

Tissue Phantom Ratio - & Output Faktor - Messung

BM6 Dosimetrie

23. November 2018

Dozent: Dr. Oliver Dohm

Medizinische Strahlenwissenschaften

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



Doreen Deurer

Inhaltsverzeichnis

Ziel des Praktikums	3
1. Tissue Phantom Ratio	3
1.1 Hintergrund	3
1.2 Versuchsaufbau	4
1.3 Ergebnisse	5
2. Bestimmung des Strahlungsqualitätsindex	7
2.1 Methode 1: Messung mittels TDK bei gleichbleibendem SSD	7
2.2 Methode2 : TPR _{20,10} Messung	7
3. Messung des Output Faktors	8
3.1 Messaufbau	8
3.2 Messergebnis	9
Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	11

Ziel des Praktikums

Teil 1: Tissue Phantom Ratio

Im ersten Teil des Praktikums wurden Messungen einer Tiefendosiskurve und einer Gewebe-Phantom-Verhältnis-Kurve durchgeführt und beide Kurven miteinander verglichen und ineinander umgerechnet.

Teil 2: Bestimmung des Strahlungsqualitätsindex

Im zweiten Teil des Praktikums wurde der Strahlungsqualitätsindex mittels einer TDK bei gleichbleibendem SSD und anschließend durch eine $TPR_{20,10}$ Messung ermittelt und diese miteinander verglichen.

Teil 3: Messung des Output-Faktors

Im dritten Teil wurde der Output-Faktor bei zehn verschiedenen Feldgrößen bestimmt.

1. Tissue Phantom Ratio

1.1 Hintergrund

Eine Tiefendosiskurve ist von der Energie, der Feldgröße und den Abständen SSD (Source-Surface-Distance) und SDD (Source-Detector-Distance) abhängig. Bei normalen Tiefendosismessungen ändern sich mehrere dieser Einflussgrößen. Um nur eine Größe zu verändern wird eine Tissue-Phantom-Ratio (TPR) Messung verwendet (Gewebe-Phantom-Verhältnis Messung). Dafür wird die Feldgröße konstant gehalten. Bei der Messung einer TPR befindet sich der Detektor in einem konstanten Abstand zum Fokus. Um unter diesen Bedingungen eine Gewebe-Phantom-Verhältnis Kurve messen zu können, ist es erforderlich, nach der Aufnahme jedes Messpunkts Wasser in das Wasserphantom zu füllen bzw. Wasser abzulassen. Dadurch ändert sich der Fokus-Oberflächen-Abstand (FOA) bei gleich bleibendem Fokus-Messort-Abstand. Die Tissue Phantom Ratio (TPR) wird definiert als Verhältnis aus einer Dosis in der Tiefe t und einer Dosis in der Referenztiefe, die beide in einem wasseräquivalenten Phantom bei demselben Fokus- Detektor-Abstand sowie unter unveränderten Kollimatoreinstellungen gemessen wurden. Aufgetragene TPR-Werte über der Tiefe stellen eine Gewebe-Phantom-Verhältnis Kurve dar, deren Verlauf nicht vom Abstandsquadratgesetz beeinflusst wird. Die TPR-Kurve beschreibt folglich die reine Schwächung des einfallenden Strahls in Abhängigkeit von der Wassertiefe.

Da die direkte Messung der TPR sehr zeitaufwendig ist, bietet es sich an, die TPR-Kurve mit Hilfe einer Tiefendosiskurve zu berechnen.

1.2 Versuchsaufbau

Für die Messung eines Gewebe-Phantom-Verhältnisses wurde zuerst das Wasserphantom aufgebaut und eingestellt. Dabei wurde das Wasserphantom für klinische Messungen verwendet, da dieses den Wasserstand automatisch regeln kann. Als Messkammer wurde die $0,125\text{ cm}^3$ Kompaktkammer und als Referenzkammer die $0,3\text{ cm}^3$ Kompaktkammer verwendet.

Der Linearbeschleuniger wurde auf seine Standardeinstellungen eingestellt: $10 \times 10\text{ cm}$ Feldgröße und 6 MV.

TDK-Messung

Für die Tiefendosiskurve wurde ein Fokus-Haut-Abstand von 100 cm gewählt.

TPR-Messung

Zur Tissue-Phantom-Ratio Messung wurde das Phantom umgebaut. Der Wasserstand soll während der Messung variieren. Um den Wasserspiegel zu bestimmen wurde ein Wasserstandsensor, bestehend aus einem Schwimmer und Magneten hinter der Messkammer im Wasserphantom befestigt. Zunächst wurde der Sensor kalibriert. Dazu fuhr er zuerst nach unten, um danach langsam wieder nach oben zu fahren bis der Schwimmer am Sensor aufsitzt und somit den Punkt der Wasseroberfläche anzeigt. Im Anschluss wurden weitere Kalibrierungsvorgänge durchgeführt bis die Kammer schlussendlich wieder auf ihren Nullpunkt fuhr. Anschließend wurde die Fließgeschwindigkeit des Schlauches bestimmt. Dazu wurde erst Wasser raus und schließlich wieder in das Phantom gelassen.

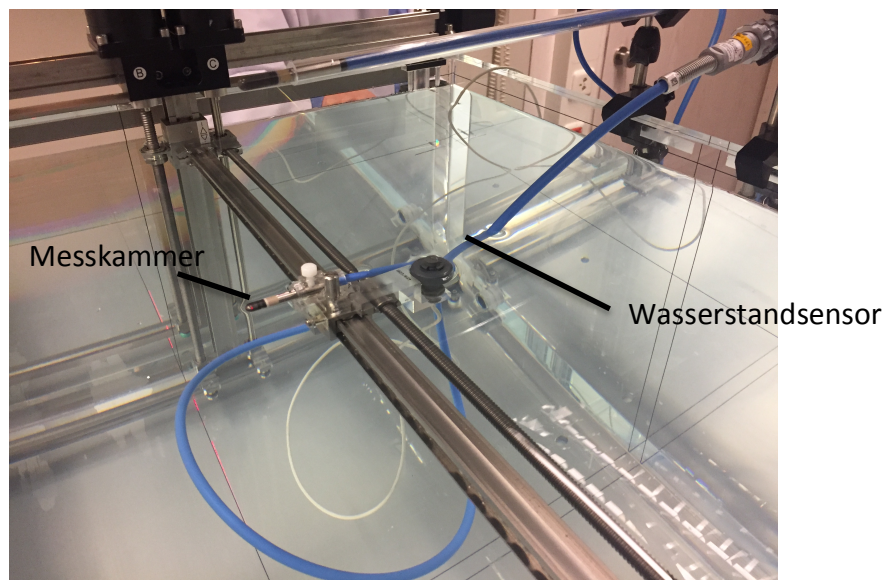


Abbildung 1: Versuchsaufbau einer TPR Messung um Wasserphantom

Für die TPR Messung wurden die Einstellungen $\text{SSD}=90\text{ cm}$ und $\text{SDD}=110\text{ cm}$, also eine Gewebetiefe von 20 cm als Startpunkt gewählt. Anschließend ist die Messkammer in die Tiefe gefahren.

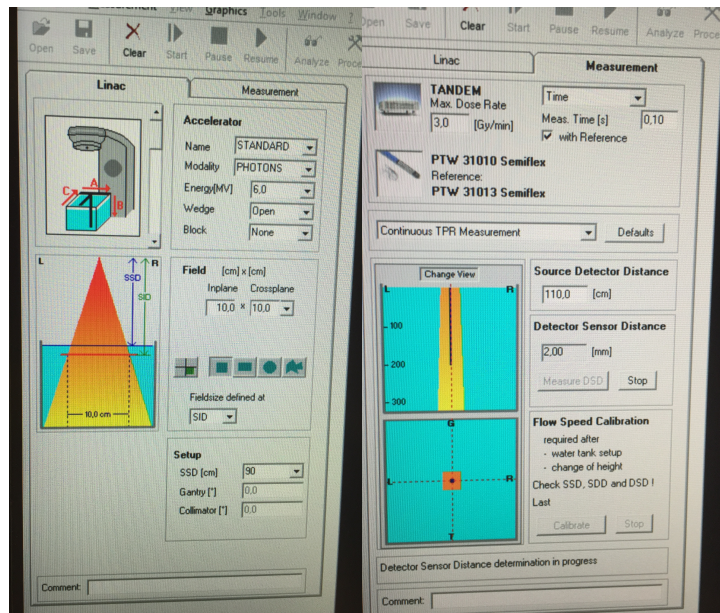


Abbildung 2: Einstellungen am Linearbeschleuniger und Wasserphantom zur TPR Messung

1.3 Ergebnisse

In Abbildung 3 ist die gemessene Tiefendosiskurve und die TPR-Kurve dargestellt. Im Vergleich zur TDK hat die TPR keinen exponentiellen Abfall sondern scheint nach dem Dosismaximum fast linear zu verlaufen.

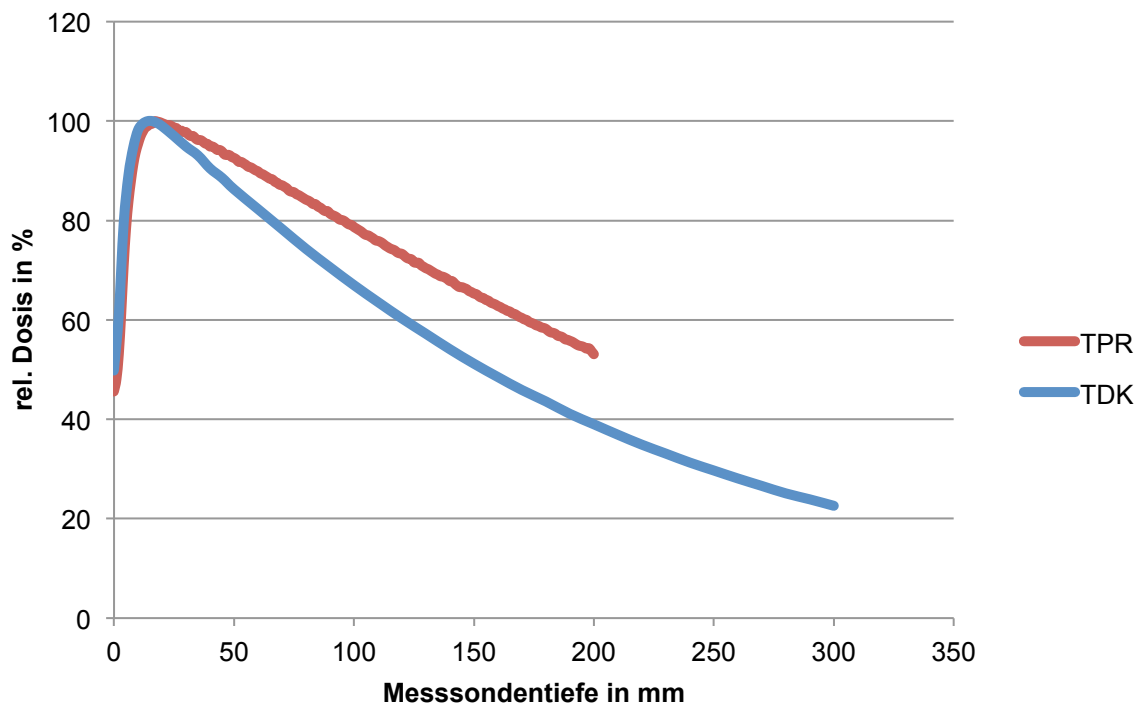


Abbildung 3: Darstellung der gemessenen Tiefendosiskurven

Um die beiden Tiefendosisverläufe miteinander zu vergleichen muss das Abstandsquadratgesetz aus dem standardisierten Tiefendosisverlauf gerechnet werden.

$$D_{TPR} = D_{TDK} * \frac{(SSD + T)^2}{SDD^2}$$

D_{TPR} : Dosiswert TPR-Messung
 D_{TDK} : Dosiswert TDK
 SSD: Source-Surface-Distance (100 cm)
 T: Wassertiefe
 SDD: Source-Detektor-Distance (110 cm)

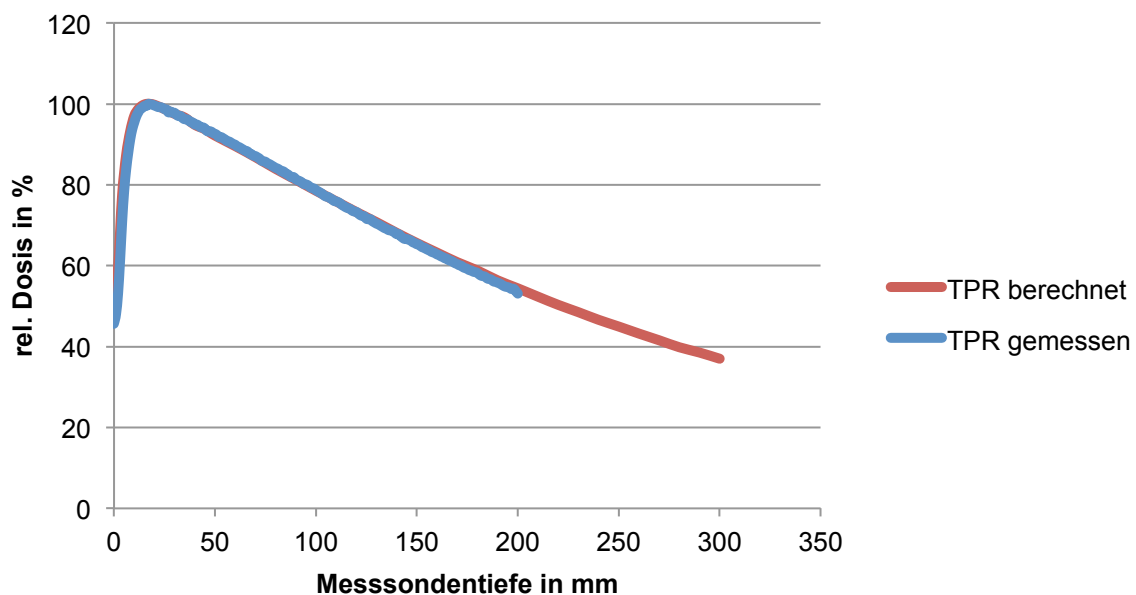


Abbildung 4: Überlagerung der berechneten und gemessenen TPR Messung

In Abbildung 4 sind die gemessenen TPR Messungen und die aus der TDK berechnete TPR Messung übereinander gelegt. Es wird deutlich, dass man die Werte einer konventionellen TDK Messung sehr genau auf eine TPR Messung umrechnen kann. In der TPR Messung ist die Schwächung in Wasser ersichtlich. Durch die Umrechnung wird deutlich, dass das Abstandsquadratgesetz hierbei keine Rolle spielt.

2. Bestimmung des Strahlungsqualitätsindex

Im zweiten Teil des Praktikums wurde der Strahlungsqualitätsindex Q mittels zwei Methoden bestimmt. Unter dem Strahlungsqualitätsindex versteht man laut DIN 6800-1 den Parameter, durch den die relative spektrale Teilchenflussdichte einer hochenergetischen Photonenstrahlung charakterisiert wird. Q beschreibt also die Qualität einer hochenergetischen Photonenstrahlung und ist ein Maß für das Photonspektrum. Er bildet sich aus dem Quotienten M_{20} durch M_{10} bei einer Feldgröße von 10×10 cm und konstantem Fokus-Messort-Abstand. Dabei stellt M_{20} die Anzeige eines Ionisationsdosimeter bei einer Meßtiefe von 20 cm, M_{10} die Anzeige bei 10 cm Messtiefe dar. Beim Alternativverfahren mit konstantem FHA ist Q kein reiner Quotient mehr, sondern muss durch die Gleichung in 2.1 bestimmt werden.

2.1 Methode 1: Messung mittels TDK bei gleichbleibendem SSD

Mit dem Elektrometer wurden Einzelmessungen in 10 und 20 cm Wassertiefe gemessen. Dafür wurde SSD100 konstant gehalten.

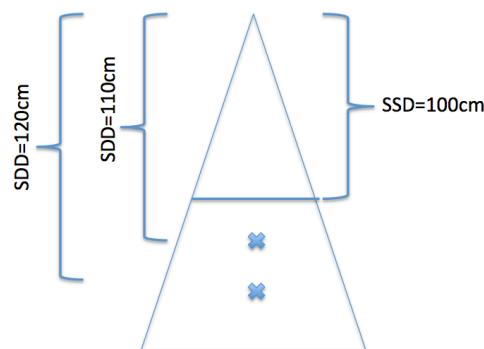


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Aufbaus einer TDK-Messung bei gleichbleibendem SSD

Für die Messungen ergaben sich folgende Werte:

$$M_{10} = 3,268 \text{ nc}$$

$$M_{20} = 1,900 \text{ nc}$$

Aus der Norm DIN 6800-1 ergibt sich mit der Formel

$$Q = 1,2661 * \frac{M_{20}}{M_{10}} - 0,0595 = 0,677$$

2.2 Methode2 : $TPR_{20,10}$ Messung

Mit dem Elektrometer wurden zwei Einzelmessungen im Abstand von 110 cm von der Strahlenquelle gemacht. Dazu wurde die Messkammer in SSD 90 und SSD 100 gefahren. Es wurde mit 100 MU bestrahlt, eine Feldgröße von 10×10 cm gewählt und

der SSD mit 110 cm konstant gehalten.

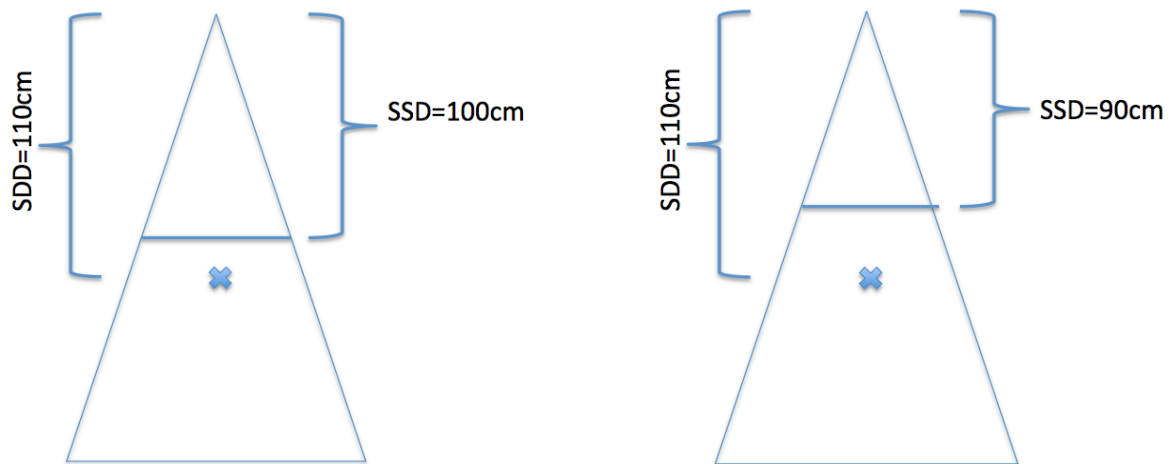


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Aufbaus einer TDR-Messung

SSD 90: $M_{20}=2,228\text{nc}$

SSD 100: $M_{10}= 3,269 \text{ nc}$

Daraus ergibt sich für $Q = \frac{M_{20}}{M_{10}} = \frac{TPR_{20}}{TPR_{10}} = 0,682$.

Für den verwendeten Linearbeschleuniger ist der Sollwert 0,6871

Zwar ist der Wert der 2. Methode näher am Sollwert, dennoch sind die Abweichungen vernachlässigbar klein. Dies bedeutet, dass beide Varianten zur Q-Bestimmung gleichermaßen geeignet sind. In der Praxis wird zusätzlich in 30 cm und bei zwei weiteren Feldgrößen gemessen, um die durch Q nicht bestimmten Parameter der Quelle, wie Fokusgröße und Winkelverteilung bestimmen zu können.

3. Messung des Output Faktors

In dem letzten Teil des Praktikums wurde der Output Faktor und seine Abhängigkeit von der Feldgröße bestimmt. Beim Output Faktor handelt es sich um den sogenannten Totalen-Streu-Faktor. Dabei wird berücksichtigt, dass die Messwerte sich trotz gleicher MU bei verschiedener Feldgröße ändern.

$$\text{Output Faktor} = \frac{Dosis_{FxF}}{Dosis_{10x10}}$$

3.1 Messaufbau

Für die Messungen wurde ein Abstand von 110cm zwischen Quelle und Messkammer gewählt und ein Fokushautabstand von 100cm eingestellt. Nacheinander wurden verschiedene Feldgrößen von 1x1cm bis 40x40cm mit 100MU bestrahlt. Dafür wurde die Referenzkammer entfernt und die Projektion der

Messkammer im Lichtfeld auf Symmetrie geprüft. Die Position der Kammer in der Mitte des Feldes spielt aufgrund der Symmetrie des Querprofils eine wichtige Rolle.

3.2 Messergebnis

In Tabelle 1 sind die berechneten Output Faktoren für die jeweiligen Feldgrößen dargestellt.

Tabelle 1: Output Faktoren bei verschiedenen Feldgrößen

Feldgröße	nC	OF
1x1	1,943	0,5931
2x2	2,598	0,7930
3x3	2,745	0,8379
4x4	2,86	0,8730
5x5	2,946	0,8993
6x6	3,031	0,9252
8x8	3,17	0,9676
10x10	3,276	1,0000
12x12	3,363	1,0266
15x15	3,466	1,0580
20x20	3,61	1,1020
25x25	3,695	1,1279
30x30	3,764	1,1490
40x40	3,839	1,1719

Der Verlauf dieser Output Faktoren genormt auf ein 10x10 cm Feld ist in Abbildung 7 dargestellt.

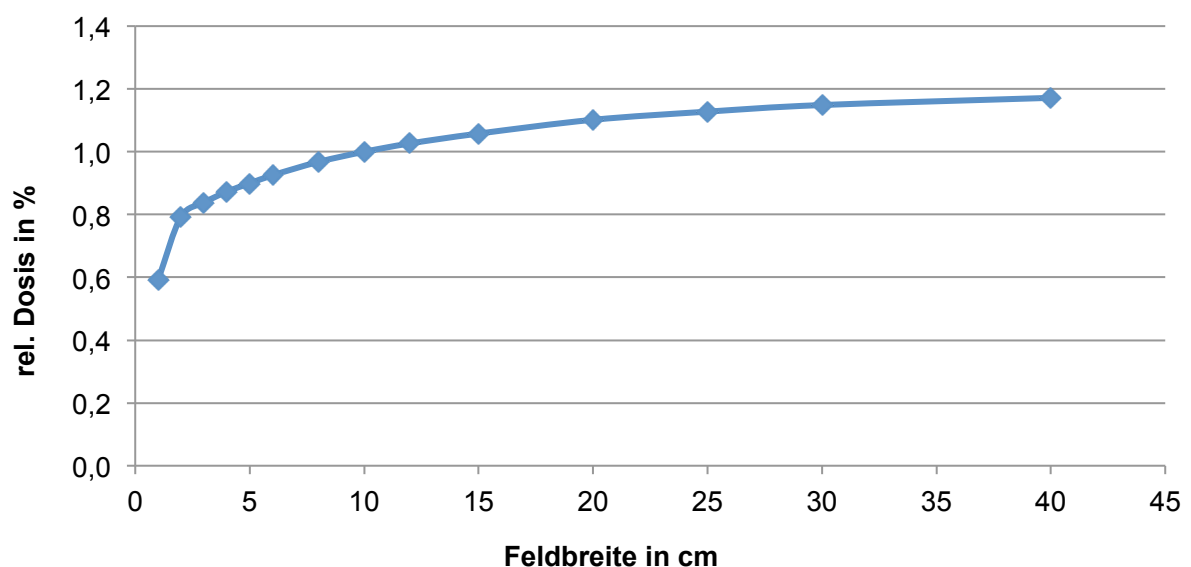


Abbildung 7: Verlauf der Output Faktoren genormt auf ein 10x10 cm Feld

Deutlich zu sehen ist, dass bei kleinen Feldern nicht 100% der Dosis erreicht werden. Bei einem kleinen Strahlenfeld misst die Kammer zu wenig Strahlung. Dies

lässt sich darauf zurückführen, dass sich durch das kleine Feld die linke und rechte Feldbegrenzungen überlagern. Durch die Überlagerung der beiden Halbschatten aufgrund der Blenden nimmt die Dosis stark ab. Dies würde durch eine unendlich kleine Kammer behoben werden können.

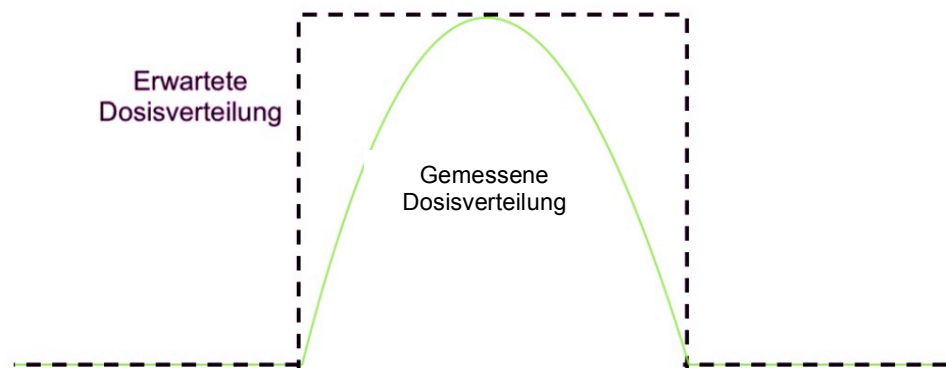


Abbildung 8: Dosisverteilung von kleinen Feldgrößen

In drei weiteren Messungen wurden die Unterschiede für gleichbleibende Feldgrößen aber unterschiedlichen Längen- und Breitenverhältnissen untersucht.

Tabelle 2: Output Faktoren bei gleicher Feldgrößen und verschiedenen Längenverhältnissen

Kollimator	0°		90°
Feldgröße	40x3	3x40	3x40
nC	2,954	2,991	2,987

Werden bei gleicher Feldgröße die Länge und Breite vertauscht, so werden verschiedene Werte detektiert. Dies lässt sich mittels der Rückstreuung der Blenden zur Monitorkammer erklären. X- und Y-Blenden liegt nicht auf gleicher Höhe und verursachen somit unterschiedliche Rückstreuung. Die Kammer misst also mehr Output, wenn die obere Blende weit geschlossen ist und schaltet den Linac früher ab. Dieser Effekt lässt sich jedoch durch eine Aluminiumplatte (Back-Scatter- Platte) zwischen Blende und Ionisationskammer minimieren. Wird der Kollimator auf 90° gedreht, so ist der Unterschied zur selben Feldgröße bei einem Kollimatorwinkel von 0° vernachlässigbar. Dies liegt daran, dass der Fokuspunkt gut eingestellt ist und relativ rund sein muss.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsaufbau einer TPR Messung um Wasserphantom.....	4
Abbildung 2: Einstellungen am Linearbeschleuniger und Wasserphantom zur TPR Messung.....	5
Abbildung 3: Darstellung der gemessenen Tiefendosiskurven.....	5
Abbildung 4: Überlagerung der berechneten und gemessenen TPR Messung.....	6
Abbildung 5: Schematische Darstellung des Aufbaus einer TDK-Messung bei gleichbleibendem SSD.....	7
Abbildung 6: Schematische Darstellung des Aufbaus einer TDR-Messung.....	8
Abbildung 7: Verlauf der Output Faktoren genormt auf ein 10x10 cm Feld.....	9
Abbildung 8: Dosisverteilung von kleinen Feldgrößen.....	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Output Faktoren bei verschiedenen Feldgrößen.....	9
Tabelle 2: Output Faktoren bei gleicher Feldgrößer und verschiedenen Längenverhältnissen.....	10