

Protokoll Dosimetrie

Zum Praktikum vom 28.10.2016

von Eric Neuhaus

Abgabedatum: 02.11.2016

Inhaltsverzeichnis

1.	WASSERPHANTOM „MP3 WATER SCANNING SYSTEM“ VON PTW	2
2.	IONISATIONSKAMMERN UND DETEKTOREN FÜR DAS MP3 WASSERPHANTOM	2
1.1	KOMPAKTKAMMERN/FINGERHUTKAMMERN	3
1.2	FLACHKAMMERN/PARALLELPLATTENKAMMERN - ROOSKAMMER	3
1.3	FLACHKAMMERN/PARALLELPLATTENKAMMERN – ADVANCED MARKUSKAMMER	3
2	AUFBAU DES MP3 WASSERPHANTOMS	3
3	SCHRITTMOTORSTEUERUNG / –INITIALISIERUNG BEIM MP3 WASSERPHANTOM	5
3.1	BEWEGEN DER MESSKAMMERHALTERUNG	6
3.2	REFERENZPUNKT EINSTELLEN	6
3.3	LIMITS SETZEN	6
3.4	NULLPUNKT EINSTELLEN	6
4	DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN: CENTER CHECK & TIEFENDOSISVERLAUF	7
4.1	VORBEREITUNG WASSERPHANTOM	7
4.2	VORBEREITUNG KONTROLLRAUM – EINSTELLUNGEN DES LINACS	7
4.3	VORBEREITUNG KONTROLLRAUM – EINSTELLUNGEN DER MESSSOFTWARE UND MESSUNG	7
4.3.1	MESSUNG 1: CHECK OF BEAM CENTER	8
4.3.2	MESSUNG 2: TIEFENDOSISVERTEILUNG	8
5	LITERATURVERZEICHNIS:	10

1. Wasserphantom „MP3 Water Scanning System“ von PTW

Das Wasserphantom nimmt im Bereich der Qualitätssicherung von Linearbeschleunigern in der Strahlentherapie eine wichtige Stellung ein. So sind beispielsweise unterschiedliche QA-Messprotokolle nach Strahlenschutzverordnung (auch Richtlinie & korrespondierende DIN-Normen) unter Verwendung eines Wasserphantoms vorgeschrieben. Auch Basisdaten werden ausschließlich mit dem Wasserphantom aufgenommen (großer Check mind. 1 mal pro Jahr).

In der Klinik für Radioonkologie des Universitätsklinikums Tübingen wird hierfür das Modell MP3 der Firma PTW (Freiburg) verwendet. Dieses Wasserphantom besteht aus einem Plexiglasbehälter der Größe 734 x 636 x 523 mm mit 20 mm Wanddicke, der als Wassertank fungiert. Die durch Schrittmotoren realisierte 3D-Bewegungsmechanik besitzt eine Reichweite von 600 x 500 x 408 mm, weist eine Minimalschrittweite von 0,1 mm auf und wird über eine Fernbedienung gesteuert. Um Algenbildung zu verhindern wird entionisiertes Wasser verwendet, das in einem separaten Wasserreservoir mit Pumpfunktion gelagert wird. Es ist jährlich auszutauschen.



Abbildung 1: MP3 Wasserphantom der Firma PTW, Freiburg¹

2. Ionisationskammern und Detektoren für das MP3 Wasserphantom

Mittels verschiedener Ionisationskammern kann beim Wasserphantom die Dosis, die durch Photonen- oder Elektronenstrahlung an unterschiedlichen Orten und Tiefen deponiert wird, gemessen werden. Ionisationskammern bestehen in der Regel aus einer mit Luft gefüllten Kammer und zwei Elektroden, an welchen eine elektrische Spannung anliegt. Tritt ein ionisierendes Teilchen in das Medium ein, erzeugt es auf seiner Flugbahn Elektronen- Ionen-Paare, die durch die angelegte Spannung getrennt werden und in Form von Stromimpulsen im Bereich von 10^{-15} A gemessen werden können. Der sog. effektive Messpunkt einer Ionisationskammer befindet sich nicht in der Kammermitte, sondern bei der Hälfte des Kammerradius von der Kammermitte aus gemessen in Strahlrichtung. Beim MP3 Wasserphantom können die folgenden Ionisationskammern verwendet werden:

1.1 Kompaktkammern/Fingerhutkammern

- zylinderförmig
- Ortsauflösung 6-7 mm
- für Querprofil geeigneter als Flachkammer
- für Photonenstrahlung (140 keV bis 50 MeV) und Elektronenstrahlung (6 MeV bis 50 MeV)
- Messkammervolumen $0,125 \text{ cm}^3$
- Referenzkammervolumen $0,3 \text{ cm}^3$
- wasserdicht

1.2 Flachkammern/Parallelplattenkammern - Rooskammer

- Funktionsprinzip wie ein Plattenkondensator
- Ortsauflösung in Strahlrichtung 1-2 mm
- für Elektronenstrahlung (auch Photonenstrahlung bei großen Feldern)
- wasserdicht
- Fokussseite beachten!

1.3 Flachkammern/Parallelplattenkammern – Advanced Markuskammer

- Prinzip wie Rooskammer
- Zusatz: Abnehmbare Plexiglas-Scheibe für Messungen an Luft

! *Vorsicht: Beim Abnehmen der Plexiglaskappe darf die Advanced Markuskammer nur an Luft verwendet werden! Das Kammerfenster darf nicht berührt werden. Beim Zudrehen ist nach Gefühl zu gehen (Rote Striche stimmen überein – dicht laut PTW – eigentlich zu stark!).*

Sämtliche Aufsätze, Adapter und Positionierhilfen für die Messkammern befinden sich im TRUFIX-Koffer.

2 Aufbau des MP3 Wasserphantoms

Da das Wasserphantom und sämtliches Zubehör sehr teuer sind (100.000€), ist sorgsam mit dem Material und den Kabeln umzugehen! Folgende Schritte werden zum Aufbau des Wasserphantoms durchgeführt:

- Verbindungsschlauch zwischen Wassertank und Wasserreservoir anstecken
- Spannungsversorgung anschließen
- Wassertank befüllen (siehe Abb. 2)



Abbildung 2: Steuereinheit Wasserreservoir & Pumpe. RESERVOIR > WATER TANK pumpt die Messkammer mit Wasser voll, WATER TANK > RESERVOIR pumpt die Messkammer wieder leer, OFF schaltet die Pumpe aus.

! *Vorsicht: Das Phantom muss beim Befüllen mit Wasser auf einem festen Untergrund stehen. Manche Bodenplatten unter den Patiententischen geben nach und sind deshalb mit Metallschienen zu verstärken! Beim Ablassen des Wassers nach den Messungen sollen keine Wasserrückstände im Behälter bleiben, damit der Klebstoff des Plexiglases nicht beschädigt wird. Das Befüllen sollte stets überwacht werden, um ein Überlaufen zu vermeiden.*

- Nach dem Befüllen den Wasserschlauch wieder entfernen um ein Zurücklaufen des Wassers zu vermeiden
- Die Messkammer über 2 Kabel (siehe Abb. 3) mit dem Kontrollpanel im Linac-Raum verbinden
- Mit einer Präzisionswasserwaage (0,3 mm/m) muss das Wasserbecken gerade ausgerichtet werden. Zunächst sollten hierbei die zwei auf einer Seite liegenden Standbeine justiert werden.

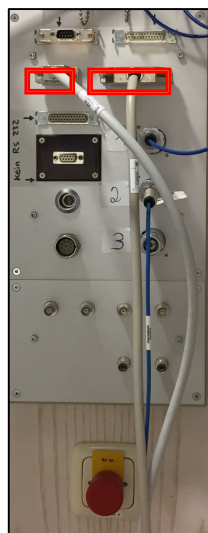


Abbildung 3: Kontrollpanel Linac-Raum

3 Schrittmotorsteuerung / –initialisierung beim MP3 Wasserphantom

Die 3D-Schrittmotorsteuerung bewegt sich entlang von 3 Achsen (siehe Abb. 4) und wird mittels Fernbedienung gesteuert (Abb. 5).

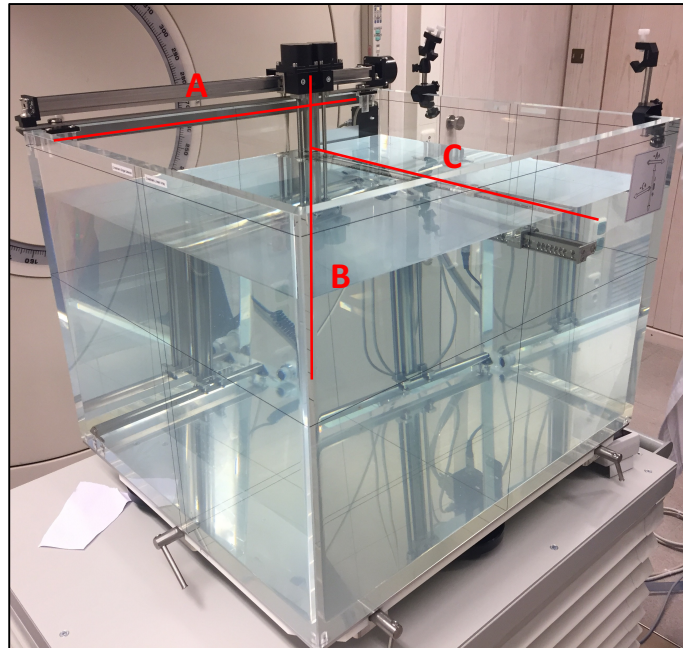


Abbildung 4: Achsausrichtung der 3D-Schrittmotorsteuerung

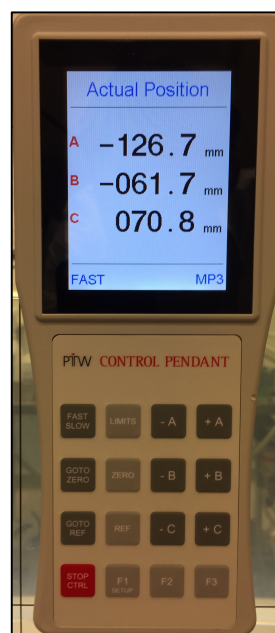


Abbildung 5: Fernbedienungssteuerung

3.1 Bewegen der Messkammerhalterung

Mit den Tasten A+, A-, B+, B-, C+, C- kann die Messkammerhalterung bewegt werden, wobei mit der Taste FAST SLOW zwischen den Geschwindigkeitsmodi umgeschaltet werden kann. Die Rote Taste STOP CTRL stoppt sofort die Bewegung. Beim Fahren außerhalb der Limits (siehe 3.3) muss zu der Bewegungstaste zusätzlich STOP CTRL gedrückt sein.

! *Vorsicht: Es ist unter allen Umständen zu vermeiden mit der Mechanik gegen die Plexiglaswand zu fahren, da dies eine Komplettjustierung der gesamten 3D-Mechanik verlangt!*

3.2 Referenzpunkt einstellen

Damit man sichergehen kann, dass die Schrittmotoren keinen Schritt auslassen oder sich während der Messung falsch initialisieren, sollte vor und nach der Messung ein vorher definierter Referenzpunkt angefahren werden und der jeweilige Standort auf Übereinstimmung verglichen werden.

Um einen Referenzpunkt einzustellen, fährt man an die gewünschte Position (am besten die durch die an den Schienen angebrachten Markierungen gekennzeichneten Positionen) und speichert den neuen Referenzpunkt durch REF & F2 (SET) für jede Richtung in das System ein. Durch die Taste GOTO REF fährt das System automatisch zu dem eingestellten Referenzpunkt. Hierbei ist darauf zu achten, dass dieser innerhalb der gewählten Limits liegt.

3.3 Limits setzen

Zur Sicherheit können Limits gesetzt werden, in denen sich die Schrittmotoren bewegen dürfen. Diese Limits können nur manuell (durch Drücken der Roten Taste STOP CTRL) von den Schrittmotoren passiert werden. Somit soll eine Kollision mit den Rändern vermieden werden. Ein Limit wird ähnlich wie der Referenzpunkt gesetzt. Man fährt an die gewünschte Position und speichert das Limit für die jeweilige Richtungsachse durch LIMITS & F2 (SET).

3.4 Nullpunkt einstellen

Um den Nullpunkt einzustellen, wird zunächst das TRUFIX-Detektor-Positionierungssystem angebracht (Abb. 6) und in die Mitte des Strahlenfeldes des Linacs gefahren, sodass das Fadenkreuz des Linacs mit den Hilfslinien auf dem Positionierungssystem übereinstimmt. Die Linac-Gantry soll auf 0° stehen und mittels FHA (Fokus-Haut-Abstand) 100 cm von der Wasseroberfläche entfernt positioniert sein. Im nächsten Schritt wird das Positionierungssystem so in der Höhe verändert, dass der Kegel von der Seite betrachtet mit seiner Spitze die Wasseroberfläche berührt. Mit ZERO & F2 (SET) wird der Nullpunkt initialisiert (hier: =Isozentrum). Nun können noch die Achsen abgefahren werden, um zu prüfen, ob das Phantom geradesteht (Kegelspitze immer direkt an Wasseroberfläche). Egal welche Messkammer nun angebracht wird, der effektive Messpunkt befindet sich am vorher eingestellten Nullpunkt, wenn dieser mit GOTO ZERO angefahren wird. Die Messung wird relativ zum Nullpunkt ausgeführt.

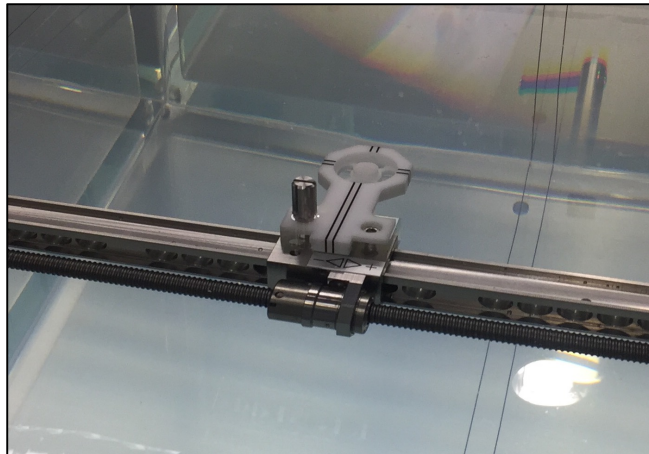


Abbildung 6: TRUFIX Positionierungssystem

4 Durchführung der Messungen: Center Check & Tiefendosisverlauf

4.1 Vorbereitung Wasserphantom

Zur Messung wird eine Kompaktkammer (Typ 31013-0239) mit der entsprechenden TRUFIX-Halterung angebracht. Außerdem wird an der Halterung eine Kappe („Thimble“) befestigt, um die Kammer möglichst exakt auf der Halterung zu fixieren. Ist die Kammer an Ort und Stelle, muss die Kappe wieder entfernt werden. Zudem wird eine Referenzkammer angeschlossen und an den Rand des Strahlenfeldes gesetzt. Diese Kammer wird benötigt, da der Linearbeschleuniger schwankende Dosisleistungen aufweist, welche später über eine Verhältnisbildung der zwei Kammerdosen herausgekürzt werden können. Die blauen Kabel der Messkammern werden ebenfalls mit dem Kontrollpanel im Linac-Raum verbunden (nur leicht andrehen!).

4.2 Vorbereitung Kontrollraum – Einstellungen des Linacs

Beim Linac sind folgende Einstellungen am Steuer-PC vorzunehmen:

- Deliver Quick Beam Mode aktivieren
- 6 MV Photonenstrahlung anwählen
- Keilfilter für asymmetrische Dosisverteilung deaktivieren
- 10000 Monitor Units (MU) für Kanal 1
- 10010 MU für den Sicherheits-Kanal 2

4.3 Vorbereitung Kontrollraum – Einstellungen der Messsoftware und Messung

Im Kontrollraum werden der mobile Rechner sowie die 2 weißen Steuergeräte (TANDEM, Abb. 7) angeschaltet und angeschlossen. Der Zugang zum Rechner ergibt sich wie folgt:

Benutzer: physik

Kennwort: phys#1

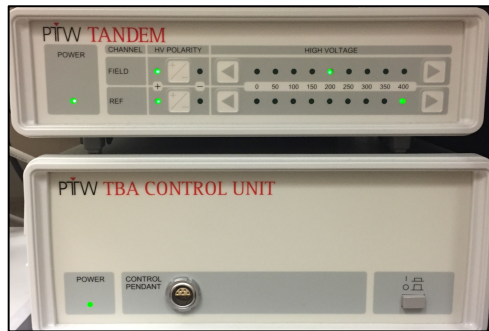


Abbildung 7: TANDEM Elektrometer

! *Vorsicht: Wenn die Kabel an das Kontrollpanel angeschlossen werden, ist darauf zu achten, dass das TANDEM-Elektrometer und damit die jeweilige Kammer Spannung bei 0 V stehen!*

4.3.1 Messung 1: Check of Beam Center

Im nächsten Schritt werden an der Feldkammer 400 V eingestellt. Die Datenaufnahme erfolgt mittels der MEPHYSTO-Messsoftware:

Die Messungen zur Einstellung des Nullpunkts erfolgt über das Abfahren von Querprofilen in zwei Tiefen. Die Sonde fährt je Querprofil bis zum Randabfall der Dosis auf 50%, die auftretende Verschiebung zwischen den beiden Tiefen wird detektiert. Im Anschluss kann der Nullpunkt angepasst werden. Diese Messung wird durchgeführt, um eine mögliche Abweichung der Strahlung von der vertikalen Linie zu überprüfen. Hierzu werden zunächst folgende Parameter eingestellt:

- Elektrometer: TANDEM
- Messzeit: 0,2 s
- SSD (Source Surface Distance) = 100 cm
- Tiefe: 50 mm & 200 mm
- Square Field 10 cm

Zunächst folgt noch ein „Zeroing“ ohne Strahlung. Danach wird die Strahlung angeschaltet und die Messung gestartet. Da einige anzufahrende Punkte außerhalb unserer Limits lagen, waren die Messwerte in A Richtung nicht vollständig. Die Verschiebung in C-Richtung betrug 0,2 mm. Eine Ursache dafür kann sein, dass die Ausrichtung des Nullpunktes nur ungefähr erfolgt ist. Die „Check of Beam Center“ Messung wird zweimal mit jeweiliger Anpassung des Nullpunkts durchgeführt. Anschließend folgt die Messung der Tiefendosisverteilung.

4.3.2 Messung 2: Tiefendosisverteilung

In der Dosimetrie ist besonders die prozentuale Tiefendosisverteilung entlang des Zentralstrahls von Bedeutung. Hierbei handelt es sich um die auf das Dosismaximum normierte Dosis. Ab Photonenenergien oberhalb von 400 keV (unterhalb ist der Aufbaueffekt wegen der geringen Tiefenausdehnung kaum nachweisbar) liegt das Dosismaximum wegen des Aufbaueffekts nicht mehr direkt an der Oberfläche, sondern tiefer. Der Aufbaueffekt ist dadurch zu erklären, dass die primären Photonen über den Compton-Effekt Sekundärelektronen erzeugen, welche eine gewisse Reichweite haben und dann ihre Dosis deponieren. Die deponierte Dosis von in unterschiedlichen Tiefen erzeugten Sekundärelektronen überlagert sich hierbei über eine bestimmte Distanz und ist somit in der

Tiefe größer als an der Oberfläche. Die Tiefe des Dosismaximums ist dementsprechend durch die mittlere Reichweite der an der Oberfläche erzeugten Sekundärelektronen bestimmt.

Die Messung der relativen Tiefendosisverläufe wird bei der Software MEPHYSTO mit der Option „Water Tank Scan“ durchgeführt. Zunächst wird der Linearbeschleuniger ausgewählt, der die zu messende Strahlung erzeugt und die richtigen Voreinstellungen getroffen (siehe 4.2). Zudem muss die gewählte Feldgröße von $10 \times 10 \text{ cm}^2$ angegeben werden. Im nächsten Schritt wird unter dem Reiter Measurements der richtige Kammertyp für die Feldkammer (und später für die Referenzkammer) eingestellt. Zur Messung der Tiefendosisverläufe muss der Haken bei PDD (Percentage Depth Dose) gesetzt werden und die Haken bei Profile können entfernt werden. Mit der Option „Steps and Speeds“ können zusätzlich noch die Schrittweiten und -geschwindigkeiten bei der Messung variiert werden. Vor der Messung sollte auch nochmal ein „Zeroing“ erfolgen. Es ist anzumerken, dass Tiefendosisverläufe immer von unten nach oben gemessen werden sollten, um Störeffekte durch über der Kammer zusammenschwappendes Wasser zu vermeiden.

Die relative Tiefendosis wurde von 6 MV-Photonen gemessen. In Abb. 8 ist der Tiefendosisverlauf dargestellt.

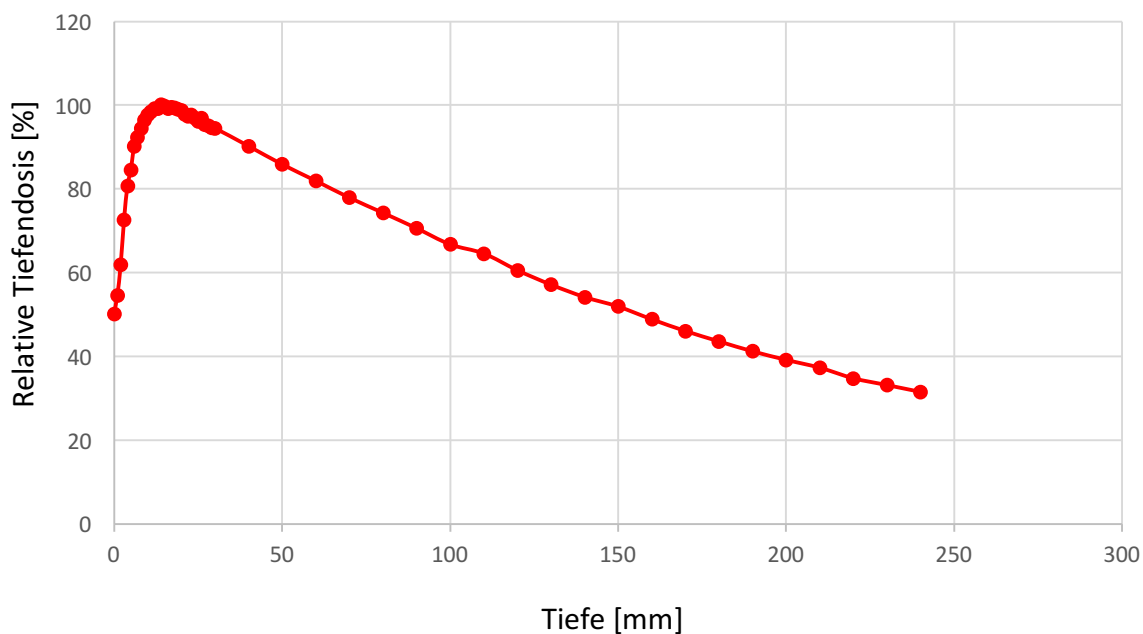


Abbildung 8: Messwerte der relativen Tiefendosisverteilung

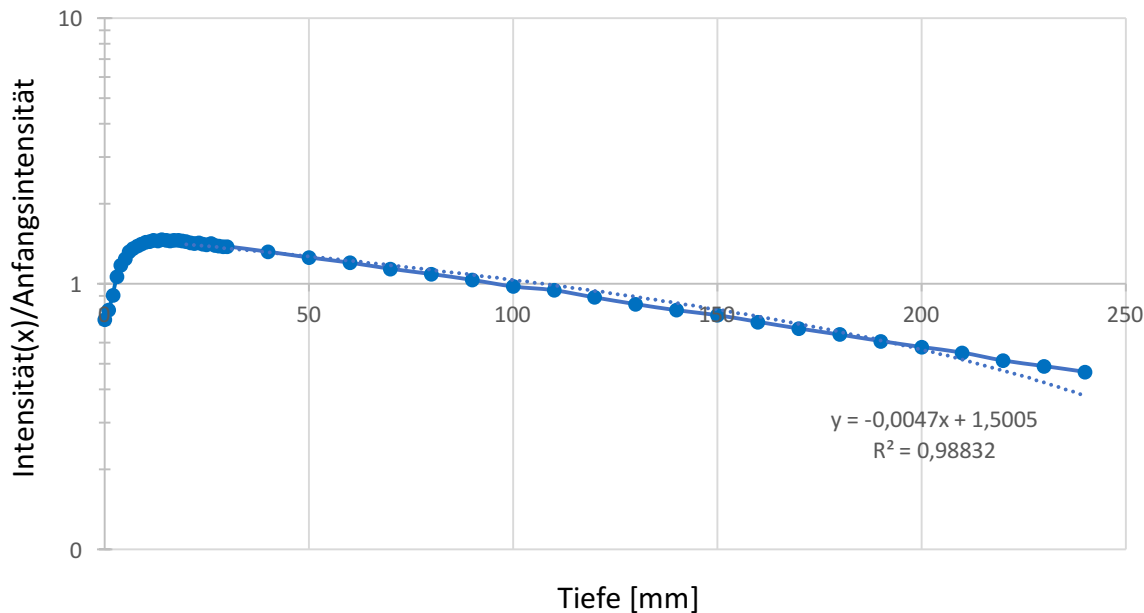


Abbildung 9: Halblogarithmische Darstellung von I/I_0

Trägt man den Quotienten aus den von der Messkammer gemessenen Intensitätswerten und der Referenzkammer gemessenen Anfangsintensitäten halblogarithmisch über der Tiefe auf und interpoliert im „geraden“ Teil mit einer linearen Regression, so erhält man den linearen Schwächungskoeffizienten μ von Wasser bei 6 MV Photonenstrahlung.

Dieser beträgt $0,05 \text{ cm}^{-1}$ (Negative Steigung der Interpolationsgeraden). Demnach ergibt sich Die Intensität der Primärphotonen in x cm Tiefe als $I(x) = I_0 \cdot e^{-0,05 \text{ cm}^{-1}x}$.

Für $x = 10 \text{ cm}$ erhält man mit $I_0 = 1,8 \text{ IE}$ $I(x) = 1,092 \text{ IE}$. Dies entspricht $I(x)/I_0 = 60,65 \%$ Primärphotonen.

Für $x = 20 \text{ cm}$ erhält man mit $I_0 = 1,8 \text{ IE}$ $I(x) = 0,662 \text{ IE}$. Dies entspricht $I(x)/I_0 = 36,79 \%$ Primärphotonen.

Für $x = 30 \text{ cm}$ erhält man mit $I_0 = 1,8 \text{ IE}$ $I(x) = 0,402 \text{ IE}$. Dies entspricht $I(x)/I_0 = 22,31 \%$ Primärphotonen.

IE: Intensitätseinheiten

5 Literaturverzeichnis:

1: PTW-Website: <http://www.ptw-usa.com/2034.html>, Zugriff am 31.10.2016