



Dosimetrie Protokoll

PRAKTIKUM 25.11.16

MARIO HOFMAIER

Inhaltsverzeichnis

1.	DIN 6800-1	2
1.1	Normative Verweise	2
1.2	Kalibrierfaktoren	2
1.3	Bezugspunkt.....	2
1.4	Dosisumrechnung	2
1.5	Effektiver Messpunkt	4
1.6	Zusatz Energiedosis	4
2.	Praktikum	5
2.1	TPR Messung.....	5
2.2	PDD-Messung.....	6
3.	TPR-Berechnung.....	7

1. DIN 6800-1

DIN 6800-1 beschreibt das Dosismessverfahren nach der Sondenmethode für Photonen- und Elektronenstrahlung.

1.1 Normative Verweise

Alle angegebenen Normen gelten auch für diese Norm:

- undatiert: aktuelle Version dieser Norm
- datiert: nur diese spezielle

1.2 Kalibrierfaktoren

- Bedingungen muss man kennen
- Bezugs- und Messbedingungen: Abweichungen werden durch Korrekturfaktoren behoben
- Temperatur, Luftdruck, Strahlungsqualität (Art und Energie), Luftfeuchte, Positionierung, unvollständige Sättigung

1.3 Bezugspunkt

Der Bezugspunkt wird vom Hersteller angegeben:

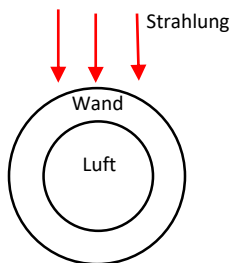
- Kompaktkammer: Mittelachse und Schwerpunkt des Luftvolumens
- Flachkammer: Mittelpunkt auf der Innenseite des Fensters

Bei Kalibrierung wird der Bezugspunkt an einen Ort mit bekannter Dosis gebracht (Co-60: 5cm Tiefe). Dabei ist der Verdrängungseffekt aus DIN 6800-2 zu beachten. Wird keine Kalorimetriesonde verwendet, ist die gemessene Energie aus dem Detektormaterial, durch unterschiedliche Flussdichte, mit der tatsächlichen Energie im Wasser zu unterscheiden.

→ Umrechnung notwendig!

1.4 Dosisumrechnung

Niedrigenergie Bereich (Röntgen)



Sekundärelektronen von Wechselwirkungen im Wasser kommen nicht zum Messvolumen (Luft) und es werden nur Sekundärelektronen der Wand gemessen. Die Wand besteht aus luftäquivalentem Material (gleiche Ordnungszahl Z mit unterschiedlicher Dichte) und es entsteht ein **Sekundärelektronengleichgewicht**. Das ist gegeben, wenn in ein Volumen gleich viele Sekundärelektronen ein- und austreten. Über den linearen Schwächungskoeffizienten wird nun die Messung der absorbierten Energie in Luft (**Luftenergiedosis**) in die gesuchte Wasserenergiedosis umgerechnet.

$$D_w = \frac{\mu_w}{\mu_a} \cdot D_a$$

Hochenergetischer Bereich

Im hochenergetischen Bereich ist die Energie der Sekundärelektronen so hoch, dass sie durch die gesamte Sonde durchfliegen können. Dabei müssen die Wechselwirkungen der Elektronen in der Umgebung berücksichtigt werden. Dies erfolgt mit der Bragg-Gray Gleichung.

Bragg-Gray Prinzip

Beim Bragg-Gray Prinzip werden die Wechselwirkungen der Elektronen betrachtet und es müssen drei Bedingungen erfüllt sein. Hierbei besteht die Kammerwand aus umgebungsäquivalentem Material (in diesem Fall Wasser).

- Reichweite der primären Elektronen muss deutlich höher sein als die Ausdehnung des Messvolumens. Ideal ist ein vernachlässigbares Volumen.
 1. Im Messvolumen sollten, wegen unterschiedlicher Photonenwechselwirkung in Luft und Umgebungsmaterial, keine Photonen wechselwirken. Die tatsächlichen WW in Luft sind vernachlässigbar, da nur $\frac{1}{1000}$ im Vergleich zu Wasser stattfinden. (Entfällt bei Elektronenstrahlung)
 2. δ -Elektronengleichgewicht: Es treten gleich viele δ -Elektronen in das Messvolumen ein wie aus.

→ Energieabgabe erfolgt nur durch die Elektronen der ersten Generation.

Die Dosis in Wasser wird bei der Bragg-Gray Gleichung über das Massenstoßbremsvermögen berechnet:

$$D_w = \frac{S_w}{S_a} \cdot D_a = S_{w,a} \cdot D_a$$

δ -Elektronen Problem: Das δ -Elektronengleichgewicht im Detektor ist nicht einhaltbar, weil die Energieschwelle von 10keV (Kammerdurchmesser) überschritten wird. Es herrscht mehr Eintritt als Austritt.

Zur Berücksichtigung wird die Gleichung mit dem Spencer-Attix Näherung erweitert, bei dem das beschränkte Massenstoßvermögen nur die lokal absorbierten Elektronen mit Energie $< \delta$ erfasst und die spektrale Teilchenfluenz über alle Elektronen $> \delta$ geht.

$$S_{m/w}^{\Delta} = \frac{\int_{\Delta}^{E_{\max}} \Phi_{E,m} \left(\frac{L}{\rho} \right)_{\Delta,m} dE + (\Phi_E(\Delta))_m \cdot \left(\frac{S(\Delta)}{\rho} \right)_m \cdot \Delta}{\int_{\Delta}^{E_{\max}} \Phi_{E,m} \left(\frac{L}{\rho} \right)_{\Delta,w} dE + (\Phi_E(\Delta))_w \cdot \left(\frac{S(\Delta)}{\rho} \right)_w \cdot \Delta}$$

1.5 Effektiver Messpunkt

Als Messpunkt wird der Punkt bezeichnet, an dem die Dosis festgestellt wird. Bei der Messung mit Ionisationskammern stimmen Messpunkt und Kammerort wegen Störungen des Strahlungsfeldes durch die Kammer normalerweise nicht überein. Das Verhältnis von Messung zu Messvolumen bei kleiner werdender Größe des Volumens wird kleiner:

$$\frac{M_1}{V_1} > \frac{M_2}{V_2} > \frac{M_3}{V_3}$$

Daher muss die Kammer so platziert werden, dass die Kammer die Energiedosis am gewünschten Messpunkt anzeigt (= effektiver Messpunkt) und das Verhältnis gleichbleibend ist.

Zur Berücksichtigung gibt es zwei Vorgehensweisen:

1) Messortverschiebung

- Hauptsächlich in Deutschland üblich
- Bei Kompaktkammern und Tiefen größer des Dosismaximums wird diese aus Strahlrichtung nach oben verschoben
- Bei sehr kleinem Volumen ca. $\frac{r}{2}$ (Größenordnung: 0,2r – 0,8r; Wird von Trufix bereits beachtet)

2) Gradientenkorrektur

- Hauptsächlich in den USA und anderen Ländern üblich
- Umrechnung über Gradienten
- Auf- oder absteigend
- Vorzeichenänderung vor bzw. hinter dem Dosismaximum

Vorsicht: Bei einem Zylinderphantom und einer Rotationsbestrahlung liegt der effektive Messpunkt auf einem Kreis mit dem Radius $\frac{r}{2}$.

→ Umrechnung über Gradienten

→ Vergrößerung Phantom

Beispiel: Bei einem Phantom mit Ø30cm befindet sich der effektive Messpunkt bei 14,8cm Tiefe. Wird das Phantom auf Ø30,4cm vergrößert befindet sich der effektive Messpunkt stets bei 15cm Tiefe.

Bei Gegenfeldern ist das auch der Fall.

1.6 Zusatz Energiedosis

Die sonst stochastische Energiedosis ist als gemessene Energie (mittlere Energiedosis) nicht mehr als stochastisch zu sehen.

2. Praktikum

Das Praktikum sollte mit einer Kompaktkammer (TPR-Messung) und Roos-Kammer (PDD-Messung) in einem Wasserphantom (PTW, Freiburg) durchgeführt werden. Eine Referenzkammer wurde angebracht, um die nicht konstante Dosisleistung des Linac zu berücksichtigen. Durch andauernde Fehlermeldungen und nicht auffindbares Material konnten diese Messungen jedoch nicht vorgenommen werden.

2.1 TPR Messung

Bei der TPR-Messung (Tissue-Phantom-Ratio) befindet sich der Detektor in einem festen Fokus-Messort-Abstand (Source-Detector-Distance, SDD) unter Wasser. Das Wasser wird anschließend mit der Zeit kontinuierlich abgelassen. Zusätzlich ist ein Schwimmsensor angebracht, der den Detektor-Sensor-Abstand (DSD) und damit die Fließgeschwindigkeit beziehungsweise die Wassertiefe der Kompaktkammer.

Flow-Speed-Calibration: Zur Bestimmung der Fließtiefe des Wassers wird eine Kalibration des Schwimmsensors durchgeführt. Hierbei wird in kurzen Abständen Wasser ein- und ausgepumpt und der DSD gemessen.

Bei TPR-Messungen misst man die Schwächung des Absorbermaterials (Wasser) und nicht wie bei der PDD-Messung den zusätzlichen Abstand.
→ Messung Abhängigkeit des Absorbermaterials

Die TPR-Messung kann auch mit einem Festkörperphantom durchgeführt werden. Dabei ist aber zu beachten, dass der Tisch nachlassen oder dünne Platten durchhängen können und die Messwerte verfälschen.

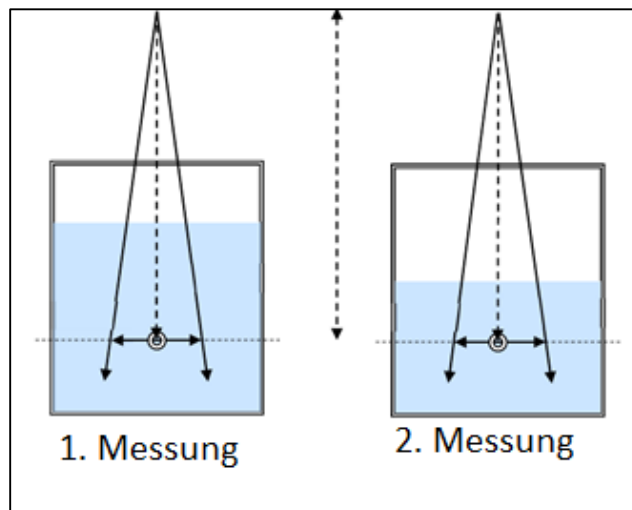


Abbildung 1: Prinzip TPR-Messung

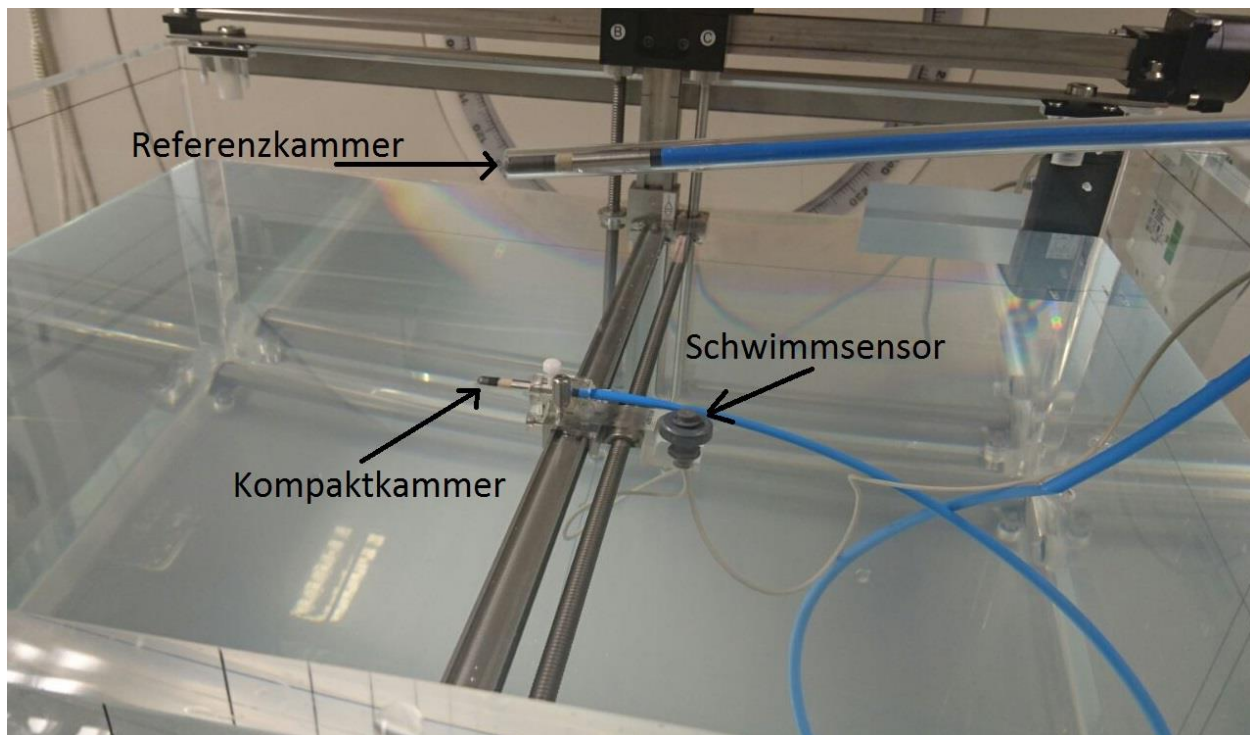


Abbildung 2: TPR-Aufbau

2.2 PDD-Messung

Für die PDD-Messung wurde die Kompaktkammer mit einer Roos-Kammer ersetzt und der Nullpunkt nachjustiert.

Dieser befindet sich bei richtigem Einstellen der Spitze bei 1,1mm Wassertiefe, sodass das Wasser von der Roos-Kammer abläuft. Der Bezugspunkt der Roos-Kammer befindet sich 1mm unter der Oberfläche und der effektive Messpunkt etwas tiefer.

Problem: Alte DIN: 1mm Plexiglas = 1,14mm Wasser, d.h. effektiver Messort 1,14mm unterhalb der Kammeroberfläche
 Neue DIN: effektiver Messort 1,5mm unterhalb der Kammeroberfläche

Vorsicht: Bei Wechsel der Kammer die richtige Kammerspannung einstellen und bei Einbau beachten, dass sich keine Luftblasen unterhalb der Kammer befinden.

PDD-Messungen mit Flachkammern im Vergleich zu Kompaktkammern zeigen ab dem Dosismaximum keinen Unterschied.

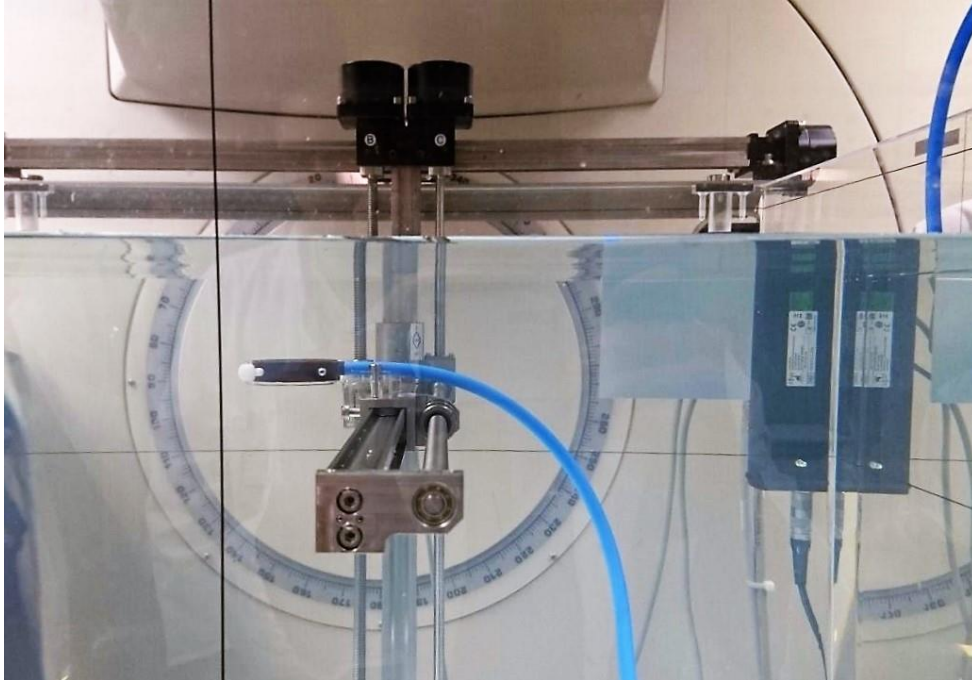


Abbildung 3: Roos-Kammer im Wasserphantom

3. TPR-Berechnung

Mit Hilfe des Abstandquadratgesetzes lassen sich die Messwerte einer PDD-Messung in TPR-Messwerte umrechnen. Dies erfolgt mit der Formel:

$$M_{TPR} = M_{PDD} \cdot \left(\frac{SSD + T_w}{SSD} \right)^2$$

$SSD = \text{Fokus-Haut Abstand}$

$T_w = \text{Wassertiefe}$

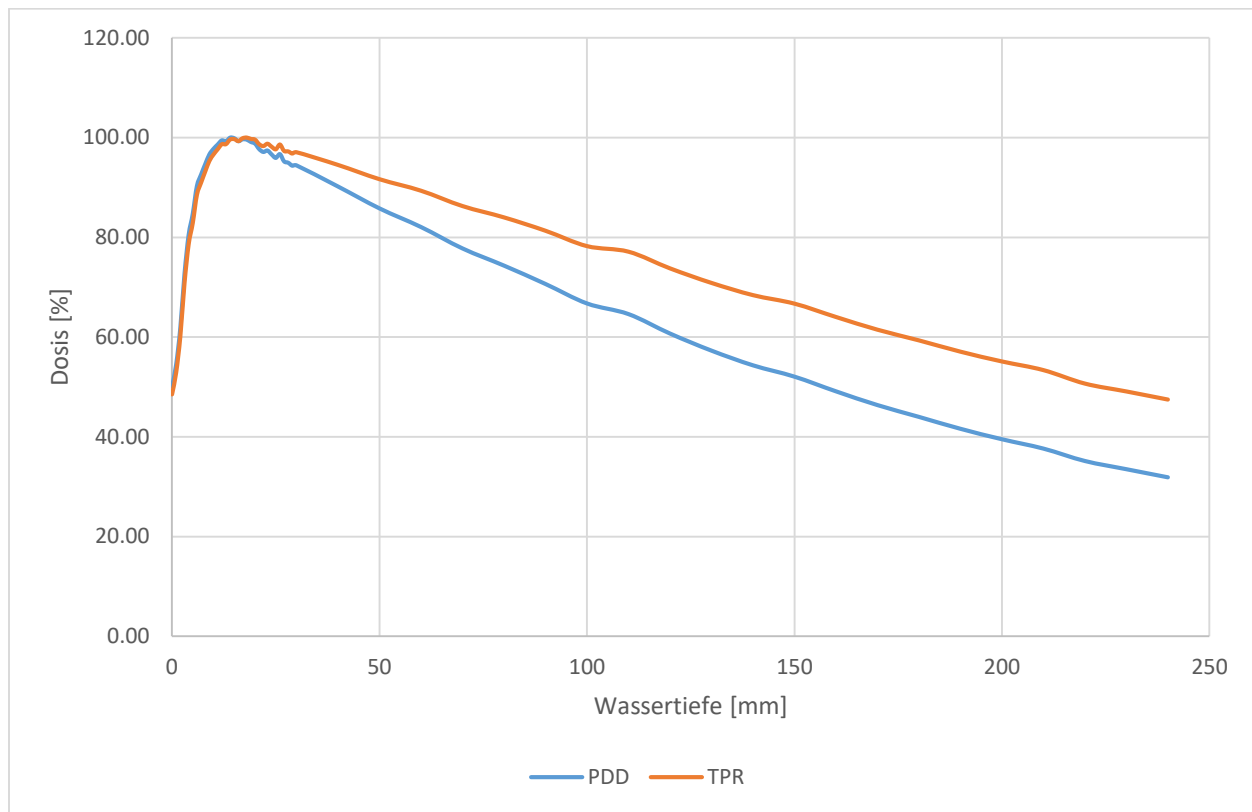


Abbildung 4: Tiefendosisverlauf und berechneter TPR-Verlauf

Anhand des Diagramms kann man folgende Aussage treffen:

- Die relative Dosis fällt bei einer Tiefendosismessung, im Vergleich zu einer TPR-Messung, mit zunehmender Wassertiefe stärker ab. Ursache hierfür ist der zunehmende Abstand der Kammer zum Fokus.