Dosimetrie – 2.Prüfung

1. **Welche Bedeutung hat das Massenstoß-Bremsvermögensverhältnis Wasser zu Luft für die Dosimetrie mit luftgefüllten Ionisationskammern? Bräuchte man diese Größe auch bei einer wassergefüllten Ionisationskammer? Beschreibe und begründe jeweils kurz.**

   Bei luftgefüllten Ionisationskammern misst man die Luftenergiedosis, da aber die eigentliche Wasserenergiedosis von Interesse ist benötigt man das Massenstoß-Bremsvermögensverhältnis zwischen Wasser und Luft für die Umrechnung, z.B. bei der Anwendung der Bragg-Gray Bedingungen und der Spencer-Attix-Näherung.
   Wäre die Ionisationskammer wassergefüllt, wären die Bremsvermögensverhältnisse gleichbleibend, vorausgesetzt, das Umgebungsmedium ist auch Wasser.
   Bei Thermolumineszenz-Dosimetrie gelten noch mal andere Regelungen.

2. **Wie ändert sich die relative Tiefendosis in einem Wasserphantom bei Variation des Fokus-Oberflächen-Abstandes? Trifft dies für Photonen- und Elektronenstrahlung in vergleichbarere Weise zu? Falls nein, beschreibe die Unterschiede**

   Bei absoluter Dosimetrie würde die Tiefendosis abnehmen, bei relativ verhält sich der Tiefendosisverlauf allerdings etwas anders.
   Bei sehr kleinen Abständen von der Quelle (z.B. Brachytherapie) ist das Maximum des Tiefendosisverlaufs sehr früh angesiedelt und der Abfall hinter dem Maximum sehr steil.
   Je größer der Abstand gewählt wird, umso höher verläuft der Tiefendosisverlauf, sprich der relative Tiefendosisverlauf steigt an und fällt nur sehr langsam sehr flach hinter dem Maximum ab.
   Dies gilt sowohl für Elektronen als auch für Photonen, jedoch ist bei den Elektronen der Verlust durch Wechselwirkung mit der Luft zu beachten und der virtuelle Quellpunkt zu verwenden.

3. **Warum ist der Korrektionsfaktor für Sättigung nach DIN 6800-2 das Verhältnis aus der Sättigungskorrektion bei der Strahlungsqualität der Messung und der Kalibrierung (Co-60) und nicht ausschließlich die Sättigungskorrektion bei der Strahlungsqualität der Messung?**

   Für sowohl Sättigung als auch Polarität gilt:
   Bei der Kalibrierung misst man auch nicht fehlerfrei, die Co-60-Quellen sind so schwach, dass die Sättigung 100% beträgt und somit der Korrektionsfaktor gleich 1 beträgt. Somit muss man die alten Fehler (Kalbibrierung) bei den neuen Fehlern (Messung) mitberücksichtigen. Somit werden immer Bezugswert bei der Kalibrierung mit dem erhaltenen Wert bei der Messung miteinander verglichen werden und in die Korrektur miteinbezogen werden.

4. **Was ist der Energieparameter für die Dosimetrie von Elektronenstrahlung und wie bestimmt man diesen mit einer luftgefüllten Ionisationskammer? Welcher Schritt würde mit einer wassergefüllten Ionisationskammer entfallen?**

   Die Halbwerttiefe R50. Bestimmung durch Ermittlung der mittleren Reichweite der Elektronen in Luftvolumen mit Umrechnung zur wasseräquivalenten Reichweite. Bei wassergefüllten Ionisationskammern würde man sich die Umrechnung sparen.

5. **Warum ist zur Bestimmung der Sättigungskorrektion an einem Linearbeschleuniger die Dosis pro Strahlpuls entscheidend und nicht die mittlere Dosisleistung? Welche Voraussetzung muss hierfür erfüllt sein?**

   Für kontinuierliche Strahlung ist die mittlere Dosisleistung entscheidend, da konstant.
   Für gepulste Strahlung ist die Ionensammelzeit entscheidend:
   Ist die Ionensammelzeit kleiner als die Periodendauer des Pulses, werden alle Ionen gesammelt und die Sammlung ist abgeschlossen bevor der nächste Puls einsetzt. Daher ist hier die Dosis pro Puls entscheidend.
   Ist die Ionensammelzeit allerdings länger als die Periodendauer, wird somit die Sammlung der Ionen vor dem Einsetzen des nächsten Pulses nicht abgeschlossen und somit ist die mittlere Dosisleistung entscheidend.
   Die Pulsfrequenz muss bekannt sein.

6. **Acht Blutbeutel mit den Maßen 12x15x2cm (Gesamthöhe also 16cm aufeinandergelegt) müssen gleichzeitig mit einer Dosis von 30Gy am Linac bestahlt werden. Die Minimaldosis sollte 27 Gy nicht unterschreiten und die Maximaldosis nicht über 33Gy liegen. Wie würdest Du dies am Linearbeschleuniger realisieren und welche Messungen zur Dosimetrie müsstest du hierfür durchführen?**

   Photonenstrahlung, 15 MV, Gegenfelder (0&180°), SSD 100cm, Feldgröße 20cm x 20cm.
   Gegenfelder, um Dosisverteilung und -abfall besser zu gestalten und Feldgröße so gewählt, um auch in den Randbereichen genügend Dosis zu gewährleisten.
   Blutbeutel in Wasser platzieren um niederenergetische Oberflächendosis im Wasser und nicht in den Blutbeuteln selbst zu absorbieren (Aufbaueffekt)

   Für die Dosimetrie sind Tiefendosisverlauf, Querprofil und Absolutdosis zu bestimmen, um sicherzugehen, dass gewollte Dosis im Zielvolumen erreicht wird.

7. **Welche Bedeutung haben der totale Streufaktor, der Strahlerkopfstreufaktor und der Phantomstreufaktor und wie bestimmt man diese?**

   Totaler Streufaktor setzt sich aus Strahlerkopf- und Phantomstreufaktor zusammen, wird auch Output genannt.
   Die totale Streuung kann man einfach durch den gesamten Messwert bestimmen, Strahlerkopfstreustrahlung bestimmt man mithilfe eines Mini-Phantoms und einer großen Feldgröße. Durch Feldgröße > Phantom hält man die Phantomstreustrahlung konstant und misst somit nur die Streustrahlung aus dem Strahlerkopf.
   Der Phantomstreufaktor ist an sich nicht messbar, aber bestimmbar durch:

$$PSF = \frac{TSF}{HSF}$$

8. **Warum fällt bei gleicher Elektronenenergie der Tiefendosisverlauf eines sehr kleinen Feldes sehr viel schneller als derjenige eines größeren Feldes? Wie verhält sich dieser Effekt bei kleiner und hoher Elektronenenergie?**

   Bei großen Feldern wird der Ausstreueffekt vom Einstreueffekt kompensiert. Bei kleinen Feldern überwiegt der Ausstreueffekt, was dazu führt, dass die Dosis schneller sinkt.

Bei kleiner Energie steigt die Dosis erst schnell, da der Aufstreueffekt früh in vollständige Diffusion übergeht, fällt aber auch wieder schneller ab, da nicht so viel Bremsstrahlungsuntergrund wie bei höherer Energie vorhanden ist. Bei höherer Energie gibt es einen homogenen Anstieg zum Maximum und einen flacheren Abfall, da weniger Aufstreueffekt und somit auch weniger Ausstreuung als bei niederen Energien.

9. **Welche Korrektionsfaktoren nach DIN 6800-2 können bei Relativmessungen von Photonen- oder Elektronenstrahlung außer Acht gelassen werden?**

   Alle Korrektionsfaktoren die konstant bleiben können außer Acht gelassen werden: Korrektion für Luftfeuchte kH, Korrektion für Temperatur kT, Korrektion für Positionierung kR, Korrektion für die Luftdichte (allerdings nur bei relativ außer Acht zu lassen, bei Absolutdosimetrie der wichtigste Korrektionsfaktor!) kPhi und für Photonen kQ, da dieses tiefenunabhängig ist und somit konstant bleibt!

   Sättigung ist nicht konstant, da Dosis pro Puls sich mit der Tiefe ändert und die Sättigung somit tiefenabhängig ist (in der Praxis allerdings nur eine Änderung im Promillebereich und somit oft vernachlässigt, aber eigentlich für jede Tiefe Sättigung neu berechnen)
   Polarität ist bei Elektronenstrahlung tiefenabhängig (in der Praxis allerdings auch vernachlässigt, da Änderung nur im Promillebereich)
   kE ist nicht zu vernachlässigen, da es nicht unabhängig von der Tiefe ist, es ist daher kE,NR zu verwenden!

10. **Was versteht man unter Delta-Elektronen und welche Bedeutung haben diese in der Dosimetrie? Was ist die allgemein übliche Schwellenenergie für Delta-Elektronen?**

    Die Schwellenenergie liegt bei 10keV. Die Deltaelektronen haben eine Energie oberhalb dieser Schwelle und sind wichtig, da sie nicht nur lokal Energie deponieren, sondern auch außerhalb der Elektrode.

11. **Was ist der Unterschied zwischen Messort und effektivem Messpunkt**
    Messort bezieht sich auf den Patienten/Phantom und besagt wo sich die Ionisationskammer befindet. Der effektive Messpunkt bezieht sich auf den Detektor selbst und besagt, wie die Ionisationskammer positioniert werden muss, um richtig messen zu können.

12. **Was ist der Unterschied zwischen dem Planungszielvolumen (PTV) und dem klinischen Zielvolumen (CTV)**

    Das CTV ist das Zielvolumen der maximalen Dosis und beinhaltet Tumor plus klinischen Sicherheitssaum.
    Das PTV beinhaltet das CTV plus einen Sicherheitssaum für Planungsunsicherheiten, die bei der Planung selbst und bei späterer Behandlung miteinbezogen werden müssen.

13. **Was versteht man unter der effektiven Dosis und welche Größen benötigt man, um diese bestimmen zu können?**

    Für die effektive Dosis benötigt man die Strahlungsqualität der einfallenden Strahlung, die Dosis und einen Wichtungsfaktor für das bestrahlte Material. (Äquivalenzdosis mit biologischer Gewichtung und Strahlungsgewichtung).

14. **Ein Patient wird in Rückenlage mit einem Stehfeld (6MV Photonen) seitlich bestrahlt. Der Durchmesser betrage 30cm und der Dosierungspunkt liegt in der Mitte, also in 15cm Tiefe. Die Dosis im Dosierungspunkt beträgt 2Gy.**

    a) **Wie hoch ist zum einen in etwa die Maximaldosis und wie hoch die Austrittsdosis?**

    Dosismaximum mit 15cm Tiefe (ca. 50% der Maximaldosis) 2Gy, entsprechen dann ca. 4Gy Maximaldosis. Die Austrittsdosis beträgt ca. 20% der Maximaldosis.

    b) **Warum ist die Austrittsdosis etwas niedriger im Vergleich zur Messung im Wasserphantom, in dem der Tiefendosisverlauf bis 40cm Tiefe gemessen wurde?**

    Aufgrund der Rückstreuung die im Wasserphantom durch die Wände des Phantoms vorhanden ist, ist die Austrittsdosis hier stärker als beim Patienten der frei in Luft bestrahlt wird (auf der Seite liegend, kein Tisch)

    c) **Wie verändern sich die Maximaldosis und die Austrittsdosis, wenn der Patient mit der gleichen Dosis, aber mit vergrößertem Fokus-Haut-Abstand bestrahlt wird (nur die Richtung, keine konkreten Zahlenwerte)?**

    Die Maximaldosis bleibt in etwa konstant, wenn der Dosierungspunkt in 15cm Tiefe konstant bleibt und die Austrittsdosis ist höher als bei geringerem Fokus-Haut-Abstand (siehe Aufgabe 2)

15. **Ein Patient wird zum einen mit einem Elektronenstehfeld der Energie 4MeV und zum anderen der Energie 15MeV bestrahlt, jeweils im Dosismaximum mit 2 Gy. Wie hoch ist in beiden Fällen in etwa die Dosis in diesen Tiefen?**

	4 MeV	**15 MeV**
DMAX	2 Gy	2 Gy
Tiefe in R50	1 Gy	1 Gy
Tiefe 4 cm	Bremsstrahlungsuntergrund	ca. 90% = 1,8 Gy
Tiefe 8 cm	Bremsstrahlungsuntergrund	Bremsstrahlungsuntergrund

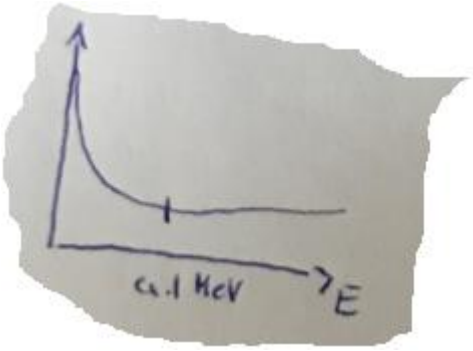
Da maximale Reichweite der Energien jeweils Energie in MeV geteilt durch 2 der Reichweite in cm entspricht (4 MeV = 2cm; 15 MeV = 7,5cm)

16. **Beschreibe kurz (Stichpunkte reichen, keine detaillierte Beschreibung der einzelnen Punkte), wie die Kalibrierung des Dosismonitors durchgeführt wird. An welcher „Schraube" dreht man, wenn nachgestellt werden muss?**

Man muss die sogenannten „Dose ref" Werte 1 bzw. 2 anpassen, um die Monitoreinheiten auf die richtige Dosis zu kalibrieren. Erhöht man den Dose ref Wert entsprechen die gleichen MU einer geringeren Dosis, da die Monitorkammer den Linac früher abschaltet. Verringert man den Dose ref ist es genau umgekehrt. Messungen dazu in Referenzbedingungen:
SSD: 100cm, Feldgröße 10cm x 10cm und in Referenztiefe 10cm messen

17. **Welche Bedeutung haben die folgenden Begriffe: Äquivalentdosis, Messgrößen und Schutzgrößen nach DIN 6814-3 mit dem Titel: Begriffe in der radiologischen Technik, Teil 3 Dosimetrie?**
    Äquivalentdosis entspricht der effektiven Dosis mit einem Wichtungsfaktor für die Strahlenqualität. [Gy]
    Messgrößen sind messbare Größen im Strahlenschutz (Ortsdosis, Personendosis)
    Schutzgrößen sind keine messbaren Größen, sondern eher Grenzwerte (z.B. Grenzwerte für Organdosis)

18. **Skizziere in einer Grafik das Bremsvermögen dE/dx von Elektronen in Abhängigkeit von der Elektronenenergie bis zu Energien von ca. 20 MeV (nur relativer Verlauf)**



    Exponentieller Abfall des Bremsvermögens bis ca. 1 MeV und dann quasi konstant mit leichtem Anstieg hin zu höheren Energien.
    dE/dx entscheidend, da Bremsvermögen oberhalb 1 MeV weitgehend konstant ist aufgrund der relativistischen Verhältnisse der Elektronen.
    Im Prinzip haben alle Elektronen ca. den selben Energieverlust pro Wegstrecke, allerdings verhält sich der Energieverlust durch Aufstreuung anders.

19. **Mit welchen Größen wird die Wandstärke eines nicht wasseräquivalenten Materials in eine wasseräquivalente Schichtdicke umgerechnet? Gilt das in gleicher Weise für Photonen- und Elektronenstrahlung und falls ja, unter welcher Voraussetzung?**

    Im Vordergrund für die Umrechnung der Äquivalentschichtdicke steht hier die volumenbezogene Elektronendichte des Materials, nicht die physikalische Dichte.
    Für Photonen gilt diese Umrechnung nur im Energiebereich in dem der Compton-Effekt dominant ist, da dieser ausschließlich von der Elektronendichte abhängt. In Niederenergetischen Bereichen (kleiner 100keV), also zum Beispiel im Röntgen gilt diese Umrechnung nicht, da hier der Photoeffekt dominant ist, aber auch nicht im Hochenergie-Bereich, da hier die Paarbildung dominant ist.

    Elektronen: ??

20. **Warum geht in die Berechnung des Korrektionsfaktor kR zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Positionierung von Ionisationskammern bei der Kalibrierung und der Messung der relative Gradient der Co-60 Tiefendosiskurve und die Messortverschiebung bei Co-60 ein und nicht die entsprechenden Größen bei der Messung? Denke zur Beantwortung dieser Frage an die Bezugsbedingung bezüglich der Positionierung bei der Kalibrierung.**

$$k_r = \frac{1}{1 + \delta_{Co} \cdot \Delta z_{Co}}$$

Fehler bei Kalibrierung berücksichtigen, bei Messung selbst Messortverschiebung (Positionierungsvorschrift berücksichtigen)
kR fällt durch die Positionierungsvorschrift weg! => Fehler bei Kalibrierung rausrechnen mithilfe der kR-Berechnung. Bei Gradientenkorrektur müsste der Fehler wieder mit rein in die Berechnung.
Basierend auf DIN aber mit Bezugspunktverschiebung arbeiten!