

**TPS Praktikum**

## **Aufgaben zur manuellen Dosisberechnung**

Ramona-Gabriela Kallo  
ramonagabriela.kallo@tu-dortmund.de

Lauritz Klünder  
lauritz.kluender@tu-dortmund.de

Durchführung: -                      Abgabe: 12.07.2020

TU Dortmund – Fakultät Physik

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Rechenaufgaben</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Kurzfragen</b>	<b>6</b>

# 1 Rechenaufgaben

## 1. Aufgabe

In dieser Aufgabe ist ein  $7 \times 7 \text{ cm}^2$  Strahlungsfeld gegeben mit einer HVL von 1 mm Kupfer und einem BSF von 1,282. Damit ergibt sich die Rückstreuung in Prozent zu

$$\%BSF = 100 \cdot (BSF - 1) = 28,2\%.$$

Um die Dosis zu bestimmen, die an der Oberfläche des Patienten absorbiert wird, wird aus der Tabelle 7.1 die Prozentuale Tiefendose entnommen. In dieser Tabelle sind die Werte für eine HVL von 2 mm Kupfer gegeben. Da bei  $d = 0 \text{ cm}$   $\%D_n = 100\%$  ist, wird bei einer geringeren Photonenenergie, also bei  $HVL = 1 \text{ mm}$  Kupfer, dort der Wert auch  $\%D_n = 100\%$  sein. Über die Formel für die absorbierte Dosis  $D_A$

$$D_A = R \cdot BSF \cdot \left( \frac{\%D_n}{100} \right) \cdot f$$

lässt sich dann die absorbierte Dosis an der Oberfläche bestimmen. Dabei ist  $R = 105$  und  $f = 0,957 \text{ cGy/R}$ . Damit ergibt sich die absorbierte Dosis zu

$$D_A = 128,82 \text{ cGy}.$$

## 2. Aufgabe

In dieser Aufgabe ist ein Photonenfeld von  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , das aus 6 MV Photonen besteht. Die  $SSD = 100 \text{ cm}$  und es wird eine Dosis von  $1 \text{ cGy/MU}$  an dem Dosismaximum  $d_m$  deponiert. Nun soll bestimmt werden, wie viel MU eingestellt werden muss um  $200 \text{ cGy}$  in  $8 \text{ cm}$  Tiefe anzubringen. Dazu muss zunächst bestimmt werden, wie viel Dosis pro Behandlung in  $8 \text{ cm}$  Tiefe angebracht wird.

$$D_d = 1 \frac{\text{cGy}}{\text{MU}} \cdot \frac{\%D_n}{100} = 0,745 \frac{\text{cGy}}{\text{MU}}.$$

Dabei ist  $\%D_n = 74,5\%$  in  $8 \text{ cm}$  Tiefe aus der Tabelle 7.3 entnommen worden. Die Behandlungszeit ergibt sich damit zu

$$t = \frac{200 \text{ cGy}}{0,745 \text{ cGy/MU}} = 268 \text{ MU}.$$

Die Dosis pro Behandlung an dem Dosismaximum kann dann aus der Behandlungszeit berechnet werden.

$$D_n = 268 \text{ MU} \cdot 1 \frac{\text{cGy}}{\text{MU}} = 268 \text{ cGy}$$

Für die Dosis an der Austrittsfläche in  $20 \text{ cm}$  Tiefe, wird wieder aus der Tabelle 7.3  $\%D_n = 38\%$  entnommen. Damit ergibt sich die Dosis, die dort noch angebracht wird

$$D_d = 1 \frac{\text{cGy}}{\text{MU}} \cdot \frac{\%D_n}{100} = 0,38 \frac{\text{cGy}}{\text{MU}}.$$

und die Dosis ergibt sich damit zu

$$D_n = 268 \text{ MU} \cdot 0,38 \frac{\text{cGy}}{\text{MU}} = 101,84 \text{ cGy}$$

### 3. Aufgabe

In dieser Aufgabe ist ein 26 cm dicker Patient gegeben, der mit einem 8 x 14 cm<sup>2</sup> Photonenfeld der Energie 10 MV bestrahlt wird mit  $SSD = 100 \text{ cm}$ . Durch dieses Feld wird eine Dosis von 200 cGy in einer Tiefe von 10 cm deponiert. Um die Dosis an der Austrittsfläche zu bestimmen wird zunächst mit der Tabelle 7.6 ein äquivalentes quadratisches Feld ermittelt. Das ist 10,1 x 10,1 cm<sup>2</sup>, näherungsweise wird für die weitere Rechnung ein 10 x 10 cm<sup>2</sup> Feld verwendet. Aus der Tabelle 7.4 wird  $\%D_n = 73\%$  in 10 cm Tiefe entnommen. Damit wird die deponierte Dosis am Maximum bestimmt.

$$D_0 = \frac{D_n}{\%D_n} 100 = 273,97 \text{ cGy}$$

Diese Formel wird umgestellt um die deponierte Dosis in 26 cm Tiefe zu bestimmen. Der  $\%D_n = 34,8\%$  in dieser Tiefe.

$$D_n = \frac{\%D_n \cdot D_0}{100} = 95,34 \text{ cGy}$$

### 4. Aufgabe

In dieser Aufgabe ist ein 4 x 4 cm<sup>2</sup> Feld gegeben mit Photonen mit einer HVL von 2 mm Kupfer.  $SSD = 50 \text{ cm}$ . Nun wird der SSD von 50 cm auf 60 cm verlängert. Um zu bestimmen, wie die MU Einstellungen verändert werden müssen um die gleiche Dosis an der Oberfläche zu erhalten wird das Abstandsquadrat Gesetz verwendet. Das besagt, dass  $D_r \sim \frac{1}{r^2}$ . Damit werden die Dosen bei den verschiedenen SSDs verglichen.

$$\frac{(D_n)_{60}}{(D_n)_{50}} = \left( \frac{50 \text{ cm}}{60 \text{ cm}} \right)^2 = 0,694$$

Das bedeutet, dass durch die Änderung nur noch 69,4% der ursprünglichen Dosis ankommt. Um nun zu ermitteln wie die MU verändert werden müssen, damit sich die gleiche Dosis an der Oberfläche ergibt wird folgender Ansatz gewählt.

$$\frac{(D_n)_{50}}{(D_n)_{60}} = \left( \frac{60 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} \right)^2 = 1,44$$

Also müssen 44% mehr MU eingestellt werden. Nun wird noch die Änderung von  $\%D_n$  abgeschätzt in 2 cm Tiefe.

$$\frac{(D_n)_{60}}{(D_n)_{50}} = \frac{\frac{(60+0)^2}{(60+2)^2} \exp(-2\mu) 100}{\frac{(50+0)^2}{(50+2)^2} \exp(-2\mu) 100} = 1,013$$

Das bedeutet  $\%D_n$  steigt um 1,3%.

## 5. Aufgabe

Ein Patient ist 22 cm tief und 32 cm breit. Es werden vier  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  Felder verwendet, die jeweils senkrecht zueinander stehen.  $SSD = 100 \text{ cm}$  und 6 MV Photonen. In der Mitte des Patienten, wo sich die Achsen der vier Felder treffen, soll eine Dosis von 200 cGy angebracht werden. Dabei soll jedes Feld eine gleiche Dosis in diesem Punkt anbringen, also jedes Feld 50 cGy. Für zwei Felder liegt dieser Punkt in 11 cm Tiefe und für die anderen beiden in 16 cm Tiefe. Die  $\%D_n$  Werte werden aus der Tabelle 7.3 entnommen und ergeben sich zu  $\%D_{11} = 63,7\%$  und  $\%D_{16} = 48,8\%$ . Mit der Gleichung

$$D_0 = \frac{D_n}{\%D_n} 100$$

lässt sich das Dosismaximum der einzelnen Felder bestimmen. Dabei muss  $D_n = 50 \text{ cGy}$  sein. Somit ergibt sich für die anterior-posterior Felder

$$D_0 = 78,49 \text{ cGy}$$

und für die lateralen Felder

$$D_0 = 102,46 \text{ cGy}$$

## 6. Aufgabe

In dieser Aufgabe geht es um das gleiche Problem wie in Aufgabe 5. Nur diesmal sollen alle Felder die gleiche maximale Dosis haben und damit unterschiedliche Beiträge zu der gewünschten Dosis von 200 cGy im Zentrum. Mit der Formel

$$D_n = \frac{\%D_n \cdot D_0}{100}$$

ergibt sich:

$$\begin{array}{rcl} 2D_{11} + 2D_{16} & & = 200 \text{ cGy} \\ 2 \cdot 0,637D_0 + 2 \cdot 0,488D_0 & & = 200 \text{ cGy} \\ D_0 & & = 88,89 \text{ cGy} \end{array}$$

Damit ergibt sich für die anterior-posterior Felder eine Dosis im Zentrum von

$$D_n = 0,637 \cdot 88,89 \text{ cGy} = 56,62 \text{ cGy}$$

und für die lateralen Felder

$$D_n = 0,488 \cdot 88,89 \text{ cGy} = 43,38 \text{ cGy}.$$

## 7. Aufgabe

In dieser Aufgabe wird ein Tumor, der unterhalb der Rippen liegt, mit einem Elektronenstrahl bestrahlt. In der Strahlrichtung liegt 2 cm Knochen und 2 cm Gewebe. Die effektive Tiefe lässt sich mit der Formel

$$d_{eff} = d - z(1 - CET)$$

bestimmen. Dabei ist  $z = 2 \text{ cm}$ , die Tiefe des dichtesten Materials und CET kann als 1,65 angenommen werden (vgl. S.179). Damit ergibt sich die effektive Tiefe zu

$$d_{eff} = 4 \text{ cm} - 2 \text{ cm}(1 - 1,65) = 5,3 \text{ cm}$$

## 2 Kurzfragen

**1. Erläutern Sie drei Bestrahlungsparameter durch deren Einfluss  $\%D_n$  ansteigt.**

$\%D_n$  variiert mit der Tiefe, Feldgröße, SSD und Energie des Strahls. Zu den drei Bestrahlungsparameter gehören die Erhöhung der Feldgröße, die Vergrößerung der SSD und die Vergrößerung der Photonenenergie.

**2. Erläutern Sie die Begriffe TAR (Tissue-air ratio) und BSF (Backscattering factor) und deren Abhängigkeit vom SSD.**

TAR ist definiert als:

$$\text{TAR} = \frac{D_d}{D_{\text{air}}}$$

wobei  $D_d$  die absorbierte Dosis an einem Ort im Medium und  $D_{\text{air}}$  die absorbierte Dosis für kleine Gewebemasse, die an derselben Stelle in Luft umgeben ist. Manchmal wird es auch als Dosis im freien Raum  $D_{\text{fs}}$  definiert. Normalerweise wird TAR auf der Zentralachse bestimmt. Außerdem ist TAR unabhängig vom SSD, weil die beiden Dosis  $D_d$  und  $D_{\text{air}}$  im selben Abstand von der Quelle gemessen werden.

BSF ist definiert als:

$$\text{BSF} = \frac{D_0}{D_{\text{air}}}$$

wobei  $D_0 = D_d$  ist. Es ist im Prinzip TAR, aber in der Tiefe des Dosismaximums  $d_m$ . Die Photonenstreuung, die in der Tiefe der Maximumdosis  $d_m$  stattfindet, ist abhängig von der Menge des darunterliegenden Mediums, Größe, Form und Qualität der Gamma- oder Röntgenstrahlung. Genauso wie TAR, ist BSF auch unabhängig vom SSD aus demselben Grund wie TAR. Die Dosis  $D_d$  und  $D_{\text{air}}$  werden im selben Abstand von der Quelle gemessen.

**3. Definieren Sie den Begriff TPR (Tissue-Phantom Ratio).**

Es wird definiert als das Verhältnis einer Zentralachsendosis  $D_n$  in einer Tiefe  $n$  in einem Phantom zu einer Dosis an der gleichen Position, aber in einer anderen Tiefe  $t$  im Phantom. Diese Tiefe  $t$  wird Referenztiefe genannt und ist üblicherweise 10 cm.

**4. Wie können Tiefendosiskurven, die für die Bestrahlungsplanung von nöten sind, ermittelt werden? Warum werden diese benötigt?**

Tiefendosiskurven werden in der Regel einem Wasserphantom gemessen, da Wasser in Bezug auf Strahlungsstreuung und -absorption dem menschlichen Gewebe sehr ähnlich ist. Die Messungen erfolgen in der Regel mit einer Ionisationskammer. Die Tiefendosiskurven werden sowohl zur Kalibrierung des Dosiswertes an einer Bestrahlungsanlage, als auch zur Prüfung und Kalibrierung des Therapie Plansystems benötigt. Diese werden ermittelt, indem die relative Dosis entlang des Zentralstrahls in dem Wasserphantom gemessen wird.

**5. Nennen Sie verschiedene Gegenstände (mindestens 3!) mit denen Ungleichmäßigen in der Hautoberfläche ausgeglichen werden können.**

a) Bolus: Es produziert eine glattere Oberfläche über ein fast homogenes Volumen. Damit können Berechnungen vereinfacht werden. Es kann auch mit einem Elektronenstrahl benutzt werden, um die Oberflächendosis zu erhöhen oder die Eindringtiefe des Strahls zu verringern.

b) Compression Cones: Es ist eine Kegel mit geschlossenem Ende, der gegen die Haut des Patienten gedrückt wird, dort wo der Strahl einfällt. Der Druck zwingt im Prinzip das Gewebe in einer Luftspalte unter dem Kegel und bietet eine flache Oberfläche für den eintretenden Strahl.

c) Tissue-Compensating Files: Das Problem bei Bolus ist, dass bei hohen Photonenenergien, der Dosisaufbau eher im Bolus stattfindet und nicht im oberflächlichen Gewebe des Patienten. Die Oberflächendosis steigt also an. Der hautschonende Vorteil ist eher reduziert oder verloren. Statt Bolus, werden Tissue-Compensating Files verwendet, um den Strahleneingang der Oberfläche abzuflachen. Diese bestehen aus Aluminium, Bronze, Wachs, Blei, etc. Sie werden bei einer Distanz über die Haut des Patienten platziert. Also der Filter wird in Abstand zur Oberfläche angebracht.