



29.1.2019

Protokoll zum Dosimetriepraktikum vom 25.01.2019

Elektronenrotationsbestrahlung

Jonas Habrich
BM6 Dosimetrie



Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung.....	3
2	Hintergrund Elektronenrotationsbestrahlung.....	3
3	Material und Methoden	4
4	Ergebnisse und Diskussion	5

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizze eines Tumors im Bereich der Lunge mit Elektronenrotationsbestrahlung	3
Abbildung 2: Veranschaulichung der verschiedenen PAT und THA.....	4
Abbildung 3: Messaufbau mit Schrägstellung der Gantry auf -50°	5
Abbildung 4: Vergleich der TDK bei Stehfeld- und Rotationsbestrahlung bei einer Energie von 4 MeV. 7	
Abbildung 5: Vergleich der TDK bei Stehfeld- und Rotationsbestrahlung bei einer Energie von 15 MeV	7
Abbildung 6: Skizze des Phantoms und der Messkammer (schwarzer Punkt) bei gegebener PAT (rot) und größerer PAT (blau)	8



1 Zielsetzung

Teil 1:

Im ersten Teil des Praktikums werden die Tiefendosiskurven (TDK) bei Elektronenenergien von 4MeV und 15 MeV gemessen und mit den gemessenen TDK bei Stehfeldbestrahlungen aus dem Praktikum vom 30.11.2018 verglichen.

Teil 2:

Im zweiten Teil des Praktikums wird gemessen, wie sich die Messwerte in der Tiefe des Dosismaximums bei verschiedenen Pendel-Achsen-Tiefen (PAT) bei Elektronenenergien von 4MeV und 15MeV verändern.

2 Hintergrund Elektronenrotationsbestrahlung

Zur Bestrahlung von oberflächennahen, zylindrischen Tumoren gibt es eine spezielle Bestrahlungstechnik, die Elektronenrotationsbestrahlung. Diese wird v.a. bei Tumoren im Bereich der Lunge bei metastasierendem Mammakarzinom (**Abb.1**). Dabei ist eine Bestrahlung mit Photonen nicht optimal, da dadurch das, hinter dem Tumor liegende, Lungengewebe viel Dosis abbekommt. Deshalb wird mit Elektronen bestrahlt. Der Nachteil dieser Bestrahlungstechnik liegt darin, dass die Dosisverteilung durch Elektronen nicht mit dem Bestrahlungsplanungssystem berechnet werden kann. Deshalb müssen die Oberflächendosis und die Tiefendosiskurven für diese Bestrahlungstechnik gemessen werden.

Die Elektronenrotationsbestrahlung findet im Klinikum Tübingen ca. zweimal pro Jahr Anwendung.

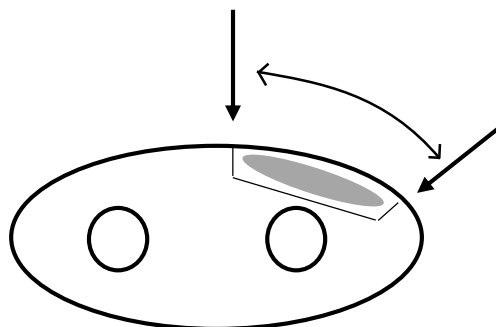


Abbildung 1: Skizze eines Tumors im Bereich der Lunge mit Elektronenrotationsbestrahlung

3 Material und Methoden

Für die Messungen wird ein halbzyklindrisches Phantom aus PMMA genutzt und als Messkammer wird die 0,3cm³ Semiflex Kompaktkammer genutzt. Um die TDK zu messen, müssen verschiedene Tiefen messbar sein. Das wird erreicht, indem die Messkammer in einem Platteneinsatz angebracht ist und durch das Stapeln verschieden dicker Platteneinsätze, können unterschiedliche Messtiefen im Phantom realisiert werden. Allerdings ist darauf zu achten, dass die Platteneinsätze mit dem Phantom oben bündig schließen.

Außerdem wird ein spezieller, verkürzter Tubus genutzt, dessen Länge bis zur Tubusunterkante 74cm beträgt und der einen schmalen Endrahmen besitzt. Für die Messungen wird außerdem der Strahlerkopf um 90° gedreht. Die Rotation erfolgt um jeweils 50° von der Nullachse im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn, also insgesamt 100°. Dabei beginnt jede Bestrahlung entweder bei +50° oder -50°.

Anstatt der Festlegung des Fokus-Oberflächen-Abstandes wird bei dieser Bestrahlungstechnik die Pendel-Achsen-Tiefe(PAT) festgelegt. Sie ist definiert als der Abstand zwischen dem Rotationszentrum und der Phantom-/Patientenoberfläche. Der Abstand zwischen der Tubusunterkante und dem Rotationszentrum ist immer konstant 26cm. In Abbildung 2 ist nochmals die PAT(in grün) und der Tubus-Haut-Abstand(THA, in rot) schematisch erklärt. Zur Einstellung einer PAT wird die dafür passende Platte an die Tubusunterkante gehalten und das Phantom mit RW3 Platten so positioniert, dass die Phantomboberfläche die Unterkante der Plate berührt. Anschließend wird das Phantom auf den Zentralstrahl ausgerichtet und geprüft, ob die Rotationen hindernislos möglich sind. Der fertige Aufbau wird nochmals in Abbildung 3 gezeigt.

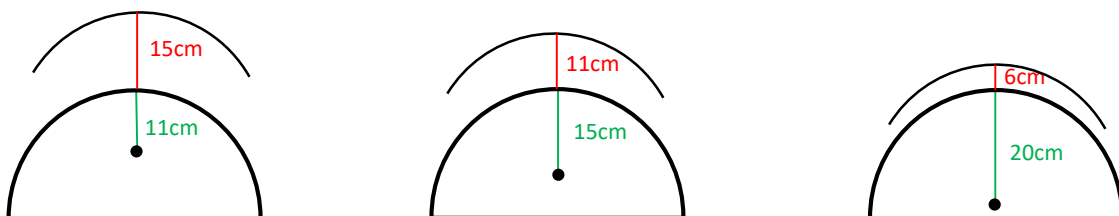


Abbildung 2: Veranschaulichung der verschiedenen PAT und THA

Für die Aufnahme der TDK wurde ein PAT von 15cm eingestellt. Für die spätere Variation der PAT wurden noch Messungen in PAT von 11cm und 20cm in den Tiefen des Dosismaximums der zuvor gemessenen TDKs durchgeführt. TDKs wurden bei Energien von 4MeV und 15MeV gemessen.

Bei den TDKs wird bei jeder Tiefe sowohl einmal bei Rotation mit dem Uhrzeigersinn und einmal bei Rotation gegen den Uhrzeigersinn bestrahlt. Dabei werden für die 4MeV Kurve pro Tiefe und Rotationsrichtung 315,9MU abgestrahlt und für die 15MeV Kurve 214MU. Als Messwert wird dann der Mittelwert der beiden Messwerte aus beiden Rotationsrichtungen pro Tiefe bezeichnet. Bei der Variation der PAT werden pro Rotationsrichtung und Tiefe 315,9MU abgestrahlt.

Bevor die ersten Messungen gestartet werden, wird der Beschleuniger bei einer Energie von 12MeV noch warmgestrahlt.

Um die Tiefendosiskurven danach grafisch darzustellen, muss noch beachtet werden, dass 2 Unterschiede zu den normalen TDK von Elektronen vorhanden sind. Zum einen wird nicht in Wasser, sondern in PMMA gemessen und zum anderen wird nicht unter Referenzbedingungen gemessen.

Deshalb muss die eingestellte Tiefe in die wasseräquivalente Tiefe umgerechnet werden. Dies erfolgt, indem die PMMA Tiefe mit dem Faktor 1,15 multipliziert wird.

Außerdem wird jeder Messwert mit seinem Korrekturfaktor für Nicht-Referenzbedingungen multipliziert. Dieser Faktor wird nach DIN 6800-2 bestimmt.

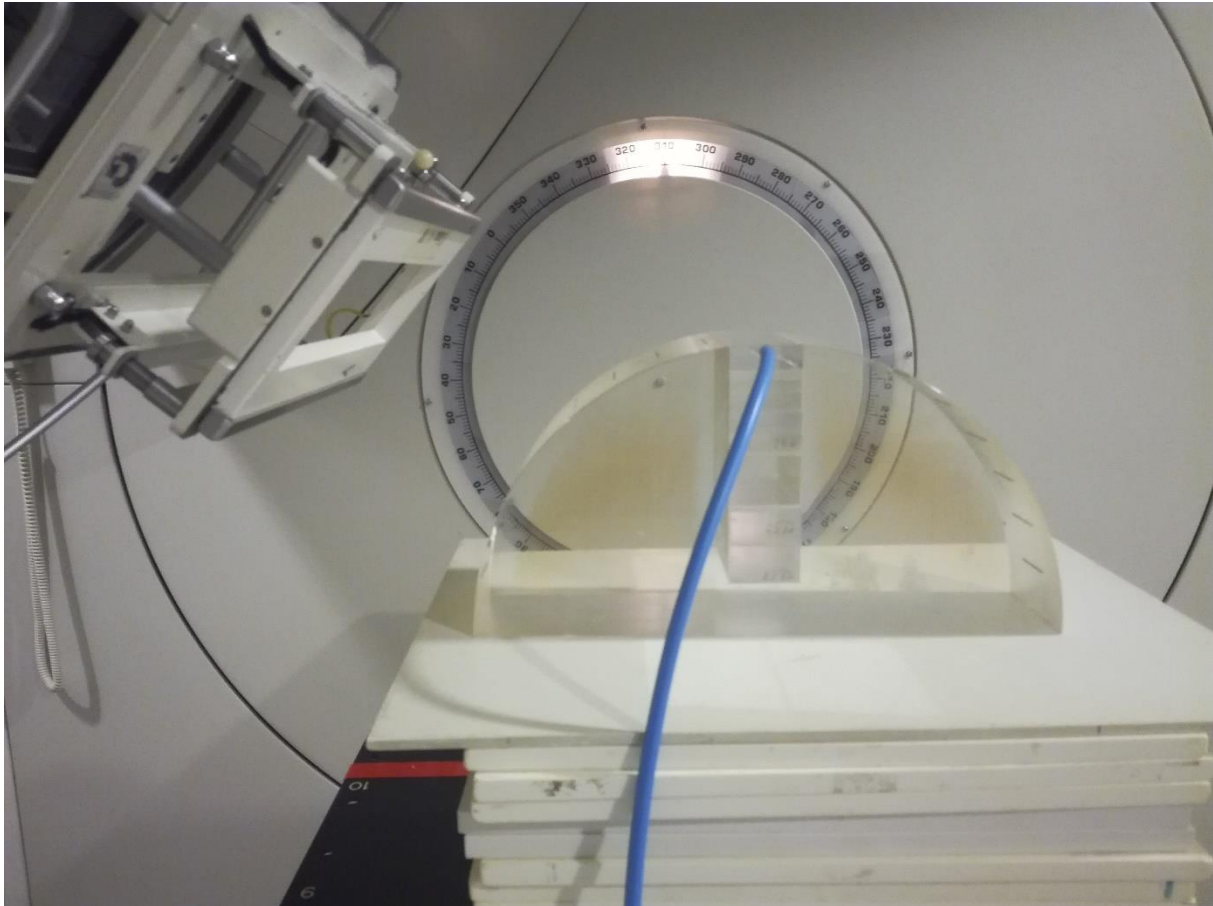


Abbildung 3: Messaufbau mit Schrägstellung der Gantry auf -50°

4 Ergebnisse und Diskussion

Tiefendosiskurven:

Die Ergebnisse der Messungen mit der Elektronenenergie von 4MeV sind in Tabelle 1 dargestellt, die Ergebnisse mit der Elektronenenergie von 15MeV in Tabelle 2. Dabei ist zu der gemessenen Tiefe in PMMA auch die äquivalente Wassertiefe angegeben, sowie der Mittelwert der Messwerte und der um den Korrekturfaktor berichtigte Messwert. Außerdem steht das cw in der Tabelle für clockwise, also Rotationsrichtung mit dem Uhrzeigersinn, und ccw für counterclockwise, also gegen den Uhrzeigersinn.

Tiefe [mm]	Äq Wassertiefe [cm]	Messwert [nC] ccw	Messwert [nC] cw	Mittelwert	Korrigierter Mittelwert
0	0	9,732	9,731	9,732	10,304
2	0,23	10,62	10,63	10,625	11,349
4	0,46	10,67	10,73	10,700	11,534
6	0,69	9,754	9,812	9,783	10,647
9	1,035	6,555	6,478	6,517	7,199
12	1,38	2,944	2,99	2,967	3,331
15	1,725	0,622	0,634	0,628	0,717

Tabelle 1: Messwerte bei 4MeV

Tiefe [mm]	Äq Wassertiefe [cm]	Messwert [nC] ccw	Messwert [nC] cw	Mittelwert	Korrigierter Mittelwert
0	0	8,106	8,1	8,103	7,937
5	0,575	8,8	8,74	8,770	8,663
10	1,15	9,3	9,31	9,305	9,272
12	1,38	9,569	9,535	9,569	9,570
15	1,725	9,872	9,827	9,850	9,906
18	2,07	10,17	10,18	10,175	10,292
21	2,415	10,48	10,45	10,465	10,648
24	2,76	10,72	10,73	10,725	10,979
27	3,105	10,95	10,94	10,945	11,274
29	3,335	11,03	11,05	11,040	11,421
37	4,255	10,81	10,81	10,810	11,387
44	5,06	9,545	9,571	9,558	10,241
51	5,865	7,055	7,027	7,041	7,685
61	7,015	2,823	2,889	2,856	3,210
71	8,165	0,851	0,855	0,853	0,991

Tabelle 2: Messwerte bei 15MeV

In den Abbildungen 4 und 5 werden zusätzlich die gemessenen TDKs mit den TDKs bei Stehfeldbestrahlung aus dem Praktikum von 30.11.2018 dargestellt. Dafür werden die korrigierten Messwerte noch auf den jeweiligen Maximalwert normiert.

Beim Vergleich der Tiefendosiscurven bei der Energie 4MeV können kaum Veränderungen festgestellt werden.

Beim Vergleich der Tiefendosiscurven bei einer Energie von 15MeV können deutliche Unterschiede erkannt werden. So liegt zum einen das Dosismaximum tiefer und zum anderen ist die Oberflächendosis geringer. Ursache hierfür ist, dass die Messkammer bei vielen Feldern, v.a. bei hohen Rotationswinkeln, nicht bestrahlt wird, da sie außerhalb des Feldes liegt. Dies sorgt dafür, dass an der Oberfläche weniger Dosis gemessen wird.

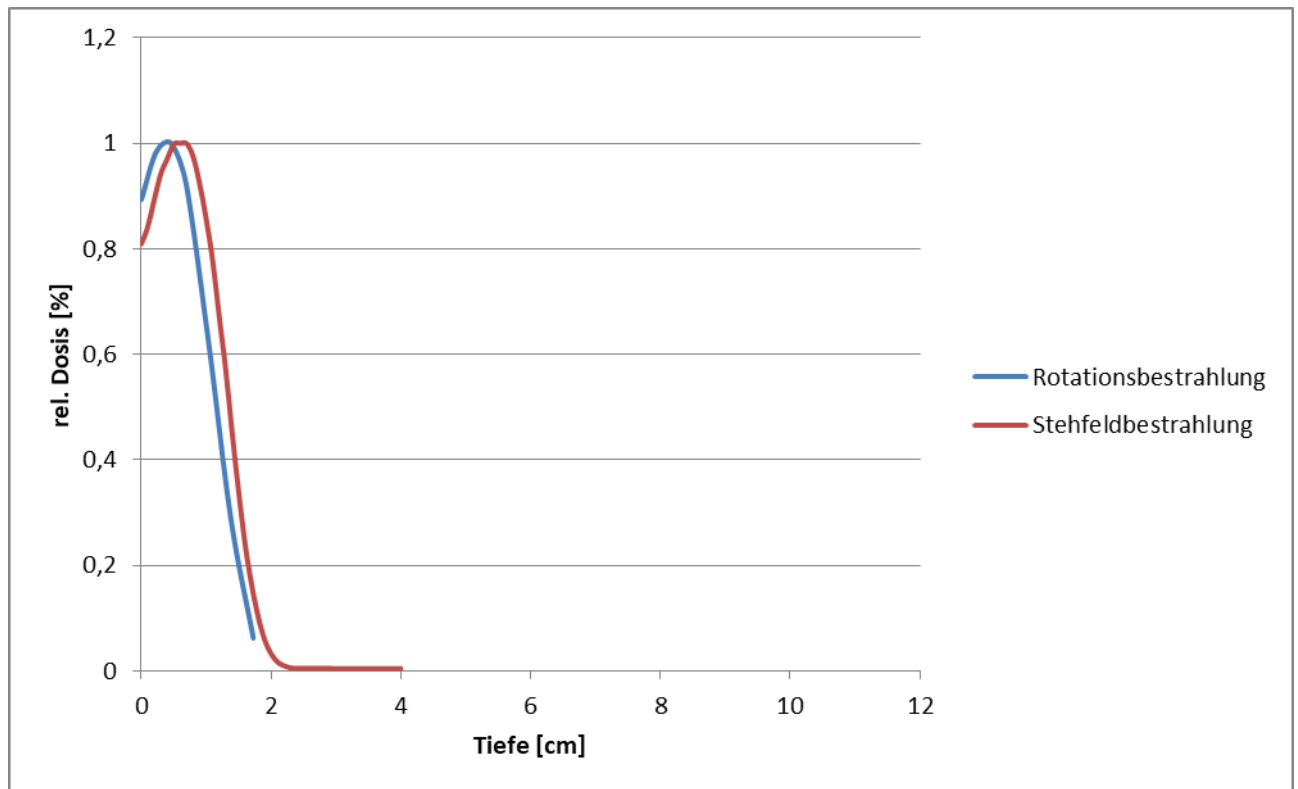


Abbildung 4: Vergleich der TDK bei Stehfeld- und Rotationsbestrahlung bei einer Energie von 4MeV

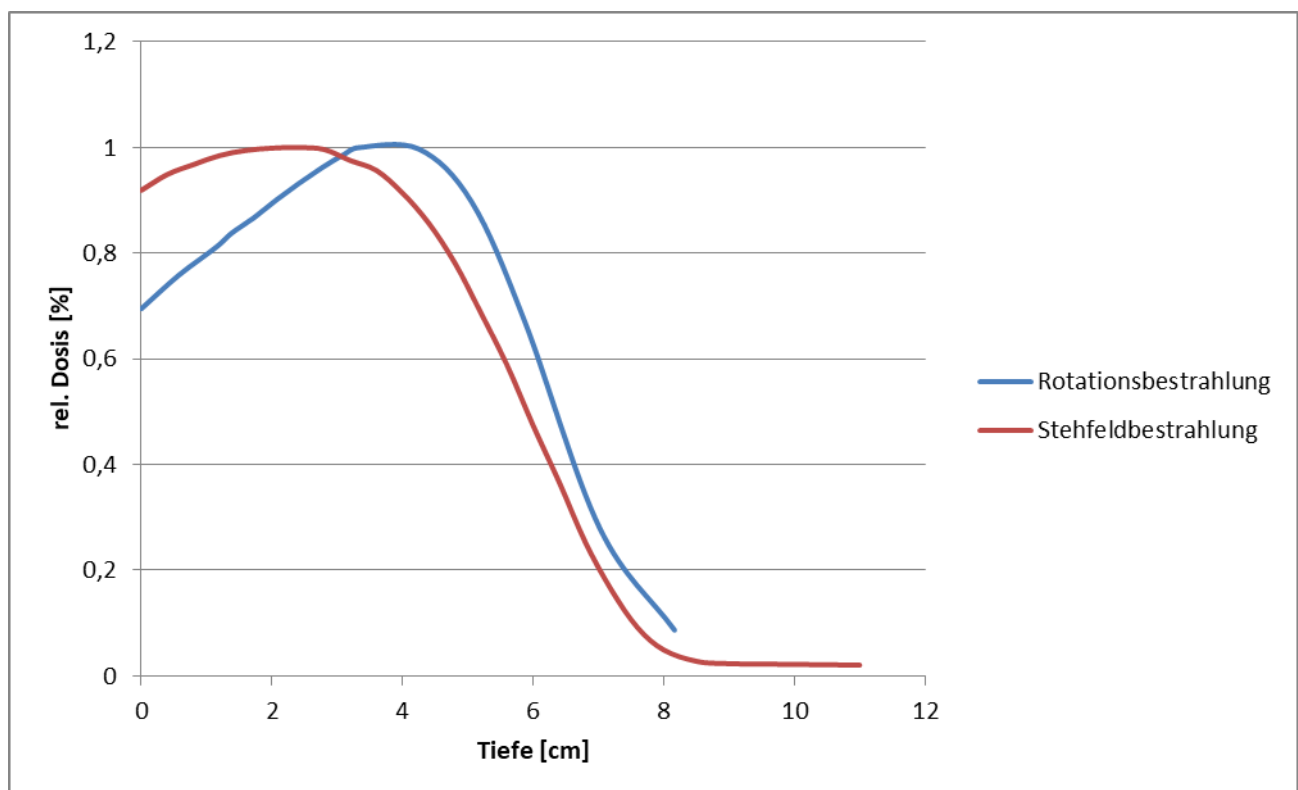


Abbildung 5: Vergleich der TDK bei Stehfeld- und Rotationsbestrahlung bei einer Energie von 15MeV



Variation der PAT:

Bei der Variation der PAT ergeben sich die Messwerte aus Tabelle 3.

PAT	4 MeV (4mm Tiefe)	15 MeV (29mm Tiefe)
11	13,9	16,2
15	10,7	11,04
20	8,6	8,19

Tabelle 3: Messwerte bei verschiedenen PAT in der Tiefe des jeweiligen Dosismaximums

Man kann klar erkennen, dass mit steigender PAT die Dosis abnimmt. Dies steht aber im Widerspruch zu vorherigen Erkenntnissen aus den Praktika, da bei steigender PAT der THA sinkt und bei kleinerem Fokus-Oberflächen-Abstand müsste die Dosis steigen.

Der Grund dafür ist, dass bei sinkendem THA die projizierte Fläche/Feldgröße sinkt und somit wiederum weniger Felder Dosis in der Messkammer verursachen. Der Effekt wird auch nochmals in Abbildung 6 veranschaulicht.

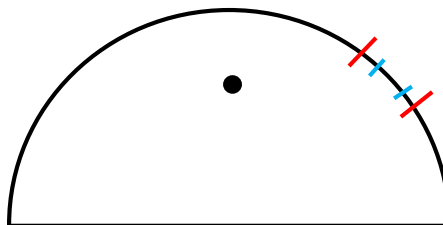


Abbildung 6: Skizze des Phantoms und der Messkammer (schwarzer Punkt) bei gegebener PAT (rot) und größerer PAT (blau)

Dieser Effekt überwiegt die Auswirkungen des Abstand-Quadrat-Gesetzes, wodurch die Dosis bei steigender PAT sinkt.