

# Protokoll Dosimetrie

Zum Praktikum vom 02.12.2016

von Eric Neuhaus

Abgabedatum: 07.12.2016

# Inhaltsverzeichnis

|                 |                                                  |                 |
|-----------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| <b><u>1</u></b> | <b><u>VORWORT</u></b>                            | <b><u>2</u></b> |
| <b><u>2</u></b> | <b><u>KORREKTIONSFAKTOREN</u></b>                | <b><u>2</u></b> |
| <b>2.1</b>      | <b>WISSENSWERTES ZUR KALIBRIERUNG</b>            | <b>2</b>        |
| <b>2.2</b>      | <b>LUFTDRUCK</b>                                 | <b>2</b>        |
| <b>2.3</b>      | <b>SÄTTIGUNG</b>                                 | <b>2</b>        |
| <b>2.4</b>      | <b>POLARITÄT</b>                                 | <b>2</b>        |
| <b>2.5</b>      | <b>STRAHLUNGSQUALITÄT</b>                        | <b>3</b>        |
| <b><u>3</u></b> | <b><u>ELEKTRONEN</u></b>                         | <b><u>3</u></b> |
| <b>3.1</b>      | <b>AUFSTREUEFFEKT</b>                            | <b>3</b>        |
| <b>3.2</b>      | <b>TIEFENDOSISVERTEILUNG VON ELEKTRONEN</b>      | <b>4</b>        |
| <b>3.3</b>      | <b>REFERENZTIEFE <math>z_{\text{REF}}</math></b> | <b>4</b>        |
| <b><u>4</u></b> | <b><u>DOSISQUERPROFILE UND VOLUMENEFFEKT</u></b> | <b><u>5</u></b> |
| <b><u>5</u></b> | <b><u>MESSTECHNISCHE KONTROLLE</u></b>           | <b><u>6</u></b> |
| <b><u>6</u></b> | <b><u>FELDGRÖÖE</u></b>                          | <b><u>6</u></b> |
| <b><u>7</u></b> | <b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b>               | <b><u>6</u></b> |

## 1 Vorwort

Das vorliegende Protokoll beinhaltet die während des Termins vom 02.12.2016 genannten Ergänzungen und Erklärungen zur DIN 6800-2 und darüber hinaus. Inhaltlich orientieren sich die Kapitel also an dieser Norm und sind am verständlichsten, wenn die DIN 6800-2 zur Hand genommen wird.

## 2 Korrektionsfaktoren

Wichtig ist es, zwischen einer Korrektur und einer Korrektion von Messwerten zu unterscheiden. Eine Korrektur beschreibt Maßnahmen zur Beseitigung eines erkannten Fehlers.<sup>1</sup> Eine Korrektion hingegen ist definiert als Ausgleich eines unberichtigten Messwerts in Bezug auf bestimmbare systematische Messabweichungen.<sup>1</sup>

Gibt ein Messgerät eine bereits korrigierte Anzeige aus, so ist es häufig schwierig zurückzuverfolgen, welche Korrektionsfaktoren bereits eingerechnet wurden. Dies kann zu Fehlern führen, wenn Korrektionsfaktoren unberücksichtigt oder mehrfach berücksichtigt werden.

### 2.1 Wissenswertes zur Kalibrierung

Bei Kalibrationsmessungen herrschen im Kalibrierlabor selbst auch keine Bezugsbedingungen für Temperatur und Luftdruck – demnach werden auch hier schon Korrektionsfaktoren zur Umrechnung auf Bezugsbedingungen verwendet.

### 2.2 Luftdruck

Bei der Ermittlung des Luftdrucks über ein Barometer ist zu beachten, dass manche Barometer den umgerechneten Luftdruck auf Meereshöhe anzeigen, ebenso wie Internetquellen den Luftdruck häufig auch auf Meereshöhe angeben. Es muss also auf die Höhe, auf der die Messung stattfindet, umgerechnet werden.

Geeichte Barometer müssen alle 2 Jahre erneut zur Eichung vorgeführt werden. Außerdem sind viele Barometer temperaturabhängig.

### 2.3 Sättigung

Das Ausmaß von unvollständiger Sättigung durch Rekombination bei Ionisationskammern weist in der Regel keine Exemplarstreuung innerhalb einer Baureihe auf. Der Wert für  $k_s$  ist jedoch wegen der Abhängigkeit von der Dosisleistung abstands- und damit tiefenabhängig, was in der Praxis jedoch vernachlässigt wird.

### 2.4 Polarität

Die Polaritätskorrektion bei Ionisationskammern weist in der Regel auch keine Exemplarstreuung innerhalb einer Baureihe auf. Der Wert für  $k_p$  ist jedoch spektrumsabhängig und zudem tiefenabhängig bei Elektronen. Der Nenner der Formel zur Berechnung des Korrektionsfaktors für die Polarität der Kammeranspannung  $(\frac{M_1+M_2}{M_1})_{\text{Kal}}$  muss im Normalfall selbst bestimmt werden. Dies wird bei der geringsten Photonenenergie des Linacs durchgeführt, wenn keine Co-60 Gammastrahlung zur Verfügung steht.

## 2.5 Strahlungsqualität

Der Begriff Strahlungsqualität umfasst zum einen die Strahlenart (Photonen, Elektronen, Ionen, o.ä.) und zum anderen die spektrale Energieverteilung der jeweiligen Strahlenart. Der Strahlungsqualitätsindex  $Q$  ist nur bei hochenergetischer Photonenstrahlung anzuwenden, die nicht monoenergetisch (Röntgenspektrum) ist. Kleine Variationen bezüglich des Parameters  $Q$  führen nur zu geringfügigen Änderungen des Korrekturfaktors  $k_{Q,M}$ .

## 3 Elektronen

### 3.1 Aufstreueffekt

Wechselwirkungen von Elektronen mit Materie gehen mit einer Streuung der Elektronen einher. Dabei verändert sich also die Bewegungsrichtung der Elektronen – ein Elektronenstrahlbündel wird aufgestreut (siehe Abb. 1). Die Stärke der Streuung steigt mit Ordnungszahl und Dichte des Absorbers und fällt mit zunehmender Elektronenenergie.

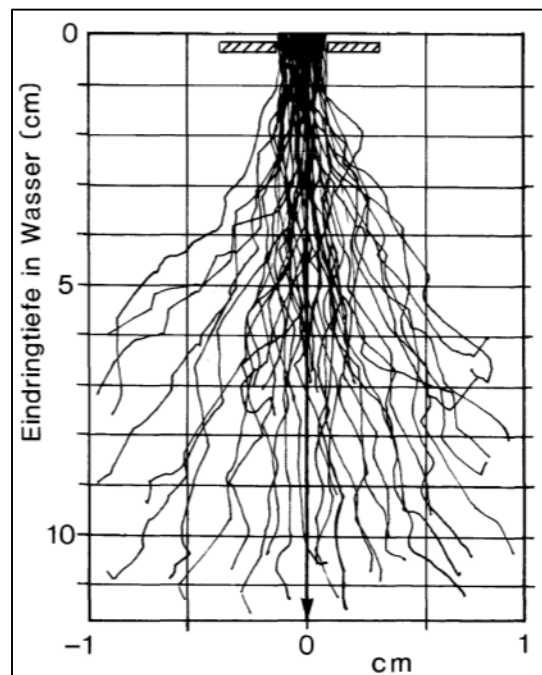


Abbildung 1: Aufstreuung von Elektronen<sup>2</sup>

### 3.2 Tiefendosisverteilung von Elektronen

Da bei Elektronen die Energieabgabe pro Wegstrecke (bis zu Energien ca. 1 MeV herunter) ungefähr konstant ist, wird in tieferen Schichten mehr Energie deponiert, da schräg verlaufende Elektronen hier größere Wegstrecken in einer Schicht zurücklegen. Somit ist aufgrund des Aufstreuungseffekts das Tiefendosismaximum von Elektronen nicht an der Oberfläche, sondern in der Tiefe (Abb. 2 – 1. Abschnitt). Elektronen besitzen eine Reichweite, die praktische Reichweite genannt wird. In dieser Tiefe hat der Großteil der Elektronen seine Energie an das Umgebungsmaterial abgegeben (Abb. 2 – 2. Abschnitt). Nach diesem Bereich trägt in erster Linie noch ein Untergrund von der durch die Elektronen erzeugten Bremsstrahlung zur Dosis bei (Abb. 2 – 3. Abschnitt). Bei kleineren Feldern wird der Aufstreuungseffekt von dem Ausstreuen der Elektronen aus dem kleinen Feld überkompensiert. Das Tiefendosismaximum ist zur Oberfläche hin verschoben.

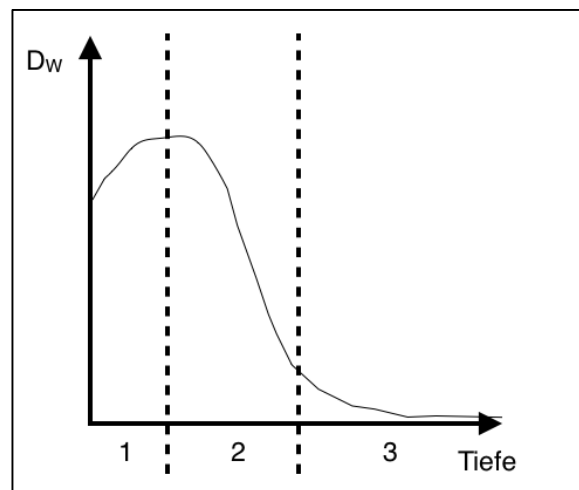


Abbildung 2: Tiefendosisverlauf Elektronen

### 3.3 Referenztiefe $z_{ref}$

Nach DIN 6800-2 erfolgt die Dosismessung mit Ionisationskammern bei hochenergetischer Elektronenstrahlung unter Referenzbedingungen in der Referenztiefe  $z_{ref}$ . Die Referenztiefe hängt von der Halbwerttiefe  $R_{50}$  und damit von der Energie der Elektronen nach  $z_{ref} = 0,6R_{50} - 0,1 \text{ cm}$  ab. Bei niedrigen Elektronenenergien befindet sich die Referenztiefe ungefähr in der Tiefe des Dosismaximums.

In der Tiefe  $z_{ref}$  zeigen der Großteil der sich im Einsatz befindlichen Linac-Typen ähnliche Eigenschaften, hier ist  $k_{E,M}$  mit der geringsten Messunsicherheit bekannt. In der Referenztiefe wird somit auch die Kalibrierung des Monitors durchgeführt.

In  $z_{ref}$  gemessene Absolutdosen können über den relativen Tiefendosisverlauf in Dosen unterschiedlicher Tiefen umgerechnet werden. Dies findet z.B. darin Anwendung, dass aus ärztlicher Sicht die Dosis im Dosismaximum von größerem Interesse ist. Messungen mit dem gleichen Detektor liefern in jeweils allen Tiefen die gleichen Dosiswerte unabhängig von der Tiefe, in der die Dosismonitorkalibrierung vorgenommen wurde.

Wird der relative Tiefendosisverlauf mit einem energieabhängigen Detektor aufgenommen, dann muss die Absolutdosis in  $z_{ref}$  gemessen werden. Hieraus ergeben sich für andere Tiefen auch andere, genauere Werte für die Dosis, da  $k_{E,M}$  eine geringere Unsicherheit hat als  $k_{NR,E}$ . Mit einem energieunabhängigen Detektor benötigt man kein  $k_{NR,E}$  und dann entfällt die größere Unsicherheit.

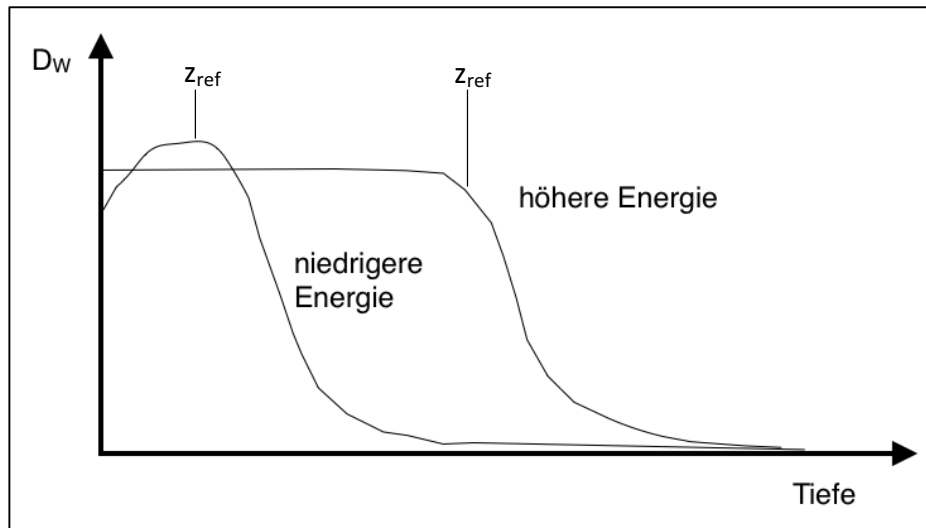


Abbildung 3: Tiefendosisverläufe und Referenztiefen von Elektronen unterschiedlicher Energie

## 4 Dosisquerprofile und Volumeneffekt

Bei der Messung von Dosisquerprofilen mit Ionisationskammern ergibt sich eine Abweichung des Dosisquerprofils von dem wahren Wert. Diese Diskrepanz ist auf den Volumeneffekt zurückzuführen, also die Tatsache, dass eine Ionisationskammer nicht als unendlich kleiner Punkt angesehen werden kann, sondern eine gewisse räumliche Ausdehnung besitzt.

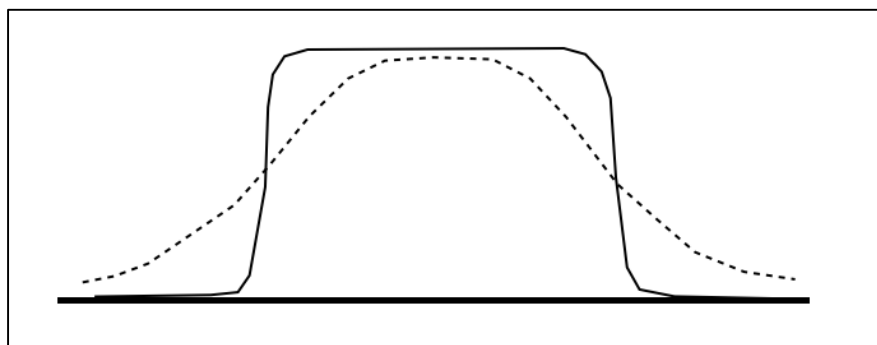


Abbildung 4: Wahres Dosisquerprofil (durchgezogen) und gemessenes Dosisquerprofil bei Berücksichtigung des Volumeneffektes (gestrichelt)

Wird eine unendlich kleine Kammer seitlich unter einem Nadelstrahl hindurchbewegt, so ergibt sich als Dosisquerprofil eine Deltafunktion (Peak). Die entspräche auch der wahren örtlichen Dosisverteilung. Bei realen Ionisationskammern mit größerem Volumen würde sich als Dosisquerprofil eine Gauß-Kurve ergeben.

Mittels Diamant-Detektoren, deren empfindliche Schicht sehr dünn ist, kann man nahezu die wahren Dosisquerprofile wiedergeben. Diamant-Detektoren sind jedoch stark dosisleistungsabhängig.

## 5 Messtechnische Kontrolle

Die Messtechnische Kontrolle sollte ca. alle 2 Jahre und immer vor erster Inbetriebnahme einer Strahlentherapieeinrichtung erfolgen. Hierbei werden hauseigene Messmittel mit Messmitteln der zuständigen Stelle auf ihre Messgenauigkeit geprüft. Bei Abweichungen vom Sollwert ergeben sich, je nach Schwere, folgende Konsequenzen:

- $\pm 3 \%$   $\rightarrow$  Kategorie A (erlaubt)
- $\pm 3 - 5 \%$   $\rightarrow$  Kategorie B (gemeinsame Ursachenforschung)
- $> 5 \%$   $\rightarrow$  Kategorie C (Stilllegung des Dosimeters bzw. der gesamten Strahlentherapie, evtl. Meldung bei der Behörde)

Alternativ zu gemeinsamen Messungen mit der zuständigen Stelle vor Ort gibt es auch die Möglichkeit der Messung mit TLDs, die dann der zuständigen Stelle zugesandt werden.

## 6 Feldgröße

Die Angaben der Feldgrößen (z.B. 10 cm x 10 cm) sind auf das Isozentrum bezogen. Einmal jährlich muss eine Blendenkalibrierung erfolgen, um Abweichungen bei den Feldgrößen, die eingestellt sind, zu vermeiden. Es ist jedoch nicht möglich, für jede Feldgröße die Einstellung gleichermaßen präzise vorzunehmen. Aus diesem Grund wird bei der Kalibrierung den kleineren Feldgrößen eine höhere Genauigkeit zugesprochen, da diese häufiger Verwendung finden.

## 7 Literaturverzeichnis

- 1: <http://www.din.de/de/service-fuer-anwender/din-term> Abgerufen am: 05.12.2016 15:00
- 2: Hanno Krieger: Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes, Springer Spektrum, 4. Auflage, S. 284