

Protokoll zum Praktikum Dosimetrie vom 10.01.2020

Absolutdosimetrie – Bestimmung der Wasser-Energiedosis

Moritz Schneider

Inhalt

1. Zielsetzung.....	1
2. Messaufbau.....	1
3. Durchführung	2
3.1 Kalibrierfaktor N	2
3.2 Korrektionsfaktor k_p zur Berücksichtigung der Luftdichte	2
3.2.1 Bestimmung von k_p mittels Temperatur und Luftdruck.....	2
3.2.2 Bestimmung von k_p mithilfe einer radioaktiven Prüfvorrichtung.....	3
3.3 Korrektionsfaktor k_s zur Berücksichtigung der unvollständigen Sättigung	4
3.3.1 Berechnung von k_s nach DIN 6800-2	4
3.3.2 Bestimmung von k_s mithilfe eines Jaffé-Diagramms	5
3.4 Korrektionsfaktor k_r zur Berücksichtigung der Messortverschiebung.....	7
3.5 Korrektionsfaktor k_Q zur Berücksichtigung der Strahlungsqualität	7
3.6 Korrektionsfaktor k_p zur Berücksichtigung der Polarität der Kammerspannung	8
3.7 Vorgehen bei der Bestimmung der Absolutdosis von Elektronenstrahlung	9
4. Ergebnisse	11
4.1 Bestimmung der Absolutdosis für 6 MV Photonenstrahlung.....	11

1. Zielsetzung

Im Rahmen dieses Praktikums sollte die Wasser-Energiedosis an einem Punkt nach DIN 6800-2 bestimmt werden.

Da im Allgemeinen während dosimetrischer Messungen keine Bezugsbedingungen herrschen, sind Korrekturfaktoren zur Bestimmung der Punktdosis in einem Phantom mithilfe eines Dosimeters notwendig. Die Wasser-Energiedosis in einem Punkt ergibt sich dann wie folgt:

$$D = (M - M_0) \cdot N \cdot \prod_{i=1}^n k_i.$$

Dabei ist M die Anzeige des Dosimeters, M_0 die Nullanzeige des Dosimeters, N ist der Kalibrierfaktor und $\prod_{i=1}^n k_i$ das Produkt aller Korrekturfaktoren.

Von der Vielzahl der in DIN 6800-2 aufgeführten Korrekturfaktoren sind im klinischen Alltag vor allem die folgenden Korrekturfaktoren nicht vernachlässigbar: k_p zur Berücksichtigung der Luftdichte, k_s zur Berücksichtigung der unvollständigen Sättigung in der Ionisationskammer, k_r zur Berücksichtigung der Messortverschiebung der Ionisationskammer, k_Q zur Berücksichtigung der Strahlungsqualität und k_p zur Berücksichtigung der Polarität der Kammerspannung. Diese Korrekturfaktoren sollten im Laufe des Praktikums für eine PTW 30013 Farmerkammer und 6 MV Photonenstrahlung bestimmt werden. Anschließend wurde das Vorgehen für die Bestimmung der Korrekturfaktoren bei Elektronenstrahlung diskutiert und der Korrekturfaktor k_E für 10 MeV Elektronenstrahlung ermittelt.

2. Messaufbau

Für die Messungen wurde in diesem Praktikum ein Festkörperphantom aus RW3-Platten der Firma PTW verwendet. Dieses ist in Abbildung 1 dargestellt. Es ermöglicht einen schnelleren Aufbau und fast wasseräquivalente Bedingungen, weshalb es auch für Messungen im klinischen Alltag, etwa zur Überprüfung der Konstanz der Kalibrierfaktoren des Dosismonitorsystems nach DIN 6847-5 (Wochencheck), verwendet wird. Konkret wird durch die Schichtung von RW3-Platten eine wasseräquivalente Messtiefe von 10 cm erreicht, sowie mittels weiteren 10 cm RW3-Platten hinter der Ionisationskammer Rückstreuung ermöglicht. Der Fokus-Oberflächenabstand beträgt dabei 100 cm, es wird ein 10 cm x 10 cm großes Strahlungsfeld verwendet. Gemessen wird mithilfe eines Unidos-Elektrometers der Firma PTW.

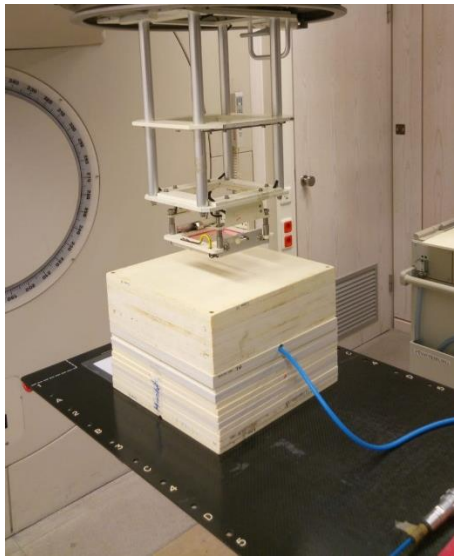


Abbildung 1: Festkörperphantom zur Bestimmung der Absolutdosis.

3. Durchführung

3.1 Kalibrierfaktor N

Zunächst ist der Kalibrierfaktor N von Interesse, da M_0 dank eines Nullabgleiches am Elektrometer zu 0 gesetzt wird. Um aus dem Messwert M in der Einheit Coulomb einen Rückschluss auf die Dosis zu erhalten ist der Kalibrierfaktor N nötig. Dieser ist auf dem Kalibrierschein der verwendeten Kammer zu finden. Er ist für jede Kammer individuell bestimmt und beschreibt den Zusammenhang zwischen Ladung und Wasser-Energiedosis unter Kalibrierbedingungen. Im Falle der hier verwendeten Kammer ist $N = 5,397 \cdot 10^7 \text{ Gy/C}$.

3.2 Korrektionsfaktor k_p zur Berücksichtigung der Luftdichte

Bei der verwendeten Ionisationskammer, PTW 30013 Farmer, handelt es sich um eine offene Ionisationskammer. Somit variiert die Luftdichte mit dem Luftdruck und der Temperatur der Umgebung. Zur Bestimmung von k_p können nun entweder die Temperatur und der Luftdruck der Umgebung verwendet werden, oder der Luftdichte-Korrekturfaktor kann mithilfe einer radioaktiven Prüfvorrichtung ermittelt werden.

3.2.1 Bestimmung von k_p mittels Temperatur und Luftdruck

Die Luftdichte ist abhängig vom aktuellen Luftdruck p und der aktuellen Temperatur T. Der Luftdichte-Korrekturfaktor lässt sich nach DIN 6800-2 wie folgt bestimmen:

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

Dabei entsprechen p_0 und T_0 dem Luftdruck und der Temperatur bei Referenzbedingungen, also $p_0 = 1013,25$ hPa und $T_0 = 293,2$ K. Die aktuelle Temperatur T muss im Bestrahlungsraum gemessen werden, der aktuelle Luftdruck p kann auch an anderer Stelle im Klinikgebäude auf der gleichen absoluten Höhe gemessen oder auch in geeigneten Internetportalen recherchiert werden. Dabei ist zu beachten den absoluten Luftdruck, und nicht etwa den Luftdruck auf Meereshöhe, zu verwenden. Das Thermometer sollte sich bereits einige Zeit im Bestrahlungsraum befinden, um ein thermisches Gleichgewicht zu gewährleisten. Im Praktikum wurde $T = 296,5$ K und $p = 969,0$ hPa bestimmt. Damit ergab sich nach obiger Formel $k_p = 1,057$.

3.2.2 Bestimmung von k_p mithilfe einer radioaktiven Prüfvorrichtung

Die Ermittlung der Luftdichte ist auch mittels einer radioaktiven Prüfvorrichtung möglich. Die im Praktikum verwendete Prüfvorrichtung ist in Abbildung 2 dargestellt. Verwendet wird dafür eine Strontium-90 (^{90}Sr) Strahlungsquelle. Die Ionisationskammer wird mithilfe einer speziellen Halterung in der Prüfvorrichtung positioniert, Markierungen auf der Halterung und der Ionisationskammer zeigen dabei die korrekte Ausrichtung der Kammer an.



Abbildung 2: radioaktive Prüfvorrichtung zur Bestimmung der Luftdichte.

Bei der Kalibrierung wurde die Dosisleistung der Strahlungsquelle der Prüfvorrichtung bestimmt. Diese ist dem Kalibrierschein zu entnehmen. Mithilfe des Zerfallsgesetzes kann die Dosisleistung zum aktuellen Zeitpunkt bestimmt werden. Für die verwendete Prüfvorrichtung galt zum Kalibrierzeitpunkt, dem 10.07.2018, $k_{p,0} = 3,191 \cdot 10^{-2}$ Gy/min. Mithilfe der Halbwertszeit von Strontium-90, $t_{1/2} = 28,8$ a, ergab sich am Praktikumstag:

$$k_p = k_{p,0} * e^{-\frac{\ln 2}{28,8 a} * 1,5 a} = 3,078 * 10^{-2} \text{ Gy/min.}$$

Zur Ermittlung des Luftdichte-Korrekturfaktors wird dieser Wert mit der gemessenen Dosisleistung verglichen. Dazu wird mit der betreffenden Ionisationskammer eine Minute lang die Ladung, die bei der Bestrahlung mithilfe der Prüfvorrichtung in der Ionisationskammer entsteht, gemessen. Im Falle des Praktikums ergab dies einen Messwert $k_m = 538 \text{ pC/min}$. Mit dem Kalibrierfaktor der Ionisationskammer ergibt sich daraus: $k_m = 2,904 * 10^{-2} \text{ Gy/min}$. Wird nun angenommen, dass die Abweichung dieser Dosisleistungen einzig auf die unterschiedliche Luftdichte bei der Kalibrierung und der Messung zurückzuführen ist, so ergibt sich der Luftdichte-Korrektionsfaktor k_p wie folgt:

$$k_p = \frac{k_p}{k_m} = 1,060 .$$

Zu beachten ist, dass Raum und Kontrollvorrichtung möglichst die gleiche Temperatur besitzen. Aus diesem Grund sollte die Kontrollvorrichtungen einige Stunden vor der Messung im Bestrahlungsraum platziert werden.

Die Bestimmung der Luftdichte mittels der radioaktiven Prüfvorrichtung kann zur Kontrolle des Messsystems dienen. Im klinischen Alltag ist die Berechnung der Luftdichte, und damit auch des Luftdichte-Korrektionsfaktors, mittels des Luftdruckes und der Temperatur vorzuziehen.

3.3 Korrektionsfaktor k_s zur Berücksichtigung der unvollständigen Sättigung

Die Ionen, die innerhalb der Ionisationskammer aufgrund ionisierender Strahlung entstehen, können rekombinieren und liefern so einen geringeren als den eigentlich korrekten Messwert. Dies wird als unvollständige Sättigung bezeichnet. Die unvollständige Sättigung wird durch den Korrektionsfaktor k_s berücksichtigt. Dieser kann berechnet werden, sofern die entsprechenden Kammergrößen bekannt sind, oder über die Messung eines Jaffé-Diagramms bestimmt werden.

3.3.1 Berechnung von k_s nach DIN 6800-2

Die DIN 6800-2 bietet in Kapitel 6.4.4 eine Möglichkeit zur direkten Berechnung von k_s . Die dafür erforderlichen Kenngrößen sind in Tabelle 6 desselben Kapitels für häufig verwendete Bauarten von Ionisationskammern aufgeführt. Ist, wie in diesem Fall, die verwendete Kammer in der Tabelle aufgeführt, so kann k_s wie folgt ermittelt werden. Es gilt:

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

Dabei bezeichnen γ und δ kammer spezifische Koeffizienten, die Tabelle 6 in Kapitel 6.4.4 der DIN 6800-2 zu entnehmen sind. D_p bezeichnet die Wasser-Energiedosis pro Puls am Messort,

U bezeichnet die verwendete Kammerspannung. Bei der Verwendung der Formel zur Berechnung von k_s ist darauf zu achten, dass die in Tabelle 6 aufgeführten Koeffizienten nur für jeweilige Kammer und die angegebenen Bereiche der Pulsdosen und Kammerspannungen gelten.

Im Praktikum sind nun $\gamma = 0 \text{ V}$ und $\delta = 3,44 \text{ V/mGy}$ aus DIN 6800-2 bekannt. Die Kammerspannung wurde zu $U = 400 \text{ V}$ gewählt. Zur Bestimmung der Wasser-Energiedosis pro Puls muss zunächst die Pulsfrequenz ermittelt werden. Dazu wird ein Oszilloskop verwendet, welches das Signal des Magnetron-Stroms direkt vom verwendeten Linearbeschleuniger abgreift. Mittels dieses Oszilloskops kann die Zeit zwischen zwei Pulsen und damit die Frequenz der Makropulse, im Praktikum mit $f = 400 \text{ Hz}$, bestimmt werden

Als nächstes muss die Dosisleistung des Beschleunigers bestimmt werden. 100 MU, nach Definition im verwendeten Messort gleich 1 Gy, erzeugen im Praktikum 17,54 nC in der Ionisationskammer. Bei gleicher Monitorrate erzeugt die Bestrahlung der Kammer für die Dauer von einer Minute 58,0 nC. Dies entspricht, unter Verwendung der ermittelten Ladung für 1 Gy Wasser-Energiedosisleistung, eine Dosisleistung von 3,31 Gy/min. Daraus ergibt sich:

$$D_p = \frac{3,31 \text{ Gy/min}}{400 * 60 \text{ 1/min}} = 0,14 * 10^{-3} \text{ Gy/Puls}$$

Somit kann k_s berechnet werden:

$$k_s = 1 + \frac{\gamma + \delta * D_p}{U} = 1 + \frac{0 \text{ V} + 3,44 \text{ V/mGy} * 0,14 \text{ mGy/Puls}}{400 \text{ V}} = 1,001$$

3.3.2 Bestimmung von k_s mithilfe eines Jaffé-Diagramms

Ein Jaffé-Diagramm ergibt sich aus der Auftragung von $1/M$, also dem Kehrwert des Messwertes, gegen $1/U$, also dem Kehrwert der verwendeten Kammerspannung. Es beruht also auf einer Variation der Kammerspannung. Aus den Datenpunkten wird dann der Messwert für eine unendlich hohe Spannung extrapoliert, da an diesem keine unvollständige Sättigung korrigiert werden müsste. Somit kann dann der Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der unvollständigen Sättigung wie folgt berechnet werden:

$$k_s = \frac{M_\infty}{M_U}$$

Wobei M_∞ dem extrapolierten Messwert bei unendlich hoher Spannung und M_U dem Messwert bei der zu verwendenden Kammerspannung entspricht. Im Fall des Praktikums ergaben sich folgende Messwerte für 100 MU und $U = (50, 100, 200, 300, 400) \text{ V}$:

Tabelle 1: Messwerte zur Erstellung des Jaffé-Diagramms

U	M	1/U	1/M
50	17,32	0,02	0,0577
100	17,44	0,01	0,0573
200	17,51	0,0050	0,0571
300	17,51	0,0033	0,0571
400	17,54	0,0025	0,0570

Daraus ergab sich folgendes Jaffé-Diagramm:

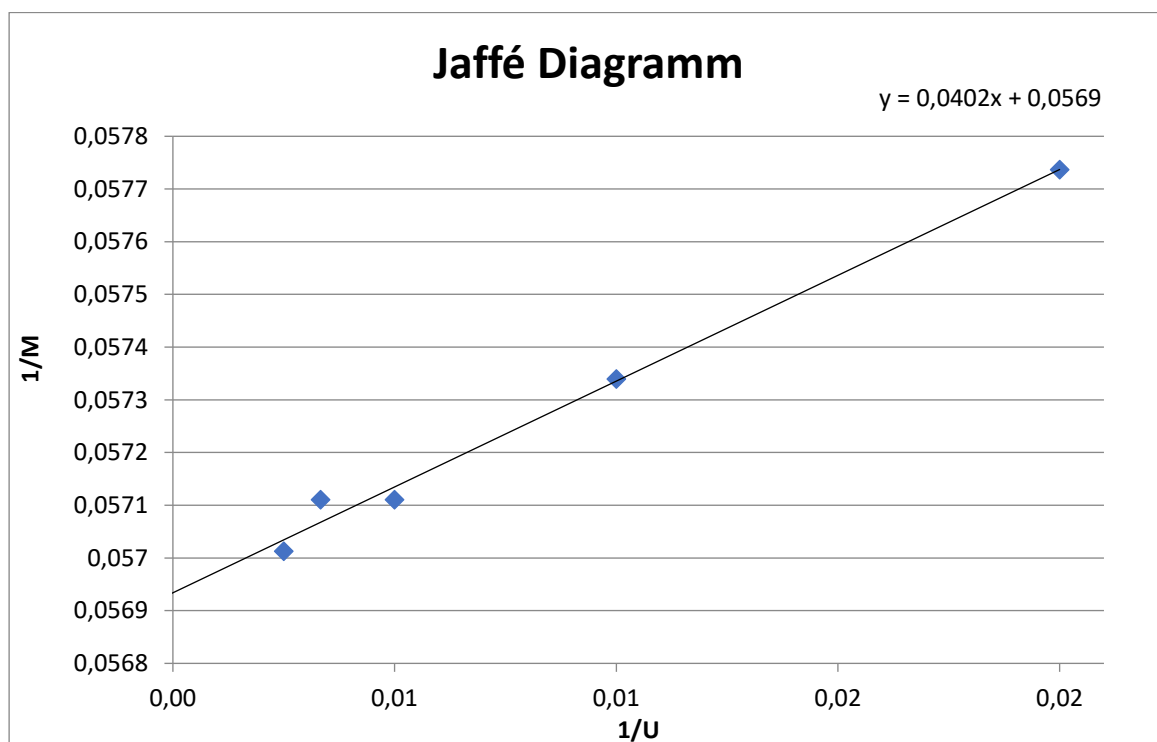


Abbildung 3: Jaffé-Diagramm zur Bestimmung von M_∞

Mithilfe des extrapolierten Messwertes für $U = \infty$ und dem zugehörigen theoretischen Messwert $M_\infty = 17,57 \text{ nC}$ und dem Messwert für $M_{400V} = 17,54 \text{ nC}$ ergibt sich:

$$k_s = \frac{M_\infty}{M_U} = \frac{17,57 \text{ nC}}{17,54 \text{ nC}} = 1,0017$$

Die Abweichung zwischen den beiden Bestimmungsmethoden liegt dabei im Promille-Bereich, zu erklären ist diese mit den wenigen Datenpunkten für das gemessene Jaffé-Diagramm. Im Fall der Berechnung nach DIN 6800-2 wurden Jaffé-Diagramme mit erheblich mehr

Datenpunkten verwendet. Insofern ist die Verwendung der Berechnungsformel nach DIN 6800-2, sofern möglich, vorzuziehen.

3.4 Korrektionsfaktor k_r zur Berücksichtigung der Messortverschiebung

Zur Kalibrierung mithilfe von ^{60}Co -Gammastrahlung wird eine Kompaktkammer auf den Bezugspunkt positioniert. Dieser befindet sich folglich in der Bezugstiefe im Phantom. Bei der Messung der Wasser-Energiedosis werden Kompaktkammern hingegen so positioniert, dass ihr effektiver Messort im beabsichtigten Messort liegt. Um dies zu erreichen wird der Bezugspunkt um $r/2$ tiefer als der Messort positioniert. Diese Positionierungsvorschrift ist auf Verdrängungseffekte zurückzuführen. Die Positionierung im Bezugspunkt bei der Kalibrierung wird verwendet, um bei neuen Erkenntnissen zum effektiven Messort von Kompaktkammern nicht den Kalibrierfaktor jeder Kammer ändern zu müssen. Stattdessen müsste ausschließlich k_r zur Berechnung der Absolutdosis angepasst werden.

Die Berechnung von k_r kann wie folgt durchgeführt werden:

$$k_r = 1 + |\delta| \frac{r}{2}$$

r entspricht dabei dem Innenradius der äußeren Messelektrode und $|\delta|$ ist der Betrag des relativen Gradienten der Tiefendosis Kurve in der Bezugstiefe bei der Kalibrierung mit ^{60}Co -Gammastrahlung. Unter Bezugsbedingungen gilt $|\delta| = 0,006 \text{ 1/mm}$. Daraus ergibt sich für die verwendete Kammer, PTW 30013 Farmer mit $r = 3,1 \text{ mm}$, $k_r = 1,009$. k_r kann für häufig verwendete Kammern auch der Tabelle 5 in Kapitel 7.6 der DIN 6800-2 entnommen werden.

3.5 Korrektionsfaktor k_Q zur Berücksichtigung der Strahlungsqualität

Mithilfe des Korrektionsfaktors k_Q soll das veränderte Ansprechvermögen der Ionisationskammer infolge der Verwendung bei der Strahlungsqualität Q anstelle der Bezugs-Strahlungsqualität von ^{60}Co -Gammastrahlung berücksichtigt werden.

Da die Strahlungsqualität eines Linearbeschleunigers von zahlreichen Faktoren, wie etwa der Maximalenergie der Elektronen, der Energieverteilung oder dem Targetmaterial und -dicke und dem Aufbau des Strahlerkopfes abhängt, reicht die verwendete Beschleunigungsspannung nicht zur Charakterisierung der Strahlungsqualität aus. Stattdessen wird zur Berechnung der Strahlungsqualität das Verhältnis der Anzeigen M_{20} und M_{10} eines Dosimeters bei Bestrahlung eines $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ großen Strahlenfeldes mit $\text{FOA} = 100 \text{ cm}$ in den Tiefen 20 cm und 10 cm verwendet. Damit ergibt sich:

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

Diese Messungen wurden bereits an einem früheren Praktikumstag durchgeführt und ergaben eine Strahlungsqualität von $Q = 0,679$. Mit diesem Wissen kann nun k_Q aus Tabelle 6 in Kapitel 8.2 der DIN 6800-2 abgelesen werden. Für die verwendete Kammer und die ermittelte Strahlungsqualität ergibt sich damit $k_Q = 0,988$.

3.6 Korrektionsfaktor k_p zur Berücksichtigung der Polarität der Kammerspannung

Die Anzeige des Dosimeters ist von der Polarität der Kammerspannung abhängig, da je nach Polarität die Anzahl der Elektronen, die aus dem umgebenden Material in die Messelektrode ein- und austreten verschieden ist.

Der Kalibrierfaktor, welcher im Kalibrierschein der Ionisationskammer angegeben ist, gilt dabei für die angegebene Polarität. Wird die Kammer bei einer anderen Strahlungsqualität als der Bezugsstrahlungsqualität verwendet, so ändert sich der Polaritätseffekt. Diese Änderung wird mithilfe von k_p berücksichtigt.

Es gilt:

$$k_p = \frac{\left(\frac{M_1 + M_2}{M_1} \right)_{Q,E}}{\left(\frac{M_1 + M_2}{M_1} \right)_{Co}}$$

Dabei ist M_1 der Betrag der Anzeige des Dosimeters bei der gewöhnlich benutzten Polarität der Kammerspannung und M_2 der Betrag der Anzeige des Dosimeters bei der entgegengesetzten Polarität. M_1 und M_2 sollten mit derselben Dosis erzeugt worden sein. Es wird also die Anzeige für die zu verwendende Strahlungsqualität mit der Anzeige für Cobalt-60 in Verbindung gebracht. Sind die Werte für ^{60}Co -Strahlung allerdings nicht bekannt, so soll stattdessen die Messung bei der geringsten verfügbaren Photonengrenzenergie verwendet werden. Daraus folgt, dass die Photonenstrahlung mit der geringsten Grenzenergie in der Regel $k_p = 1$ besitzt. Da die Messungen im Praktikum mit der einzigen und damit geringsten Photonengrenzenergie von 6 MV durchgeführt wurden, gilt dies auch hier.

3.7 Vorgehen bei der Bestimmung der Absolutdosis von Elektronenstrahlung

Im Anschluss an die Bestimmung der Absolutdosis für Photonenstrahlung wurde im Praktikum auch die Bestimmung der Absolutdosis für Elektronenstrahlung diskutiert. Dabei wurde deutlich, dass k_s aufgrund veränderter Kenngrößen des Pulses, k_p aufgrund einer anderen Strahlungsqualität, und k_E Als neuer Korrektionsfaktor nur für Elektronen, neu bestimmt werden müssten. Würde eine andere Kammer zur Messung verwendet, so müsste auch k_r neu berechnet werden.

Von der Bestimmung von k_s für 10 MeV Elektronenstrahlung wurde, aufgrund des identischen Vorgehens zur Bestimmung von k_s bei 6 MV Photonenstrahlung, abgesehen.

3.7.1 Bestimmung von k_p bei 10 MeV Elektronenstrahlung

Für die Berechnung von k_p bei 10 MeV Elektronenstrahlung gilt dieselbe Formel wie bei 6 MV Photonenstrahlung. Da wiederum keine Messwerte für ^{60}Co -Strahlung zur Verfügung stehen, werden an deren Stelle nach DIN 6800-2 die Messwerte für 6 MV Photonenstrahlung verwendet. Es ergibt sich also:

$$k_p = \frac{\left(\frac{M_1+M_2}{M_1}\right)_{10\text{ MeV}}}{\left(\frac{M_1+M_2}{M_1}\right)_{6\text{ MV}}}.$$

Bei der Ermittlung der Messwerte für die verschiedenen Polaritäten der Kammerspannung wurden mehrere Messwerte aufgenommen und anschließend ein Mittelwert gebildet, da erst nach ca. 15 min das Messgerät wieder im Gleichgewicht ist. Mit den in Tabelle 2 gezeigten Messwerten ergab sich nach obiger Formel $k_p = 1,004$.

Tabelle 2: Mittelwerte der Messwerte für verschiedene Polaritäten der Kammerspannung und unterschiedliche Strahlungsarten und Energien.

	Ladung [C]
M1 6 MV Photonen	1,743E-8
M2 6 MV Photonen	1,746E-8
M1 10 MeV Elektronen	1,680E-10
M2 10 MeV Elektronen	1,695E-10

3.7.2 Bestimmung von k_E zur Berücksichtigung der Strahlungsqualität der Elektronenstrahlung

Der Korrektionsfaktor k_E berücksichtigt die Veränderung des Ansprechvermögens der Ionisationskammer bei Verwendung einer anderen Strahlungsqualität als der von ^{60}Co -Gammastrahlung. Dieser gilt in der Referenztiefe z_{ref} bei einem FOA von 100 cm und einer Feldgröße an der Phantomboberfläche von 20 cm x 20 cm. Wird, wie am Universitätsklinikum

Tübingen, die Messung im Dosismaximum angewendet, so muss k_E mithilfe des Verhältnisses des Stoßbremsvermögens in Wasser und Luft ($s_{W,A}$) korrigiert werden.

Der Korrektionsfaktor k_E setzt sich zusammen aus einem bauartunabhängigen Faktor k_E' und einem von der Bauart abhängigen Faktor k_E'' .

$$k_E = k_E' * k_E''$$

Für die Bestimmung von k_E' in der Referenztiefe gilt:

$$k_E' = 1,106 - 0,1312 * (R_{50})^{0,214}.$$

Durch die Messung eines Tiefendosisverlaufes ergibt sich $R_{50,ion}$, im Praktikum ist $R_{50,ion} = 3,892$ cm. Da $R_{50,ion}$ kleiner als 10cm ist, gilt:

$$R_{50} = 1,029 * R_{50,ion} - 0,6cm.$$

Im Falle des im Praktikum gemessenen Tiefendosisverlaufes ergibt sich also $R_{50} = 3,405$ cm. Damit ergibt sich auch $k_E' = 0,935$.

Der Faktor k_E'' kann entweder, für häufig verwendete Ionisationskammern, aus Tabelle 7 in Kapitel 9.2.5 der DIN 6800-2 abgelesen werden, oder mittels folgender Formel in sehr guter Näherung berechnet werden:

$$k_E'' = \frac{(p_{cav} * p_{cel})_{R_{50}}}{(p_{wall} * p_{cel})_{Co}}.$$

Dabei korrigiert p_{wall} die Abweichung des Wandmaterials von Wasser, p_{cav} die Störung der Fluenzverteilung der Elektronen durch die Anwesenheit des luftgefüllten Hohlraums und p_{cel} den Einfluss der Mittelelektrode der Ionisationskammer, jeweils für die verwendete Strahlungsqualität und die Strahlungsqualität einer ^{60}Co -Strahlungsquelle.

Das Ablesen von k_E'' aus Tabelle 7 in Kapitel 9.2.5 der DIN 6800-2 ergab für die verwendete Ionisationskammer und Strahlungsqualität $k_E'' = 0,967$.

Somit ergibt sich $k_E = 0,899$.

4. Ergebnisse

4.1 Bestimmung der Absolutdosis für 6 MV Photonenstrahlung

Da nun alle in der Zielsetzung genannten Korrekturfaktoren für den verwendeten Beschleuniger und die verwendete Kammer bekannt sind, kann die Absolutdosis bestimmt werden. Diese ergibt sich aus:

$$D = (M - M_0) * N * k_{\rho} * k_r * k_Q * k_s * k_p .$$

Für 100 Monitoreinheiten ergab $M = 17,43$ nC. Mit $M_0 = 0$, $N = 5,397 \cdot 10^7$ Gy/C, $k_p = 1,057$, $k_r = 1,009$, $k_Q = 0,988$, $k_s = 1,0017$ und $k_p = 1$ ergibt sich $D = 0,993$ Gy. Laut Definition sollte die Bestrahlung mit 100 MU bei einem 10 cm x 10 cm großen Strahlungsfeld mit FOA = 100 cm in 10 cm Wassertiefe 1 Gy ergeben. Um dies zu erreichen sollten nun also die Kalibrierfaktoren des Dosismonitorsystems des Linearbeschleunigers angepasst werden. Zusätzlich könnten Messunsicherheiten und die Vernachlässigung weiterer Korrekturfaktoren die Abweichung der Absolutdosis erklären.