

Protokoll
Dosimetrie Praktikum
04.11.2016

von Anna Hustedt

Inhaltsverzeichnis

1. Kalibrierung Linac F	1
1.1 Aufbau Wasserphantom	1
1.2 Center Check	2
1.3 Messung Tiefendosisverläufe	3
2. Bedienung Linac G	4
2.1 Software	4
2.2 Dokumentation	4
3. Messungen Linac G	6
3.1 Center Check	6
3.2 Percent Depth Dose (Tiefendosisverlauf)	6
3.2.1 10x10 cm Feldgröße	6
3.2.2 5x5 cm Feldgröße	7
3.2.3 30x30 cm Feld	8
3.2.4 Vergleich zwischen Feldgrößen	8

1. Kalibrierung Linac F

Nach einem Austausch der Elektronenquelle (electron gun) am Linac F aufgrund einer gebrochenen Glühwendel wurde die Strahlausrichtung überprüft. Denn eine Veränderung der Elektronenquelle kann zu einer geänderten Einstrahlrichtung der Elektronen führen. Für die notwendigen Messungen der Querprofile und Tiefendosisverläufe wurde ein Wasserphantom (PTW, Freiburg) verwendet.

Vorsicht: Vakuum-Bauteile, wie die Elektronenquelle, altern auch, wenn sie nicht im Betrieb sind!



Abbildung 1: Elektronenquelle Linac F, Universitätsklinikum Tübingen

1.1 Aufbau Wasserphantom

Die Messungen erfolgten mit einer Messkammer im Wasserphantom sowie einer zusätzlichen Referenzkammer (Kompaktkammern).

Vorsicht: Um Wasserstandsänderungen zu vermeiden, den Schlauch nach Befüllen des Wasserphantoms abziehen!

Nach Überprüfung der Position der Gantry mithilfe einer Wasserwaage wurde auch die Messkammer ausgerichtet. Die Spitze des Trifix Positionierungssystem gilt hierbei als Referenzpunkt und sollte genau auf der Wasseroberfläche liegen.

Vorsicht: Bei längeren Messungen sollte Verdunstung des Wassers berücksichtigt werden! Der Wasserspiegel sinkt dabei mit einer Rate von ungefähr 0,1-0,2 mm pro Stunde.

Für eine Messung von zum Beispiel 2h kann sich eine Wasserstandssenkung von 0,4 mm ergeben. Daher ist es ratsam, die Spitze des Trifix Systems geringfügig unterhalb des Wasserspiegels zu positionieren. So erreicht man Abweichungen von +/- 0,2 mm und vermeidet eine größere Abweichung in nur eine Richtung.

Um die Luftfeuchtigkeit zwischen 40-60% konstant zu halten, sind in den Räumen der Linacs Luftentfeuchter eingebaut. Auch die Temperatur kann Auswirkungen haben, daher sollte vor allem bei der Neueinrichtung eines Linac auf eine konstante Temperatur im Technikraum des Beschleunigers geachtet werden.

Die Temperatur der Ionisationskammer muss ebenfalls berücksichtigt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Messkammer die Wassertemperatur annimmt, welche in der Regel kälter ist als die Raumtemperatur.

Vorsicht: Ionisationskammer nicht nass zu weiterer Messung verwenden, da aufgrund der Verdunstungskälte eine Temperaturabweichung von 1-2° C auftreten kann!

Bei der Messung am Linac F lag die Luftfeuchtigkeit bei 27% und die Raumtemperatur bei 24,4°C.

1.2 Center Check

Für die erste Messung werden Querprofile in zwei Tiefen aufgenommen um die vertikale Ausrichtung des Strahlenfeldes zu überprüfen. Dabei wird in 2 Richtungen gemessen:

- in-plane
- cross-plane

Vorsicht: Auch andere Bezeichnungen für Richtungen üblich!

in-plane = Gun-Target (GT) -Richtung

cross-plane = AB-Richtung

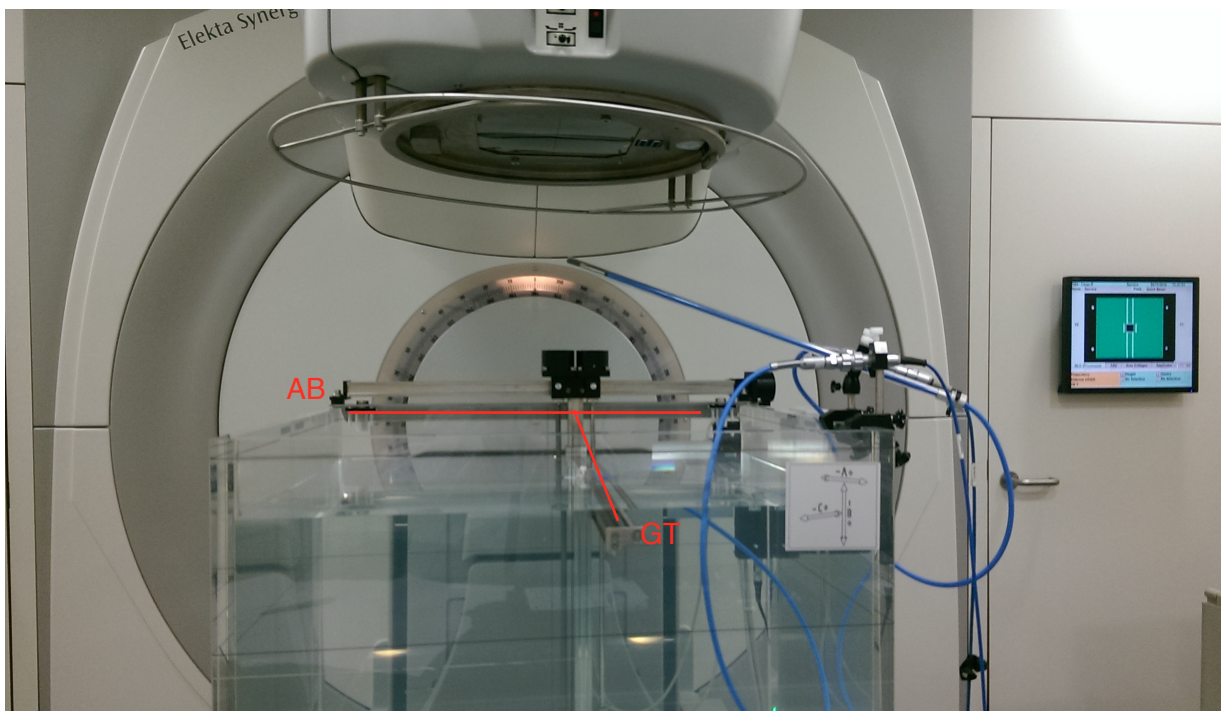


Abbildung 2: Richtungen für Querprofil-Messungen

Die erste Messung hat eine Abweichung von 4% in in-plane Richtung ergeben. Eine Korrektur kann über den Magnetstrom der Slalomumlenkung erreicht werden. Dabei werden die Einstellparameter nach in-plane und cross-plane Richtung unterschieden. 1R und 2R werden für Einstellungen in in-plane Richtung verwendet (R = radial), während 1T und 2T die cross-plane Richtung kennzeichnen (T = transversal).

Vorsicht: 1R bzw. 1T werden für grobe Abstimmung verwendet und sollten bei Korrekturen möglichst nicht verändert werden!

1.3 Messung Tiefendosisverläufe

Für die Tiefendosisverläufe werden 3 verschiedene Feldgrößen eingestellt und in folgenden Tiefen gemessen:

Tiefe [mm]	5x5 cm	10x10 cm	30x30 cm
1			
16			
100			
200			
300			

Alle gemessenen Werte werden mit Basisdaten verglichen. Die Tiefe in 16 mm steht für das Dosismaximum und die Tiefen von 10 und 20 cm werden für die Berechnung des Strahlungsqualitätsindex (DIN 6800-2) verwendet.

Messmethoden Strahlungsqualitätsindex:

- a) Fokus-Kammer-Abstand 100 cm mit Messung in Tiefe 10 cm, 20 cm
- b) SSD (Source Surface Distance) 100 cm mit Messung in Tiefe 10 cm, 20 cm

Aufgrund von Ungenauigkeiten des Entfernungsmessers bei 80-90 cm wird für diese Messung Methode b) verwendet. Es ergibt sich eine Energieabweichung von 0,0001 und bedarf keiner weiteren Korrektur.

Vorsicht: Wenn Energie angepasst wird, auch Veränderungen am Querprofil ➤ erneute Einstellung notwendig!

2. Bedienung Linac G

2.1 Software

Die Bedienungssoftware der Linearbeschleuniger wird sowohl für die Medizinphysik als auch für den klinischen Betrieb verwendet. Folgende Parameter können von Bedeutung sein:

Deliver Quick Beam (ShortCut wenn nur wenige Parameter eingestellt werden sollen)

- Auswahl Strahlenart (Photonen oder Elektronen)
- Energie
- mit/ohne Keilfilter
- Monitorwerte

Vorsicht: 100 Monitoreinheiten $\approx$ 1 Gy !

Interlock-Kreis

- beinhaltet Türöffner, Lüftung, Maschinenparameter (Bsp. Grenze von 1000 Monitoreinheiten)...

Vorsicht: Interlock-Gruppe 8 für Messungen am Wasserphantom , aber Interlock-Gruppe 1 für Absolutdosimetrie (wie für klinischen Betrieb)!

Services Pages

- 2R/2T: Magnetstrom in-plane/cross-plane
- Uniformity: konstante Dosisleistung in allen 4 Kammern
- Vakuum (Ionen-Getter-Pumpe): Maschine schaltet bei $<5,9$ ab
- Charge Rate: Elektronen pro Puls
- Dose Ref1: mögliche Kalibrierung der Empfindlichkeit der Monitoreinheiten

Vorsicht: MLC (Multileaf Collimator)!

Die Bewegung des MLC erfolgt über Reflektoren auf der Oberseite. Eine Kamera steuert die Position. Um die Genauigkeit der Verschiebung zu testen, werden alle leafs parallel ausgerichtet und bei Abweichungen neu ausgerichtet. Falls ein leaf sich nicht mehr bewegen lässt, ist möglicherweise ein Ausfall des Schrittmotors oder eine mechanische Blockade verantwortlich.

2.2 Dokumentation

Um einen patientenunabhängigen Parameter zum Betrieb eines Linacs zu erhalten, wird eine Dokumentation der abgestrahlten Zeit verlangt. Es wird unterschieden zwischen:

- a) Hight Tension (HT) Zeit = wenn gestrahlt wird
- b) Low Tension (LT) Zeit = wenn Gerät eingeschaltet ist

Eintragen der Zeiten in Betriebstagebuch

Laufwerk Q ➤ MedPhysik ➤ Physik QA ➤ Betriebstagebuch

Die erlaubte Wochendosis wird bereits bei der Genehmigung beantragt und beträgt 1000 Gy/Woche. Bei IMRT erhöhen sich jedoch bei gleicher Patientendosis die Monitorwerte durch die Verwendung vieler kleiner Strahlenfelder und damit die Bestrahlungszeit HT.

➤ IMRT-Faktor= 2,5 erhöht Wochendosis auf 2500 Gy. Dies muss jedoch im Strahlenschutz berücksichtigt werden, was dickere Wände, bessere Abschirmung und damit auch höhere Kosten verursacht.

Vorsicht: Für eine erhöhte Wochendosisleistung bei gleichbleibendem Strahlenschutz kann auch Genehmigung für 2- bzw. 3-Schichtbetrieb beantragt werden ➤ 2000 bzw. 3000 Gy pro Woche! (Annahme Aufenthaltsdauer pro Person $\approx$ 8h)

3. Messungen Linac G

Für einen Center Check und Messung von Tiefendosisverläufen bei unterschiedlichen Feldgrößen (5x5 cm, 10x10 cm, 30x30 cm) wird ein Wasserphantom (PTW, Freiburg) aufgebaut. Die Vorbereitungen erfolgten nach der Beschreibung in den Protokollen vom 28.10.16.

Vorsicht: In Linac-Raum ist Streustrahlkammer (1l Kugelkammer) installiert. Dies ist nicht vorgeschrieben, aber erlaubt ständige Dosisüberwachung der Photonen- und Elektronenstrahlung von außen (Dosimeter im Schaltraum)!



Abbildung 3: Streustrahlkammer, Linac G

3.1 Center Check

Im ersten Schritt wird der Nullpunkt festgelegt. Hierfür werden bei einer Feldgröße von 10x10 cm zwei Querprofile in unterschiedlichen Tiefen (50mm und 200mm) aufgenommen. Die Abweichungen liegen im Toleranzbereich und es erfolgt anschließend die Messung der Tiefendosisverläufe.

3.2 Percent Depth Dose (Tiefendosisverlauf)

Für jede Feldgröße wird eine Messung im Zentralstrahl sowie eine Messung in 1cm Randabstand durchgeführt. Dabei finden alle Messungen mit 6 MV-Photonen statt.

Vorsicht: Bei kleinen Feldern (< 3x3mm) kann keine Referenzkammer mehr verwendet werden! Strahlerkopf wird als Referenzkammer verwendet, indem z.B. jeweils 10 Monitoreinheiten abgestrahlt werden. Eine solche Messung ist aber sehr zeitaufwändig.

3.2.1 10x10 cm Feldgröße

In der Abbildung 4 ist der Tiefendosisverlauf bei einer Feldgröße von 10x10 cm dargestellt. ON kennzeichnet hierbei die Messung im Zentralstrahl und OFF die Messung am Feldrand. Die erste

Messung erfolgt vom Nullpunkt aus. Anschließend wird die Kammer für die Messung am Feldrand 4cm in A+-Richtung bewegt.

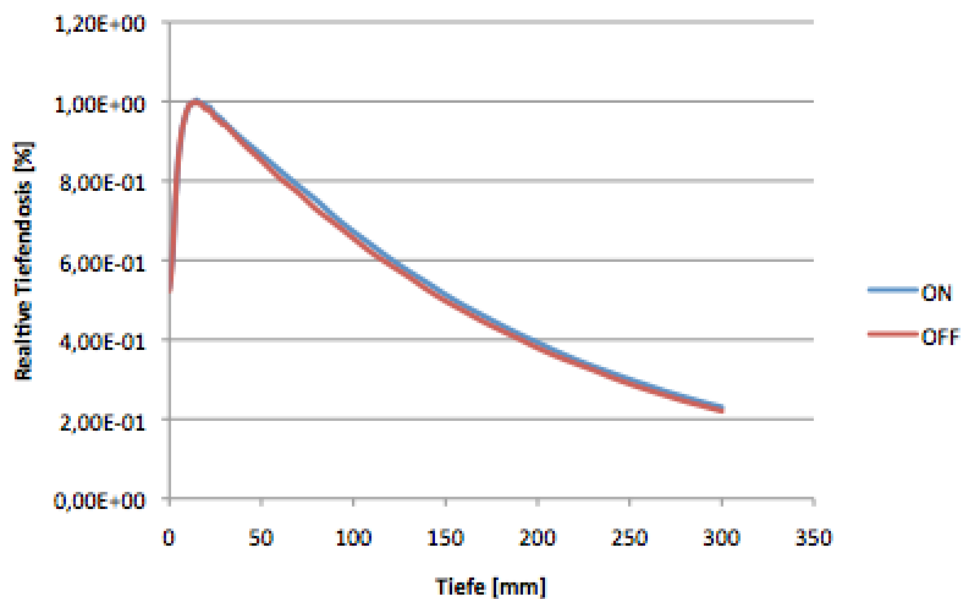


Abbildung 4: Tiefendosisverlauf bei Feldgröße 10x10cm

3.2.2 5x5 cm Feldgröße

Die Abbildung 5 zeigt den Tiefendosisverlauf bei einer Feldgröße von 5x5 cm. ON kennzeichnet hierbei die Messung im Zentralstrahl und OFF die Messung am Feldrand. Die erste Messung erfolgt vom Nullpunkt aus. Aufgrund des verkleinerten Feldes ist die Referenzkammer nicht mehr im Feld. Die Messung wird abgebrochen. Nach Korrektur der Position der Referenzkammer wird erneut eine Messung im Zentralstrahl durchgeführt. Anschließend wird die Kammer für die Messung am Feldrand 1,5 cm in A+-Richtung bewegt.

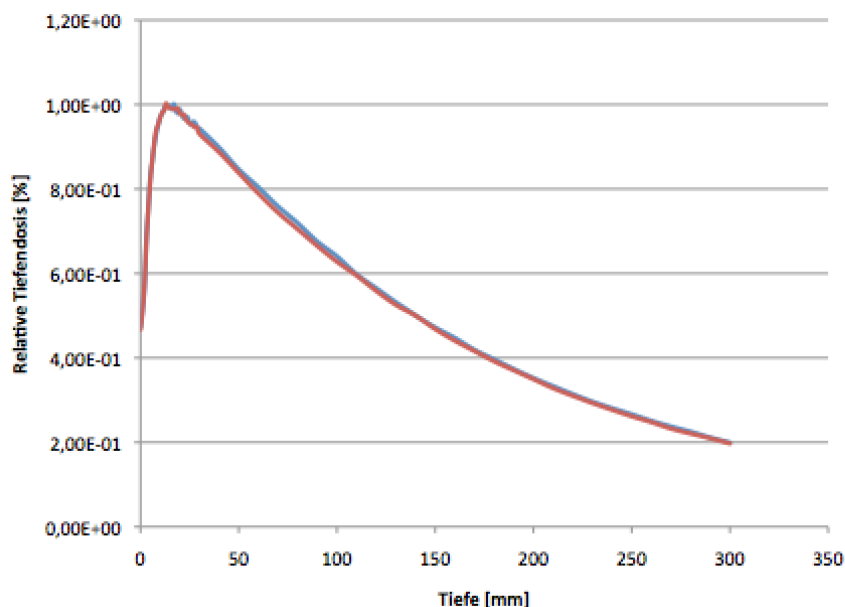


Abbildung 5: Tiefendosisverlauf bei Feldgröße 5x5 cm

3.2.3 30x30 cm Feld

In der Abbildung 6 ist der Tiefendosisverlauf bei einer Feldgröße von 30x30 cm dargestellt. ON kennzeichnet hierbei die Messung im Zentralstrahl und OFF die Messung am Feldrand. Die erste Messung erfolgt vom Nullpunkt aus. Anschließend wird die Kammer für die Messung am Feldrand 14 cm in A+-Richtung bewegt.

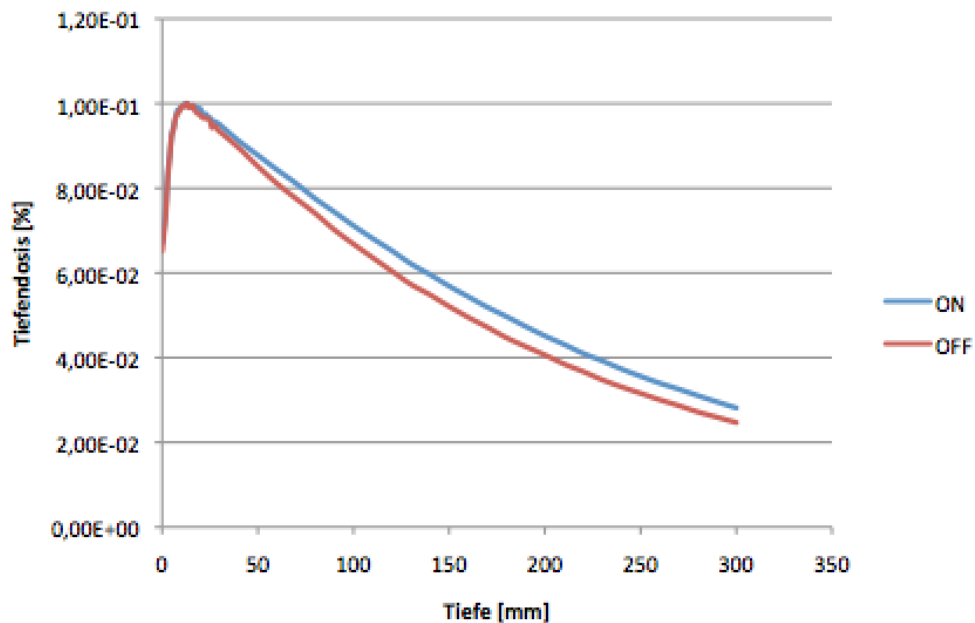


Abbildung 6: Tiefendosisverlauf bei Feldgröße 30x30 cm

Bei einer Feldgröße von 30x30 cm wird ein Unterschied im Tiefendosisverlauf des Zentralstrahls und des Feldrandes deutlich. Die Steigung der Kurve des Feldrandes fällt steiler ab als die des Zentralstrahls. Verantwortlich für diesen Effekt ist ein Energieunterschied zwischen den Photonen im Zentrum und den Photonen am Rand.

Das Spektrum der Zentralstrahl-Photonen wird beim Durchgang durch den Ausgleichskörper aufgehärtet (mittlere Energie steigt), da niederenergetische Photonen eher mit dem Material wechselwirken. Die Außen-Photonen hingegen entstehen durch Compton-Streuung in Ausgleichskörper und Target. Die Comptonstreustrahlung ist niederenergetischer und somit stärker von der Schwächung betroffen.

3.2.4 Vergleich zwischen Feldgrößen

Dosis:

Mit zunehmender Feldgröße bleibt die Anzahl der primären Photonen konstant, aber die Streustrahlung nimmt zu. Dementsprechend kommt es bei größeren Feldern zu höheren Dosiswerten, bis sich eine Sättigung einstellt.

Dosismaximum:

Das Dosismaximum verschiebt sich in geringere Tiefen (näher an die Oberfläche). Verursacht wird dies durch Streustrahlung aus dem Strahlerkopf, welche außer gestreuten Photonen auch Kontaminations-Elektronen mit geringer Reichweite enthält.

Dosisabfall:

Primäre Photonen verlieren bei Compton-Streuung nur einen kleinen Teil ihrer Energie und es kommt mit zunehmender Tiefe zu weiteren Streuvorgängen. Aufgrund der Überlagerung der Streustrahlung wird die eigentliche Schwächung der Primärphotonen überlagert. Der somit flacher verlaufende Dosisabfall bei größeren Feldern ist in Abbildung 7 zu erkennen.

Es sieht so aus, als wäre die Strahlung bei zunehmender Feldgröße energiereicher, was aber in Wirklichkeit nicht zutrifft. Dies wäre eine Fehlinterpretation. Wären jedoch die 3 Kurven bei gleicher Feldgröße und gleichem SSD gemessen, dann wäre obige Argumentation richtig.

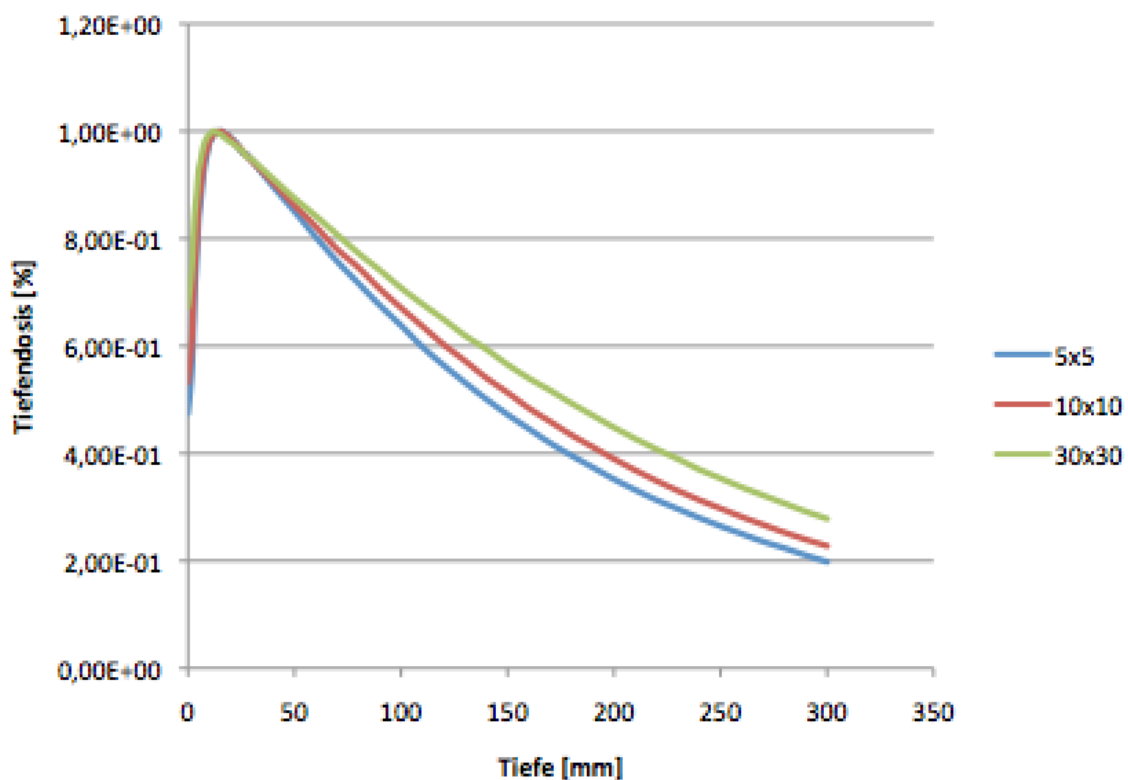


Abbildung 7: Tiefendosisverläufe im Zentralstrahl bei verschiedenen Feldgrößen