

Dosimetrieprotokoll vom 04.11.2016

Vorgelegt von:
Paul Kalwa

8. November 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Kalibrierung eines Linearbeschleunigers	3
1.1	Einsetzen einer neuen Elektronenkanone	3
1.2	Worauf geachtet werden sollte	3
2	Software eines Linearbeschleunigers	5
2.1	Die zwei Betriebsmodi	5
2.2	Die sogenannte H_t -Zeit	5
2.3	User Notice der Firma Elekta	6
2.4	Betriebstagebuch	6
3	Messungen und Auswertung	7
3.1	Die Kugelkammer	7
3.2	Messungen	7
3.3	Auswertung	10
3.4	Wissenswertes	11

1 Kalibrierung eines Linearbeschleunigers

1.1 Einsetzen einer neuen Elektronenkanone

Bei einem Linearbeschleuniger kann es vorkommen, dass die Elektronenkanone ausgetauscht werden muss (siehe Abbildung 1.1). Nach erfolgreichem Einsetzen einer Neuen muss der Linearbeschleuniger neu eingestellt und die Einstrahlrichtung der Elektronen überprüft werden. Für diese Einstellungen ist ein Wasserphantom (siehe Abbildung 1.2) von großem nutzen. Mit diesem können die Tiefendosisverläufe in Wasser aufgenommen werden. Für die Justage werden Tiefendosisverläufe von drei verschiedenen Feldern (5x5, 10x10, 30x30 cm) in drei verschiedenen Tiefen (100, 200 und 300 mm) gemessen und mit Referenzwerten verglichen. Anpassungen können dann beispielsweise an den Steuermagneten des Linearbeschleunigers vorgenommen werden. Hierfür ist es ratsam einen Gerätetechniker hinzuzuziehen.

1.2 Worauf geachtet werden sollte

Bei den Messungen mit dem Wasserphantom sollte auf folgende Punkte geachtet werden:

- Die Luftfeuchtigkeit im Raum sollte bei einem annähernd konstanten Wert im Bereich von 40 - 60% liegen. Hierfür sind Luftentfeuchter ratsam.
- Die Verdunstung von Wasser aus dem Wasserphantom erhöht nicht nur die Luftfeuchtigkeit im Raum, sondern führt außerdem bei längerer Messdauer zu systematischen Fehlern. Hierbei nimmt der Wasserstand ab und verfälscht somit die angenommene Eindringtiefe. Dieser Fehler kann mit einem Erwartungswert für die Änderung des Wasserstandes minimiert werden. Ein typischer Erwartungswert ist die Abnahme des Wasserstandes um $\frac{2}{10} \frac{\text{mm}}{\text{Stunde}}$.
- Die Oberflächenspannung von Wasser führt an der Wand des Wasserphantoms zur Ausbildung eines konkaven Meniskus. Dies muss bei der Ablesung des Wasserstandes oder bei der Übereinstimmung mit einer Messeinheit (Laser) beachtet werden.
- Bei der Bestimmung der Temperatur der Messsonde sollte darauf geachtet werden, dass diese sich im Wasser befindet. Die Wassertemperatur liegt auf Grund der Verdunstung meist $1 - 2^{\circ}\text{C}$ unter der Raumtemperatur.

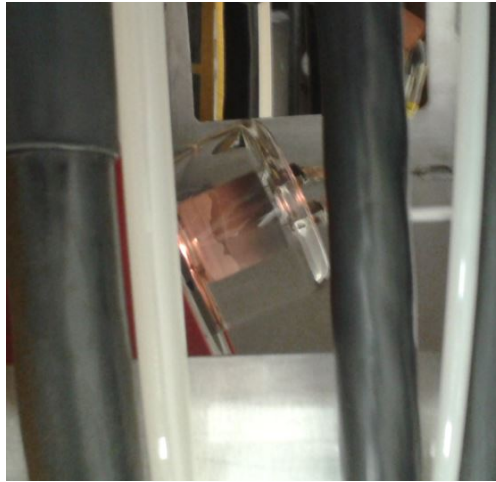


Abb. 1.1: Die Elektronenkanone

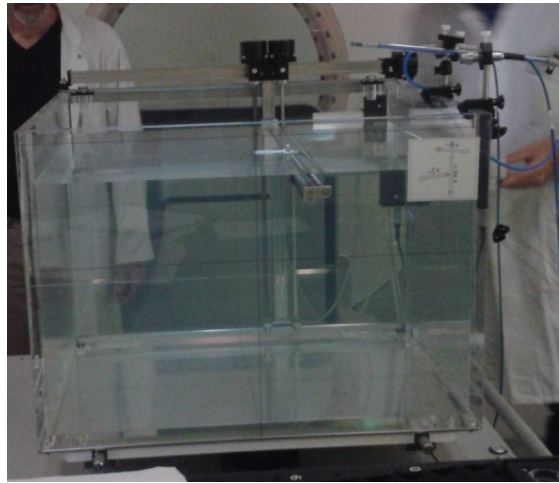


Abb. 1.2: Das Wasserphantom

- Die Raumtemperatur sollte an aussagekräftigen Orten gemessen werden. Beispielsweise nicht unter einer Lampe, da dies das Ergebnis verfälschen kann.
- Je nach Kammer muss eventuell eine andere Spannung eingestellt werden. So arbeitet eine Kompaktkammer beispielsweise meist mit 400V; Diamantkammern hingegen benötigen üblicherweise eine geringere Spannung.

2 Software eines Linearbeschleunigers

2.1 Die zwei Betriebsmodi

Die Software eines Linearbeschleunigers kennt grundsätzlich zwei verschiedene Betriebsmodi.

1. Klinischer Betrieb: Ist für den klinischen Betrieb vorgesehen. Die Einstellungsmöglichkeiten sind begrenzt, um Fehlerquellen auszuschließen und medizinischem Personal die Arbeit zu ermöglichen bzw. zu erleichtern.
2. Technischer Betrieb: Ist für den Techniker und fachkundiges Personal vorgesehen. Der Linearbeschleuniger kann innerhalb dieses Betriebsmodus kalibriert oder die Einstellungen für Forschungs- oder Schulungszwecke angepasst werden.

Beide Betriebsmodi unterscheiden sich auch in ihren Interlock-Gruppen. Dies sind Gruppen die angeben unter welchen Bedingungen eine Bestrahlung automatisch abgebrochen wird. Beispiele sind das Öffnen der Tür zum Bestrahlungsraum, das Fehlen eines ausreichenden Vakuums im Beschleuniger oder das Überschreiten eines Grenzwertes einer Ionisationskammer (typischer Grenzwert: 1000 Monitor Einheiten). Während beim klinischen Betrieb (Interlock-Gruppe 1) zum Schutz von Personal und Patient alle Interlocks aktiviert sind, können einige dieser Interlocks im technischen Betrieb auch ausgestellt werden (Interlock-Gruppe 8).

2.2 Die sogenannte H_t –Zeit

Eine weitere Aufgabe der Software ist das Festhalten und Hochzählen der Zeit (H_T –Zeit), in der am Beschleuniger Hochspannung anliegt. Hiermit soll die Dosis gemessen werden, die der Beschleuniger pro Woche abgibt. Die Höhe der Wochendosis muss bei der Aufsichtsbehörde für Strahlenschutz beantragt und kann von dieser überprüft werden. Der minimale Wert dieser Wochendosis beträgt dabei $1000 \frac{\text{Gy}}{\text{Woche}}$. Er dient vor allem dazu, eine zu hohe Strahlendosis beim Personal zu verhindern. Eine Erhöhung dieses Grenzwertes kann beispielsweise durch das Benutzen des Beschleunigers in zwei Arbeitsschichten pro Tag erreicht werden. Hierbei darf allerdings bei keiner der beiden Arbeitsschichten der anfänglich genehmigte Grenzwert (Bsp. $1000 \frac{\text{Gy}}{\text{Woche}}$) überschritten werden.

2.3 User Notice der Firma Elekta

Die Firma Elekta, die diesen Linearbeschleuniger herstellt, sendet bei Problemen eines Kunden mit ihrem Gerät eine sogenannte User Notice mit einer Beschreibung und Lösung des Problems an alle anderen Kunden. Es ist die Aufgabe eines Medizophysikexperten, diese User Notice zu lesen und dahingehend zu untersuchen, ob das beschriebene Problem für weitere Untersuchungen relevant sein könnte.

2.4 Betriebstagebuch

Des weiteren sollte für jeden Linearbeschleuniger ein Betriebstagebuch geführt werden, in dem festgehalten wird, wer den Beschleuniger wann in Betrieb genommen hat. Dieses Betriebstagebuch ist in unserem Fall unter folgender Netzwerkadresse zu finden:

Q:/MedPhysik/Physik_QA/Betriebstagebuch/Linac G

3 Messungen und Auswertung

3.1 Die Kugelkammer

Im Bestrahlungsraum befindet sich zur Kontrolle, ob derzeit ionisierende Strahlung emittiert wird, eine Kugelkammer(siehe Abbildung 3.1). Diese dient lediglich der Sicherheit und erfüllt bei folgenden Messungen keinerlei Funktion.



Abb. 3.1: Kugelkammer

3.2 Messungen

Es wurden insgesamt sechs Tiefendosisverläufe gemessen. Jeweils einer im Zentralstrahl und einer in einem Zentimeter Abstand vom Rand des 5x5, des 10x10 und des 30x30 Zentimeter großen Feldes. Die unterschiedlichen Feldgrößen werden dabei durch das Einsetzen einer Blende erreicht. Der Strahl des Beschleunigers wird beim 5x5 Feld also nicht stärker fokussiert als bei dem 30x30 Feld, sondern die Randstrahlung lediglich durch eine Blende abgeschirmt. Die gemessenen Tiefendosisverläufe sind in den Abbildungen 3.2 - 3.5 aufgetragen. Der Zusatz "ON" in den Legenden bezeichnet dabei die Messung im Zentralstrahl; "OFF" ist die Randmessung.

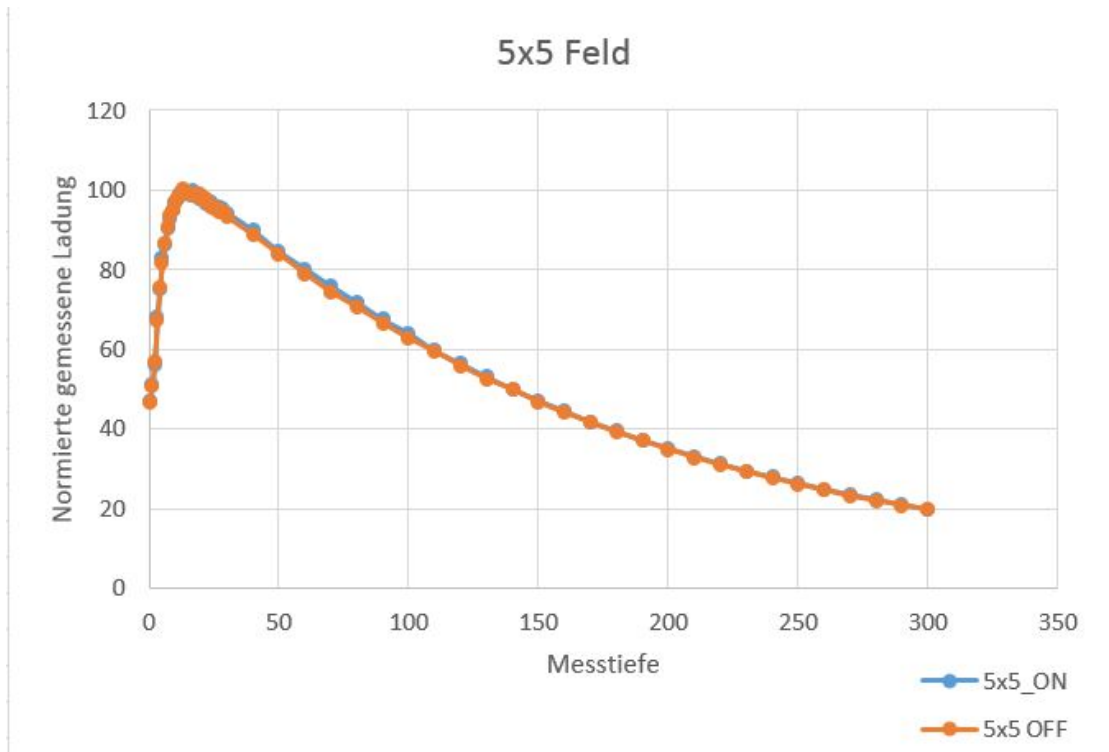


Abb. 3.2: Tiefendosisverläufe des 5x5 Feldes

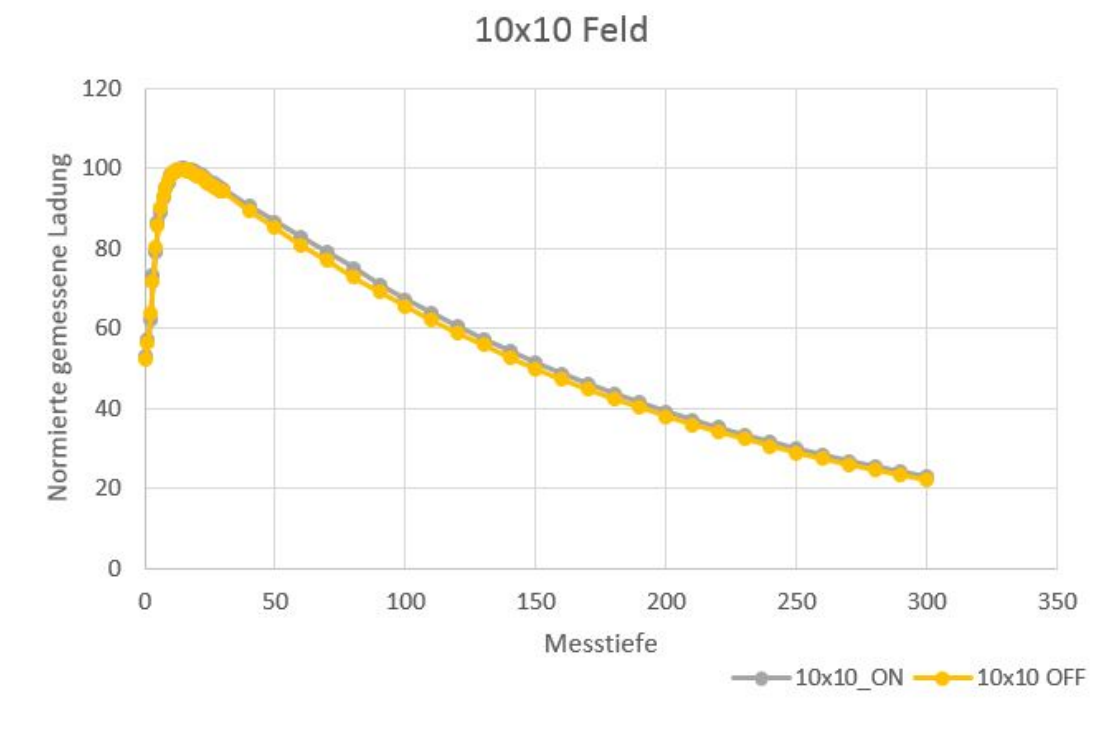


Abb. 3.3: Tiefendosisverläufe des 10x10 Feldes

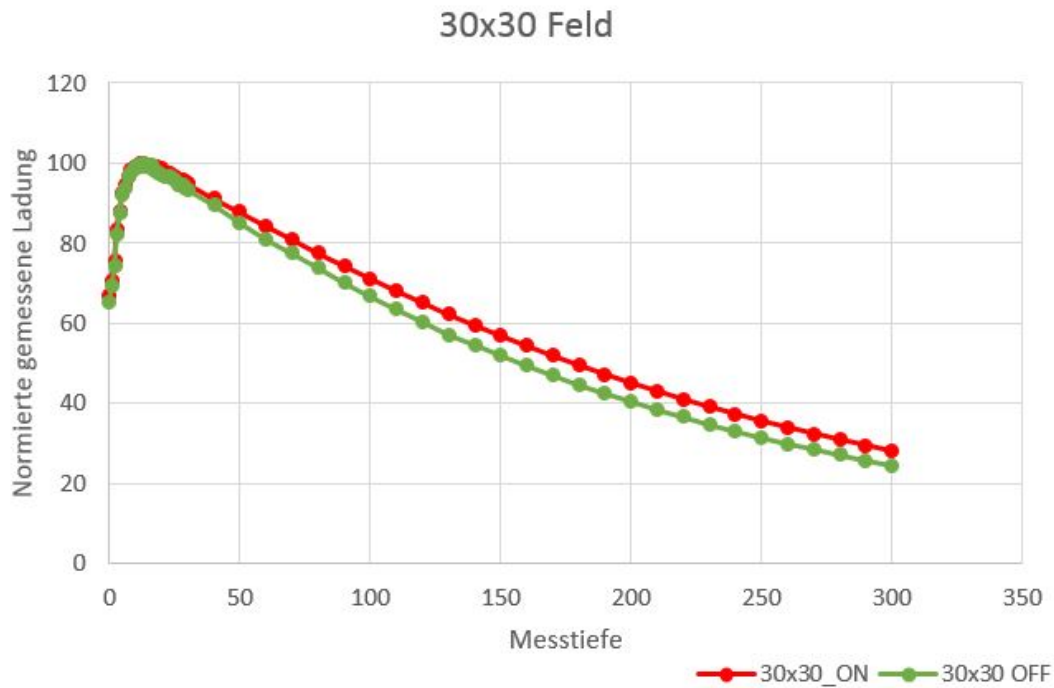


Abb. 3.4: Tiefendosisverläufe des 30x30 Feldes

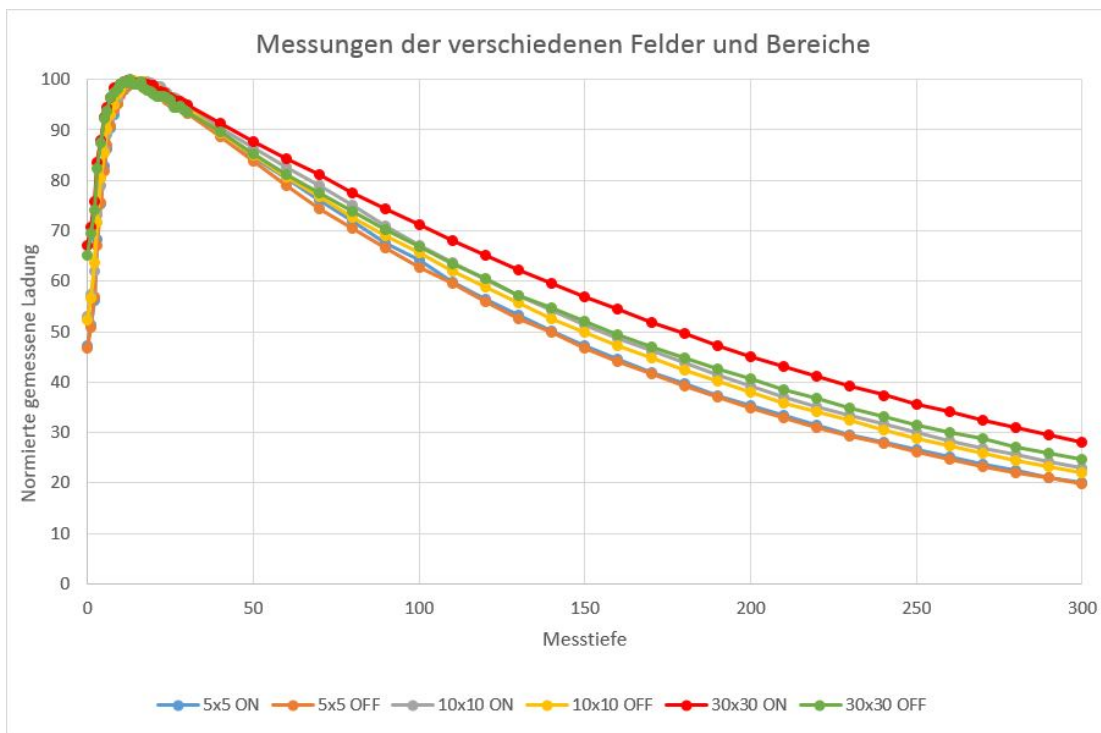


Abb. 3.5: Alle Tiefendosisverläufe

3.3 Auswertung

Zur Auswertung können folgende Aussagen getroffen werden:

- Bei einem größeren Feld (30x30) nimmt die gemessene Tiefendosiskurve langsamer ab, als bei den anderen beiden Feldern (siehe Abbildung 3.5). Dies ist dadurch zu erklären, dass beim größeren Feld (durch das Wegklappen der Blende) mehr Streustrahlung auftritt. Desto tiefer die Messung im Wasser vorgenommen wird, desto mehr Streustrahlung wird mit gemessen, da die Streustrahlung nicht isotrop ist, sondern in einem Kegel mit geringem Öffnungswinkel in Strahlrichtung verläuft.
- Bei einem größeren Feld (30x30) ist das gemessene Maximum innerhalb des Wassers in geringerer Tiefe als bei den anderen beiden Feldern. Dies ist vermutlich auf die Streustrahlung aus dem Strahlerkopf zurückzuführen. Diese besteht aus abgeschwächten Photonen und Elektronen, die innerhalb des Wassers eine kürzere freie Weglänge besitzen als die ungestreuten Photonen. Dies führt zu einem Maximum bei geringerer Tiefe.
- Die Kurven der Randstrahlung fallen stärker ab, als die des Zentralstrahls. Dieser Effekt ist dadurch zu erklären, dass die Strahlen am Rand des Spektrums energieärmer sind als die Photonen im Zentralstrahl. Dieser Energieunterschied lässt sich durch zwei Effekte erklären:
 1. Durch die Aufhärtung der Strahlung im Strahlerkopf durch den Ausgleichskörper
 → Dieser Ausgleichskörper ist im Zentralstrahl am stärksten und härtet dort die Strahlung stärker auf als die Strahlung am Feldrand, die durch eine geringere Stärke des Ausgleichkörpers gelaufen ist.
 2. Der Compton-Effekt führt zu einer Abschwächung der Photonenenergie
 → Größere Weglänge = stärkere Compton-Streuung = energieärmere Strahlung.
- Aufgrund letzterer beiden Effekte wird das Feld nicht mit gleicher Strahlungsintensität bestrahlt. Es wird versucht, eine gleichmäßig Intensität erst in 10 cm Tiefe zu erreichen. Hierfür muss das Feld an den Rändern stärker bestrahlt werden als im Bereich des Zentralstrahls. Dies führt wiederum dazu, dass die Messung am Rand (vor allem bei der 30x30 Messung) ein höheres Maximum erreicht als die Messung im Zentralstrahl. Werden die beiden Kurven der 30x30 Messung nicht normiert aufgetragen, schneiden sich die beiden Kurven tatsächlich in 10 cm Tiefe (Schnittpunkt der beiden 30x30 Kurven bei 100 mm in Abbildung 3.6) und es kann dort von einem annähernd homogen bestrahlten Feld ausgegangen werden.

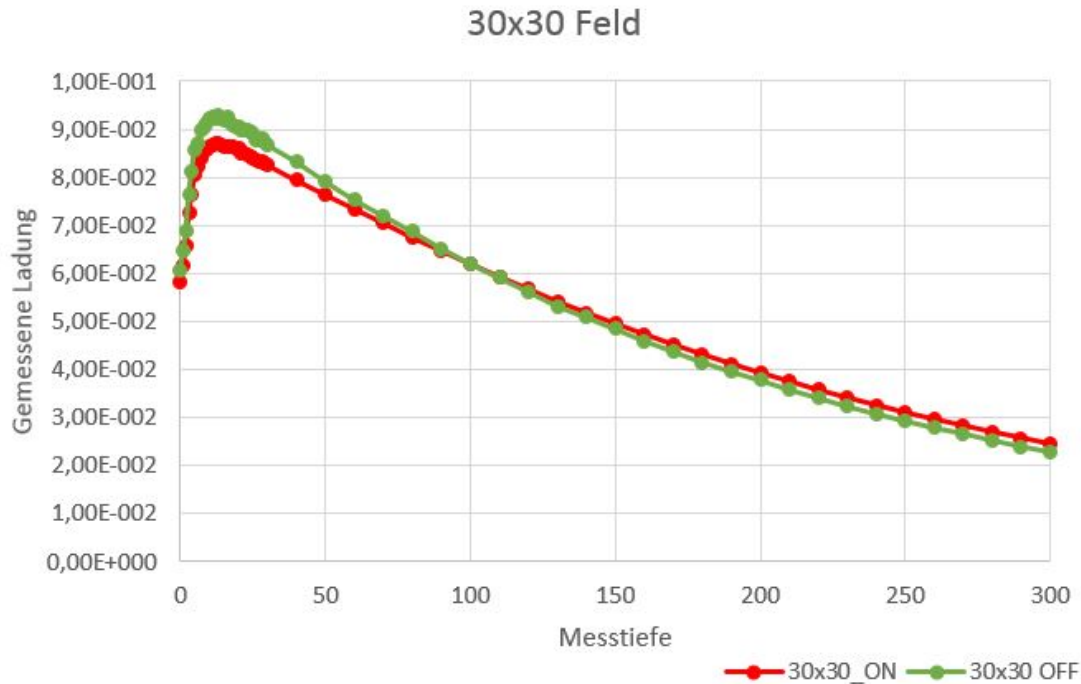


Abb. 3.6: Tiefendosisverläufe des 30x30 Feldes nicht normiert

3.4 Wissenswertes

Ein interessanter Effekt ist zudem die Veränderung des Energiespektrums der Photonenstrahlung durch die Wechselwirkung mit Materie. Durch den Effekt der Photoabsorption (der vermehrt bei niedrigeren Energien des Spektrums auftritt) werden Photonen mit niedrigeren Energien herausgefiltert; es kommt zur Aufhärtung des Energiespektrums. Außerdem bewirkt der Compton-Effekt, dass Strahlung an Teilchen gestreut wird und dabei die Energie der Strahlung abnimmt; es kommt zu einer Verschiebung des Energiespektrums hin zu niedrigeren Energien. Diese beiden Effekte heben sich in erster Näherung gegenseitig auf und führen zwar zu einer Abnahme der Strahlungsintensität, aber nicht zu einer Veränderung des Energiespektrums der Strahlung.