$) benötigt. Vor Ort gemessen haben wir $p = 947,9 \text{ hPa}$ und $T = 295,45 \text{ K}$ ($22,25^\circ \text{C}$). Für den Korrektionsfaktor gilt:

$$k_p = \frac{p_0 T}{p T_0} = 1,0773$$

Allerdings gibt es noch eine weitere Möglichkeit k_p zu bestimmen. Hierfür verwendet man eine radioaktive Kontrollvorrichtung. Diese besteht aus einer radioaktiven Strontium-Quelle (^{90}Sr), welche mit der Kammer zusammen für die Kalibrierung mitgeschickt wurde. Zu sehen ist diese in der Abbildung 5. Im danach erhaltenen Kalibrierschein (Abbildung 6) wird die „Kontrollanzeige“ am Kalibrierdatum

genannt, mit der zum Isotop zugehörigen Halbwertszeit. Misst man nun die Quelle und rechnet die Zerfälle auf das heutige Datum um, sollte das selbe Ergebnis herauskommen. Wenn es einen Unterschied gibt, ist die einzige Ursache dafür der verschiedene Luftdruck während den zwei Messungen. Somit kann man den Luftdruck-Korrektionsfaktor bestimmen.



ABBILDUNG 5: RADIOAKTIVE KONTROLLVORRICHTUNG

Um die Messung durchzuführen, entfernt man den Deckel der Kontrollvorrichtung und befestigt den Halter für die Ionisationskammer. Verwendet wird weiterhin die Farmer- Kammer, die in der Halterung angebracht wird. Eigentlich müsste eine Vorbestrahlung durchgeführt werden, da die Kammer jedoch bereits vom Linac bestrahlt wurde, ist dies in diesem Fall nicht notwendig.

Es wird eine Intervallmessung über 60 Sekunden durchgeführt, bei welcher folgender Messwert herauskam: $M = 1,292 \text{ nC}$

Aus dem Protokoll der Kalibrierung erhalten wir als Kontrollanzeige $k_{p,0} = 7,635 \cdot 10^{-2} \text{ Gy/min}$. Das Kalibrierdatum ist der 09.03.2017 und die Halbwertszeit beträgt 28,8 Jahre. Bis zum heutigen Datum sind 281 Tage vergangen, welche in der Bestimmung von $k_{p,\text{heute}}$ berücksichtigt werden müssen. Da $k_{p,0}$ in der Einheit Gy/min angegeben ist, muss auch der Kalibrierfaktor N miteinbezogen werden, der ebenfalls aus dem Kalibrierschein entnommen werden kann:

$$k_{p,\text{heute}} = M \cdot N \cdot e^{+\frac{\ln(2) \cdot 281 \text{ Tage}}{28,8 \cdot 365 \text{ Tage}}} = 1,292 \text{ nC} \cdot 5,371 \cdot 10^7 \frac{\text{Gy}}{\text{C}} \cdot e^{+\frac{\ln(2) \cdot 281}{28,8 \cdot 365}} = 7,069 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Gy}}{\text{min}}$$

Dieser Wert stimmt nicht mit $k_{p,0}$ überein und da der Unterschied einzig an den Messbedingungen liegen kann, muss er von dem unterschiedlichen Luftdruck herführen.

$$k_p = \frac{k_{p,0}}{k_{p,\text{heute}}} = \frac{7,635 \cdot 10^{-2} \text{ Gy/min}}{7,069 \cdot 10^{-2} \text{ Gy/min}} = 1,08$$

Die zwei Werte für k_p weichen nur um weniger als 3 ‰ voneinander ab. Im Folgenden wird mit dem gemessenen Wert der Kontrollvorrichtung weitergerechnet.

2.1.4 KORREKTIONSFAKTOR k_R ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN POSITIONIERUNG VON IONISATIONSKAMMERN BEI DER KALIBRIERUNG UND BEI DER MESSUNG

Bei der Kalibrierung der Ionisationskammer wird die Messung in der Bezugstiefe (5 cm) im Phantom durchgeführt. Somit kommt es zu einer effektiven Messortverschiebung, die korrigiert werden muss. Für die Berechnung von k_R benötigt man Δz , welches dem halben Radius der Kammer entspricht und aus der Tabelle 4 der DIN-Norm für die Farmer Kammer abgelesen werden kann: $\Delta z = 1,5025 \text{ mm}$. Den Wert für $\delta_{Co} = -0,006 \text{ mm}^{-1}$ findet man in Tabelle 5.

$$k_R = \frac{1}{1 + \delta_{Co} \cdot \Delta z} = \frac{1}{1 - 0,006 \text{ mm}^{-1} \cdot 1,5025 \text{ mm}} = 1,009$$

2.1.5 BEI PHOTONENSTRAHLUNG ANZUWENDENDER KORREKTIONSFAKTOR $k_{Q,M}$ ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DES EINFLUSSES DER STRAHLUNGSQUALITÄT UNTER MESSBEDINGUNGEN

Für diesen Korrektionsfaktor wird der Strahlungsqualitätsindex Q benötigt, welchen wir im Praktikum vom 17.11.2017 als $Q = 0,68$ bestimmt haben. Es gilt:

$$k_{Q,M} = k_{Q,R} \cdot k_{NR,Q}$$

Da unter Referenzbedingungen $k_{NR,Q} = 1$ ist, entspricht $k_{Q,M} = k_{Q,R}$ und folgende Formel kann für den Korrektionsfaktor verwendet werden. Aus Tabelle 8 erhält man für die Farmer Kammer $A = 9,6727$ und $Q_0 = 1,1045$.

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

2.1.6 BESTIMMUNG DER DOSIS

Um nun letztendlich die Dosis zu bestimmen, wird eine kalibrierte Kammer benötigt. Den Kalibrierfaktor erhält man aus dem Protokoll des Kalibrierscheins (Abbildung 6) $\rightarrow N = 5,371 \cdot 10^7 \text{ Gy/C}$. Außerdem müssen alle bestimmten Korrektionsfaktoren in die Gleichung eingesetzt werden.

$$D = (M - M_0) \cdot N \cdot k_p \cdot k_s \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_{Q,M}$$

$$D = 17,73 \text{ nC} \cdot 5,371 \cdot 10^7 \frac{\text{Gy}}{\text{C}} \cdot 1,08 \cdot 1,00169 \cdot 1 \cdot 1,009 \cdot 0,989 = 1,029 \frac{\text{Gy}}{100 \text{ ME}}$$

Die Monitorkalibrierung sollte so durchgeführt worden sein, dass die Monitorkammer 100 ME abliest, wenn auf ein 10 cm x 10 cm Feld in einem Wasserphantom in einer Tiefe von 10 cm und einer SSD von 100 cm auf das Isozentrum eine Dosis von 1 Gy abgestrahlt wurde. Wir erhalten einen Wert von 1,029 Gy pro 100 Monitoreinheiten. Diese Abweichung von 0,029 Gy/ 100 ME ist allerdings bekannt. Wenn man diese nun anpassen wollen würde, wird dies nachfolgend erklärt.

KALIBRIERSCHEIN
 Nr. 1701160
PTW-Freiburg, Lärcher 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 Praxis des MVZ Strahlentherapie & Humangen
 Höhenzollernstrasse 40
 72488 Sigmaringen
 Auftragsnummer: R170559
 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 %

Kontrollenzeit $k_{L,w} = 7,635 \cdot 10^2 \text{ Gy/min}$
 Isotop / Halbwertszeit $^{60}\text{Co} / 28,8 \text{ Jahre}$

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)

MVZ Strahlentherapie des Universitätsklinikums Tübingen
 Sigmaringen - Linde-Str. wöchentlich Seite 1 / 1

02.1 Kontrolle der Dosismontorkalibrierung bei Photonenstrahlung
DN 0847 5/1 Datum:

Messaufbau
 55 mm RW3 + RW3-Kammerplatte für Farmer-Kammer
 (Messort in 5 mm Tiefe)
 Fadenkreuz der Kammerplatte fokussiert
 Kammer von Seite T einziehen
 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	1,001	1,004
k_S	1,000	1,000
k_p	1,009	1,009
k_r	0,987	0,971
k_Q	1,014	1,020
U _{richt} [V]		
Messwert [nC]		
Kanal 2 [ME]		
Dosis [Gy]		
Dosis [Gy]	1,000	1,000
Abweichung [%]		
DosRef1		
DosRef2		
Vorschlag DosRef1		
Vorschlag DosRef2		
28 Str 127		
27 Str 128		
Hump Em 166		
Toleranzbereich:	Absolutdosis [%]	1,50
	Kanal 2 [ME]	1

ABBILDUNG 6: KALIBRIERSCHEIN, PHOTONEN

2.1.7 ANPASSEN DER MONITORWERTE

Dafür wurde die Farmer Kammer wieder im Wasserphantom in 10 cm Tiefe angebracht. Anschließend wurde eine Messung durchgeführt von 100 ME und die beiden Dose ref Werte notiert.

- ❖ Dose ref 1: 15,24 und Dose ref 2: 12,37 → 17,8 nC

Danach folgte eine Änderung des Dose ref 1 Werts.

- ❖ Dose ref 1: 16,0 und Dose ref 2: 12,37 → 17,25 nC

Der Kanal 1 wurde also empfindlicher gemacht, weshalb die Bestrahlung früher abschaltet. Der zweite Kanal erreicht somit nicht die geforderten 100 ME. Deshalb folgt auch noch eine Änderung des Dose ref 2 Werts.

- ❖ Dose ref 1: 16,0 und Dose ref 2: 16,0 → Fehler

Bei dieser Einstellung ist der zweite Kanal zu empfindlich und läuft schneller als Kanal 1, so dass eine Fehlermeldung erscheint.

- ✓ Dose ref 1: 16,0 und Dose ref 2: 13,4 → 17,28 nC

Beide Kanäle haben die 100 ME erreicht. Berechnet man nun erneut die Dosis erhält man für D_{neu} einen deutlich besseren Wert: $D_{\text{neu}} = 1,0019 \text{ Gy}/100\text{ME}$.

Dieses Verfahren entspricht der Montorkalibrierung.

2.2 ERMITTLUNG DER WASSER-ENERGIEDOSIS BEI ELEKTRONENSTRAHLUNG

Da das selbe Verfahren nun auch noch für 15 MeV Elektronenstrahlung durchgeführt werden soll, muss der Messaufbau angepasst werden. Es wird nun der Elektronentubus an den Strahlerkopf angebracht und die Roos-Kammer verwendet, siehe Abbildung 7. Die Kammer wird in 27 mm Tiefe angebracht, da sich dort das Dosismaximum bei 15 MeV Elektronenstrahlung befindet.

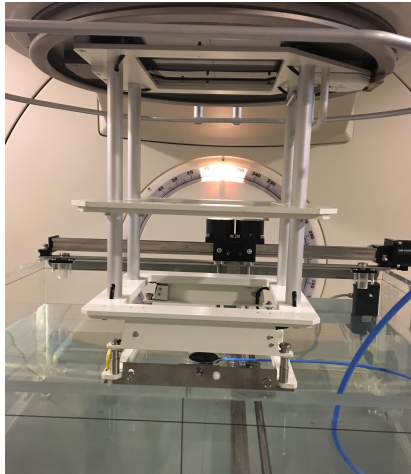


ABBILDUNG 7: AUFBAU FÜR MESSUNG MIT ELEKTRONENSTRAHLUNG

Aus dem Kalibrierschein (Abbildung 8) wird der Wert des Kalibrierfaktors $N = 8,191 \cdot 10^7 \text{ Gy/C}$ entnommen. Aus Zeitgründen entnehmen wir diesem auch die Werte $k_s = 1,003$, $k_p = 1$ und den Wert für $k_{E,M} = 0,882$. Aus Tabelle 4 der DIN-Norm lässt sich $k_r = 0,9976$ für die Roos Kammer ablesen und der Wert $k_p = 1,08$ bleibt gleich wie bei der Photonenstrahlung.

$$D = (M - M_0) \cdot N \cdot k_p \cdot k_s \cdot k_p \cdot k_r \cdot k_{E,M}$$

$$D = 12,98 \text{ nC} \cdot 8,191 \cdot 10^7 \frac{\text{Gy}}{\text{C}} \cdot 1,08 \cdot 1,003 \cdot 1 \cdot 0,9976 \cdot 0,882 = 1,013 \text{ Gy}$$

KALIBRIERSCHEIN
Nr. 0904132

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
 Detektor: TM34001-01643
 Detektortyp: Ionisationskammer
 Kontrollvorrichtung: 8921-353
 Halter: 48004-0447
 Hersteller: PTW-Freiburg
 Auftraggeber: Verwaltung des Klinikums
 Abteilung C3 Medizintechnik
 Geisweg 3
 72076 Tübingen
 Auftragsnummer: AU094464
 Auftragsdatum: 22.10.2009

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	Unsicherheit
^{60}Co	1,000	1,1 %	

Kontrollanzeige: $k_{Q,p} = 3,492 \cdot 10^{-1} \text{ Gy/min}$
 Isotop / Halbwertszeit: $^{90}\text{Sr} / 28,8 \text{ Jahre}$

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)

MVZ Strahlentherapie des Universitätsklinikums Tübingen
 Strahlentherapie - Linien - wöchentlich Seite 1 / 1

02.2 Kontrolle der Dosismontorkalibrierung bei Elektronenstrahlung
 09.08.2015 Datum: _____

Messaufbau: RW3-Kammerplatte für Roos-Kammer + Aufbaumaterial gemäß Tabelle
 Fadenkreuz der Kammerplatte fokussiert
 Schlauch Richtung T-Scheit
 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 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_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_{elec} [nC]	1,015	1,020	1,024	1,021	1,019	1,009
Kanal 2 [ME]						
Dosis [Gy]						
Solidosis [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] _____

ABBILDUNG 8: KALIBRIERSCHEIN, ELEKTRONEN