

Protokoll zum Dosimetriepraktikum vom 26.10.2018 zum Thema:

Das Wasserphantom – Aufbau und Anwendung

Ort: Seminarraum Strahlentherapie Uniklinik Tübingen

Dozent: Dr. Oliver Dohm

Anwesende Hörer: Doreen Deurer, Maximilian Dorait, Sabrina Düll, Stephan Frick, Jonas Habrich, Katrin Hubel, Marcel Spring, Christina Winter,

Abwesende: keine/r

Protokollführerinnen: Marie Jost, Andrea Seitz

Chronologischer Ablauf:

Begrüßung durch den Dozenten.

1. VORTRÄGE:

Nach Auslosung wird der Vortrag zum Thema *Wechselwirkungen von Photonen* von Christina Winter und die Präsentation zu *Wechselwirkungen von Elektronen* von Katrin Hubel gehalten. Anschließend werden vom Dozenten zwei Vorträge zu den selben Themen mit ergänzenden Informationen gehalten.

2. DAS WASSERPHANTOM:

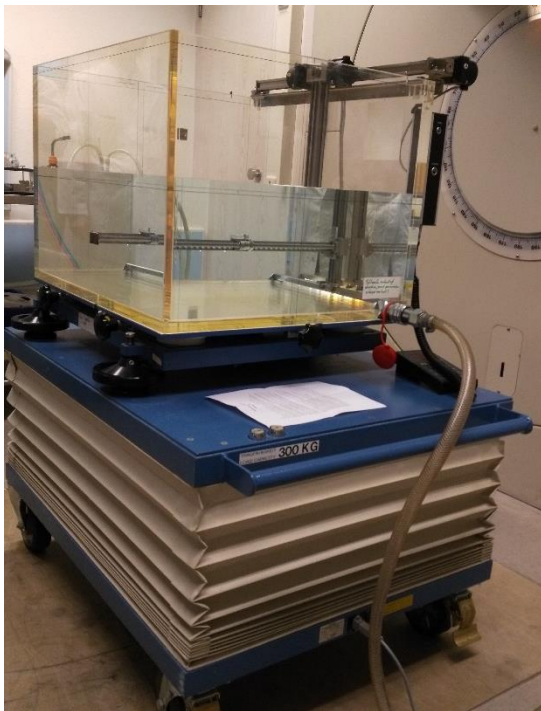


Abbildung 1 Das Wasserphantom von PTW auf einem Hubwagen

Nun wird den Studenten vom Dozenten das große Wasserphantom vorgestellt. Das hierzu benutzte Phantom ist von PTW Freiburg (für nähere Information ist die Homepage der Firma zu besuchen). Es wird darauf hingewiesen, dass auch die Firma Iba solche Phantome vertreibt.

2.1 AUFBAU:

Hauptbestandteil ist ein Plexiglasbehälter, gefüllt mit destilliertem, bzw. entmineralisiertem Wasser (Abbildung 1). Daneben verfügt es über eine Bewegungsmechanik, die es erlaubt, die Messsonde auf drei Achsen zu verfahren. Die Positionierung erfolgt mittels eines Schrittmotors, der es erlaubt, eine Position auf 0,1mm genau anzufahren. Der Nachteil besteht darin, dass ein kontinuierliches Verfahren der Messsonde damit weniger gut realisierbar ist. Der Dozent bemerkt, dass es auch Phantome mit kontinuierlich verfahrbaren Achsen gibt.

Der Plexiglasbehälter steht auf einem elektrisch höhenverstellbaren Hubwagen. Der Dozent weist darauf hin, dass der Wagen von der Herstellerfirma

des Phantoms dafür eigens zugelassen werden muss, unter anderem wegen des hohen Gewichts des Phantoms in gefülltem Zustand. Beim vorgeführten Modell befindet sich das Wasser in einem Tank auf einem separaten Wagen, der mit einer Pumpe ausgestattet ist. Es wird angemerkt, dass es auch Varianten gibt, bei denen die Wasserpumpe und der Hubwagen mit dem Phantom kombiniert sind. Der Dozent weist auf die zugehörige Messelektronik hin, die zur Steuerung der Schrittmotoren benötigt wird. Außerdem werden für die späteren Messungen zwei Elektrometer gebraucht, die die Messung mit zwei Ionisationskammern erlauben, einer Messkammer und einer Referenzkammer. Bei Letzteren handelt es sich um Fingerhutmesskammern von PTW und es ist darauf zu achten, dass sie wasserdicht sind (Abbildung 2).



Abbildung 2 Fingerhutmesskammer von PTW

Der Dozent erklärt kurz den Aufbau dieser Kammern. Demnach bestehen sie aus einer Mittelelektrode aus Aluminium, die von einer Kappe aus Plexiglas geschützt wird und im Inneren mit Graphit überzogen ist. Eine solche Kammer wird auch als Kompaktkammer bezeichnet.

2.2 AUSRICHTUNG:

Nun wird am Beschleuniger ein 30cm x 30cm Feld ausgewählt, damit das Lichtfeld möglichst groß ist, was die Ausrichtung des Wasserphantoms erleichtert. Zunächst wird der Plexiglasbehälter vom Dozenten grob mittels des Hubwagens in Position gebracht. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Laser an den Seitenwänden mit den schwarzen Linien an den Seiten des Wasserphantoms (diejenigen, die näher an der Mechanik sind) so gut wie möglich übereinstimmen. Gleiches wird auf dem Boden des Plexiglasbehälters gemacht. Dabei sollten das Fadenkreuz des Lichtfeldes und die Laser mit den Markierungen übereinstimmen (Abbildung 3).



Abbildung 3 Ausrichtung des Phantoms mittels Lichtfeld und Laser am Boden des Phantoms.

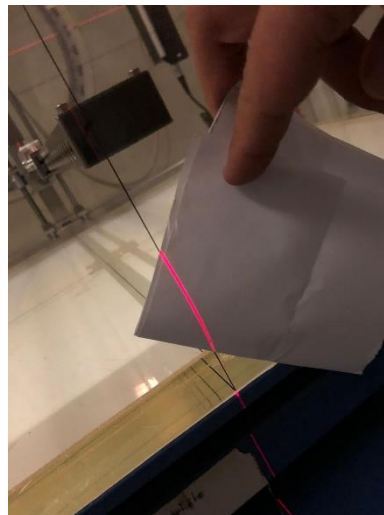


Abbildung 4 Seitliche Ausrichtung des Phantoms nach Laser mit Hilfe eines weißen Blatt Papiers.

Achtung: Niemals direkt in den Laser schauen!

Anschließend werden der Hubwagen und die restliche Mechanik des Phantoms an den Strom angeschlossen. Der Hubwagen wird etwas nach oben gefahren, dann werden die Bremsen angezogen.

Die Feinjustage der Plexiglasbox erfolgt mittels der schwarzen Schrauben am Boden des Phantoms. Mit Hilfe einer weißen Karte wird nochmals geprüft, ob die Laser in Deckung mit den Seitenmarkierungen des Phantoms sind (Abbildung 4). Bei Bedarf wird das Phantom mit der betreffenden Schraube in horizontaler Richtung verfahren. Ist die horizontale Ausrichtung zufrieden stellend erfolgt, so wird der Wasserschlauch angeschlossen (Abbildung 5), der Wassertankwagen mit Strom versorgt und über das Menü des Wagens wird das Wasser nun in den Plexiglasbehälter gepumpt (Abbildung 6). Der Dozent weist darauf hin, dass das Wasser ca. einmal pro Jahr gewechselt werden sollte, aufgrund von Staub im Plexiglasbehälter und Dreck im Schlauch. Zu viele Teilchen im Wasser würde die Messungen verfälschen. Sobald die Pumpe hörbar Luft ansaugt, ist sie abzuschalten. Nun wird das Phantom in der Höhe zunächst nach Laser und Markierung ausgerichtet. Für Messungen sehr nahe an der Gantry kann es sein, dass die Höhe des Hubwagens nicht ausreicht, dann sind zusätzliche Klötze zu unterlegen. Insgesamt ist der Aufbau und das Befüllen des Wasserphantoms recht zeitaufwändig, weshalb einige Messungen eher

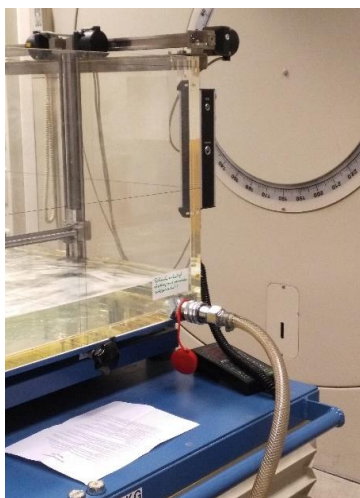


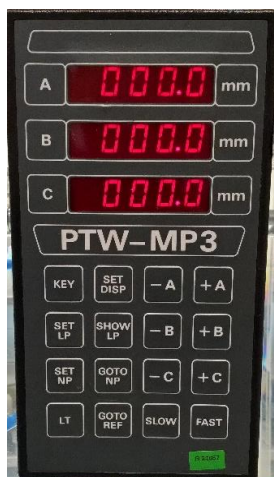
Abbildung 5 Anschluss des Wasserschlauchs an das Phantom.



Abbildung 6 Einschalten der Pumpe in Richtung Wasserreservoir to Water Tank um das Phantom zu befüllen.

mit wasseräquivalenten Kunststoffplatten durchgeführt werden.

Für die exakte Höhenpositionierung des Phantoms muss nun die Messelektronik nach der Höhe des Wasserstands ausgerichtet werden. Dazu bemerkt der Dozent, dass es bereits moderne Phantome gibt, die dies selbständig machen könne. In unserem Fall muss es jedoch manuell eingestellt werden.



2.3 LIMIT POINTS:

Um die Fahrmechanik bedienen zu können, muss auch diese ans Stromnetz angeschlossen werden. Der Dozent führt nach Einschalten des Handmonitors (siehe Abbildung 7) nun die drei Achsen A, B und C vor. Als nächstes werden die voreingestellten Limit Points (LP) in allen drei Raumrichtungen geprüft. Der fahrbare Messsondenhalter sollte dabei jeweils ca. 2cm vor den Plexiglaswänden stoppen. Um einen LP zu ändern muss die Halterung an die entsprechende Position gefahren werden und dort *set LP* zusammen mit der Achse und der Richtung, die gesperrt werden soll, gedrückt werden (z.B. ändere Begrenzung nach oben: drücke *set LP* und *-B*). Der Dozent erklärt, dass dennoch ein LP überschritten werden kann, indem man *key* gedrückt hält und in die vormals gesperrte Richtung fährt.

Abbildung 7 Bedienpanel des Wasserphantoms

2.4 REFERENZPUNKT:

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Referenzpunkt, da die LP's in Abhängigkeit vom Referenzpunkt angefahren werden. Auf allen drei Achsen sind Kerben eingebracht, die den Referenzpunkt markieren. Es empfiehlt sich vor und nach jeder Messung den Referenzpunkt anzufahren. So kann auch geprüft werden, ob der Schrittmotor noch stimmt oder ob er eventuell Schritte übersprungen hat. Um den Referenzpunkt anzufahren, kann die Taste *go to Ref* am Bedienpanel gedrückt werden. Um einen neuen Referenzpunkt zu speichern, muss diese Taste zusammen mit *key* gedrückt werden.

2.5 AUSRICHTUNG DER MECHANIK:

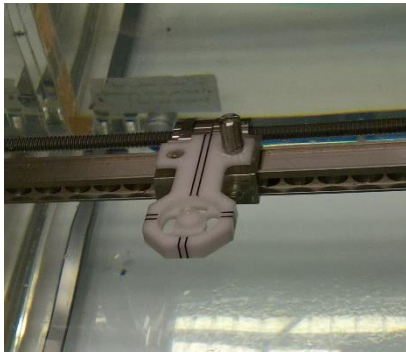


Abbildung 8 Einstellhilfe für die Wasseroberfläche

Zur Ausrichtung der Bewegungsmechanik auf die Wasseroberfläche wird eine Einstellhilfe (pointing device with cone tip) verwendet, die auf den Schlitten angebracht wird. Die Spitze definiert den Nullpunkt. Es wird empfohlen diese aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers von unten an die Wasseroberfläche heran zu fahren. Der Dozent zeigt, wie man sich bei der Annäherung an die Oberfläche die Totalreflexion an der Wasseroberfläche zu nutzen machen kann, indem man das Spiegelbild der Spitze an der Unterseite der Oberfläche beobachtet und solange nach oben korrigiert, bis sich Spitze und Spiegelbild treffen. Die Studenten dürfen das Annähern an die Wasseroberfläche selbst ausprobieren. Zur korrekten Einstellung der Bewegungsmechanik sind drei Punkte nötig, die sich jeweils

über einem der drei Drehknöpfe auf denen das Phantom steht befinden. Am ersten Punkt wird die Spitze an die Oberfläche gefahren, dann wird der Wert durch gleichzeitiges drücken der Tasten *key* und *set NP* am Bedienpanel (siehe Abbildung 7) festgehalten. Danach wird die Einstellhilfe über einen anderen Drehknopf gefahren, auf null gebracht und am Drehknopf so lange die Höhe verstellt, bis die Spitze die Oberfläche berührt. Bei der dritten Achse ist darauf zu achten, dass die Drehachse mit der gegenüberliegenden Wand übereinstimmt. Es darf also nur um die Hälfte der Differenz zwischen Einstellhilfe und Wasseroberfläche korrigiert werden. Die Abweichung darf 0,1mm in jeder Ecke betragen. Abschließend wird die Einstellhilfe mittels der Laser anhand der schwarzen Markierungen ausgerichtet und der Nullpunkt der Spitze auf die Wasseroberfläche gesetzt.

Achtung: Der Wasserschlauch ist vor der Justage des Nullpunkts zu entfernen, da sonst Wasser in den Pumpwagen zurückfließen kann und die Oberfläche verändert!

Nun wird die Gesamthöhe des Phantoms mittels Laser ausgerichtet.

2.6 FOKUS-HAUT-ABSTAND:

In die Mitte des Beckens auf die Wasseroberfläche wird vom Dozenten ein nasses Blatt Papier gelegt. Das Phantom wird in der Höhe solange verfahren, bis bei der SSD-Skala die 100cm scharf mittig sichtbar werden und auch die Laser auf den schwarzen Strichen sind. Der Dozent zeigt, dass bei korrekt eingestellter Höhe der Laser die Unterseite der Wasseroberfläche beleuchtet.

2.7 MESSKAMMER:

Der Dozent stellt den Studenten die Kamerahalterung Trufix von PTW vor (siehe Abbildung 2). Er erklärt, dass der Name Trufix dadurch zu Stande kommt, dass die Halterung (siehe Abbildung 9) auf dem Schlitten so ausgerichtet ist, dass der tatsächliche Messpunkt in der Messkammer liegt. Mit Hilfe einer Kappe wird die

Abbildung 9 Halterung für die Messkammer.



Messkammer nun auf dem Schlitten befestigt und vorsichtig mit einer Nygonschraube festgehalten. Die Kappe wird danach wieder entfernt, sie dient nur dazu, die Messkammer in der richtigen Länge festzuschrauben. Die Messkammer sollte zu zwei Dritteln im Wasser sein. Der gesamte blaue Schlauch wird ins Wasserbecken gelegt, die restlichen Kabel mittels einer Befestigung außerhalb des Beckens an Ort und Stelle gehalten (siehe Abbildung 11). Die Kammerstromung sollte 400V für eine Fingerhutkammer betragen. Die Gantry wird mit einer Rahmenwasserwaage vorsichtig auf exakt 0° eingestellt. Dabei ist darauf zu Achten, dass die Wasserwaage an der Gantry immer an dieselbe Position gehalten wird.



Abbildung 10 Rahmenwasserwaage

Der Dozent weist darauf hin, dass man den Wassertank nach Möglichkeit schon am Abend vor der geplanten Messung in den Raum fahren sollte, damit sich das Wasser an die Umgebungstemperatur anpassen kann. Auch die Messkammer sollte ein paar Minuten Zeit haben, um sich der Wassertemperatur anzugleichen. Es gilt zu beachten, dass das Wasser aufgrund von Verdunstungskälte immer etwas kühler sein wird, als die Raumluft. Diese Verdunstung gilt es vor allem bei langen Messungen zu berücksichtigen. Die Wasseroberfläche sinkt um etwa 0,3cm in 2h. Dadurch muss gegebenenfalls Wasser nachgefüllt und mit der Einstellhilfe die Wasseroberfläche neu justiert werden.

Damit werden die Vorbereitungen im Bunker beendet und die Studenten und der Dozent verlassen diesen, die Tür wird geschlossen und die Gruppe findet sich im Steuerraum ein.

3. AUFNAHME EINER MESSKURVE:

Am rechten Computer wählt der Dozent das Steuerradsymbol aus, hinter dem sich alle zur Verfügung stehende Programme von PTW verbergen. Zudem legt er einen Ordner für die Messdaten an. Er wählt *Relative Dosimetrie/ Wasserphantom 3D/ Water Tank Scans* aus. Zunächst wird mit dem Start-Button der *Check of Beam Center* gestartet. Der Dozent erklärt, dass die Voreinstellungen passen sollten. Eventuell muss SSD 100 ausgewählt, zwei Messtiefen (100mm und 300mm) und ein 10x10cm Feld eingestellt werden. Mit Hilfe des linken PCs wird am Beschleuniger ein 10x10cm Feld aufgerufen und der Wert für H_T in die Excel Tabelle eingetragen. Die Strahlung wird gestartet. Erst wenn diese begonnen hat, wird die Messung gestartet. Über eine Überwachungskamera können die Studenten verfolgen, wie das Phantom in den voreingestellten Tiefen je die beiden Hauptachsen abfährt und so ein Querprofil aufnimmt. Eine Verkipfung in der A und C Achse von unter 0,1° ist gut. Sollte der Wert nicht passen, kann auf *set NP* geklickt werden. Dies hat eine automatische Korrektur des Nullpunkts zur Folge. Nach Ende der Messung wird die Strahlung gestoppt. Durch löschen der Kurve mittels *delete* wird die Schnittstelle am Messgerät wieder frei gegeben.

3.1 BEARBEITUNG EINER MESSKURVE:

Über den Button *Water Tank Scan öffnen* können Kurven nun geladen, gespeichert und ausgewertet werden. In diesem Fenster gibt es zwei Tabs: *Linac* und *Measurement*. Über ersteren werden verschiedene Eigenschaften wie die Ausrichtung des Phantoms zum Linac, der Name (*Standard*), die Modality (*Photons*), die Energiestufen (*6MeV*), Keilfilter (*out*) und Abschirmblock (*keiner*) eingestellt. Auch die *Feld*-Parameter können genauer definiert (*10x10cm, quadratisch, Definition des Isozentrums SIDC*) und der Fokus-Oberflächenabstand über *SSD* auf *100cm* festgelegt werden. Über den *Measurement*-Tab werden Art des Gerätes (*Tandem*), Messzeit pro Punkt und die Art der verwendeten Messkammer vorgegeben. Es wird das Messprogramm *PDD and Profiles* verwendet. Im Bild ist dabei in blau der Messbereich, in orange das Feld markiert und der Strich stellt die Messstrecke im *plane profile* dar.

Nun wird erneut die Strahlung eingeschaltet und eine beispielhafte Tiefendosiskurve aufgenommen. Der Dozent weist darauf hin, dass der Pfeil anzeigt in welcher Richtung die Messkammer verfährt. Standardmäßig bewegt sie sich während der Messung von unten nach oben. Um zu zeigen, was für Auswirkungen es hat die Richtung zu ändern, lässt der Dozent einmal die Messkammer von oben nach unten messen. In der *Datenanalyse* legt er die beiden Kurven übereinander und die Studenten bemerken, dass die Kurven besonders im vorderen Teil voneinander abweichen. Der Dozent erklärt den Unterschied durch die Oberflächenspannung des Wassers. Bei der Messung von oben befindet sich die Sonde noch länger an der Luft und wird dann ruckartig völlig von Wasser umgeben, sie misst also am Anfang noch in Luft. Wohingegen sie bei einer Aufwärtsbewegung wegen der Oberflächenspannung dauerhaft von Wasser umschlossen bleibt. Es ist daher sinnvoll, die Messsonde von unten nach oben zu verfahren. Des Weiteren fällt den Studenten auf, dass die Kurve etwas wackelig ist, was auf die Instabilität des Beschleunigers zurückzuführen ist. Eine Möglichkeit diese Wackler zu beseitigen besteht darin, die Messzeit pro Punkt zu erhöhen und darüber zu integrieren. Der Dozent empfiehlt eine Messzeit von 0,1 – 0,5 s pro Messpunkt nicht zu überschreiten, da sonst die Gesamtmesszeit unter Umständen sehr lang wird. Nach einer erneuten Messung erkennen die Studenten, dass sich die Wackler reduziert haben, jedoch noch nicht vollständig verschwunden sind. Für die Messung von Querprofilen nahe unter der Oberfläche empfiehlt der Dozent über *tools/ steps and speed/ resolution* medium die Fahrgeschwindigkeit des Schlittens zu reduzieren um so weniger Oberflächenwellen zu generieren, die die Messung beeinflussen.

Der Dozent erklärt, dass der Beschleuniger nicht immer eine konstante Dosisleistung abgibt. Damit nun eine wirklich glatte Kurve entstehen kann muss also die Dosisleistung mit einer zweiten Messkammer gemessen und darauf normiert werden. Diese wird einmal moniert und dann für die Dauer aller Messungen nicht wieder verändert. Um Streuung an der Referenzkammer zu vermeiden, wird diese in einer Ecke des Lichtfeldes positioniert (siehe Abbildung 11). Am Computer muss nun ein Haken im Kästchen *with Reference* gesetzt und die Art der Referenzkammer eingestellt werden. Nach einer erneuten Messung sehen die Studenten, dass die Kurve nun viel glatter ist.

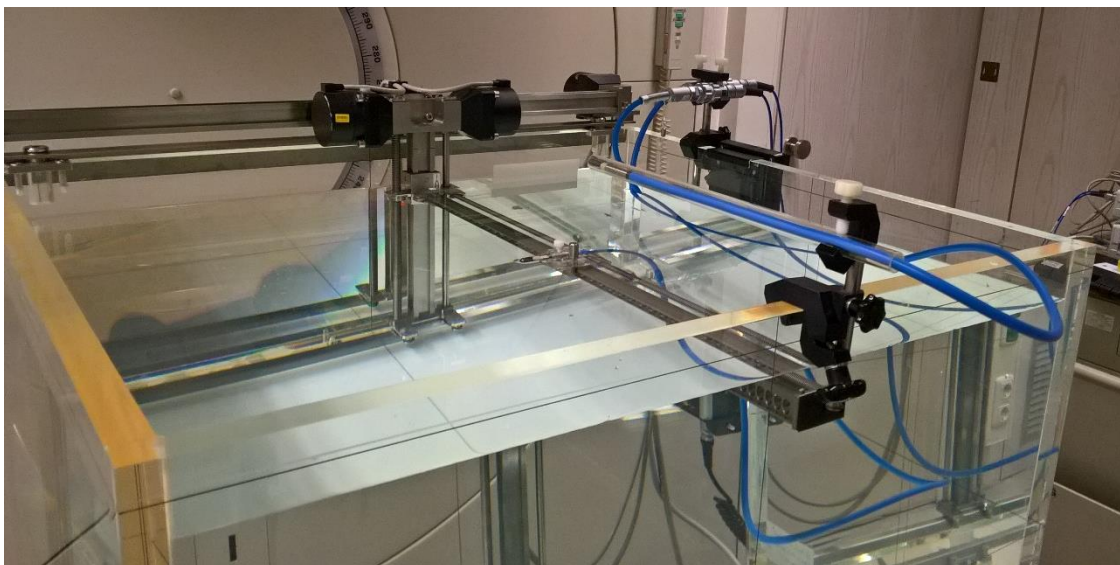


Abbildung 11 Gesamtanbau der beiden Messkammern.

4. FRAGE: Sieht die Kurve wie erwartet aus?

Der Dozent stellt diese Frage an die Studenten. Viele nicken zustimmend, einer erwähnt den Aufbaueffekt. Der Dozent erklärt die Kurve genauer. Im hinteren Teil fällt die Kurve exponentiell ab nach

dem Schwächungsgesetz. Wohingegen die niedrige Oberflächendosis durch den sogenannten Aufbaueffekt zu Stande kommt. Der Dozent erläutert, dass die Dosis maßgeblich durch Elektronen deponiert wird und diese entstehen bei Photonenstrahlung erst als Sekundärteilchen. Der Aufbaueffekt hat den Vorteil einer recht niedrigen Hautdosis. Je höher die Energie der eintreffenden Photonen, desto mehr verschiebt sich das Dosismaximum ins Innere des Gewebes, aufgrund der höheren Reichweite der Photonen. Um Hauttumore oder Tumore nahe unter der Haut zu bestrahlen muss ein wasserähnlicher Bolus auf die Haut gelegt werden, um so das Dosismaximum auf die Hautoberfläche zu bringen.

5. HAUSAUFGABE:

Als Hausaufgabe bis 02.11.2018 möchte der Dozent, dass die Studenten aus der aufgenommenen Kurve den Schwächungskoeffizienten μ herausfinden. Er gibt den Tip, die y-Achse logarithmisch zur Basis e anzeigen zu lassen, dann entspricht μ genau der Steigung der Kurve.

Der Dozent beendet das Praktikum.