



Messungen zum Tissue-Phantom- Ratio und Outputfaktor

Dosimetrie-Protokoll

23.11.2018

Katrin Hubel

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel des Praktikums	2
2	Vergleich Tiefendosiskurve und Gewebe-Phantom-Verhältnis Kurve	2
2.1	Versuchsaufbau TDK.....	2
2.2	Messung TDK:.....	2
2.3	Versuchsaufbau TPR	3
2.4	Messung TPR.....	4
2.5	Messergebnisse und Diskussion	5
3	Messung des Strahlenqualitätsindex Q mithilfe unterschiedlicher Methoden	6
3.1	Messung bei gleichbleibendem SSD	6
3.2	TPR _{20,10} Messung.....	7
4	Messung des Output-Faktors bei verschiedenen Feldgrößen	7
4.1	Messaufbau	7
4.2	Messergebnisse und Diskussion	8

1 Ziel des Praktikums

Kapitel 2: Vergleich Tiefendosiskurve und Gewebe-Phantom-Verhältnis Kurve

Das Gegenüberstellen von einer Tiefendosiskurve und einer Tissue-Phantom-Ratio-Messung (TPR) soll die unterschiedlichen Einflussgrößen zeigen, die jeweils auf die Kurven wirken.

Kapitel 3: Messung des Strahlenqualitätsindex Q mithilfe unterschiedlicher Methoden

Ziel war es, den Strahlenqualitätsindex Q messtechnisch auf zwei Arten zu bestimmen. Die erste Messung erfolgte bei konstantem SSD, während die zweite Messung auf einer TPR-Messung beruht.

Kapitel 4: Messung des Output-Faktors bei verschiedenen Feldgrößen

Der Outputfaktor (=totaler Streufaktor) wird für mehrere Feldgrößen ermittelt und die Ursachen der auftretenden Streuanteile erläutert.

2 Vergleich Tiefendosiskurve und Gewebe-Phantom-Verhältnis Kurve

2.1 Versuchsaufbau TDK

Zur Messung des Gewebe-Phantom-Verhältnisses wurde ein anderes Wasserphantom, gegenüber den bisherigen Praktika, verwendet. Es eignet sich besonders gut für klinische Messungen. Der Wasserschlauch, der das Wasserphantom mit dem Wassertank verbindet, bleibt während den Messungen am Phantom. Der Ablauf des Wasserphantomaufbaus bleibt ansonsten unverändert im Vergleich zu den vorherigen Praktika. Für die Messungen wird die Kompaktkammer ($0,125\text{cm}^3$) und die Referenzkammer ($0,3\text{cm}^3$) verwendet und die Kammerspannungen auf 400V eingestellt. Als SSD wurde 100 cm gewählt.

Am Linearbeschleuniger wurden die Standardeinstellungen ausgewählt.

- Strahlenart: Photonen
- Feldgröße: 10x10cm
- Energie: 6MV
- Interlockgruppe 8
- Kein Keil

2.2 Messung TDK:

Es wird eine Tiefendosiskurve gemessen, indem die Messsonde von unten nach oben fährt. Dabei ändert sich sowohl der Abstand von Messpunkt zu Messpunkt als auch die Feldgröße. Lediglich der SSD bleibt konstant.

2.3 Versuchsaufbau TPR

Für die Messung des Tissue -Phantom-Ratio (TPR) müssen kleine Erweiterungen am Wasserphantom vorgenommen werden. Um den aktuellen Wasserpegel messen zu können, wird ein Wasserstandsensor hinten an der Messkammer im Wasserphantom befestigt. Als erstes muss der Sensor auf die Wasseroberfläche kalibriert werden. Dieser lässt sich bis auf eine Genauigkeit von 0,1mm einstellen.

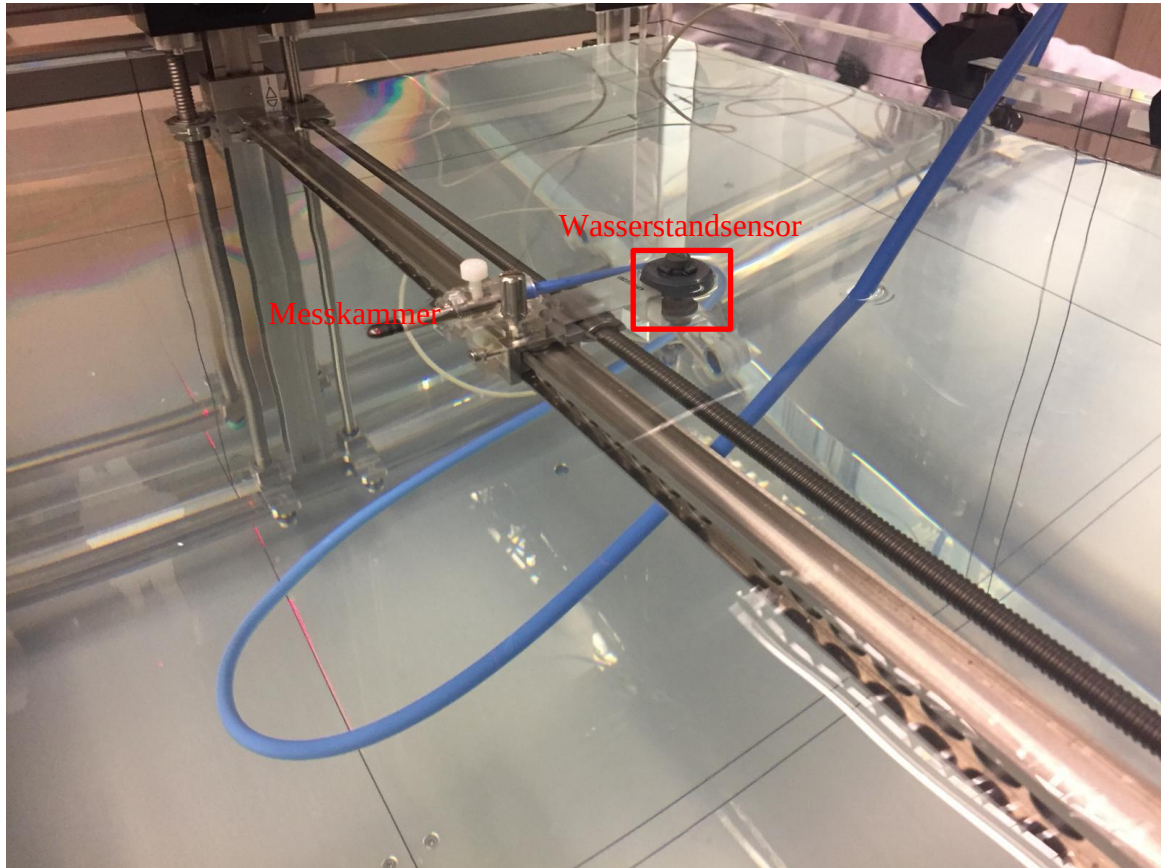


Abbildung 1: Versuchsaufbau TPR Messung

Der Sensor fährt zunächst nach unten und anschließend nach oben bis der Schwimmer am Sensor aufsitzt und somit das Erreichen der Wasseroberfläche markiert. Bei unserer Messung war dies bei einer Kammerhöhe von 2mm. Zudem wird die Wasserpumpe kalibriert, um die Fließgeschwindigkeit für den Zu- und Abstrom des Wassers in das Wasserphantom zu regulieren. Bei dieser Flow-Speed-Calibration wird in kurzen Abständen Wasser ein- und ausgepumpt und der DSD (Detektor-Surface-Distance) gemessen. Nach dem Kalibriervorgang fährt die Messkammer auf den Nullpunkt zurück.

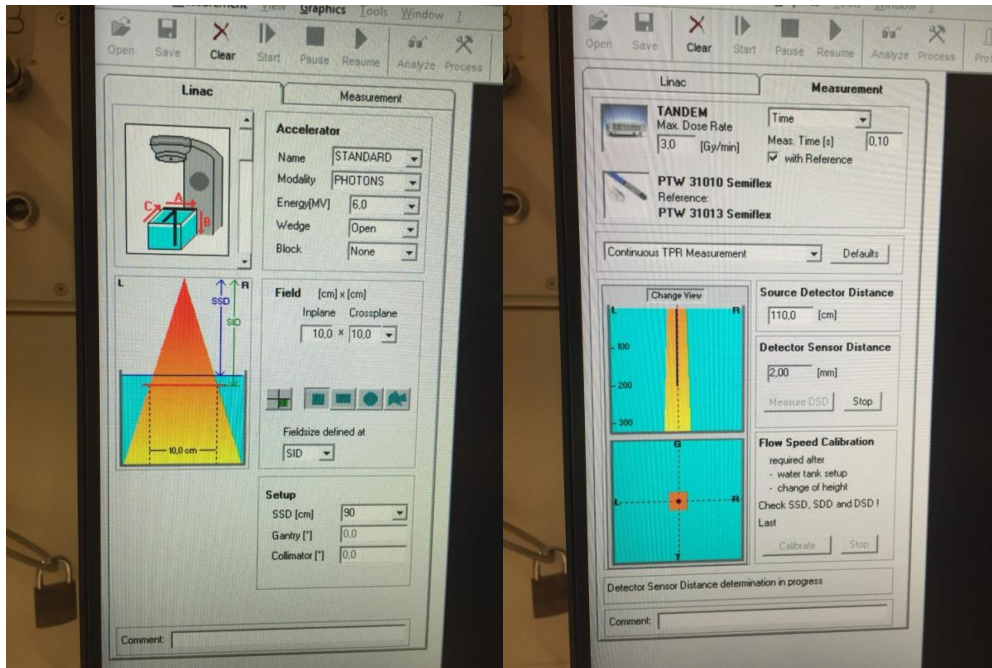


Abbildung 2: Linac- und Wasserphantomeinstellungen nach Wasserstandsensor-Kalibrierung

2.4 Messung TPR

Bei der TPR Messung soll nur die Schwächung durch das Wasser gemessen werden.

Um einen TPR-Verlauf messen zu können, ist es erforderlich, nach der Aufnahme jedes Messpunkts Wasser in das Wasserphantom zu füllen bzw. Wasser abzulassen. Der Detektor befindet sich in einem konstanten Abstand zum Fokus (SDD konstant). Das bedeutet, dass die Messkammer sich nicht bewegt und immer in der gleichen Tiefe misst. Außerdem wird die Feldgröße konstant gehalten. Der SSD ist variabel und wird über den Wasserstand im Wasserphantom reguliert. Der DSD (Detektor-Surface-Distance) gibt den Abstand zwischen Wasseroberfläche und Messkammer an und ist variabel.

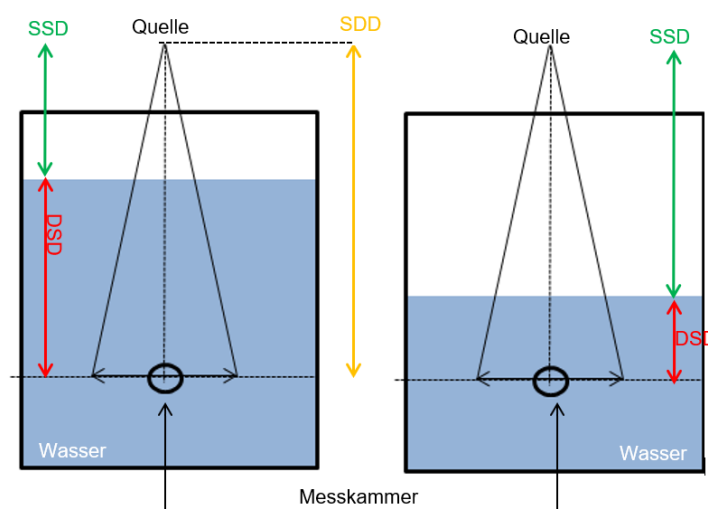


Abbildung 3: Funktionsprinzip der TPR Messung

2.5 Messergebnisse und Diskussion

Das Gewebe-Phantom-Verhältnis (TPR) beschreibt das Verhältnis zwischen einer Energiedosis in der Tiefe t im Wasserphantom zu einer Energiedosis in der Referenztiefe t_R im Wasserphantom, die beide bei dem gleichen Fokus-Detektor-Abstand gemessen wurden. Die Messkammer misst bei konstanter Feldgröße im Isozentrum. Werden die Messwerte über die Tiefe aufgetragen, kann eine TPR-Kurve erhalten werden. Die Messwerte hängen jedoch nur von der Messorttiefe im Absorber ab und nicht vom Abstandsquadratgesetz.

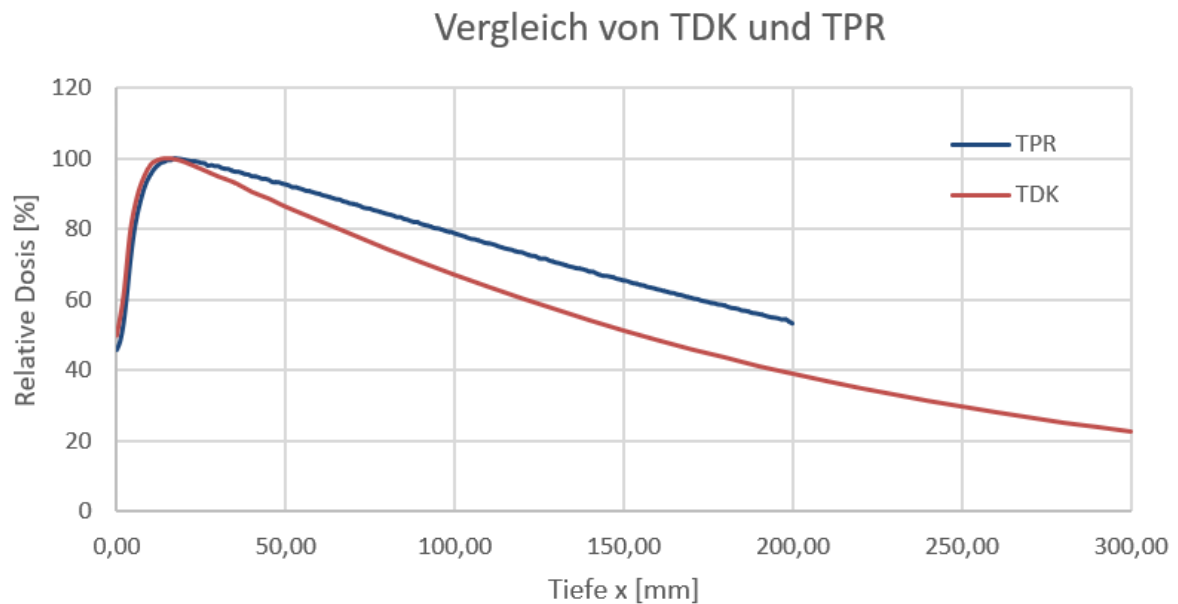


Abbildung 4: Vergleich von einer klassischen TDK und einer TPR-Kurve

Abbildung 4 zeigt, dass die Tiefendosiskurve mit zunehmender Wassertiefe schneller abfällt als die TPR-Kurve. Die Photonen erfahren die gleiche Schwächung im Wasser. Jedoch nimmt die Dosis bei der TDK mit zunehmendem Abstand aufgrund des Abstand-quadratgesetz ab und aufgrund der Divergenz der Strahlung. Die TPR-Kurve ist unabhängig vom Abstandsquadratgesetz. Somit stellt die TPR-Kurve den reinen Schwächungskoeffizient von Wasser in Abhängigkeit von der Tiefe dar.

Um die beiden gemessenen Kurven miteinander vergleichen zu können, muss zunächst die TDK in eine TPR-Kurve umgerechnet werden.

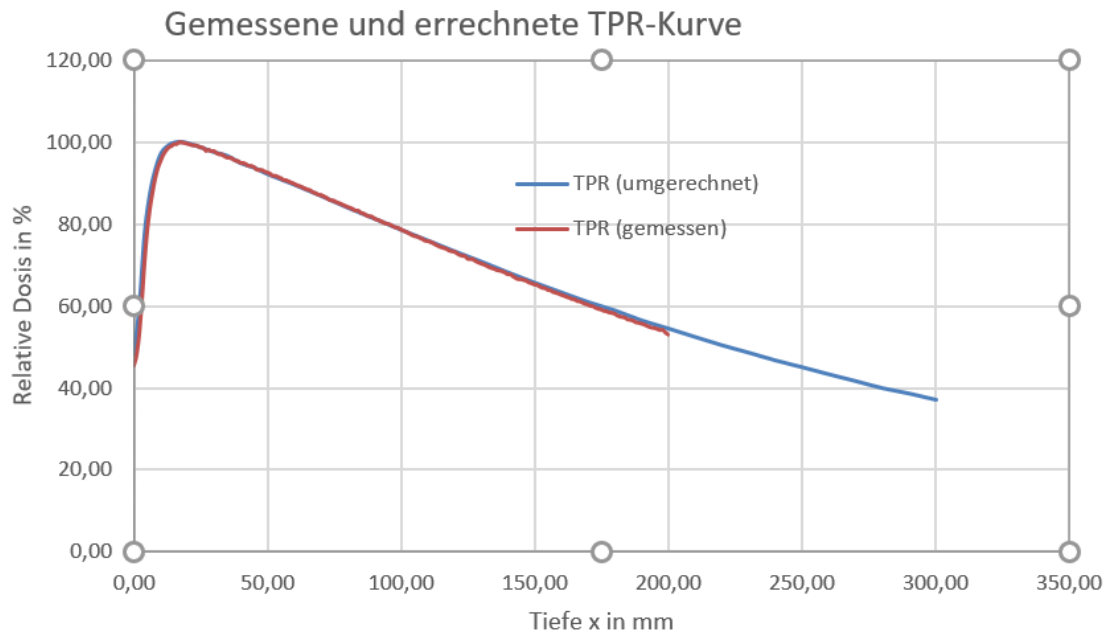


Abbildung 5: Umrechnung der TDK in eine TPR-Kurve

Die Berechnung erfolgt mithilfe des Abstandquadratgesetzes:

$$D_{TPR} = D_{TDK} \times \frac{(SSD + Tiefe)^2}{SSD^2}$$

Abbildung 5 zeigt die gemessene TPR-Kurve überlagert mit der berechneten TPR-Kurve. Sie weichen nur geringfügig voneinander ab, was auf Messungenauigkeiten zurückzuführen ist

3 Messung des Strahlenqualitätsindex Q mithilfe unterschiedlicher Methoden

In diesem Kapitel wird das Vorgehen zur Bestimmung des Strahlenqualitätsindex Q anhand von zwei Methoden erläutert. Der Qualitätsindex kann aus einer einfachen Zweipunktmessung in unterschiedlichen Phantomtiefen gewonnen werden und liefert Hinweise auf die spektralen Strahleneigenschaften.

3.1 Messung bei gleichbleibendem SSD

Bei einem festen Fokus-Oberflächen-Abstand (SSD=100 cm) wird mit Hilfe eines Elektrometers die Ladung in den Messtiefen 10 cm und 20 cm gemessen. Hierbei wurden die folgenden Werte gemessen:

Messung in 10 cm Tiefe: $M_{10}=3,268$ nC

Messung in 20 cm Tiefe: $M_{20}=1,900$ nC

Der Strahlenqualitätsindex kann wie folgt berechnet werden:

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

Für die oben gemessenen Ladungen ergibt sich durch einsetzen in die Formel für den Strahlenqualitätsindex ein Wert von 0,677.

$$Q_1 = 1,2661 \times \frac{1,9 \text{ nC}}{3,268 \text{ nC}} - 0,0595 = 0,677$$

3.2 TPR_{20,10} Messung

Um einen Vergleich zwischen verschiedenen Methoden zur Strahlenqualitätsindexbestimmung Q ziehen zu können, wird eine weitere Methode vorgestellt. Hierbei wird eine TPR-Messung durchgeführt. Der SSD wird variiert, während der Fokus-Detektor-Abstand konstant bei 110 cm gehalten wird. Bei der ersten Messung wird ein SSD von 90 cm eingestellt, sodass sich die Messkammer in 20 cm Tiefe befindet. Anschließend wird bei der zweiten Messung die Ladung bei einem SSD von 100 cm bestimmt, sodass die Messkammer in 10 cm Wassertiefe misst.

SSD 90 : M₂₀=2,228 nC

SSD 100: M₁₀=3,269 nC

Der Q-Wert wird mit folgender Formel berechnet:

$$Q_2 = \frac{M_{20}}{M_{10}} = 0,681$$

Beim Vergleichen der beiden berechneten Q-Werte (Q₁ und Q₂) fällt auf, dass diese sehr ähnlich sind und die Abweichungen nur im Promille-Bereich liegen. Beide Methoden sind demnach nutzbar, um den Strahlenqualitätsindex zu bestimmen. Bei den Linacs am Uniklinikum Tübingen ist ein Q-Wert von 0,6781 eingestellt. In der Norm ist für die TPR_{20,10} Messung ein SSD von 80 cm und 90 cm festgelegt.

4 Messung des Output-Faktors bei verschiedenen Feldgrößen

4.1 Messaufbau

Der Output-Faktor soll bei 14 verschiedenen Feldgrößen bestimmt werden. Die Messungen werden mit einem 1x1 cm² Feld begonnen, wobei darauf zu achten ist, dass sich die Messkammer immer noch in dem kleinen Bestrahlungsfeld befindet. Die Referenzkammer kann entfernt werden und wird bei diesen Messungen nicht mehr benötigt. Der SSD wird auf 100 cm gestellt und die Messkammer misst in einer Tiefe von 10 cm.

4.2 Messergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die berechneten Output-Faktoren bei unterschiedlichen Feldgrößen dargestellt. Tabelle 2 zeigt die gemessenen Ladungen in der Ionisationskammer bei verschiedenen Kollimator Einstellungen und rechteckigen Feldern

Feldgröße [cm ²]	Ladung [nC]	Output-Faktor
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

Tabelle 1: Output-Faktor im Isozentrum bei verschiedenen Feldgrößen

Feldgröße [cm ²]	Kollimator	Ladung [nC]
40x3	0°	2,954
3x40		2,991
3x40	90°	2,987

Tabelle 2: Rechteckfelder mit Kollimator-Verkipfung

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass mit zunehmender Feldgröße der Output-Faktor steigt und damit auch die Dosis. Beispielsweise liegt bei einem 40x40cm² Feld die Dosis bei 120%. Das liegt daran, dass bei größeren Feldern mehr Streustrahlung durch das Phantom entsteht. Diese Phantomstreustrahlung wird von der Messkammer erfasst und führt zu einem Anstieg der Dosis. Bei einem 1x1cm² Feld liegt die relative Dosis bei nur 60%, da hier weniger Streustrahlung zur Messkammer gelangt.

Der Strahlerkopfstreufaktor wird durch mehrere Einflussfaktoren bestimmt. Streustrahlung, die aus dem Strahlerkopf (z.B. Leckstrahlung) austritt, sorgt ebenfalls für einen Dosisanstieg bei größer werdenden Feldern. Außerdem kommt es zu Rückstreuung im Strahlerkopf aufgrund von Streuung der Elektronen an den Blockblenden und MLC. Vor allem bei kleinen Feldern gibt es einen hohen Anteil an Rückstreuung.

Der totale Streufaktor (=Output-Faktor) setzt sich aus dem Produkt von Strahlerkopfstreufaktor und Phantomstreufaktor zusammen. Es wird ein 10x10cm² Feld als Referenzfeldgröße gewählt. Der Output-Faktor wird bei dieser Feldgröße auf eins normiert. Berechnen lässt sich der Output-Faktoren aus dem Verhältnis der gemessenen Dosiswerte bei verschiedenen Feldgrößen und der Dosis bei der Referenzfeldgröße.

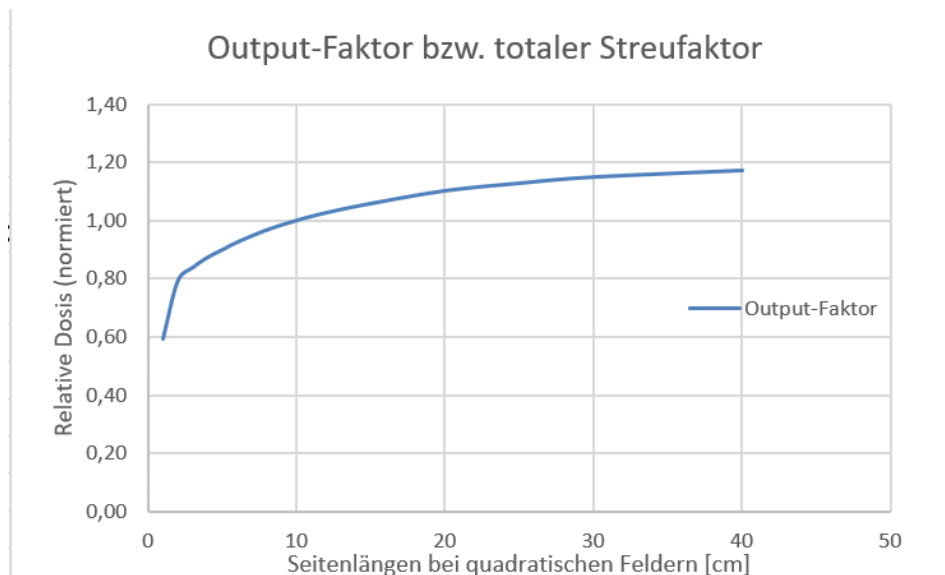


Abbildung 6: Outputfaktor bei verschiedenen Feldgrößen

In Abbildung 6 sind die Output-Faktoren über die entsprechenden Seitenlängen der jeweiligen Felder dargestellt. Zu Beginn ist ein steiler Anstieg bei kleinen Feldern zu erkennen. Das liegt daran, dass die linke und rechte Feldbegrenzung so eng aneinander liegt bei kleinen Feldern, sodass sich die beiden Halbschatten überlagern und dadurch kann das Dosismaximum nicht erreicht werden, sondern nur eine maximale Dosis zwischen 60%-80%.

Tabelle 3 zeigt die Dosiswerte für Rechteckfelder, die bei unterschiedlichen Kollimator Ausrichtungen aufgenommen wurden. Bei der ersten Messung wurde die Dosis bei einem $40 \times 3 \text{ cm}^2$ Feld mit einem $3 \times 40 \text{ cm}^2$ Feld verglichen. Es sind also formgleiche Rechteckfelder, die sich nur in der längeren bzw. kürzeren Seite unterscheiden. Der Unterschied der Dosisleistung beträgt 1,3% und ist nicht vernachlässigbar. Grund hierfür ist, dass bei einem $3 \times 40 \text{ cm}^2$ Feld die obere Teilblende mehr geschlossen ist und dies zu einer höheren Monitorrückstreuung führt. Wohingegen bei einem $40 \times 3 \text{ cm}^2$ Feld die unteren Teilblenden die kürzere Seite eines Rechteckfelds definiert und somit der Rückstreubeitrag abnimmt bzw. die gemessene Dosis geringer ausfällt. Bei der zweiten Messung wurde der Kollimator um 90° gedreht und die Dosis bei einem $3 \times 40 \text{ cm}^2$ Feld gemessen. Beim Vergleichen der Dosiswerte von einem $3 \times 40 \text{ cm}^2$ Feld bei einer Kollimatorstellung von 0° und 90° ist ein Unterschied von 0,13% messbar. Diese Abweichung ist so gering, dass sie vernachlässigbar ist.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsaufbau TPR Messung.....	3
Abbildung 2: Linac- und Wasserphantomeinstellungen nach Wasserstandsensor-Kalibrierung.....	4
Abbildung 3: Funktionsprinzip der TPR Messung	4
Abbildung 4: Vergleich von einer klassischen TDK und einer TPR-Kurve	5
Abbildung 5: Umrechnung der TDK in eine TPR-Kurve.....	6
Abbildung 6: Outputfaktor bei verschiedenen Feldgrößen.....	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Output-Faktor im Isozentrum bei verschiedenen Feldgrößen	8
Tabelle 2: Rechteckfelder mit Kollimator-Verkipfung	8