

Computerpraktikum: Angewandte Protonentherapie

## **Abschlussprojekt**

Philipp Zolthoff  
philipp.zolthoff@tu-dortmund.de

Tobias Cremer  
tobias.cremer@tu-dortmund.de

22. August 2023

TU Dortmund – Fakultät Physik

## Inhaltsverzeichnis

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| <b>1 Aufgabe 1</b>         | <b>3</b> |
| 1.1 Aufgabe 1 a) . . . . . | 3        |
| 1.2 Aufgabe 1 b) . . . . . | 3        |
| <b>2 Aufgabe 2</b>         | <b>5</b> |
| 2.1 Aufgabe 2 a) . . . . . | 5        |
| 2.2 Aufgabe 2 b) . . . . . | 6        |
| <b>Appendices</b>          | <b>7</b> |

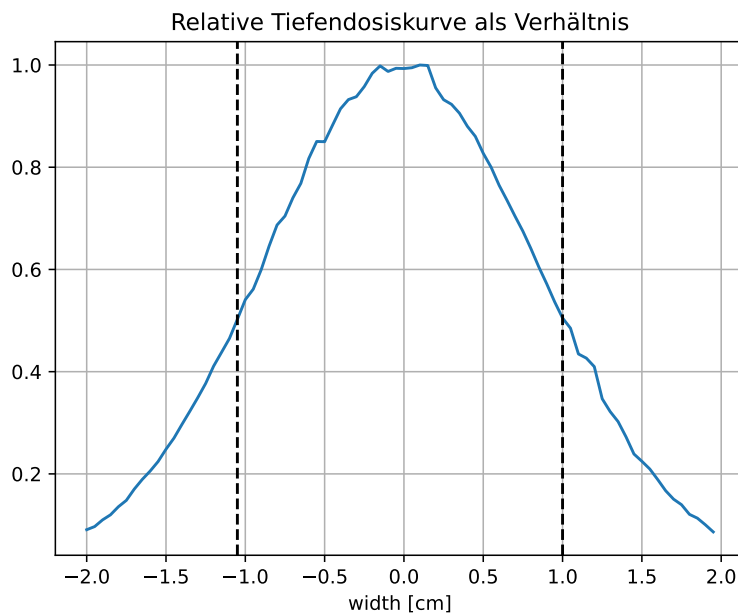
# 1 Aufgabe 1

## 1.1 Aufgabe 1 a)

Die initiale Spotbreite des Protonenstrahls bestimmt sich aus der „FWHM“ gröÙe, die durch python Methoden abgelesen werden kann. Hierfür wurde eine Maske erstellt mit einer Epsilonumgebung von 0.01 und

```
eps = 0.01
mask1 = np.asarray(task1[:,3] > 0.5-eps)
mask2 = np.asarray(task1[:,3] < 0.5+eps).
```

Die gefunden boolean Werte werden anschließend auf den gegebenen Array angewandt wobei die Resultate bei  $-1.05$  und  $1.0$  eine Spotbreite von  $2,05$  cm geben.

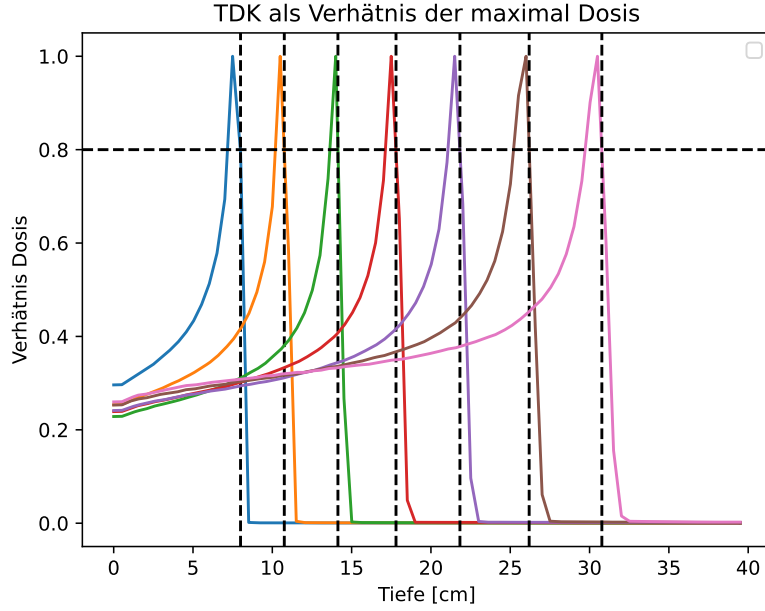


## 1.2 Aufgabe 1 b)

Um die Energien zu bestimmen wird als maßgebliche KenngröÙe der  $R_{80}$  genommen, die Reichweite der Protonen im Medium bei einer Dosis von 80% der maximal Dosis. Gegeben der Datensätze sind die genauen werte bei  $0.8D_{max}$  nicht aufgeführt wodurch zwischen den vorhandenen Werten interpoliert werden muss. Hierzu werden zwischen je zwei Werten jeweils 150 leere Zeilen, „NaN“ Einträge eingefügt und diese anschließend mit einer „pandas“ Methode interpoliert. Eine Maske

```
mask1 = np.asarray(df[i][:,3]/np.max(df[i][:,3]) > 0.8-eps)
```

werden alle werte über 0.8, in einer Epsilonumgebung, gefiltert und der zuletzt gefundene Wert ausgegeben.



Mit dem Zusammenhang

$$\sigma \approx 0.012 \left( \frac{R_0}{cm} \right)^{0.935} \quad (1)$$

findet sich so ein Fehler auf die Reichweite mit der dann wiederum durch

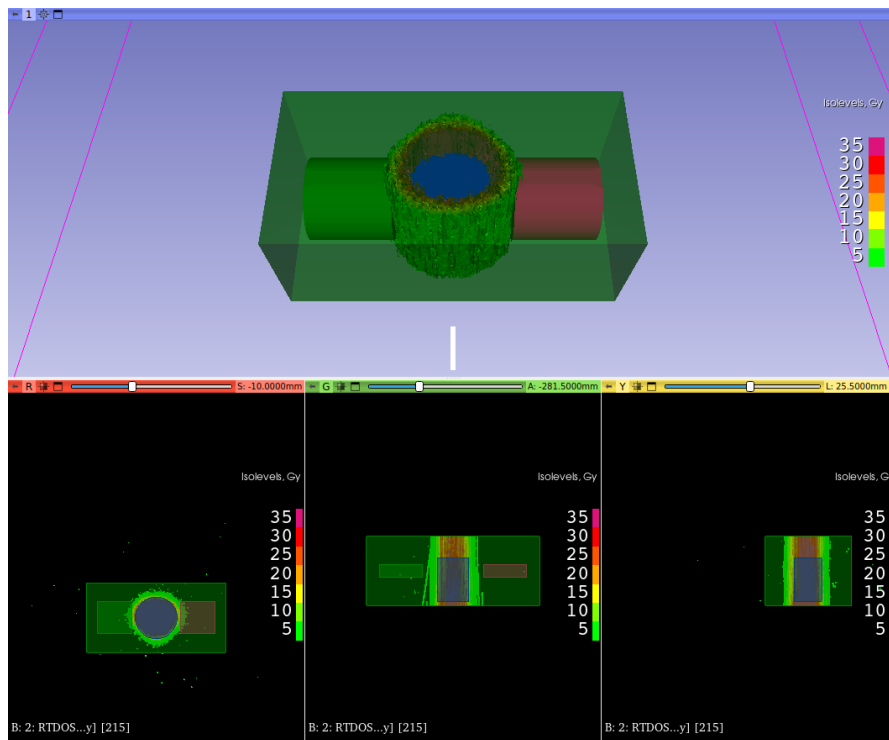
$$E = \left( \frac{R_0}{0.0022} \right)^{1/1.77} \quad (2)$$

Die Energien, mitsamt Breite, berechnet werden können. Alle Resultate mitsamt Energiebreiten sind dem Appendix zu entnehmen 2.2.

## 2 Aufgabe 2

### 2.1 Aufgabe 2 a)

Um den gegebenen CT Datensatz zu bestrahlen wir ein Protonenstrahl mit einer Energie von 150MeV gewählt. Die Grundlegenden Einstellungen, bzw Parameter werden aus der Aufgabe 1 kopiert und können der beiliegenden *.txt* Datei entnommen werden. Um der „Pencil Beam Scanning Methode“ gerecht zu werden, wird der Strahl in 8 Zeitschritten konzentrisch um den Mittelpunkt des CTV Zylinders um die Z-Achse verschoben. Hierbei wird darauf geachtet, innerhalb des Zylinders zu agieren um die umliegenden OAR nicht unnötiger Strahlung, bei homogener Dosis im CTV, auszusetzen. Mit dem Simulationswerkzeug von „TOPAS“ werden so mehrer Protonen an entsprechender



**Abbildung 1:** Abgebildet sind die Isodosenlinien eines CT Datensatz bei einer Bestrahlung mit einem Protonenstrahl in der Pencil Beam Scanning Methode.

Stelle simuliert wobei die Teilchenanzahl in einer Größenordnung von insgesamt  $10^7$  liegt. So werden statistische Fehler minimiert. Die deponierte Dosis kann in „Slicer3D“ ausgelesen, und anschließend durch DICOM manipulation durch den Tag (3004,000E) auf die gewünschten 60Gy skaliert werden. Durch Hinzufügen des Tags (3004, 0002) kann wahlweise noch die Information „Gy“ beigegeben werden.

## 2.2 Aufgabe 2 b)

Der Abbildung 2 ist eine mittlere Dosis von  $60\text{Gy}$  zu entnehmen. Die Grafik ?? verdeutlicht zudem die Unterschreitung der Richtlinie von einer maximal Dosis  $50\text{Gy}$  und  $D_{10\%} < 15\text{Gy}$ . Von diesen Richtlinien jedoch abgesehen würde sich die Behandlung bei einem

| Structure    | Volume name                   | Volume (cc) | Mean dose (Gy) | Min dose (Gy) | Max dose (Gy) | V60 (%) | D95% (Gy)  |
|--------------|-------------------------------|-------------|----------------|---------------|---------------|---------|------------|
| CTV_Zylinder | 2: RTDOSE: DoseCTV [Gy] [215] | 143.226     | 60             | 6.74273       | 173.404       | 42.5714 | 20.202     |
| OAR1         | 2: RTDOSE: DoseCTV [Gy] [215] | 97.684      | 0.252056       | 0             | 15.7068       | 0       | 0.00556332 |
| OAR2         | 2: RTDOSE: DoseCTV [Gy] [215] | 97.684      | 0.204581       | 0             | 14.7848       | 0       | 0.00551147 |
| External     | 2: RTDOSE: DoseCTV [Gy] [215] | 1614.4      | 8.90779        | 0             | 177.839       | 5.68912 | 0.00669144 |

**Abbildung 2:** Abgebildet sind ausgelesene Dosisinformationen von der Anwendung „Slicer3D“ über die Bestrahlung eines CT Datensatzes.

Patienten nicht durchsetzen können. Die maximale Dosis, abgelesen in 2 würde zu einer direkten Nekrose führen und der Heilungsprozess wäre maßgeblich eingeschränkt. Zu dem werden lediglich  $\approx 42\%$  mit  $60\text{Gy}$  abgedeckt, was in einem klinischen Standart über  $95\%$  liegen sollte.

# Appendices

R80 for TDK1: 7.996688741721854  
-> resulting in an Energy of : 102.70104559318608  
-> Error Range: 8.00+/-0.08  
-> Error Energy: 102.7+/-0.6  
-> relative Energy: 1.1845374965156918 %

R80 for TDK2: 10.754966887417218  
-> resulting in an Energy of : 121.41884571641383  
-> Error Range: 10.75+/-0.11  
-> Error Energy: 121.4+/-0.7  
-> relative Energy: 1.1619391510050547 %

R80 for TDK3: 14.135761589403973  
-> resulting in an Energy of : 141.6948195065084  
-> Error Range: 14.14+/-0.14  
-> Error Energy: 141.7+/-0.8  
-> relative Energy: 1.1414771614053059 %

R80 for TDK4: 17.79801324503311  
-> resulting in an Energy of : 161.39151682095616  
-> Error Range: 17.80+/-0.18  
-> Error Energy: 161.4+/-0.9  
-> relative Energy: 1.1245113058198264 %

R80 for TDK5: 21.827814569536425  
-> resulting in an Energy of : 181.11694407664427  
-> Error Range: 21.83+/-0.21  
-> Error Energy: 181.1+/-1.0  
-> relative Energy: 1.1096916259245062 %

R80 for TDK6: 26.192052980132452  
-> resulting in an Energy of : 200.76215169734326  
-> Error Range: 26.19+/-0.25  
-> Error Energy: 200.8+/-1.1  
-> relative Energy: 1.09662200235949 %

R80 for TDK7: 30.774834437086092  
-> resulting in an Energy of : 219.9098376025187  
-> Error Range: 30.77+/-0.30  
-> Error Energy: 219.9+/-1.2  
-> relative Energy: 1.0851886759623235 %