

Protokoll Dosimetrie

Messungen: Oberflächendosis, Streufaktoren, Linearität des Dosismonitorsystems

zum Praktikum vom 8. Dezember 2017

Von Rebecca Matthis

Inhaltsverzeichnis

1	Messung des Aufbaueffekts	2
1.1	Theorie.....	2
1.2	Messung	2
1.3	Auswertung	4
2	Messung des Strahlerkopf-Streufaktors	5
2.1	Theorie.....	5
2.2	Messung	7
2.3	Auswertung	8
3	Bestimmung der Pulsdosis	10
3.1	Theorie.....	10
3.2	Messung	10
4	Überprüfung der Linearität des Dosismonitorsystems.....	11
4.1	Theorie.....	11
4.2	Messung	11

1 Messung des Aufbaueffekts

1.1 Theorie

Ziel der Messung war, die Dosis direkt nach dem Eintritt in ein Material genauer zu bestimmen und die bisherigen TDV, gemessen mit einer Flex- oder Roos-Kammer, diesbezüglich zu korrigieren. In der Praxis sollte dieser „genauere“ TDV im Planungssystem gespeichert sein, da sonst die Oberflächendosis bei den Berechnungen stark überschätzt wird.

Diese Messung wurde mit einer Advanced-Markus-Kammer und den wasseräquivalenten RW3 Platten durchgeführt. Die Markus-Kammer ist eine Parallelplattenkammer mit einem dünnen Berylliumfenster als Eintrittsfenster. Um die Kammer ist ein Guard-Ring angebracht, dieser soll die seitlich einfallenden Elektronen abhalten. Nur mit einer speziellen Schutzkappe ist die Markus-Kammer wasserdicht, da wir bei der Messung ohne Schutzkappe gemessen haben, wurden die RW3 Platten als wasseräquivalentes Material gewählt. RW3 Platten werden zusammengesetzt aus Polystyrol und 2% Titandioxid (TiO_2), TiO_2 ist notwendig um nicht nur einen wasseräquivalente Elektronendichte, sondern auch eine möglichst wasseräquivalente Ordnungszahl zu erreichen.

Beim Vergleich der gemessenen TDV mit einer Flex- oder Roos-Kammer und einer Markus-Kammer muss beachtet werden, dass die Kammern nicht das gleiche Ansprechvermögen haben, und somit nicht direkt vergleichbar sind. Deshalb können nur die relativen Werte bezogen auf das Dosismaximum, welches bei beiden Kammern in gleicher Tiefe liegen sollte, verglichen werden.

Bei der folgenden Messung wurde die Dosis in RW3 Platten bis zur Tiefe des Dosismaximums gemessen, um später diesen Teil eines TDV, gemessen mit einer Flex-Kammer, ersetzen zu können.

1.2 Messung

Für die Messung wurde die Markus-Kammer in eine spezielle RW3 Kammerplatte eingesetzt. Zum Schutz wurden seitlich zwei 2 mm dicke Schutzplatten angebracht, sodass ein 2 mm breiter Luftspalt über der Kammer entsteht. Anschließend wurden in 2 mm Schritten weitere RW3 Platten aufgelegt, sodass eine zunehmende Wassertiefe simuliert werden konnte. Durch den Luftspalt zum Schutz der Kammer werden die Elektronen nicht stark beeinflusst, da der Luftspalt sehr klein ist, durchdringen sie ihn einfach in Vorwärtsrichtung.

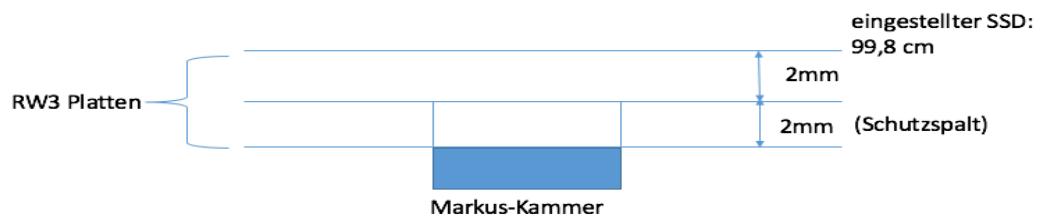


Abbildung 1: Versuchsaufbau

Einstellungen:

Markus-Kammer, Kammerspannung: 300V

SSD: 99,8

Beam MU1: 100; Beam MU2: 105

Messwerte:

Tiefe [mm]	Ladung [pC]
0	34,5
2	136,5
4	195
6	229,5
8	249,5
10	261
12	267,5
14	270
16	271
17	270
18	269,5

Für die Auswertung wurden die Werte auf 100% im Dosismaximum normiert und mit einem TDV, gemessen mit einer Flex-Kammer (SSD: 100cm), verglichen.

Beim Vergleich der absoluten Werte, wurde sowohl bei der Messung mit der Flex-Kammer, als auch bei der Messung mit der Markus-Kammer, das Dosismaximum bei einer Tiefe von 16 mm erreicht.

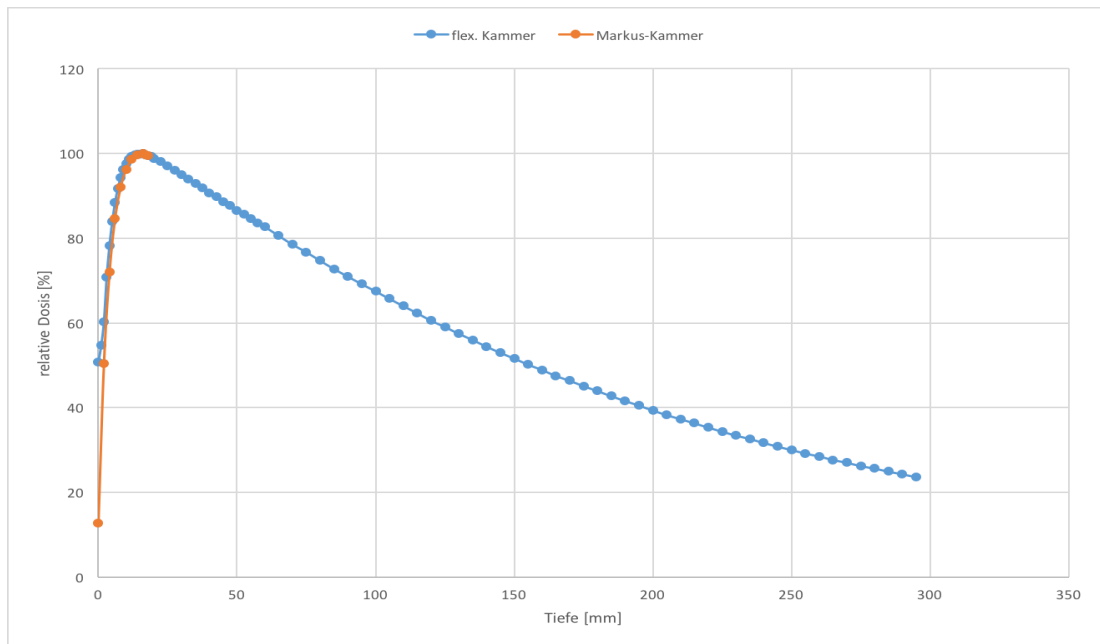


Abbildung 2: Vergleich TDV mit Flex- und Markus-Kammer

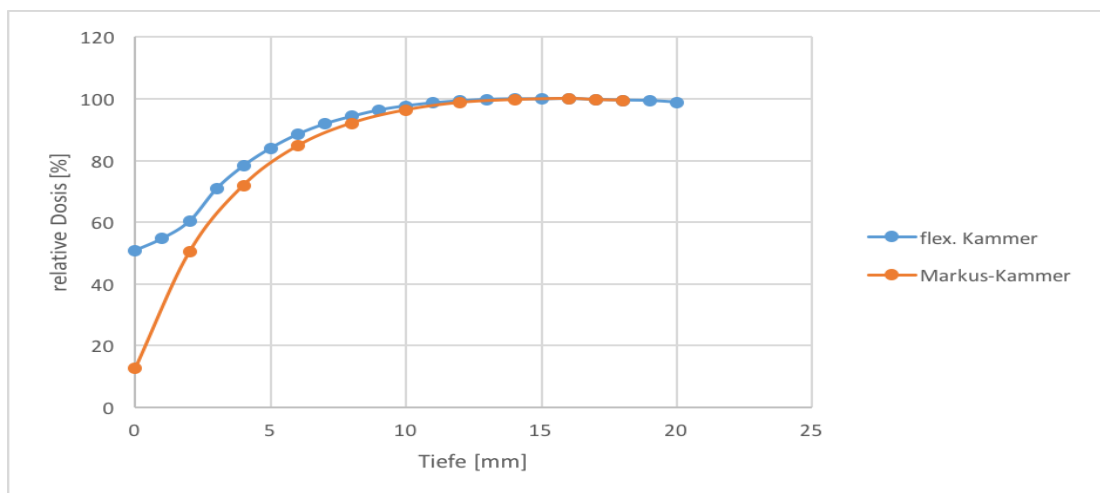


Abbildung 3: Vergleich TDV mit Flex- und Markus-Kammer (0-20 mm Tiefe)

1.3 Auswertung

In Abbildung 3 kann man deutlich erkennen, dass der TDV, gemessen mit der Markus-Kammer, bis zu einer Tiefe von ca. 10 mm, kleinere relative Dosen anzeigt, als der TDV, gemessen mit der Flex-Kammer. Direkt an der Oberfläche liegt die Differenz bei ca. 38%, aus diesem Grund sollte man diesen angepassten und genauer gemessenen TDV zur Berechnung der Patientendosis verwenden, da sonst die Hautdosis um ca. 38% überschätzt wird. In der Praxis ist es normalerweise von Vorteil, wenn die Hautdosis verringert werden kann, als Ausnahme gilt die Ganzkörperbestrahlung. Bei einer Ganzkörperbestrahlung wird davon ausgegangen, dass die Tumorzellen sich auch direkt in der Haut befinden, deshalb wird bei der Bestrahlung extra eine Plexiglasplatte in einem gewissen Abstand vom Patienten angebracht, um die Hautdosis zu erhöhen.

2 Messung des Strahlerkopf-Streufaktors

2.1 Theorie

Ein weiterer wichtiger Faktor, der bei Berechnungen der Dosis berücksichtigt werden sollte, ist die Streustrahlung. Man unterscheidet zwischen Phantom- und Strahlerkopfstreuung.

Das Ziel der folgenden Messung ist es den Strahlerkopf-Streufaktor zu bestimmen. Um diesen möglichst genau zu bestimmen, ist es wichtig, dass so wenig Phantomstreuung wie möglich auftritt. In unserer Messung messen wir daher im Wasserphantom ohne Wasser mit einer Flex-Kammer mit einer Aufbaukappe aus Plexiglas. Diese Aufbaukappe ist ca. 13-14 mm dick, mithilfe der Umrechnung 8,7 cm Plexiglas entsprechen ca. 10 cm Wassertiefe, ergibt sich durch die Aufbaukappe eine Wassertiefe von ca. 16 cm, was der Tiefe des Dosismaximums entspricht. Da der Strahlerkopf-Streufaktor, wie auch der Outputfaktor, auf den Wert 1 bei einer Feldgröße von 10x10 cm normiert wird, ergibt sich fast keine Abhängigkeit vom Fokus-Messpunkt-Abstand; üblicherweise wird er aber im Isozentrum berechnet. Bei unserer Messung wurde die Kammer im Zentralstrahl positioniert und die Laser wurden auf die Mitte der Kammer eingestellt. Um den Streufaktor auch für möglichst kleine Felder zu bestimmen wurde die Kammer senkrecht positioniert, sodass insgesamt der kleinere Durchmesser von Kammer und Kappe in der Ebene des Strahlenfeldes liegt.

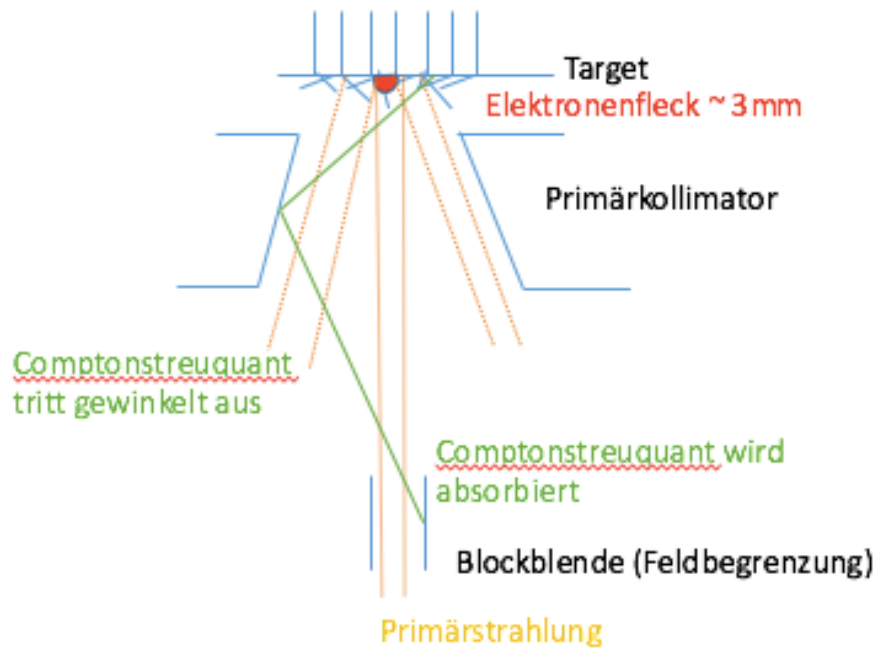
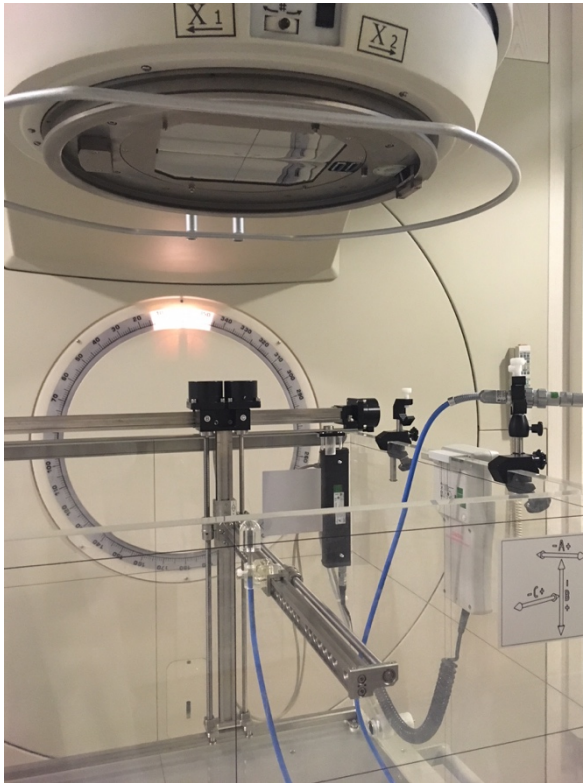


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Streuung im Strahlerkopf

In Abbildung 4 wird schematisch der Strahlengang im Strahlerkopf verdeutlicht. Der **Fokus der Elektronen** auf das Target hat einen Durchmesser von ca. 3 mm. Die Elektronen werden bei 6 MV im Target vollständig absorbiert. Die **Comptonstreuquanten**, die das Target verlassen, erstrecken sich über einen Durchmesser von ca. 10 mm und können sehr große Winkel gegenüber der Zentralachse haben und somit auf die Wand des Primärkollimators auftreffen. Durch diese Wechselwirkung mit dem Material des Primärkollimators kann auch Streustrahlung mit niedrigerer Energie, als die der Primärstrahlung, die im Target entsteht, entstehen. Auch die Abschattung des Fokus spielt speziell bei kleinen Feldern eine wichtige Rolle und beeinflusst den Strahlerkopf-Streufaktor. Bei der Abschattung des Fokus werden die äußeren Bereiche des Targets abgeschattet, die **Primärstrahlung** die aus den äußeren Bereichen des Targets austritt kann nicht direkt durch die Blockblenden durchgehen und somit auch nicht detektiert werden. Auch durch die Rückstreustrahlung in die Ionisationskammer im Strahlerkopf wird der Strahlerkopf-Streufaktor beeinflusst, denn dadurch schaltet das System etwas zu früh ab. Zusammenfassend kann man sagen, dass der Strahlerkopf-Streufaktor durch die Streustrahlung, die Abschattung des Fokus und die Rückstreuung beeinflusst wird.

2.2 Messung



Einstellungen:

Flex-Kammer 0,3 cm³ mit Plexiglas Aufbaukappe

Kammerspannung: 400V

Abbildung 5: Messaufbau zur Bestimmung des Strahlerkopf-Streufaktors

Messwerte:

Feldgröße cm ²	Ladung [nC]
1	10,04
4	13,58
9	13,96
16	14,16
25	14,26
36	14,42
64	14,63
100	14,78
144	14,93
225	15,07
400	15,28
625	15,39
900	15,47
1600	15,5
14400	14,41
14400	14,28

Die grauen Werte sind die Werte des 1x1 cm² und 2x2 cm² Feldes. Diese Feldgrößen waren zu klein für unseren Messaufbau, da sie kleiner waren als die Ionisationskammer mit Aufbaukappe.

Um den Strahlerkopf-Streufaktor bestimmen zu können und die Phantomstreuung auszuschließen, muss die das komplette Phantom, hier die komplette Ionisationskammer, ab der 1. Messung im Strahlenfeld liegen und bestrahlt werden. Der Anstieg vom ersten zum zweiten Wert in der Tabelle kommt daher im Wesentlichen durch die Zunahme der Phantomstreuung und erst die Werte ab einer Feldgröße von 9 cm² können zur Berechnung des Strahlerkopf-Streufaktors verwendet werden.

Wie auch bei der Messung des bereits ermittelte Outputfaktors, wurden die Werte für die Auswertung normiert, sodass der Strahlerkopf-Streufaktor bei einer Feldgröße von 100 cm² dem Wert 1 entspricht.

2.3 Auswertung

Für die Auswertung wurden die Werte des in einem früheren Praktikum bestimmten Outputfaktors hinzugezogen. Der Outputfaktor wurde bei den gleichen Feldgrößen wie der Strahlerkopf-Streufaktor bestimmt.

Verwendete Formeln: $T = S \times P \rightarrow P = T/S$

T: Outputfaktor

S: Strahlerkopf-Streufaktor

P: Phantomstreufaktor

Mithilfe der Formeln konnte auch der Faktor für die Phantomstreuung bestimmt werden. Alle drei Faktoren wurden jeweils normiert auf den Wert 1 bei einer Feldgröße von 10x10 cm² und in Abhängigkeit der Feldgröße in einem Diagramm dargestellt.

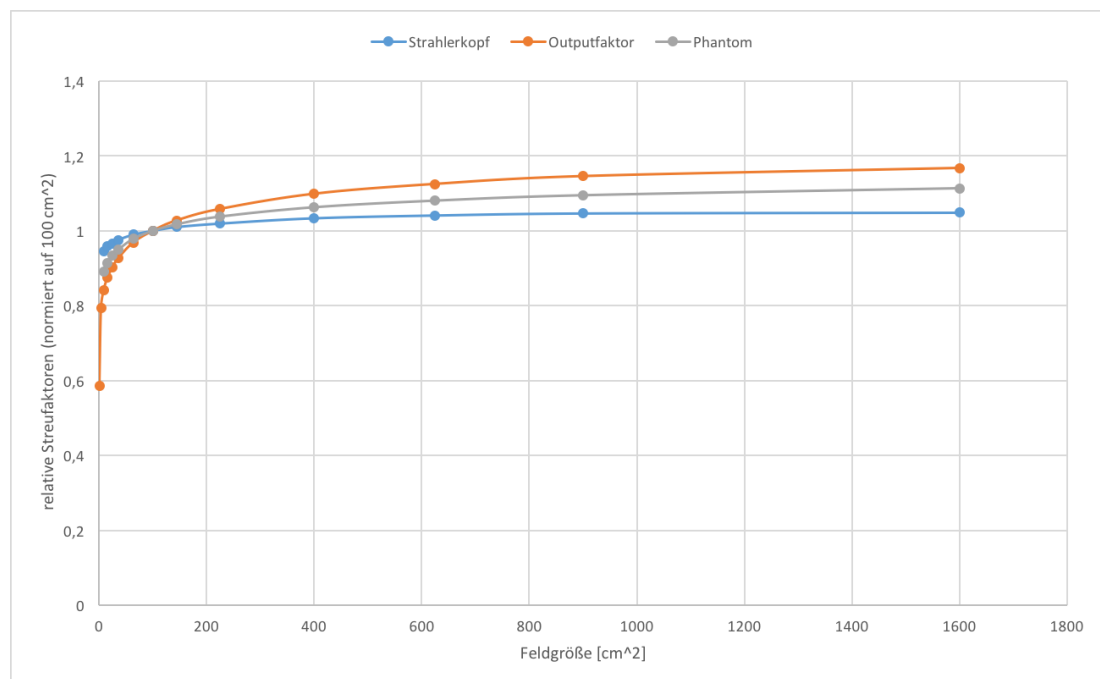


Abbildung 6: Streufaktoren in Abhängigkeit der Feldgröße

In Abbildung 6 kann man erkennen, dass bis zu einer Feldgröße von ca. 100 cm² die Strahlerkopfstrahlung etwas größer ist als die Phantomstrahlung. Danach ändern sich die Werte der einzelnen Faktoren nur noch geringfügig und die Phantomstrahlung ist etwas größer als die Strahlerkopfstrahlung.

Der Output- und Strahlerkopf-Streufaktor wurde jeweils auch für die Feldgrößen $3 \times 40 \text{ cm}^2$ und $40 \times 3 \text{ cm}^2$ bestimmt.

Feldgröße	Strahlerkopf-Streufaktor	Phantom-Streufaktor	Outputfaktor
$3 \times 40 \text{ cm}^2$	0,975	0,939	0,913
$40 \times 3 \text{ cm}^2$	0,966	0,938	0,906

Man kann erkennen, dass die jeweiligen Werte bei einer Feldgröße von $3 \times 40 \text{ cm}^2$ etwas höher sind. Ursache hierfür ist der größere Rückstreubeitrag in die Ionisationskammer bei einer kleineren Blendenöffnung.

In der Praxis ist es sehr schwer diese Streufaktoren für Feldgrößen kleiner als $3 \times 3 \text{ cm}^2$ zu ermitteln. Möglichkeiten zur Ermittlung wären Messungen mit einer Messingkappe oder einer Kappe aus einem anderen Material mit höherer Ordnungszahl oder Messungen mit Filmen.

3 Bestimmung der Pulsdosis

3.1 Theorie

Um eine Sättigungskorrektur durchführen zu können benötigt man den Wert der Pulsdosis. Bei unserer Messung haben wir zunächst mithilfe eines Oszilloskops die Pulsfrequenz bestimmt und anschließend mit den gemessenen Ladungen bei 100 MU und 60 s, die Dosis pro Puls bestimmt.

3.2 Messung

An die horizontale Ablenkung des Oszilloskops wurde eine Sägezahnspannung angelegt und an die vertikale Ablenkung das Signal für den Magnetstrom (MI). Zusätzlich wurde auf ein ansteigendes Signal getriggert, sodass insgesamt ein stehendes Bild auf dem Bildschirm des Oszilloskops angezeigt wurde und die Pulsfrequenz abgelesen werden konnte. Anschließend wurden im Wasserphantom mit einer flexiblen Kammer die Werte beim Bestrahlen mit 100 MU und beim Durchstrahlen von 60 s gemessen. Durch nachfolgende Berechnung konnte so am Ende die Dosis pro Puls berechnet werden:

Abstand Puls zu Puls: 5 Kästchen auf dem Oszilloskop

1 Kästchen entspricht 0,5 ms

$0,5 \times 5 = 2,5 \text{ ms} \approx 400 \text{ Hz} \rightarrow 400 \text{ Pulse pro s}$

Wasserphantom: 10 cm Tiefe, SSD: 100 cm, Kammerspannung ($0,3 \text{ cm}^3$): 400V

100 MU: 10,17 nC entsprechen 1 Gy

durchstrahlen 60 s: 32,82 nC

$32,82 \text{ nC} / 10,17 \text{ nC} = 3,22 \text{ Gy/min} \rightarrow 0,053 \text{ Gy/s}$

Dosis pro Puls: $0,053 \text{ Gy/s} / 400 \text{ 1/s} = 0,13 \text{ mGy}$

Mit diesem Wert lässt sich nun nach DIN 6800-2 der Korrektionsfaktor für die Sättigung k_s berechnen.

4 Überprüfung der Linearität des Dosismonitorsystems

4.1 Theorie

Um die Linearität des Dosismonitorsystems zu überprüfen werden bestimmte MU abgestrahlt und die dazugehörigen absoluten Werte gemessen.

4.2 Messung

MU	Ladung [pC]	Dosis/MU
1	103	103
2	205,5	102,75
3	308	102,666667
4	408,5	102,125
6	613	102,166667
8	817	102,125
10	1020	102
20	2038	101,9
50	5094	101,88
70	7137	101,957143
100	10190	101,9

Für die Auswertung wurden die gemessenen Ladungen jeweils in Dosis pro 1 MU umgerechnet.

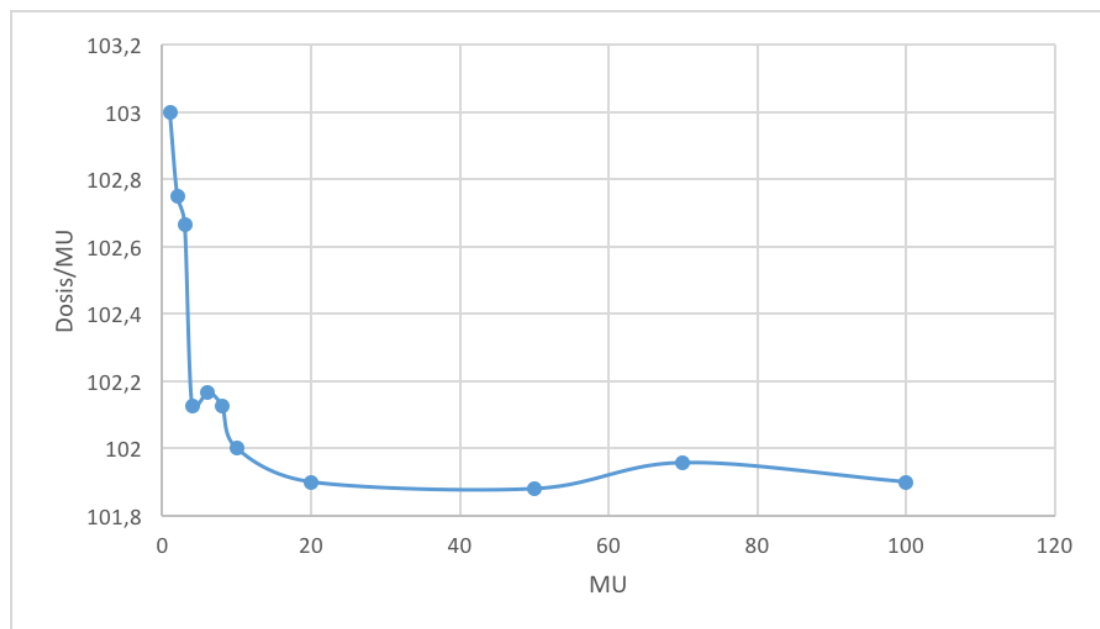


Abbildung 7: Linearität des Dosismonitorsystems

In Abbildung 7 erkennt man, dass bei 1-4 MU die Linearität des Dosismonitorsystems noch sehr schwankt. Ab 8 MU kann man sehen, dass die Werte sich einpendeln und somit eine Linearität des Dosismonitorsystems gewährleistet werden kann. Die Werte schwanken maximal um 0,245 pC/MU.