



Elektronenfelder ohne Tubus

BM6 Dosimetrie

Protokoll 12.01.2018

Manuel Soldani

1. Einleitung

In diesem Praktikumsteil sollen die Eigenschaften von großen Elektronenfeldern (40x40) ohne Tubus untersucht werden, welche in der Vergangenheit für die Ganzhautbestrahlung genutzt worden sind. Hierfür sollen Dosisquerprofile in unterschiedlichen Tiefen sowie Tiefendosisverläufe im Zentralstrahl und am Rand aufgezeichnet werden. Des Weiteren sollen Tiefendosisverläufe mit und ohne Gantrywinkel analysiert werden.

2. Elektronenfelder ohne Tubus

Wie für das Praktikum üblich, wurde als erstes der Linac eingeschaltet und das Wasserphantom aufgebaut und ein Centercheck durchgeführt. Im Patientenbetrieb ist eine reguläre Bestrahlung mit Elektronen ohne die Verwendung eines Tubus nicht möglich, um Fehlbestrahlungen durch das Vergessen des Tubus zu vermeiden. Um diese Sperre zu umgehen, muss zunächst in der Interlockgruppe 8 ein passendes Photonenfeld ausgewählt werden. Anschließend wird auf die Interlockgruppe 7 gewechselt und Elektronen können ausgewählt werden.

Zu Beginn wurde der Tiefendosisverlauf (TDV) eines 40x40 6 MeV Elektronenfeldes ohne Tubus im Zentralstrahl mit SSD 100cm gemessen.

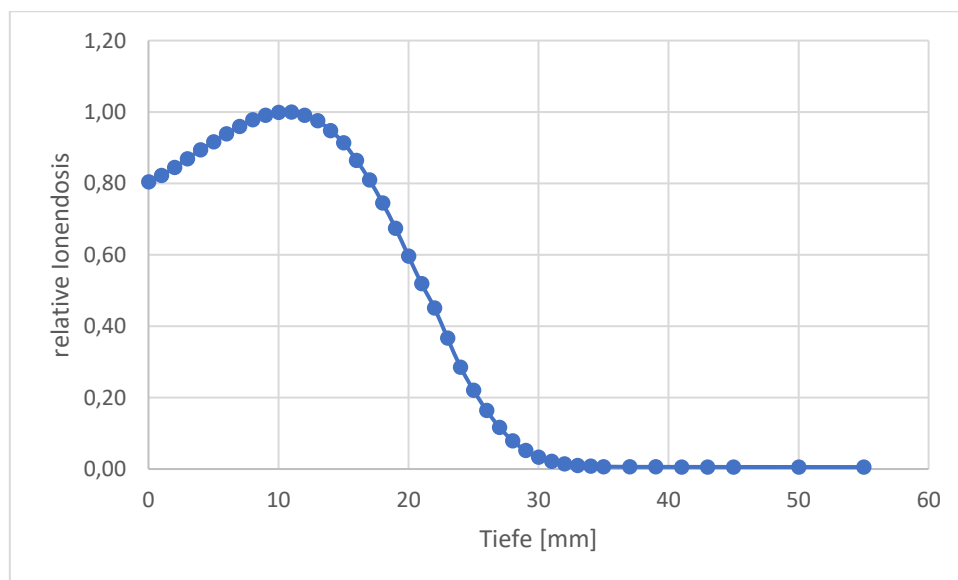


Abbildung 1. Tiefendosisverlauf Elektronen ohne Tubus (6MeV, SSD=100, 40x40)

Aus dem TDV können nun die Tiefe des Dosismaximums ($R_{100} \approx 10$ mm) und die Tiefe bestimmt werden, in der die Dosis auf 30% abgefallen ist ($R_{30} \approx 23$ mm). In R_{100} und R_{30} sollen nun auch die Querprofile gemessen werden. Da die Querprofile des Feldes mit den Abmessungen 40cmx40cm aufgrund der Limitpunkte des Wasserphantoms nicht im Ganzen zu messen sind, müssen Halbprofile

aufgenommen werden. Hierzu wird das Phantom so positioniert, dass der Zentralstrahl möglichst weit in Richtung A^- und C^- liegt (siehe Abbildung 2). Bei der Positionierung der Kammer ist nun zu beachten, genug Abstand von den Wänden zu halten um die Eigenschaften des quasi-unendlichen Phantoms zu erhalten.

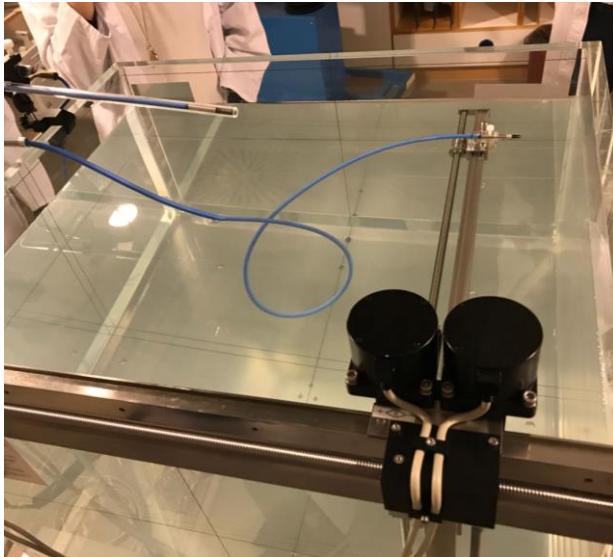


Abbildung 2 Positionierung des Wasserphantoms und der Kammer für die Halbprofilmessung

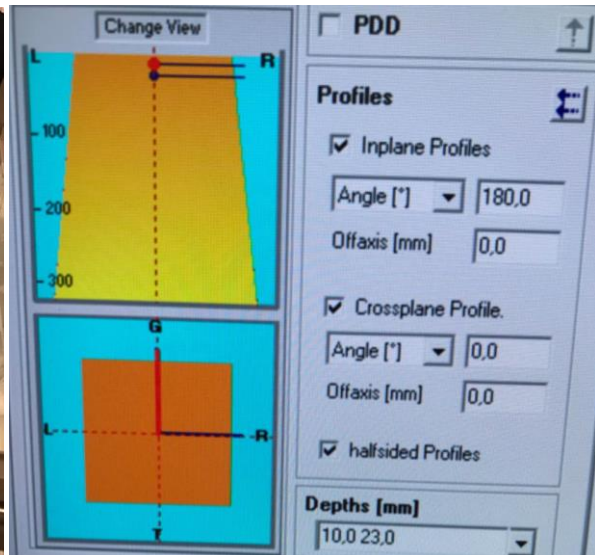


Abbildung 3 Einstellungen Mephysto für Halbprofilmessung

Nachdem auch die richtigen Einstellungen in Mephysto eingestellt wurden (Abbildung 3), wurden die Halbprofile in R_{100} und R_{30} gemessen.

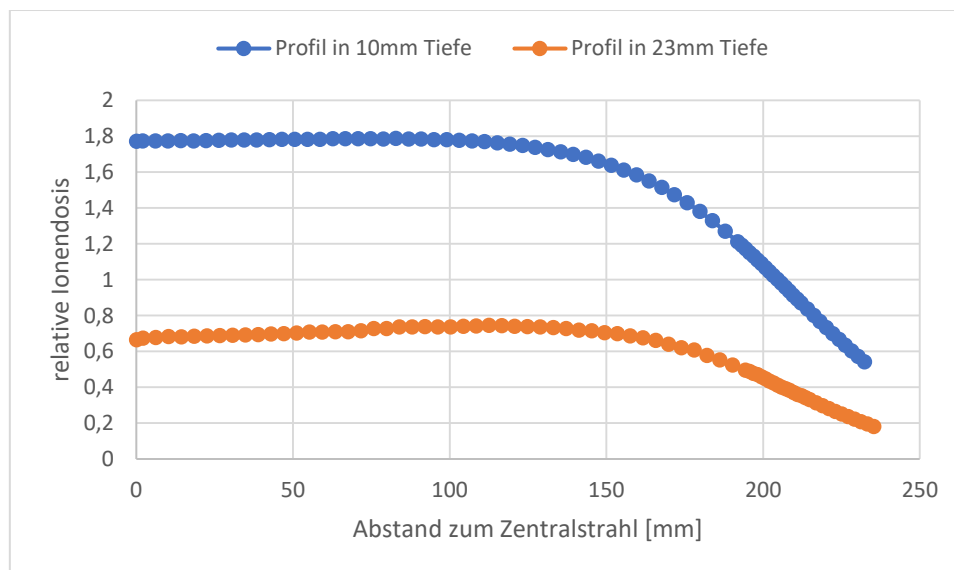


Abbildung 4 Halbprofile Elektronen ohne Tubus (6MeV, SSD=100, 40x40)

Es lässt sich in beiden Querprofilen erkennen, dass das Feld deutlich über den Lichtfeldrand (200 mm Abstand vom Zentralstrahl) hinausreicht. Außerdem zeigt das Profil in 23mm Tiefe einen deutlich flacheren Abfall. Dies lässt sich nicht durch die Geometrie des Feldes erklären, da $R_{100} - R_{30} = 13\text{mm}$ zu klein für eine Auswirkung in diesem Maße ist. Der ausschlaggebende Punkt für den flacheren Abfall ist das Streuverhalten der Elektronen im Wasser, da die Aufstreuung von Elektronen mit geringere Energie (also auch in höherer Tiefe) größer ist.

Nun wurden die selben Messungen mit einer Elektronenenergie von 15 MeV durchgeführt. Zum Bestimmen von R_{100} und R_{30} wurde zunächst der TDV im Zentralstrahl bestimmt und anschließend die Halbprofile in R_{100} und R_{30} gemessen.

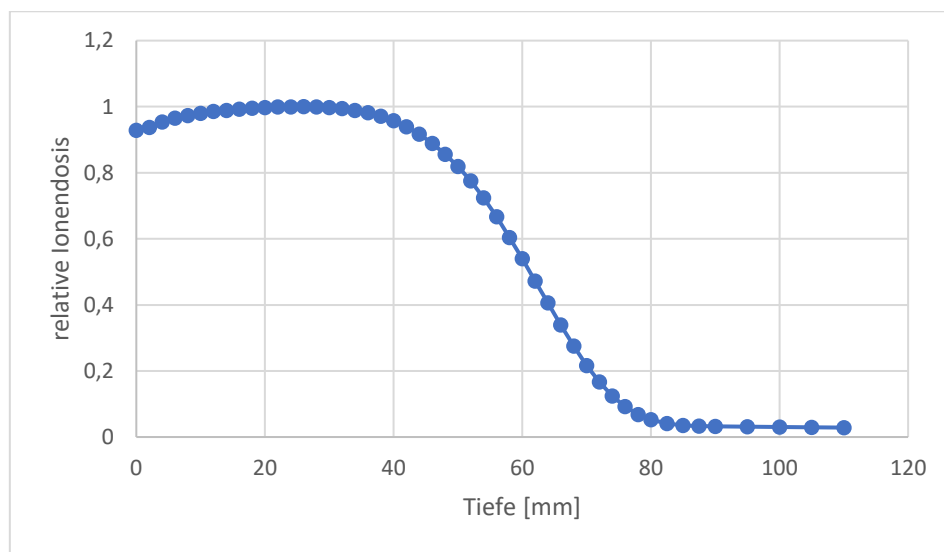


Abbildung 5 Tiefendosisverlauf Elektronen ohne Tubus (15MeV, SSD=100, 40x40)

→ $R_{100} \approx 30\text{ mm}$ (analytisch 26mm); $R_{30} \approx 65\text{mm}$

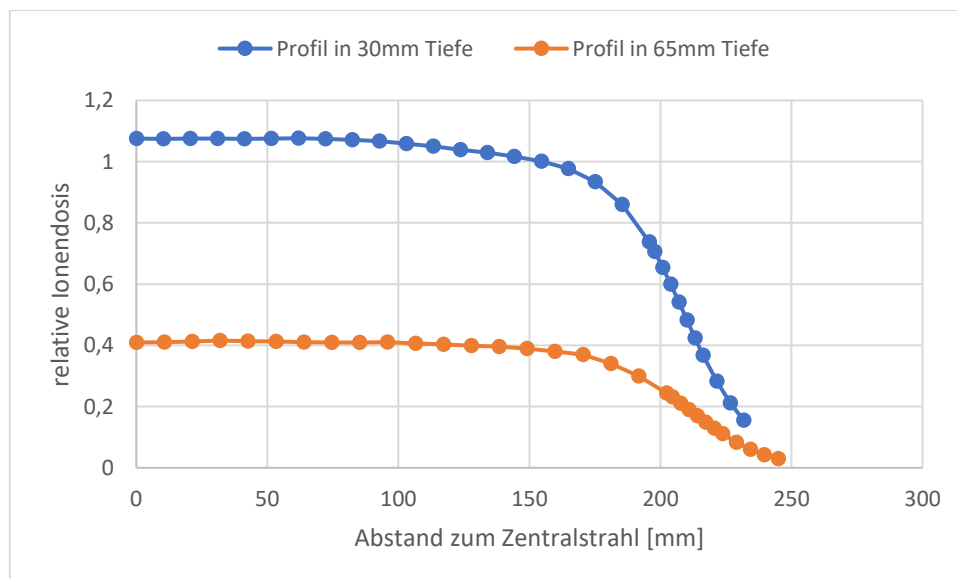


Abbildung 6 Halbprofile Elektronen ohne Tubus (15 MeV, SSD=100, 40x40)

Es wird deutlich, dass die Halbprofile der 15MeV Elektronenstrahlung deutlich steiler abfallen und eine geringere Aufstreuung aufweisen, als die Halbprofile der 6MeV Elektronenstrahlung. Dies kann durch eine stärkere Aufstreuung der Elektronen in Luft und Wasser bei niedrigeren Energien erklärt werden.

Insgesamt lässt sich aus den gemessenen Halbprofilen schließen, dass das Lichtfeld bei Elektronenstrahlung aufgrund der Aufstreuung der Elektronen (auch in der Luft) nicht mit dem Strahlenfeld übereinstimmt, wenn kein Tubus verwendet wird.

Im Vergleich der Halbprofile fällt insbesondere bei der 6 MeV Elektronenstrahlung ein Dosismaximum bei ca. 140mm auf und ein leichter Abfall der Dosis in Richtung des Zentralstrahls. Um diese Beobachtung zu verifizieren, wurden weitere TDV mit 6 MeV und 15 MeV Elektronenstrahlung im Zentralstrahl des Feldes und im Dosismaximum der Halbprofile gemessen.

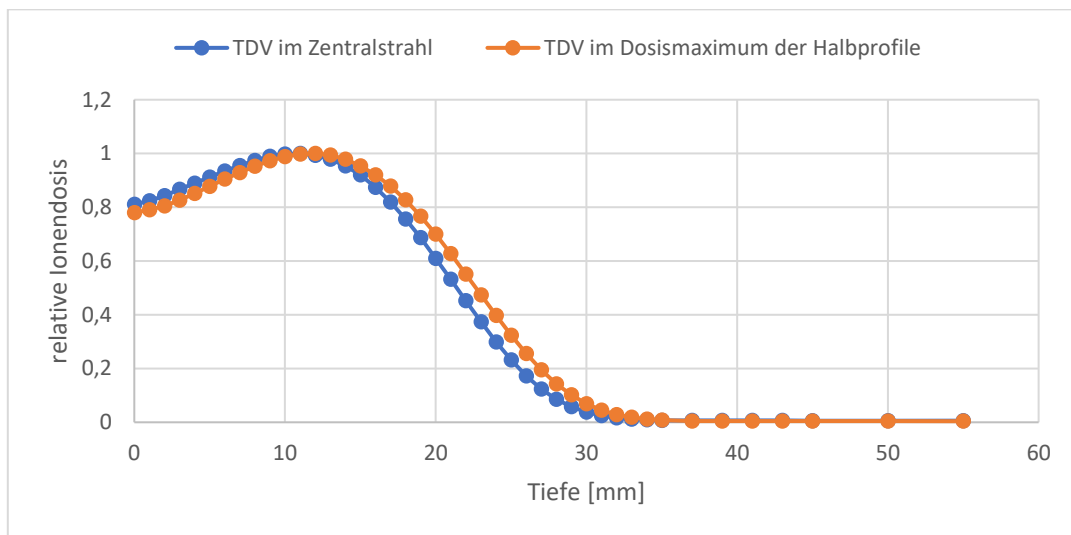


Abbildung 7 Tiefendosisverlauf Elektronen ohne Tubus (6MeV, SSD=100, 40x40)

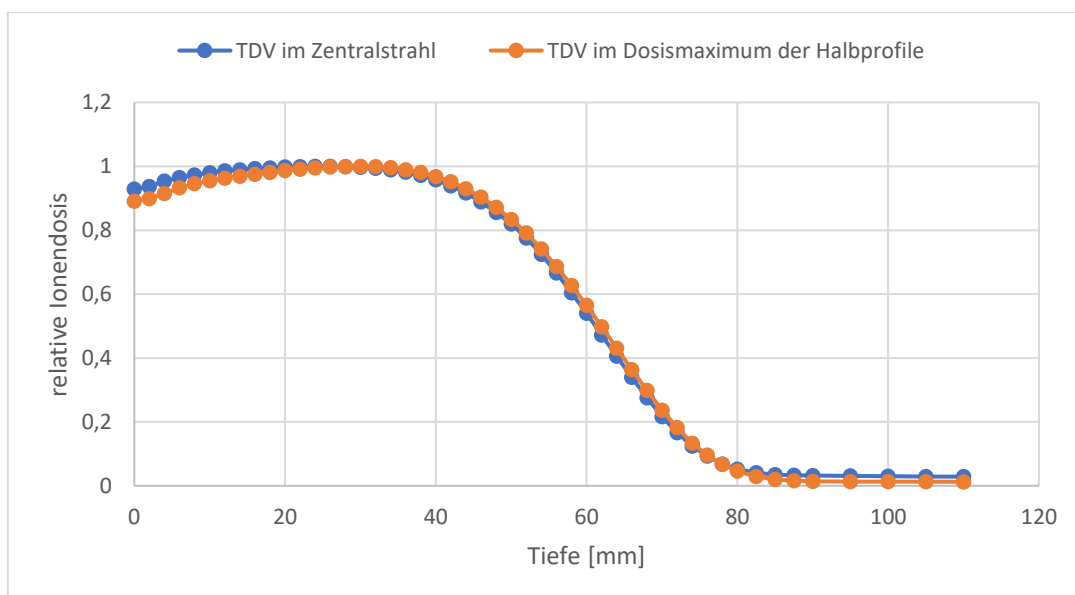


Abbildung 8 Tiefendosisverlauf Elektronen ohne Tubus (15MeV, SSD=100, 40x40)

Tabelle 1 Eigenschaften der TDV im Zentralstrahl und im Dosismaximum der Halbprofile

		Relative Ionendosis an der Oberfläche	Tiefe des Dosismaximums [mm]
6 MeV	Zentralstrahl	0,81	11
	Dosismax. der Halbprofile	0,78	12
15 MeV	Zentralstrahl	0,92	26
	Dosismax. der Halbprofile	0,89	30

Die TDV (Abbildung 7 und Abbildung 8) und Tabelle 1 zeigen, dass die relative Ionendosis an der Oberfläche im Ort des Dosismaximum der Halbprofile niedriger ist, während die Tiefe des Dosismaximums zunimmt. Dies lässt darauf schließen, dass die Energie der Elektronen im Dosismaximum der Halbprofile tatsächlich höher ist und das Dosismaximum kein zufälliger Fehler ist. Eine mögliche Erklärung könnte in der Streufolie gefunden werden, welche nicht über eine gleichbleibende Schichtdicke verfügt und in verschiedenen Bereichen auch unterschiedliche Ordnungszahlen aufweisen kann. Um das beobachtete Phänomen allerdings ... zu erklären, müssen weitere Experimente durchgeführt werden.

Edit: Der Strahlerkopf enthält 2 Streufolien. Während eine über eine homogene Materialstärke verfügt, ist die andere in der Mitte stärker und nach außen dünner. So lässt sich erklären, warum am Feldrand eine höhere Elektronenenergie gemessen werden konnte als in der Feldmitte

3. Überlagerung von Querprofilen

Was passiert mit den Querprofilen von 2 überlagerten Feldern? Zur Beantwortung dieser Fragestellung wurde die Tiefe des Querprofils (im Dosismaximum) bei 15 MeV Elektronenstrahlung bestimmt, bei der die Dosis auf 50% (D_{50}) abgefallen ist (bei ca. 207.03mm). Anschließend wird das gesamte Querprofil um 207.3mm nach links verschoben, sodass D_{50} auf der Y-Achse liegt. Daraufhin wird das Profil an der Y-Achse gespiegelt und die Werte in den sich überlappenden Bereichen addiert. Zuletzt wird das summierte Querprofil normiert.

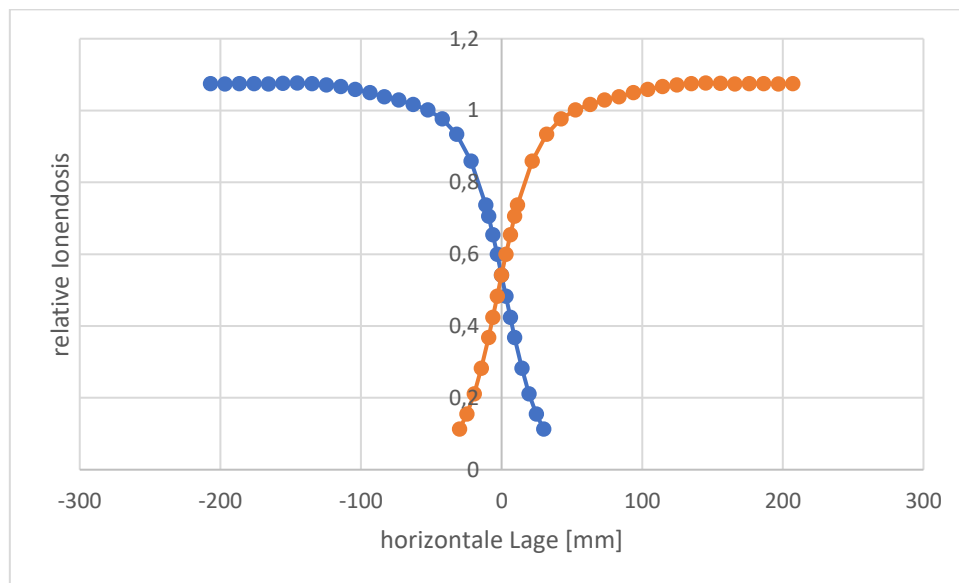


Abbildung 9 Überlagerte Halbprofile (15 MeV, SSD = 100cm, 40x40)

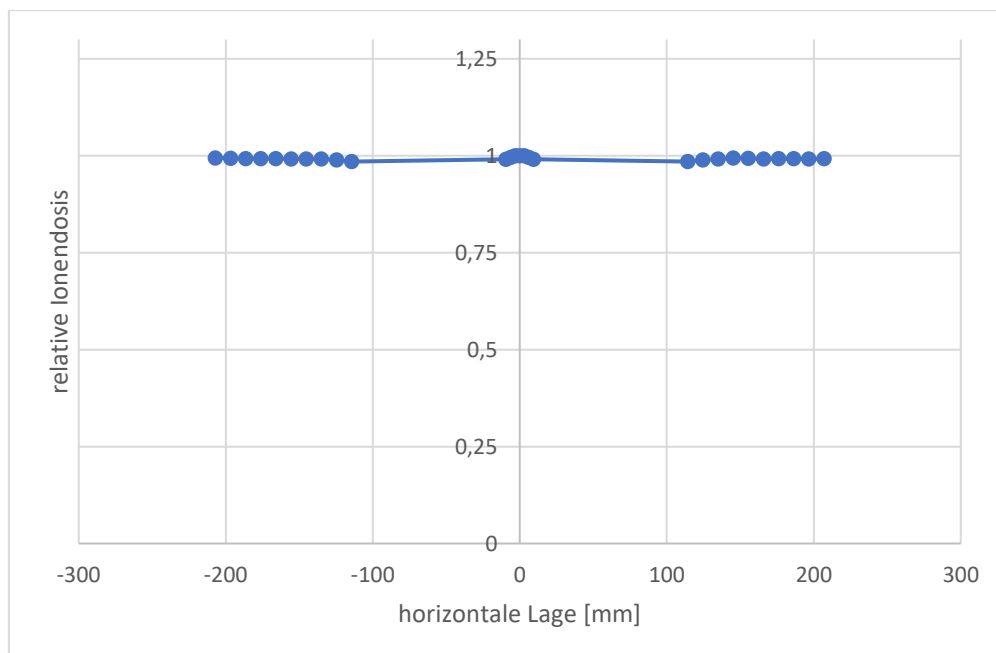


Abbildung 10 Überlagerte Halbprofile nach Addition im Überlagerungsbereich und Normierung

Abbildung 10 zeigt, dass sich nach der Addition der Halbprofile und Normierung eine homogene Dosisverteilung im Bereich der Überlagerung der Felder einstellt. Diese Erkenntnis kann für die Bestrahlung von großen Flächen genutzt werden, bei denen ein Feld nicht ausreicht.

4. Elektronenfelder mit Gantrywinkel

Im letzten Teil des Praktikums sollen die Tiefendosisverläufe von senkrecht und schräg einfallender Elektronenstrahlung miteinander verglichen werden. Hierzu wird das Wasserphantom wieder so positioniert, dass die Mitte des Lichtfeldes etwa der Mitte des Wasserphantoms entspricht. Im Anschluss werden die TDV ohne Gantrywinkel (also senkrecht) bei verschiedenen Elektronenenergien im Zentralstrahl gemessen.

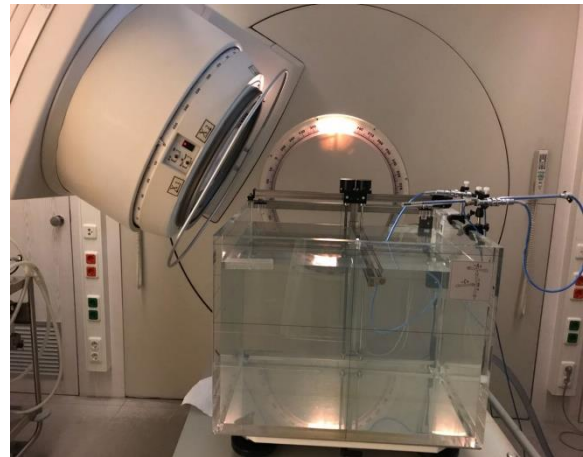


Abbildung 11 Messung mit schrägem Einfallswinkel

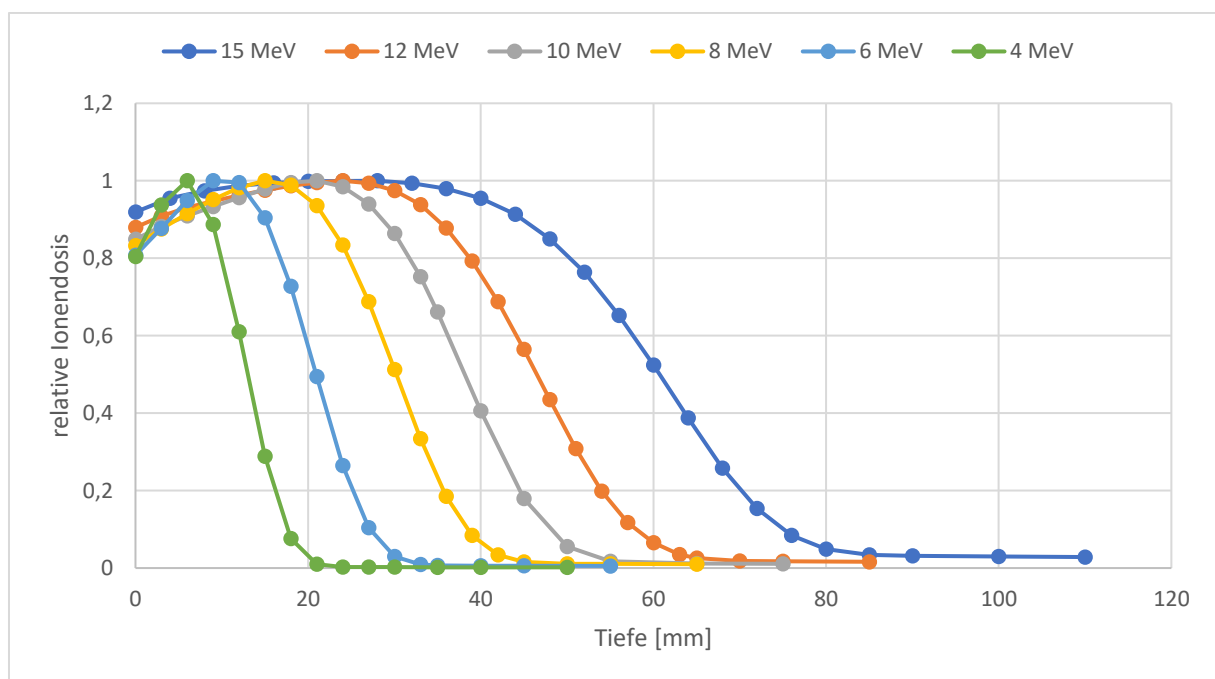


Abbildung 12 Tiefendosisverlauf Elektronen ohne Tubus (senkrecht, SSD=100, 40x40)

Nun wird die Ganty um einen Winkel von 60° gedreht und die TDV gemessen. Wichtig ist hierbei, dass die Kammer auch bei dieser Messung senkrecht zur Strahlrichtung steht.

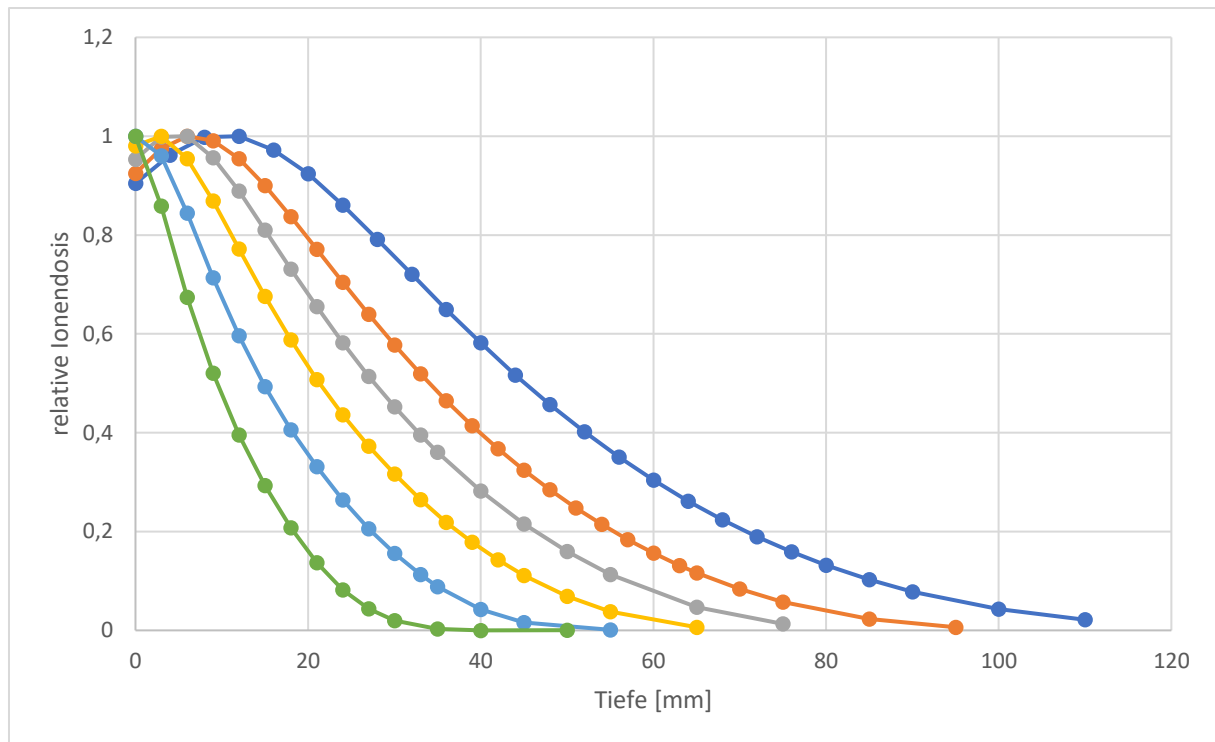


Abbildung 13 Tiefendosisverlauf Elektronen ohne Tubus (60°, SSD=100, 40x40)

Stellt man die TDV gleicher Elektronenenergie bei senkrechtem und schrägem Strahleneinfall gegenüber (Abbildung 13 und Abbildung 14), so wird deutlich, dass das Tiefendosismaximum signifikant früher erreicht wird. Dies kann damit begründet werden, dass sich die bei schrägem Strahlengang durch die Aufstreuung der Elektronen entstandenen „Keulen“ früher überschneiden und sich das Dosismaximum so in Richtung Oberfläche verschiebt

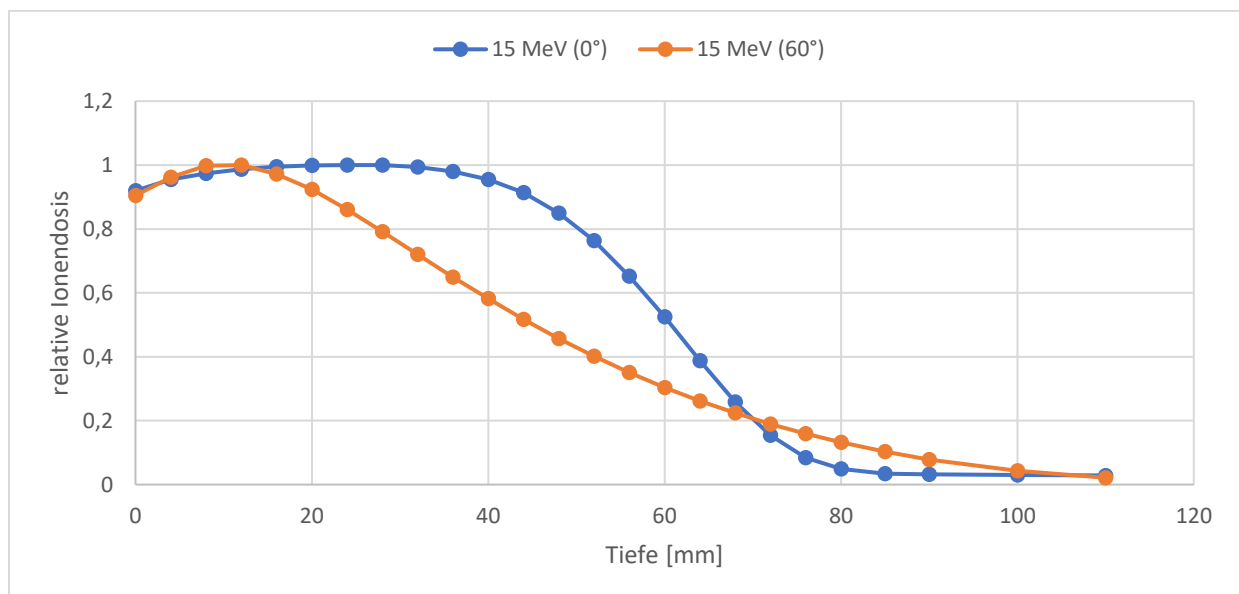


Abbildung 14 Tiefendosisverlauf Elektronen ohne Tubus mit und ohne Gantrywinkel (15 MeV, SSD=100, 40x40)

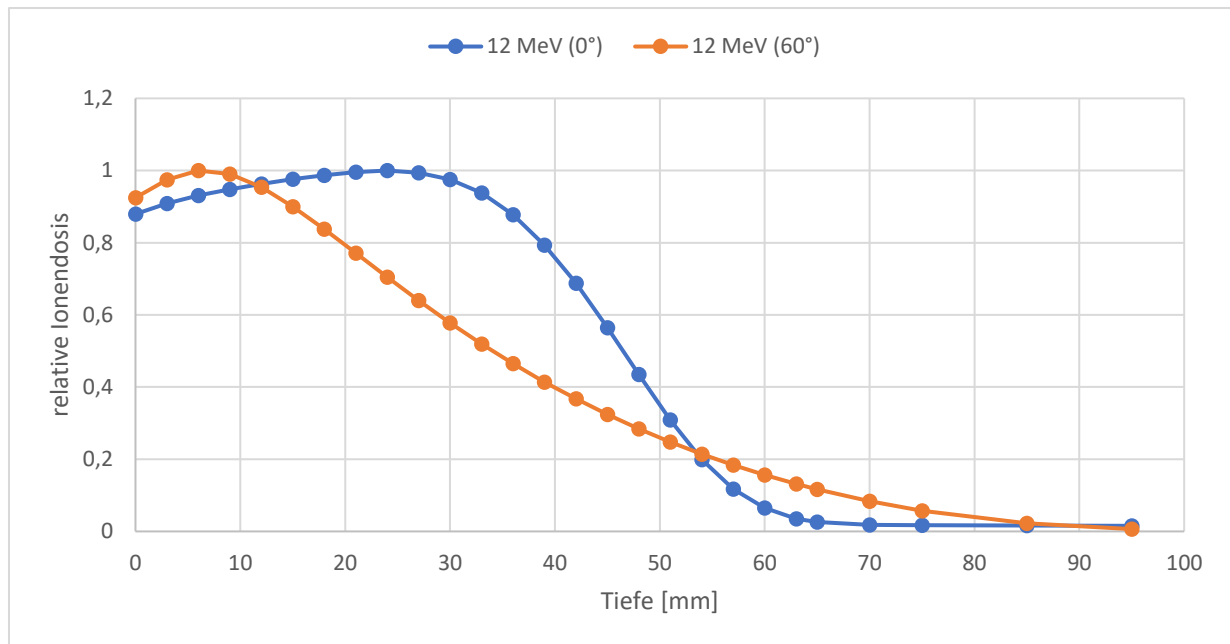


Abbildung 15 Tiefendosisverlauf Elektronen ohne Tubus mit und ohne Gantrywinkel (12MeV, SSD=100, 40x40)

Diese Beobachtung bestätigt sich bei der Messung der Ladung mit dem Unidose. Hierfür wurde die Ladung an dem Ort des Dosismaximums mit Gantrywinkel gemessen. Anschließend wurde die Messung mit Gantrywinkel, allerdings im äquivalenten Ort des Dosismaximums bei senkrechtem Strahlengang wiederholt. Tabelle 2 zeigt, dass die Ladung im Ort des Dosismaximums bei schrägem Strahlengang (also näher an der Oberfläche) höher ist, als im Ort des Dosismaximums bei senkrechtem Strahlengang.

Tabelle 2 Ladungen im Dosismaximum bei schrägem Strahlengang

Energie	Ladung im Ort des Dosismaximums bei schrägem Strahlengang [nC]	Ladung im Ort des Dosismaximums bei senkrechtem Strahlengang [nC]
15	3,669	2,034
12	3,667	1,532
10	2,762	1,352
8	2,497	1,412
6	3,159	1,506
4	2,706	1,301