

Inhalt

A Vorträge	1
B Dosimetrie	1
1. Allgemeines	1
2. Ionisationskammern	3
- Kompaktkammer (Zylinderkammer / Fingerhutkammer / Flexible Kammer)	3
- Flachkammer (Parallelplattenkammer)	3
- Advanced Markus Kammer	3
3. Inbetriebnahme des Wasserphantoms	3
- Referenz	3
- Limit	3
- Zero	4
4. Messungen	6
- Check Beam Center	6
- Messung der Tiefendosisverteilung (PPD = Percent Depth Dose)	7
C Quellen	8

A Vorträge

Die Vorträge über die Wechselwirkungen von Photonen und Elektronen wurden nach Auswürfeln von Sharin Müllendorff und Eva Maier gehalten. Nach der Besprechung der Präsentationen ging der Dozent noch auf weitere Punkte ein.

B Dosimetrie

1. Allgemeines

Zur Dosimetrie steht ein Linearbeschleuniger (Philips SL15) mit einer Beschleunigungsspannung von 6MV sowie ein Wasserphantom vom Typ „MP3 Water Scanning System“ von PTW mit einem 3-dimensionalen Messsystem (3-Achsen System mit Schrittmotoren) zur Verfügung.

Es wird darauf hingewiesen, dass man später – also im Berufsleben - darauf bestehen sollte, ein Wasserphantom zu besitzen. Trotz den wirtschaftlichen Interessen des Betreibers (Kosten ca. 100.000 Euro) ist ein solches Messsystem wichtig; selbst wenn der Hersteller die Einmessung des Beschleunigers übernimmt.

Typische Wasserphantome und Messinstrumente werden von der Firma PTW sowie der Firma Iba vertrieben.



Abb.: 1 MP3 Water Scanning System von PTW [1]

Der Dozent informiert über den Umgang mit der Messapparatur:

- Alle elektrischen Kabelverbindungen und Schläuche nicht knicken oder darauf treten. Besonders die Kabel der Messsonden sind empfindlich und teuer.
- Die Steuersignale werden über D-SUB Stecker und Buchsen an der Wand zwischen Steuer- und Bestrahlungsraum übertragen.
- Unter dem Strahlerkopf befindet sich die Tischgrube. In dieser ist Elektronik verbracht. Zu beachten ist, dass der Deckel der Grube evtl. nicht für die Masse des Phantoms ausgelegt ist.
- Kollisionsgefahr zwischen der bewegten Mechanik und des Phantoms (Genauigkeit von $\pm 0,1\text{mm}$ kann sonst evtl. nicht mehr eingehalten werden)
- Als Wasser wird entionisiertes Wasser verwendet. Destilliertes Wasser wäre ideal, jedoch kommt dieses aus der Klinikapotheke und ist deshalb kostspielig. Das Wasser sollte jährlich erneuert werden, da sich dieses mit der Zeit verfärbt.
- Wenn das gesamte Reservoir (nebenstehender Wasserbehälter) leergepumpt ist, strömt Luft durch den Schlauch. Da der Einfüllstutzen sich am Boden des Phantoms befindet, ist mit Blasenbildung zu rechnen. Man sollte deshalb die Pumpe zügig ausschalten, damit das Wasser innerhalb des Phantoms bleibt.
- Den Wasserschlauch sollte man nach der Füllung abziehen. Bei angeschlossenem Schlauch kann der Wasserstand absinken.
- Die Hochspannung der Kammern stets vor dem Abtrennen von Steckern abschalten
- Die eingestellte Feldgröße von Linac und Wasserphantom sollten übereinstimmen – zum einen zwecks korrekter Dokumentation und zum anderen, damit die Software z.B. bei der Messung von Querprofilen den Bereich des Halbschattens korrekt ermitteln kann.
- Am Ende der Messung sollte das Wasser zurück ins Reservoir gepumpt werden. Das Wasser löst mit der Zeit die Klebeverbindungen der Acrylglas-Scheiben und das Phantom kann undicht werden

2. Ionisationskammern

Jede Kammer ist beschriftet (Gravur) und enthält eine Kammernummer, die sich aus dem Kammertyp und der Seriennummer zusammensetzt.

- **Kompaktkammer (Zylinderkammer / Fingerhutkammer / Flexible Kammer)**
 - o Innenradius ca. 3,75 mm
 - o Ortsauflösung in Strahlrichtung relativ gut
 - o Für die Messung von Querprofilen und Tiefendosisverteilungen im Photonenbetrieb geeignet
 - o Innenbeschichtung aus Graphit, Schutzhülle aus Acrylglas
 - o Offene Kammer (Verbindung über Stecker) → Messung ist vom Luftdruck abhängig
 - o Bei Energien oberhalb 10 MeV bei Elektronenstrahlung verwendbar
 - o Nicht geeignet im Dosisaufbaubereich von Photonenstrahlung
- **Flachkammer (Parallelplattenkammer)**
 - o 1 bis 2 mm Plattenabstand, je nach Typ
 - o 1 bis 2 mm Ortsauflösung in Strahlenrichtung
 - o Großes Messvolumen senkrecht zur Strahlrichtung
 - o Für Elektronen geeignet, bei großen Feldern auch für Photonen
- **Advanced Markus Kammer**
 - o Dünnes Eintrittsfenster möglich, da Acrylglas-Schutz abgeschraubt werden kann
 - o Ohne Abdeckung nicht im Wasser verwenden
 - o Vorsichtiges Handling notwendig

3. Inbetriebnahme des Wasserphantoms

- Referenz

Als Referenzen in x, y und z Richtung dienen die Einkerbungen in der Mechanik. Dadurch wird das Koordinatensystem in Bezug auf das Phantom gesetzt.

Diese Funktion wird über „Ref“ und „F2“ an der Fernbedienung angewählt. Mit den Richtungstasten zu einer beliebigen Kerbe fahren. Alte Grenzen können mit der roten Taste und der jeweiligen Richtungstaste überfahren werden. Bei korrekter Position die Koordinaten mit „F3“ speichern. Da die Referenzpunkte sich auch bei den mechanischen Endpunkten befinden, sollte man mit einem Finger auf der Stopp-Taste bereit sein. Mit der Taste „Go to Ref“ fährt die Mechanik auf den eben festgelegten Koordinatenursprung.

- Limit

Die Limits werden gesetzt, um den späteren Messbereich festzulegen und um einen Crash mit einer Phantomwand oder anderen Hindernissen zu verhindern. Man drückt die „Limit“ Taste und „F2“ und setzt jeweils die Endpunkte in den positiven und negativen Koordinatenachsen

- Zero (Nullpunkt)

Festlegung des Koordinatenursprungs ins Bezug auf die Wasseroberfläche und des Lichtfeldes.

- Mit einer präzisen Wasserwaage wird das gesamte Phantom ausgerichtet. An drei Rädern an der Unterseite des Phantoms lässt sich die Höhe einstellen. Es empfiehlt sich, zuerst die Wasserwaage an Position 1 (s. Abb. 2) aufzulegen und mit den zwei gegenüberliegenden Rädern diese Achsen zu justieren. Danach die Waage auf Position 2 auflegen und das Phantom ins Wasser bringen.

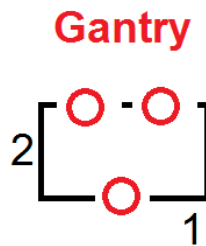


Abb. 2: Räder zur Höhenverstellung am Wasserphantom

- TRUFIX® Detector Positioning System
Mit Trufix lassen sich unterschiedliche Ionisationskammern präzise in das Wasserphantom einbauen. Der Hersteller gibt eine Genauigkeit von $\pm 0,1$ mm an.

1. Schritt: Der Referenz-Halter wird am Lichtvisier ausgerichtet.



Abb. 3: Referenz-Halter [2]

2. Die Spitze der Halterung sollte genau auf der Wasseroberfläche liegen

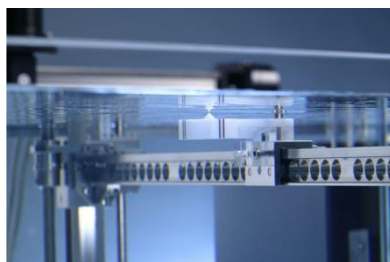


Abb. 4: Referenz-Halter [2]

3. Der Referenz-Halter wird abgeschraubt. Für jeden Kammertyp gibt es einen passenden Halter und einen Thimble (dt.: Fingerhut). Der Thimble wird nur benötigt, um die Kammer zu Positionieren. (Im Englischen heißen Kompaktkammern thimble chamber)



Abb. 5: Holder mit Thimble [2]

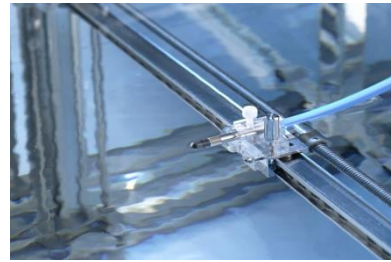


Abb. 6: Holder ohne Thimble [2]

4. Die Messkammer wird in das Isozentrum gefahren. Gemäß DIN 6800 Teil 2 liegt der effektive Messpunkt einer luftgefüllten Kompaktkammer oberhalb der Zentralelektrode bei halbem Kammerinnenradius in Strahlrichtung. Die Vorgaben dieser Norm sind im Trufix-System berücksichtigt.
- FHA (Fokus-Haut-Abstand): Über eine Lichtoptik wird ein Abstandsmesser in das Zentrum geleuchtet. Dieser muss genau 100 cm betragen. Somit befindet sich die Kammer im Isozentrum.

Tipp: Mit einem Blatt Papier, das man auf die Wasseroberfläche legt, sieht man das Fadenkreuz besser.



Abb. 7: Abstandsmessung mithilfe eines Papiers auf der Wasseroberfläche

Weitere Fehlerquelle:

Ist der Strahlengang senkrecht?

Mögliche Messmethode: Unterschiedlich dicke Strahlkugeln werden an einer Schnur aufgefädelt und in die Mitte des Fadenkreuzes gehängt. Belichtet man eine Speicherfolie bzw. einen Detektor, sollte die obere Kugel in der unteren abgebildet sein.

4. Messungen

Der Linearbeschleuniger ist unabhängig von der Messapparatur aufgebaut.

Das Wasserphantom und die Messkammern werden mit der Steuereinheit „Tandem“ betrieben. Die Einstellung der Kammerspannung findet nicht über den PC statt, sondern direkt am Tandem.

Der Login für den Linac und den PC für das Wasserphantom lautet:

Benutzername: physik Passwort: phys#1

Die Strahlung wird vor jeder Messung eingeschaltet. Nach dem akustischen Signalton kann man die Messung starten. Die Messung wird in „*relativer Dosimetrie*“ im sogenannten „*Water-Tank-Scan*“ durchgeführt.

- Check Beam Center

Bei der Messmethode „Check Beam Center“ wird der Mittelpunkt des Strahlenfeldes überprüft und ggf. korrigiert.

Messparameter:

- SSD (Source Surface Distance): 100 cm
- Depth (Tiefe): 50 und 200 mm (je größer der Abstand, umso präziser die Messung, dauert aber auch etwas länger)
- Square Field (Feldgröße): 10 cm (entspricht 10 x 10 cm)
- Kammerspannung: 400V

Messmethode:

- Messung ohne Umgebungsstrahlung (Nullabgleich)
- Es wird zuerst die Halbwertsbreite (50%-Dosiswert bezogen auf die Dosis im Zentralstrahl) über ein Dosisquerprofil an beiden eingestellten Tiefen gemessen.
- Messung von Querprofilen je doppelt in beiden eingestellten Tiefen mit relativ wenigen Messpunkten

Ergebnisse:

- Software gibt absoluten Fehler zur „echten“ Feldmitte des Strahlungsfeldes an, da Licht- und Strahlenfeld nicht zwingend übereinstimmen müssen bzw. die Einstellung nur grob durchgeführt wurde.
- „Echter“ Nullpunkt kann per Software neu gesetzt werden und für neue Messungen verwendet werden
- Prozentuale Abweichung durch verkippten Strahlengang in der inplane-Ebene (Ebene in der Richtung von der Gun zum Target) kann nicht einfach korrigiert werden. Dazu müsste der Beschleuniger vom Hersteller unterlegt bzw. abgesenkt werden. Gantryrotationen in der crossplane-Ebene sind jedoch möglich.

- Messung der Tiefendosisverteilung (PDD = Percent Depth Dose)

Anmerkungen zur Nomenklatur nach DIN:

Tiefendosisverteilung: wird gemessen

Tiefendosisverteilungskurve: wird angezeigt (graphische Darstellung einer Tiefendosisverteilung)

Messparameter:

- Strahlparameter wie oben
- Zwischen 0 und 30 mm Tiefe: 1 mm Messschritte
- Zwischen 30 und 300 mm Tiefe: 10 mm Messschritte
- Messkammer fährt von unten nach oben (Grund: Würde die Kammer von oben nach unten fahren, zieht die Kammer beim Eintauchen in den ersten mm die Wasseroberfläche mit sich)
- Messzeit pro Stopp: 0,6 s
- Gemessen wird mit und ohne Referenzkammer

Messmethode:

- PTW 31010 Semiflex
- Messung ohne Umgebungsstrahlung
- Kammer fährt in den eingestellten Tiefen die verschiedenen Tiefen ab
- Messung mit Referenzkammer: Messkammer befindet sich in Kunststoff-Hülle (zur Erhöhung der Messwerte, um stochastische Fehler zu verringern) am Rand des Strahlenfeldes

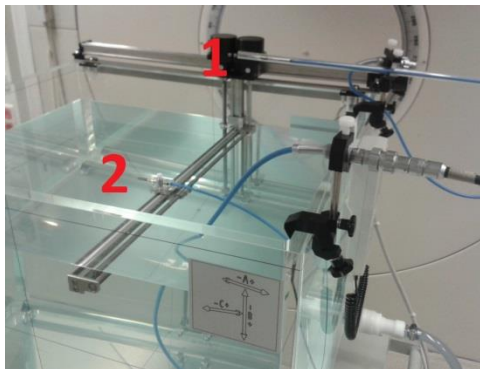
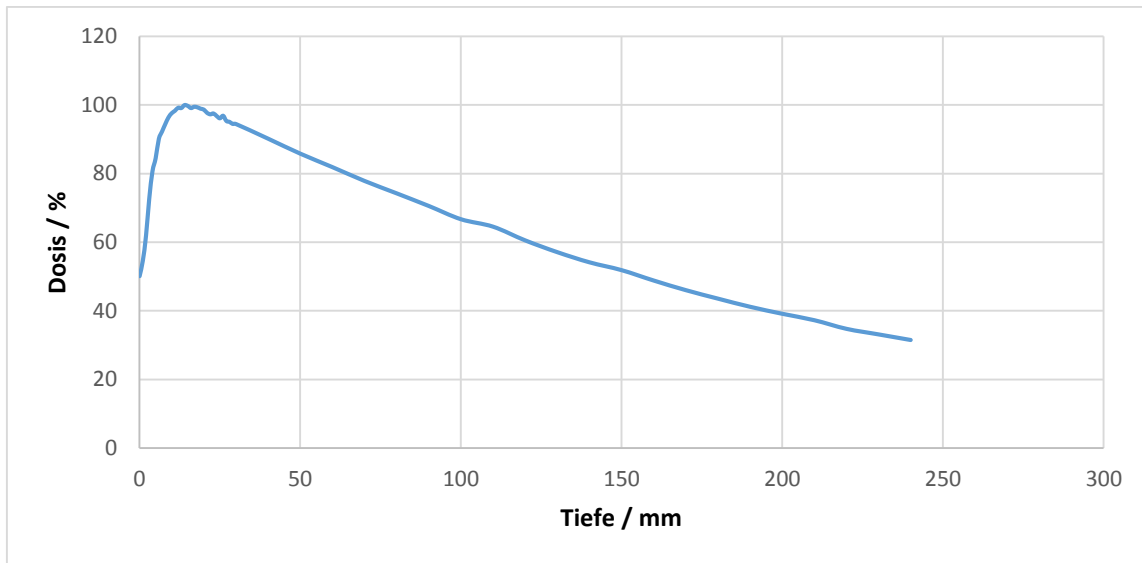


Abb. 8: Wasserphantom mit Kammer im Wasser (2) und Referenzkammer (1)

Ergebnisse:

- Relativer Tiefendosisverlauf mit Aufbaueffekt



Diagr. 1: Tiefendosisverlauf für 6MV Photonen, Feldgröße 10x10 cm

Dosiserhöhung entsteht durch im Gewebe/Wasser herausgeschlagene Elektronen. Die Tiefe des Dosismaximums entspricht der mittleren Reichweite der Elektronen von der Oberfläche.

$$[Reichweite_{praktisch}]cm = \frac{[Energie]MeV}{2}$$

$$[Reichweite_{therapeutisch}]cm = \frac{[Energie]MeV}{3}$$

- Dosismaximum in ca. 15 bis 16 mm Tiefe (entspricht der mittleren Reichweite der Elektronen)
- Vollständige Abschwächung wird nie erreicht wegen des Bremsstrahlungsuntergrunds

C Quellen

- [1] MP3 Water Scanning System, <http://www.ptw.de/2034.html>, aufgerufen am 31.10.2016
- [2] TRUFIX® Detector Positioning System, <http://www.ptw.de/2127.html>, aufgerufen am 31.10.2016