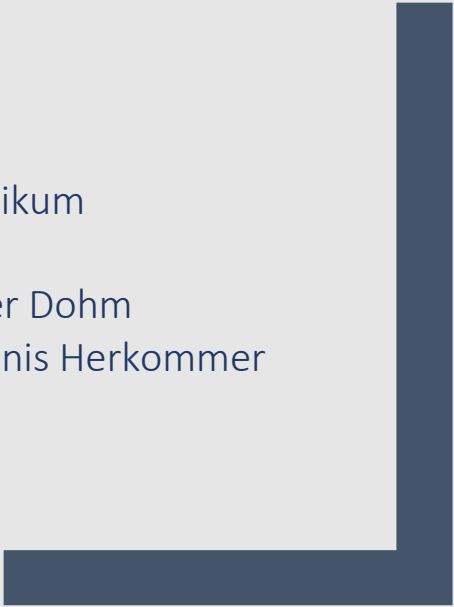




TISSUE-PHANTOM-RATIO, STRAHLUNGSQUALITÄTSINDEX UND OUTPUT-FAKTOR

Dosimetrie Praktikum
29.11.2019
Dozent: Dr. Oliver Dohm
Protokollant: Jannis Herkommer



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	2
2.	Tissue-Phantom-Ratio	2
3.	Strahlungsqualitätsindex	4
4.	Output-Faktor (Totaler Streuungsfaktor)	6

1. Einleitung

Das Praktikum gliedert sich in drei Teile, mit jeweils verschiedener Aufgabenstellung. Zu Beginn soll die Messung einer Tissue-Phantom-Ratio (TPR) durchgeführt werden und Vergleiche zu Tiefendosiskurven (TDK) gezogen werden. Hierzu wird ein neues Wasserphantom, das aufbautechnisch keine großen Unterschiede zum alten Wasserphantom aufweist, benutzt.

Im zweiten Teil soll der Strahlungsqualitätsindex Q bestimmt bzw. berechnet werden. Hierbei werden die verschiedenen Herangehensweisen und Berechnungen aus TDK und TPR verglichen.

Im letzten Abschnitt des Praktikums wird der Output-Faktor, oder auch totaler Streufaktor genannt bestimmt werden. Bei gleichbleibendem SSD und gleichbleibender Messtiefe werden Variationen an Feldgrößen bestrahlt um somit den Output-Faktor berechnen zu können.

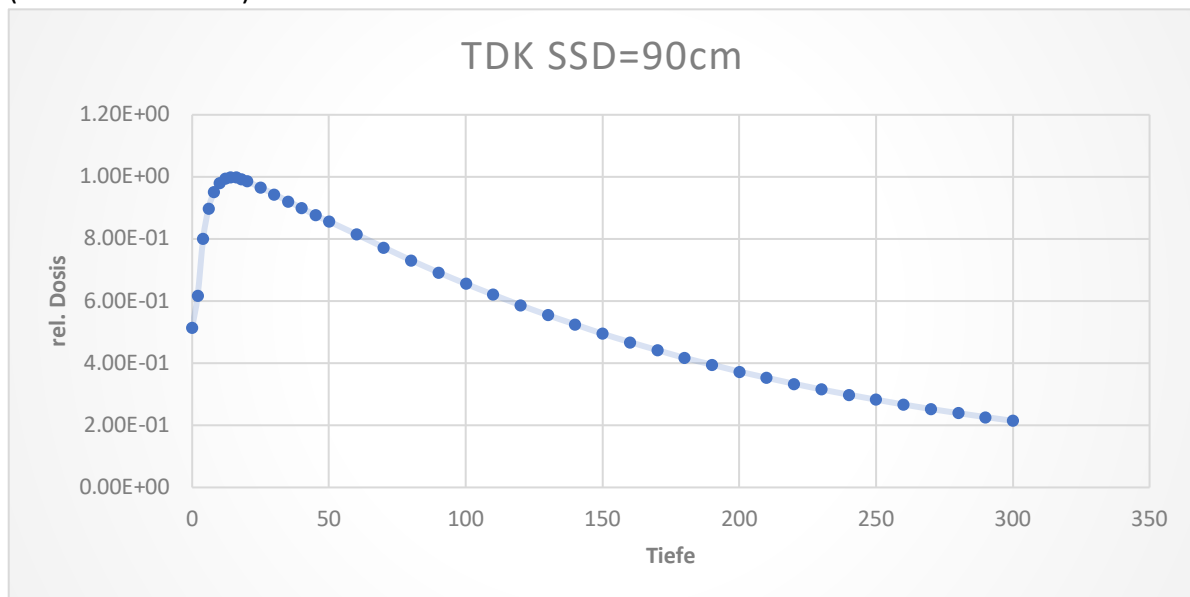
2. Tissue-Phantom-Ratio

Bei der Tissue-Phantom-Ratio wird mit einem immer gleichbleibendem Fokus-Detektor-Abstand gearbeitet, bei Variation der Materialschicht. Hierzu wird nach den einzelnen Messpunkten der Wasserstand im Phantom reguliert um die Messtiefe bei gleichem Fokus-Detektor-Abstand aber sich änderndem Fokus-Oberflächen-Abstand zu ändern. Dadurch wird bei der Messung der TPR eine konstante Feldgröße für alle Messungen erreicht. So kann der Schwächungskoeffizient sehr präzise bestimmt werden, wobei die Messungen sich zeitlich verlängern. Hierzu wird der Messaufbau durch einen Magnetschalter mit Schwimmer erweitert, der den Wasserstand bestimmt. Vor der Messung kann am Computer das Programm Mephisto gestartet werden um die Position der Wasseroberfläche zu bestimmen und nachfolgend die Pumpe von außen gesteuert werden um den Wasserstand zu regulieren. Außerdem wird die Zu- und Abflussrate automatisch durch das Programm bestimmt. Während der Messung wird das Wasser langsam abgelassen und die Dosis bei einem konstanten Fokus-Detektor-Abstand bestimmt.

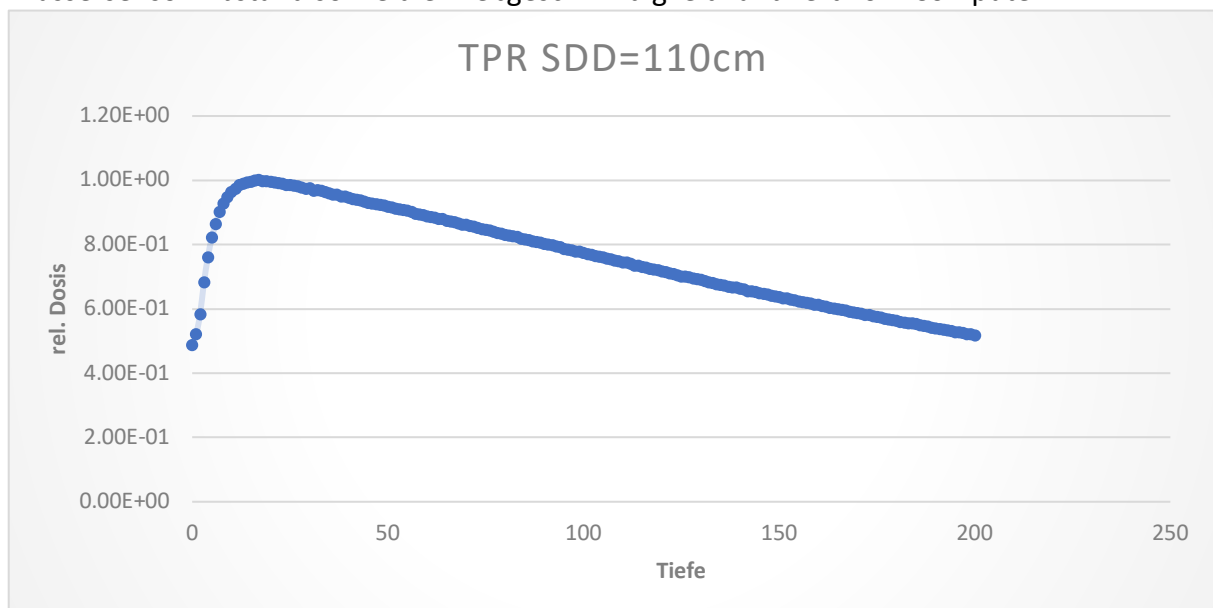


Abbildung zeigt das Interface für TPR-Messung in Mephisto

Messung 1. Bei dieser Messung wird zuerst eine TDK gemessen mit SSD=90cm, 10cm x 10cm Feld, 6MV und den flexiblen Kammern 0,125cm³ (Messkammer) und 0,3cm³ (Referenzkammer).



Messung 2. Hier wird nun die TPR gemessen mit SDD=110cm und 10cm x 10cm. Den Source-Detektor-Abstand geben wir mit 110cm vor. Vor der Messung wird der Detektor-Wassersensor-Abstand sowie die Fließgeschwindigkeit kalibriert vom Computer.

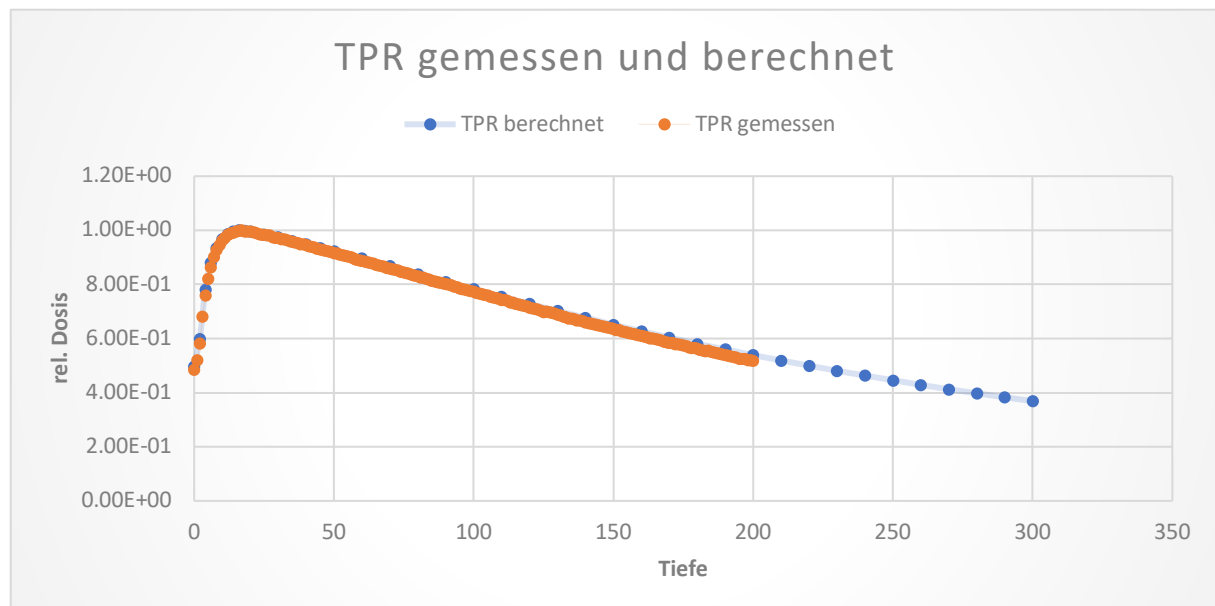


Beim Vergleich der gemessenen TDK und TPR wird deutlich, dass der größte Unterschied im abfallenden Bereich nach dem Dosismaximum vorhanden ist. Hierbei herrscht bei der TPR ein nahezu linearer Abfall, was die präzisere Berechnung des Schwächungskoeffizienten deutlich macht. Bei der TDK ist ein exponentieller Abfall zu sehen, da hier sich der Abstand zwischen Messort und Quelle verändert. Somit muss das Abstandsquadratsgesetz berücksichtigt werden, das besagt, dass sich die Dosis proportional zu $1/r^2$ ändert.

Da die Messung der TPR im Vergleich zur Messung der TDK sehr lange dauert, wird die Messung umgangen indem die TPR aus den Daten der Messung der TDK errechnet wird. Nachfolgend werden die gemessenen und berechneten Daten der TPR verglichen. Mithilfe des Abstandsquadratgesetzes kann können die Werte aus dem Tiefendosisverlauf berechnet werden.

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

Mit: D_{TPR} : Dosis TPR
 D_{TDK} : Dosis TDK
 SSD: Source-Surface-Distance
 T: Tiefe
 SDD: Source-Detector-Distance



Beim Vergleich der gemessenen und berechneten TPR-Kurve wird deutlich, dass mithilfe der oben genannten Umrechnung eine sehr genaue Näherung der TPR aus der TDK errechnet werden kann. Es können leichte Unterschiede beim Abfall der Kurve beobachtet werden, da die gemessene TPR einen lineareren Abfall besitzt, der den Schwächungskoeffizienten im Wasserphantom präziser beschreibt. Die Unterschiede können durch nicht berücksichtigte, veränderte Streuverhältnisse erklärt werden. Jedoch sind die Ungenauigkeiten bei der Näherung aus der TDK sehr gering und können somit vernachlässigt werden. Dies bedeutet wiederum, dass zur Qualitätssicherung durchaus die Messung der TDK und Berechnung der TPR ein zuverlässiges Ergebnis liefern und somit die zeitaufwändigere TPR-Messung nicht durchgeführt werden muss.

3. Strahlungsqualitätsindex

Im Folgenden soll der Strahlungsqualitätsindex bestimmt werden. Vor den Messungen wird der Nullpunkt erneut überprüft und die Referenzkammer entfernt, da nun mit der Messeinheit PTW UNIDOS gemessen wird. Der Strahlungsqualitätsindex Q charakterisiert die Qualität unserer Strahlung mit hochenergetischen Photonen. Nach der DIN 6800 kann dieser

durch TPR-Messungen auf sehr einfache Weise bestimmt werden. Dazu wählen wir einen konstanten Quellen-Fokus-Abstand (hier: SDD=110cm) und messen in den Tiefen 10cm und 20cm. Somit erhalten wir bei beiden Messungen eine konstante Feldgröße (hier: 10cm x 10cm). Über das Verhältnis der Messanzeigen einer Ionisationskammer bei $M_{20\text{cm}}$ und $M_{10\text{cm}}$ kann nun der Strahlungsqualitätsindex berechnet werden.

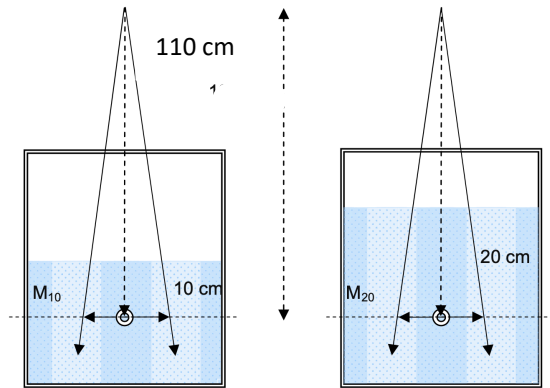


Abb.: Hanno Krieger: Strahlungsmessung und Dosimetrie (2. Aufl.)

Mit folgender Formel kann nun der Strahlungsqualitätsindex Q berechnet werden:

$$Q = \frac{M_{20}}{M_{10}}$$

Bei unseren Messungen ergaben sich folgenden Werte:

$M_{10} = 3,246 \text{ nC}$; $M_{20} = 2,225 \text{ nC}$

$$Q = \frac{2,225 \text{ nC}}{3,246 \text{ nC}} = 0,685$$

Sollte die Möglichkeit der Berechnung des Strahlungsqualitätsindex Q nicht mit konstantem SDD möglich sein, kann dieser auch über relative Tiefendosismessungen bestimmt werden. Dazu muss die oben genannte Formel aber modifiziert werden.

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

Bei unseren Messungen mit SSD=100cm und den Messtiefen 10cm und 20cm ergaben sich folgende Werte:

$M_{10} = 3,246 \text{ nC}$; $M_{20} = 1,893 \text{ nC}$

$$Q = 1,2661 \times \frac{1,893 \text{ nC}}{3,246 \text{ nC}} - 0,0595 = 0,679$$

Vergleicht man die beiden errechneten Werte für Q wird deutlich, dass sich nur geringe Unterschiede aufzeigen, die für die Beurteilung der Strahlungsqualität keinen Einfluss haben. Durch die geringen Abweichungen wird deutlich, dass die einfacherer bzw. kürzere Messung mit relativen Tiefendosen ebenfalls für die qualitative Beurteilung der Strahlung aussagekräftig ist.

4. Output-Faktor (Totaler Streuungsfaktor)

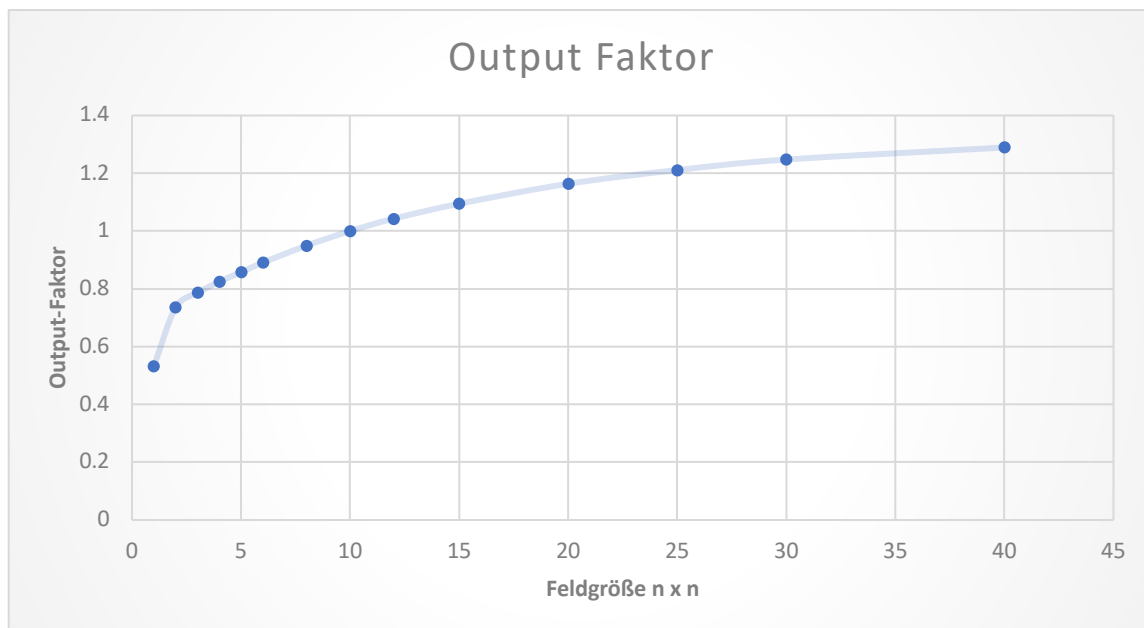
Im nachfolgenden, letzten Teil des Praktikums wurden Messungen zur Bestimmung des Output-Faktors, oder auch Totaler Streufaktor, durchgeführt. Die Dosis wird durch die Primärstrahlung, die Streustrahlung im Wasser (Wasserphantom) und Strahlerkopf sowie die Rückstreuung der Blenden beeinflusst. Somit setzt sich die Totale Streuung aus der Strahlerkopfstreuung und der Phantomstreuung zusammen. Der Output Faktor gibt nun das Verhältnis der gemessenen Dosis im Vergleich zur der Dosis eines 10cm x 10cm Feldes an.

$$OutputFaktor = \frac{D_{Fx F}}{D_{10 \times 10}}$$

Für unsere Messungen wurde ein SSD von 100cm und die Messtiefe von 10cm gewählt, was zu einer SDD von 110cm führt. Nachfolgend wurden verschiedenen Feldgrößen gemessen um so die verschiedene Output-Faktoren der Felder bestimmen zu können.

Feldgröße n x n	Ladung /nC	Output-Faktor	
1	1.007	0.531398417	
2	1.393	0.735092348	
3	1.49	0.786279683	
4	1.562	0.824274406	
5	1.625	0.857519789	
6	1.688	0.890765172	
8	1.799	0.949340369	
10	1.895	1	
12	1.976	1.042744063	
15	2.074	1.094459103	
20	2.205	1.163588391	
25	2.295	1.211081794	
30	2.364	1.247493404	
40	2.443	1.289182058	

Die Tabelle beschreibt die Ladungen, die mit der Messeinheit PTW UNIDOS, bei verschiedenen Feldgrößen, gemessen wurden. In der 3. Spalte wurden die Output-Faktoren für die verschiedenen Feldern mit der oben beschriebenen Formel berechnet.



Das Diagramm beschreibt die Output-Faktoren bezogen auf die verschiedenen Feldgrößen im Verhältnis zum 10cm x 10cm Feld. Es wird deutlich, dass bei sehr kleinen Feldern die Streuverhältnisse großen Einfluss auf die abgestrahlte Dosis haben. Durch die Stellung der Blenden, bei sehr kleinen Feldern, überlagern sich die Halbschatten, was zur geringeren Dosis führt. Zusätzlich detektiert die Monitoreinheit vermehrt Rückstrahlung der Blenden und schaltet somit die Bestrahlung vorzeitig ab.

Zuletzt wurden Messungen mit gleicher Feldgröße, aber unterschiedlichen Einstellungen der Blenden durchgeführt. Hierzu wählten wir die Felder 3cm x 40cm, 40cm x 3cm sowie 40cm x 3cm mit einer Kollimatorumdrehung von 90°. Hierbei sollten die Einflüsse der verschiedenen Stellungen der Blenden untersucht werden.

Feldgröße n x n	Kollimatorumdrehung	Ladung (nC)	Output-Faktor
3cm x 40cm	0°	1.681	0.88707124
40cm x 3cm	0°	1.66	0.875989446
40cm x 3cm	90°	1.663	0.877572559

Aus den detektierten Ladungen sowie Output-Faktoren der drei verschiedenen Blendeneinstellungen wird deutlich, dass die Stellung der Blenden sowie die Wahl der Längen- und Breitenverhältnisse, Einfluss auf die abgestrahlte Dosis haben. Da die X- und Y-Blenden nicht auf gleicher Höhe liegen erzeugen sie unterschiedliche Rückstreuung. Somit schaltet der Linearbeschleuniger, wenn die obere Blende geschlossen ist, früher die Bestrahlung ab. Bei gleicher Feldeinstellung aber Drehung des Kollimators ist der Unterschied vernachlässigbar. Dies lässt sich durch die Einstellung des Fokuspunktes, der rund ist, erklären.