



Protokoll vom 27.10.17

Wasserphantom der Firma PTW

von

Isabella Midori Strobel

Mat. Nr. 4199991

Medizinische Strahlenwissenschaft, 1. Semester

Dozent

Prof. Dr. Gunter Christ





Wasserphantom der Firma PTW

Das Wasserphantom wird verwendet, um verschiedene Werte zu überprüfen. Zum Beispiel kann eine Tiefendosiskurve eines Linearbeschleunigers oder ein Querprofil erstellt werden.

Im Allgemeinen besteht das Wasserphantom der Marke PTW aus einem Plexiglas Wassertank mit den Maßen 73 cm X 64 cm X 52 cm. Zusätzlich ist eine Bewegungsmechanik im Wassertank integriert. Mit diesen Schrittmotoren kann die Messsonde in drei Richtungen A-, B- und C-Richtung positioniert werden. Die Schrittmotoren besitzen dabei eine Genauigkeit von 0,1 mm und können in verschiedenen Geschwindigkeiten positioniert werden. Neben dem Plexiglasbehälter ist ein separater Wasserkontainer mit entmineralisiertem Wasser. Das Phantom befindet sich dabei auf einem Hubwagen, um die vertikale Ausrichtung durchführen zu können. Auf die große Last von Hubwagen und gefülltem Wasserphantom (um die 400 kg) muss beim Positionieren geachtet werden. Die Bodenplatten unterhalb des Linearbeschleunigers sollten von dem schweren Gewicht nicht verbogen werden. Mittlerweile sind die Bodenplatten so stabil, dass sie unter der Last des Wasserphantoms nicht nachgeben, aber an einem früheren Linac des Uniklinikums Tübingen mussten stabile Eisenwinkel untergelegt werden, die über die Bodenplatten hinausragten und dadurch für die notwendige Stabilität sorgten.

Ionisationskammer und Zubehör

Zur Messung der Dosisleistung werden sogenannte Zylinderkammern mit Halbkugel verwendet. Diese Ionisationskammern bestehen aus einer luftgefüllten Plexiglashülle. Die Innenseite der Ionisationskammer ist mit Grafit bedampft und stellt damit eine Elektrode dar. In der Mitte des Zylinders ist die Mittelelektrode aus Aluminium.

Wenn Strahlung auf die Ionisationskammer fällt, wird die Luft darin ionisiert. Durch die elektrische Spannung zwischen den Elektroden werden eintreffende Ladungsträger (Elektronen-Ionen-Paare) getrennt und driften entlang der elektrischen Feldlinien in Richtung der entsprechenden Elektrode ab. Die vom Elektrometer gemessene Ladung ist somit ein Maß für die von der Ionisationskammer gemessene Dosis.

Durchführung des Phantomaufbaus

Als Erstes sollte das Wasserphantom grob unter dem Strahlerkopf des Linearbeschleunigers gefahren werden. Dabei ist es wichtig, dass die Rollen des Hubwagens nach außen stehen, um ein leichteres Betätigen und Lösen der Bremsen zu garantieren.

Zunächst müssen Einstellungen am Linearbeschleuniger vorgenommen werden. Durch

Betätigen von  und  kommt man zu dem in Abbildung 1 dargestellten Fenster. Dabei sollte man die Strahlenart X-Ray für Photonen auswählen. Im Fenster MLC kann die Einstellung Backup Diaphragms (10x10) gewählt werden (siehe Abbildung 1). Anschließend sollten die Daten geladen und bestätigt werden.

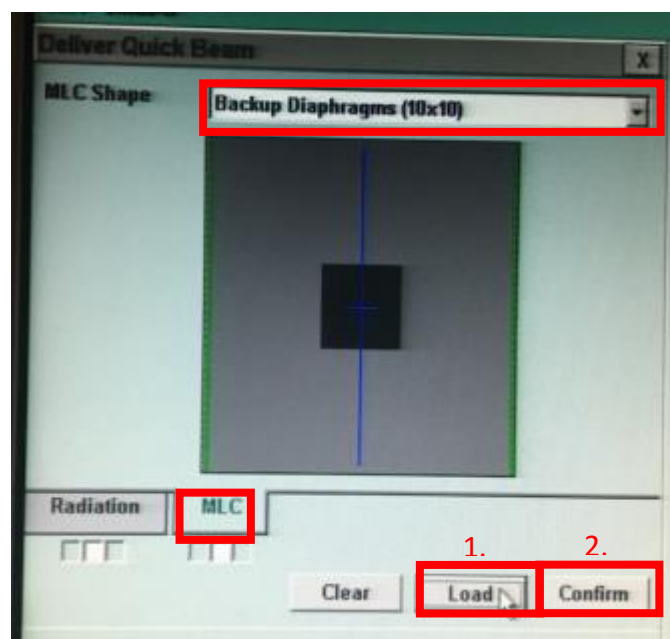


Abbildung 1: Deliver Quick Beam, MLC Shape

Nun kann das Wasserphantom durch Einschalten der seitlichen Fadenkreuze ausgerichtet werden. Dazu sollten Strahlerkopf und Kollimator auf 0° eingestellt sein. Die Ausrichtung kann entweder durch Drehen des Hubwagens oder durch Lösen der Kurbel am Wasserphantom geschehen. Sobald diese Einstellungen durchgeführt wurden, können die Bremsen des Hubwagens aktiviert werden. Im Anschluss wird der Wasserschlauch an dem Reservoir und dem Phantom angeschlossen (siehe Abbildung 3). Nach dem das Kabel der Spannungsversorgung der Pumpe verbunden ist kann mit der Wasserbefüllung begonnen werden. (siehe Abbildung 2 und Abbildung 4).



Abbildung 2: Stromkabel des Hubwagens



Abbildung 3: Zugang Wasserschlauch

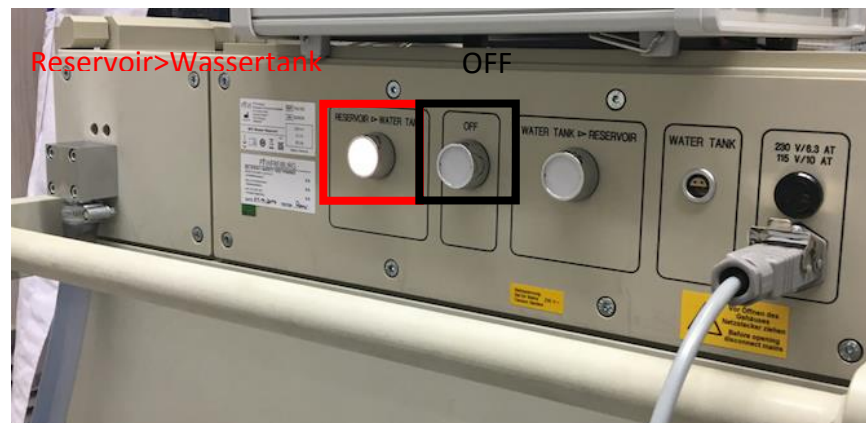


Abbildung 4: Wasserzugang (links), Stromversorgung (rechts)

Zusätzlich zu den Geräten der Wasserbefüllung des Phantoms werden Steuerungs- und Messgeräte benötigt. Diese werden mit Kabeln und Messsonden angeschlossen, um eine Messung durchführen zu können (Abbildung 5 und Abbildung 6).

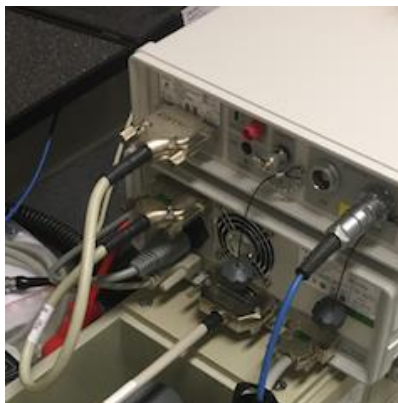


Abbildung 5: Kabel vom Rechner zur Steuerung

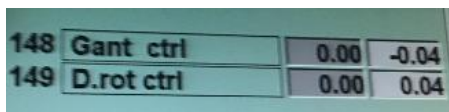


Abbildung 6: Anschluss der Referenzmesskammer und der Feldmesskammer



Nach dem groben Ausrichten des Wassertanks und dem Anschließen der Kabel und Schläuche kann die Wasserbefüllung des Phantoms beginnen. Dazu wird der Knopf **Reservoir>Wassertank** betätigt. Zum späteren Stoppen der Wasserzufuhr kann der Knopf **OFF** ausgewählt werden (siehe Abbildung 4).

Nach Befüllung des Phantoms werden Feineinstellungen mit einer Hochpräzisionswaage durchgeführt. Um eine Tiefendosismessung durchführen zu können, muss überprüft werden ob der Linearbeschleuniger vertikal in das Wasserphantom einstrahlt. Dazu wird die Gantry (148 Gant ctrl) so eingestellt, dass der Strahlerkopf des Linearbeschleunigers waagrecht bzw. keine Rotation anzeigt (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8). Es muss allerdings davon ausgegangen werden, dass der Strahl vertikal aus dem Strahlerkopf ausgestrahlt wird. Da eine Überprüfung mit mehr Aufwand verbunden wäre.



148	Gant ctrl	0.00	-0.04
149	D.rot ctrl	0.00	0.04

Abbildung 7: Einstellung der Gantry

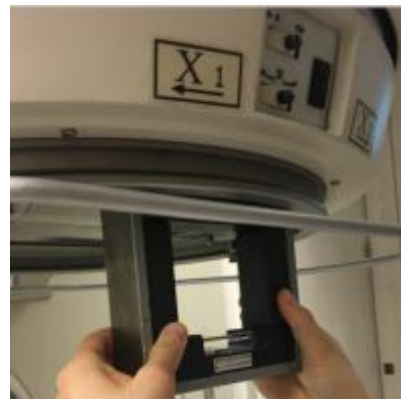


Abbildung 8: Überprüfung der Lage des Therapiekopfes

Die Ausrichtung des Wasserphantoms wird ebenfalls mithilfe der Hochpräzisionswaage durchgeführt. Zusätzlich sollte überprüft werden, ob die im Phantom montierten Achsen der Bewegungsmechanik parallel zum Plexiglasphantom verlaufen (und alle 3 senkrecht zueinander stehen).

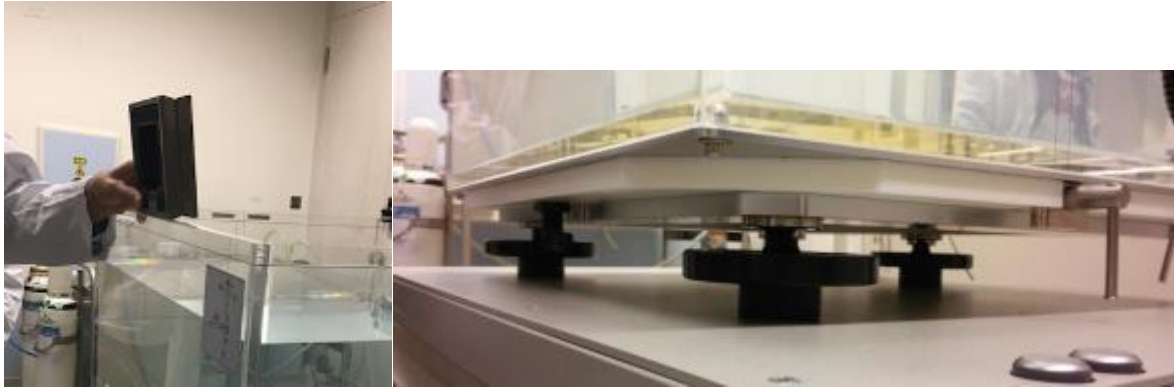


Abbildung 9: Einstellung des Wasserphantoms mit Hochpräzisionswaage

Die Justage des Phantoms wird anhand von drei, unter dem Phantom liegenden, Füßen durchgeführt. Dabei wird zunächst die Seite mit zwei Füßen eingestellt und mithilfe der Wasserwaage ausgerichtet. Im Anschluss sollte die Seite mit dem alleinstehenden Fuß justiert werden (siehe Abbildung 9).

Einstellung der Schrittmotoren und der Messsonden

Zunächst müssen die elektrischen Geräte zur Kommunikation mit den Computern im Steuerungsraum angeschaltet werden. Diese Geräte ermöglichen die Steuerung der Schrittmotoren mithilfe einer Bedienung (siehe Abbildung 10).



Abbildung 10: Steuerungsbedienung der Schrittmotoren (links) und Verfahrrichtung der Achsen (rechts)

Die Schrittmotoren verfahren die auf der Bewegungsmechanik montierte Ionisationskammer entlang 3 Achsen, der A-, B- und C-Achse (siehe Abbildung 10). Generell sollte man bei den Schrittmotoren darauf achten, nicht gegen die Wände des Phantoms zu fahren, da die Motoren sich nicht selbstständig abstellen. Ein großer Vorteil der Schrittmotoren ist die auf 0,1 mm genaue Einstellung, dadurch wird die Fehlerwahrscheinlichkeit der Positionierung verringert.

Um die schlussendlichen Dosismessungen durchführen zu können, müssen der **Referenzpunkt**, der **Nullpunkt** und die **Limitpunkte** gesetzt werden. Im Normalfall ist bereits eine Bereichspanne gesetzt. Diese kann ohne gedrückten **STOP CTRL** Knopf nicht überfahren werden. Um neue Limitpunkte der Bereichsspanne zu setzen, muss zunächst in den Bereich **LIMITS** (betätigen des Knopf **LIMITS**) umgeschaltet werden.



Nun kann die neue Ober- und Untergrenze angefahren und mit **F2** bestätigt werden. Dabei ist wichtig zwischen Setzen der Obergrenze in die Untergrenze umzustellen (oder umgekehrt), dies kann mit **F1** durchgeführt werden. Dieses Setzen der neuen Limitpunkte wird für jede Achse durchgeführt. Zusätzlich sollte der Referenzpunkt gesetzt werden. Dazu werden die Kerbungen der einzelnen Achsen angefahren und mit **REF** und **SET** bestätigt.

Um den Nullpunkt zu setzen, wird die Ionisationskammer benötigt. Dazu werden die Halterungen der Kabel, sowie spezielle TRUFIX Adapter für die Ionisationskammer benötigt (siehe Abbildung 11). Bei der Messung mit Ionisationskammern stimmen Messort und Kammerort wegen Störungen des Strahlungsfeldes durch die Kammer normalerweise nicht überein. Daher muss die Kammer so platziert werden, dass die Kammer die Energiedosis am gewünschten Messort anzeigt (= effektiver Messort). Bei Zylinderkammern ist der effektive Messort gegenüber der Kammerachse um die Hälfte des Innenradius in Strahlungsrichtung verschoben.

Dazu wird eine grobe Einstellung mithilfe eines Aufsatzes für die Ionisationskammer auf der Bewegungsmechanik durchgeführt (siehe Abbildung 11). Der richtige Aufsatz kann je nach verwendeter Ionisationskammer aus einem Koffer ausgewählt werden. Um die richtigen Teile zu finden, ist eine Liste dem Koffer beigelegt. Mithilfe dieser können die verschiedenen Teile zur Positionierung herausgesucht werden.



Abbildung 11: Ionisationskammer mit Halterung

Um die Kammer zu befestigen und zu positionieren wird der herausgesuchte Halter und die Kappe verwendet. Nach dem groben Positionieren der Kammer wird die Kappe wieder entfernt und die Ionisationskammer wird in die Mitte des Lichtfeldes gefahren (siehe Abbildung 12). Die Messkammer sollte dabei zur Hälfte im Wasser und zur Hälfte in der Luft sein.

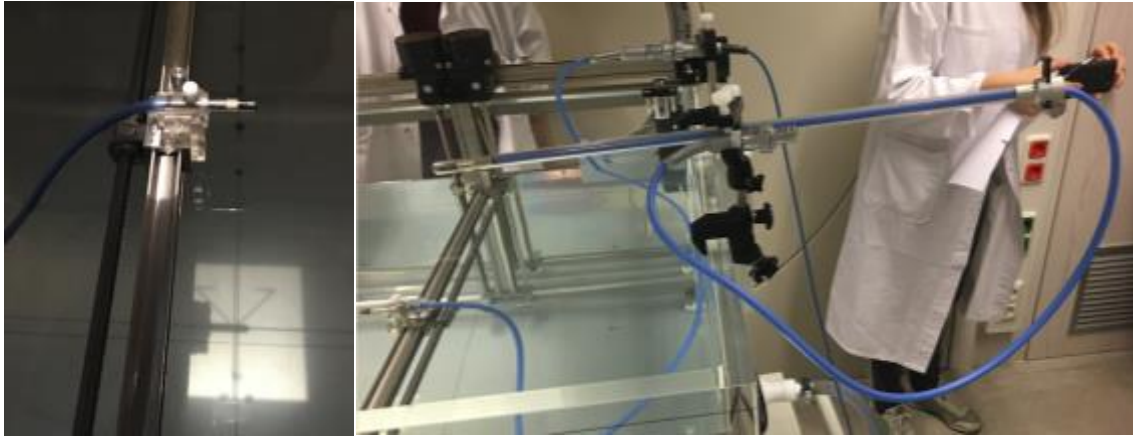


Abbildung 12: Positionierung Ionisationskammer (links) und Referenzkammer in Plexiglasröhre (rechts)

Anschließend wird der Aufsatz gewechselt, um die genaue Einstellung des Nullpunktes an der Wasseroberfläche im Zentralstrahl vorzunehmen (die Wasseroberfläche muss ja nicht unbedingt in der Isozentrumsebene liegen). Das Isozentrum ist der Schnittpunkt des Zentralstrahles mit der Rotationsachse des Bestrahlungsgerätes und der Drehachse des Bestrahlungstisches. Der Einstelladapter muss dabei so in der Höhe verfahren werden, dass sich bei Betrachtung unter der Wasseroberfläche die Spitzen der beiden Kegelspitzen berühren (siehe Abbildung 13).

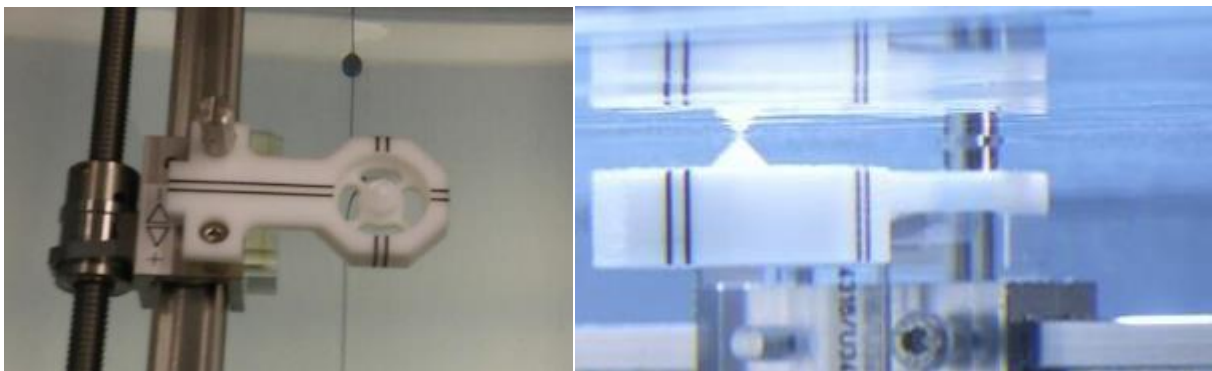


Abbildung 13: Einstelladapter der Firma PTW. Spitze des Adapters und Spiegelbild müssen sich gerade noch berühren

Zum Überprüfen, ob das Wasserphantom gerade eingestellt wurde, wird der Adapter entlang der A- und C-Achse nacheinander verfahren. Dabei sollte die Spitze während des Verfahrens immer den gleichen Abstand zur Wasseroberfläche besitzen. Im Anschluss werden die Lichtmarken angeschaltet und die Spitze des Adapters in die Mitte gefahren. Diese Einstellung wird als neuer Nullpunkt gesetzt (**ZERO** und **SET**).



Nach dem Ausrichten wird der Fokus-Oberflächen-Abstand mit einem Blatt Papier auf 100 cm eingestellt (siehe Abbildung 14). Die Einstellung der Höhe erfolgt dabei durch Verändern der Höhe des Hubwagens.

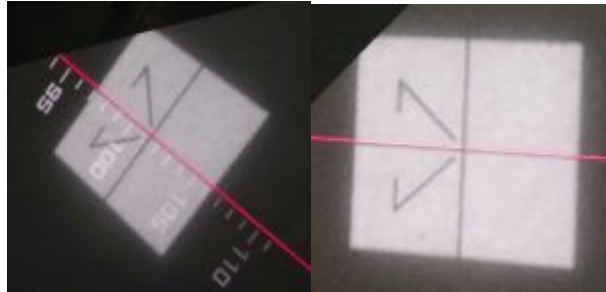


Abbildung 14: Einstellung des Fokus-Oberflächen-Abstandes (links) und der Ausrichtung (rechts)

Sobald alle Einstellungen durchgeführt wurden, wird erneut die Messkammer eingesetzt. Zusätzlich zu der Messionsionskammer wird eine Referenzkammer am Rand des Feldes befestigt (siehe Abbildung 12). Die Referenzkammer wird benötigt um eine Glättung des Kurvenverlaufes vorzunehmen. Diese Kammer ist notwendig, da der Linearbeschleuniger keine konstante Dosisleistung aufweist.

Als Letztes sollte das TANDEM-Dual-Channel Elektrometer auf 400 V für Ionisations- und Referenzkammer eingestellt werden. Die eingestellte Spannung muss dabei je nach Ionisationskammer ausgewählt werden.

Messung mit Mephysto

Nach dem Ausrichten des Phantoms können die eigentlichen Messungen durchgeführt werden. Dazu wird das Programm Mephysto gestartet (siehe Abbildung 15). Dieses dient zur Erfassung und Auswertung der Daten. Es bietet beispielsweise die Möglichkeit, eine Justierung des Nullpunktes vorzunehmen. Dazu wählt man zunächst „Relativ Dosimetry“, aus und anschließend die Option „Check of Beam Center“ (siehe Abbildung 15).

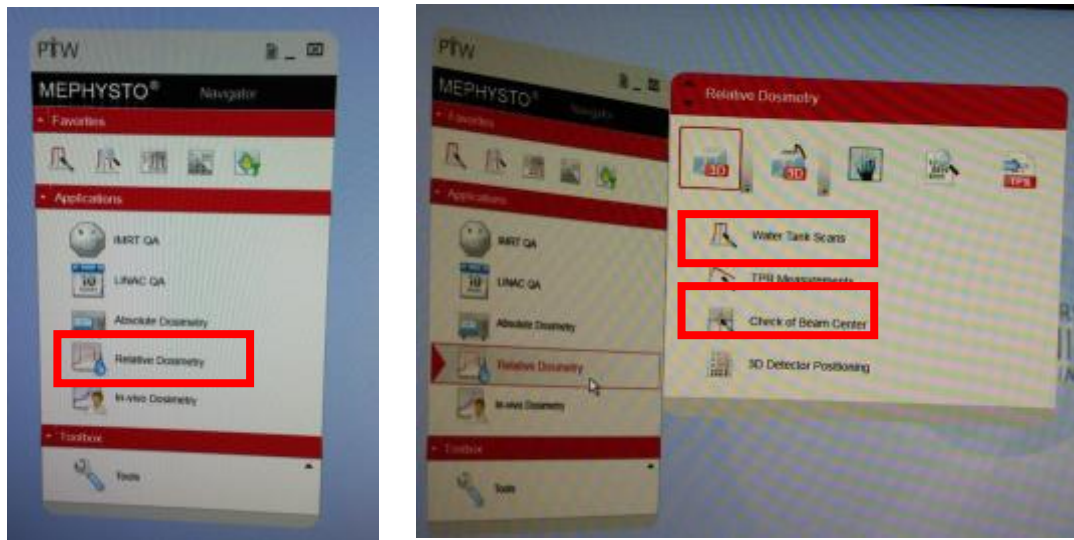


Abbildung 15: Software Mephysto der Firma PTW

In der Option „Check of Beam Center“ werden Messungen des Querprofils in zwei verschiedenen Tiefen durchgeführt.

Dazu müssen folgende Einstellungen durchgeführt werden:

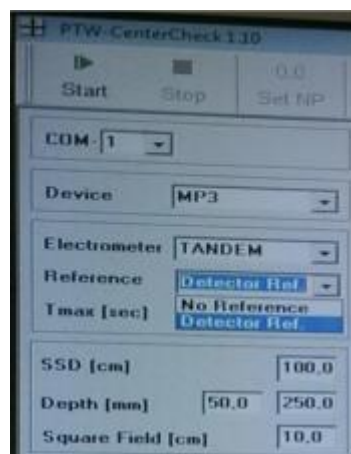


Abbildung 16: Einstellung des Check of Beam

Parallel müssen die Einstellungen des Linacs vorgenommen werden. Es werden dabei X-Ray für Photonen, 6 MeV Energie, keinen Keilfilter und Interlock 8 (damit die Strahlung nicht bei einer gewissen Dosis abschaltet) eingestellt (siehe Abbildung 17).

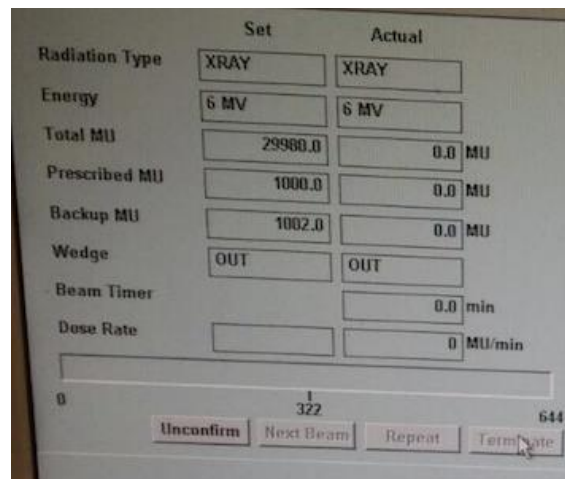


Abbildung 17: Einstellungen des Linacs

Nach Eingabe der Einstellungen müssen diese durch Betätigen der Load- und Confirm-Felder bestätigt werden. Außerdem muss in der METPHYSTO-Software ein Zeroing (Nullabgleich des Elektrometers) durchgeführt werden (siehe Abbildung 18).



Abbildung 18: Zeroing

Danach können der Linac und die Software MEPHYSTO gestartet werden.

Für die Aufzeichnung der Kurve können verschiedene Messzeiten ausgewählt werden. Bei der ersten Messung wurde die Messzeit 0,3 s ausgewählt. Im darauffolgenden Versuch wurde eine Messzeit von 1 s gewählt.

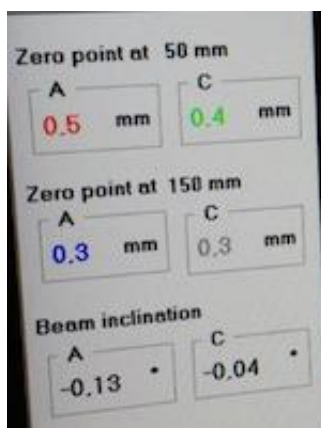


Abbildung 19: Abweichungen des Nullpunktes



Die Werte der Nullpunkte in 50 mm und 150mm Tiefe sollten im besten Fall übereinstimmen. Die in Abbildung 19 ersichtlichen Abweichungen zeigen, dass der gemessene Nullpunkt nicht komplett mit dem von uns eingestellten Nullpunkt übereinstimmt. Durch Setzen des Nullpunktes kann eine Verbesserung dieser Übereinstimmung erzielt werden. Eine erneute Messung wird vorgenommen. In Abbildung 20 sind die Kurvenverläufe dargestellt. Im Idealfall wären die Kurven achsensymmetrisch zur Y-Achse. Generell kann man sehen, dass die untere Kurve etwas breiter ist aufgrund der Strahldivergenz bei größerer Dicke von Material und des Streuvorgangs.

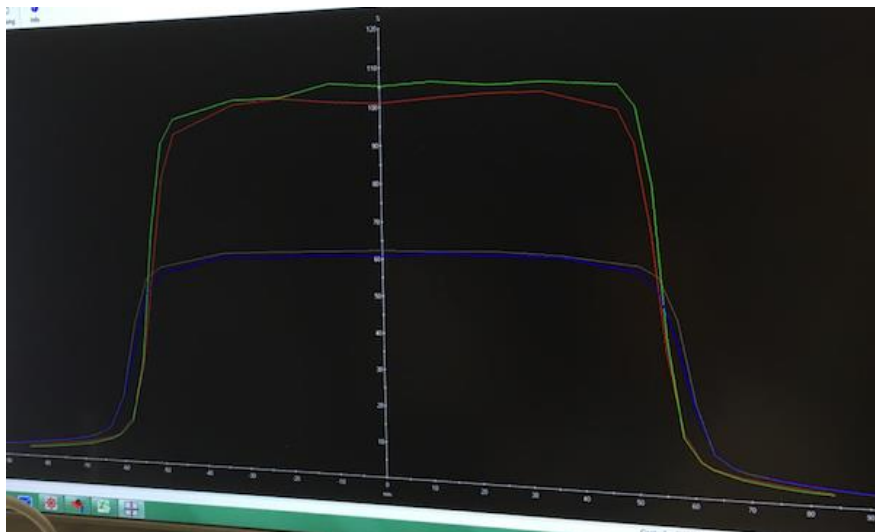


Abbildung 20: Kurvenverlauf in unterschiedlichen Tiefen

Zur Fertigung eines relativen Dosisverlaufes kann die Option „Watertank Scan“ ausgewählt werden (siehe Abbildung 15). Dazu muss Relative Dosimetry und anschließend Watertank Scan gedrückt werden.

Je nach dem, welcher Reiter ausgewählt wird, erscheinen die in Abbildung 21 ersichtlichen Fenster.

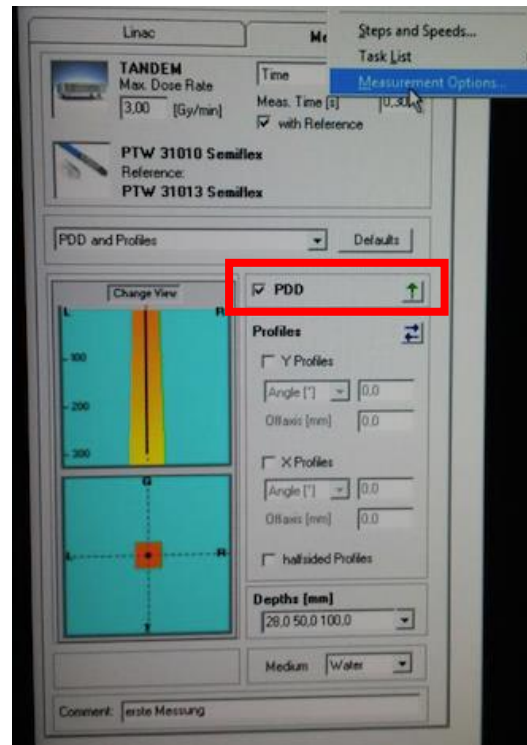
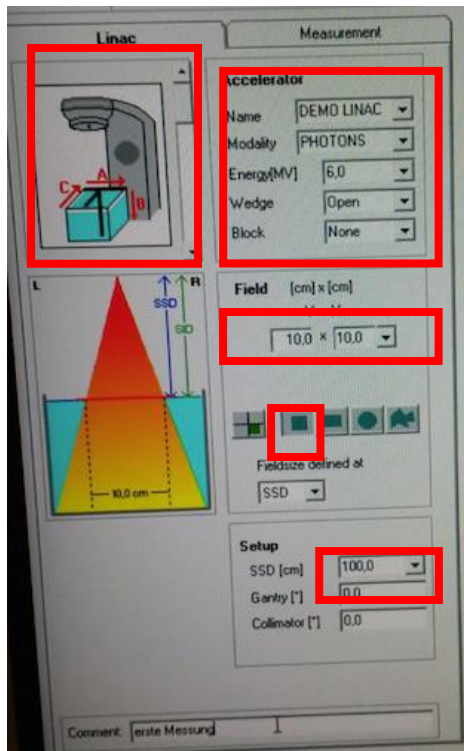


Abbildung 21: Watertank Scan

Im Linac- Reiter sollten folgende Einstellungen ausgewählt werden:



Auswahl des Aufbaus des Wasserphantoms bzw. wie dieses aufgestellt wurde.

Name: DEMO LINAC

Modality: PHOTONS

Energy: 6.0

Wedge: Open

Block: None

Field: 10.0x10.0



Fieldsize defined at: SSD (Source Surface Distance)

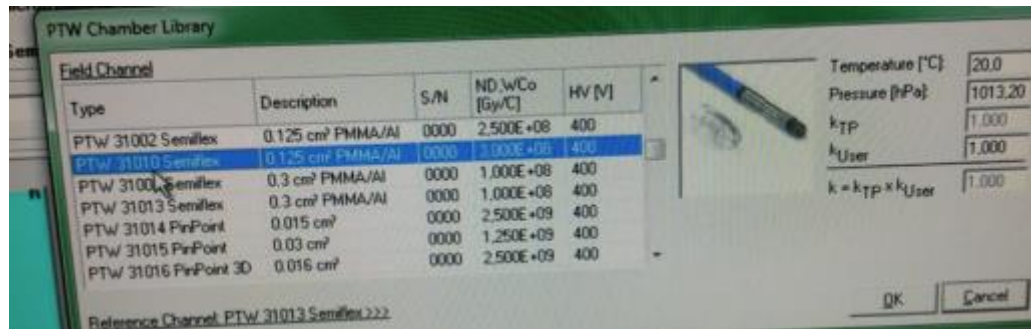


Im Measurement-Reiter sollten folgende Einstellungen ausgewählt werden:

Max. Dose Rate: 3

Measurement Time: 0,3

Auswählen der richtigen Messkammer:



PDD: von unten nach oben (Pfeil muss nach oben zeigen). Dies beschreibt die Aufnahmerichtung des Tiefendosisverlaufs. Um eine Verzerrung aufgrund der Oberflächenspannung zu verhindern, sollte dieser Verlauf von unten nach oben erfolgen.

Über Tool und anschließend Steps and Speeds kann die Schrittweite der Messungen eingestellt werden. Es wurden die Schrittspannen 0-50mm in 10mm Schritten, 50-150mm in 20mm Schritten und 150-990mm in 50mm Schritten gewählt (siehe

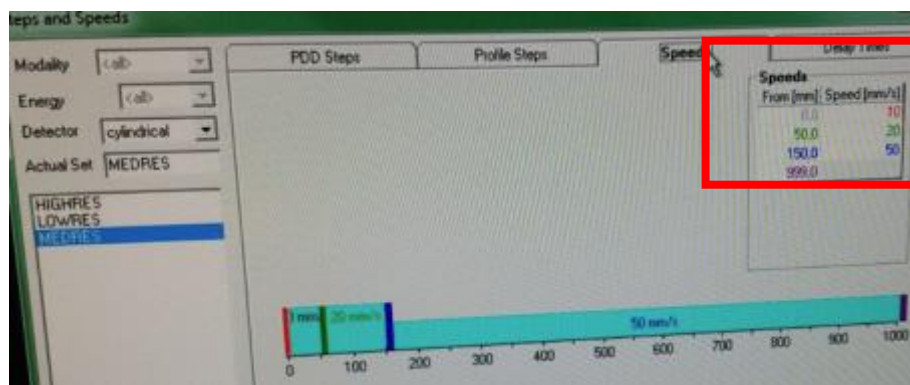


Abbildung 22).

Abbildung 22: Schrittspannen mit Unterteilung der Schritte

Tiefendosiskurve

Die Tiefendosiskurve beschreibt die Dosis in einer bestimmten Körpertiefe. Dabei wird von der Einstrahlung in die Oberfläche aus gemessen. Das Verhältnis der Tiefendosis zum Dosismaximum wird in der relativen Tiefendosiskurve beschrieben. Diese ist abhängig von



Gewebetiefe und Absorbermaterial, der Art und der Energie der Strahlung, der Größe des Strahlenfeldes und des Quellenabstandes.

Der Anstieg der Tiefendosiskurve kommt durch den sogenannten Aufbaueffekt zustande. Bei diesem addieren sich die Dosisbeiträge der in verschiedenen Tiefen ausgelösten Sekundärelektronen zu einem Tiefendosismaximum. Dabei gilt, je höher die Energie ist, umso größer ist der Aufbaueffekt und umso tiefer liegt das Tiefendosismaximum.

Quellen

Strahlungsmessung und Dosimetrie, Hanno Krieger, 2011, Vieweg+Teubner Verlag, Springer, Wiesbaden

PTW Water Phantoms-MP3 Water Scanning System-Included Components:
http://www.ptw.de/waterproof_farmer_chamber0.html