

Computerpraktikum: Angewandte Protonentherapie

Abschlussprojekt

Philipp Zolthoff
philipp.zolthoff@tu-dortmund.de

28. August 2023

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabe 1	3
1.1 Aufgabe 1 a)	3
1.2 Aufgabe 1 b)	3
2 Aufgabe 2	5
2.1 Aufgabe 2 a)	5
2.2 Aufgabe 2 b)	6
3 Aufgabe 3	7
3.1 Aufgabe 3 a)	7
3.2 Aufgabe 3 b)	7
Appendices	9

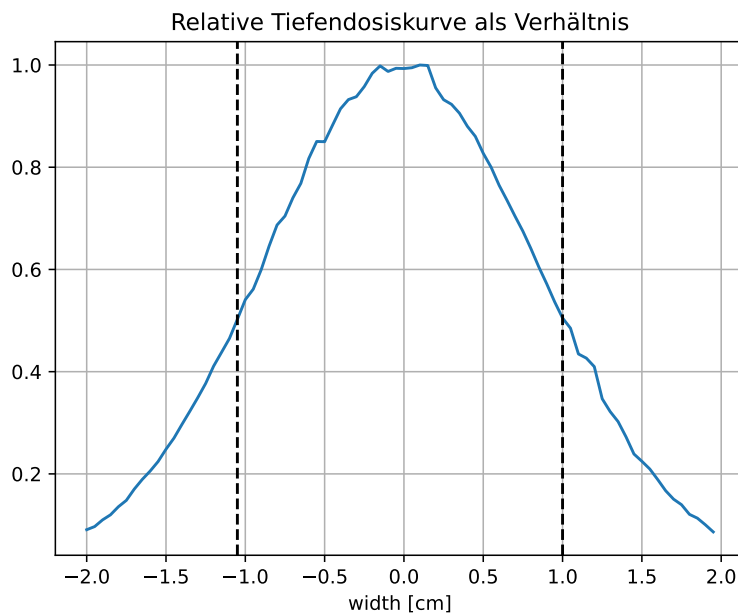
1 Aufgabe 1

1.1 Aufgabe 1 a)

Die initiale Spotbreite des Protonenstrahls bestimmt sich aus der „FWHM“ Größe, 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.

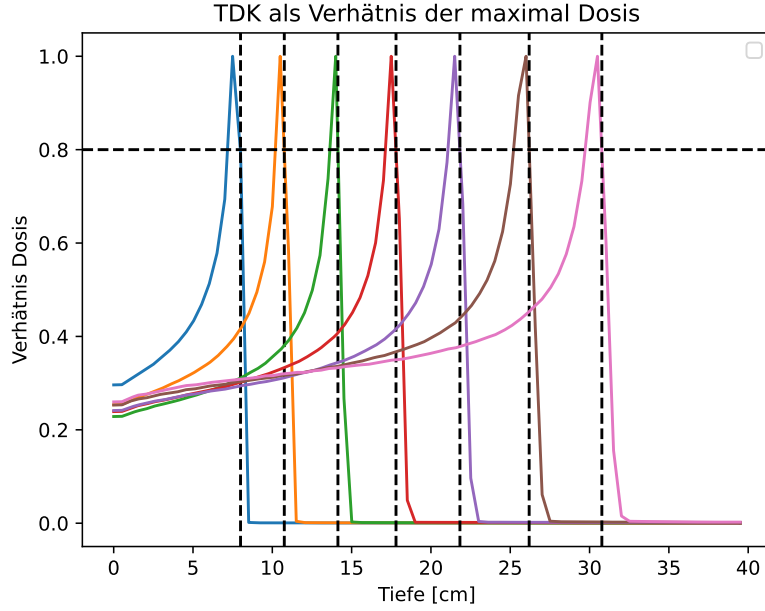


1.2 Aufgabe 1 b)

Um die Energien zu bestimmen wird als maßgebliche Kenngröße 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 3.2.

2 Aufgabe 2

2.1 Aufgabe 2 a)

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 11 Zeitschritten auf den Mittelpunkt des CTV Zylinders mit je verschiedenen Energien (140, 145, ..., 190, 195). Hierbei wird darauf geachtet, innerhalb des Zylinders zu agieren um die umliegenden OAR nicht unnötiger Strahlung, bei homogener Dosis im CTV, auszusetzen. Ein Aufbau von:

Keil → Streufolie → Streufolie → Streufolie → Kollimator weitet den Strahl auf, wobei die Kollimatoren für laterale Sicherheit sorgen. Die Reichweitenmoulierung findet durch die verschiedenen Energien statt. Mit dem Simulationswekzeug von „TOPAS“ werden

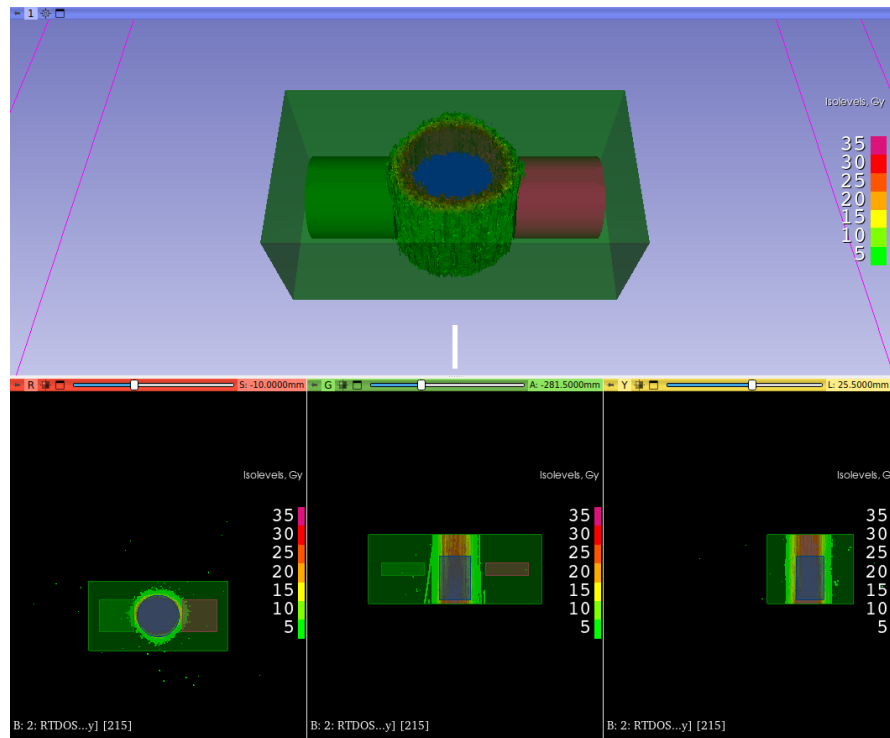


Abbildung 1: Abgebildet sind die Isodosenlinien eines CT Datensatz bei einer Bestrahlung mit einem Protonenstrahl in der Pencil Beam Scanning Methode.

so mehrer Protonen an entsprechender Stelle simuliert wobei die Teilchenanzahl in einer Größenordnung von insgesamt 10^8 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) wird wahlweise noch die Information „Gy“ beigegeben.

2.2 Aufgabe 2 b)

Der Abbildung 2 ist eine mittlere Dosis von $60Gy$ zu entnehmen. Die Grafik 3 verdeutlicht zudem die Unterschreitung der Richtlinie von einer maximal Dosis $50Gy$ und $D_{10\%} < 15Gy$. Von diesen Richtlinien jedoch abgesehen würde sich die Behandlung bei einem 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 $60Gy$ abgedeckt, was in einem klinischen Standart über 95% liegen sollte. Alternativ kann in der Planung mit etwaigen Filtern gearbeitet, oder eine Vielfelderplanung etabliert werden

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.

3 Aufgabe 3

3.1 Aufgabe 3 a)

Eine Visualisation ist in 1 zu sehen. Deutliche Probleme des Plans sind die Fehlbarkeiten

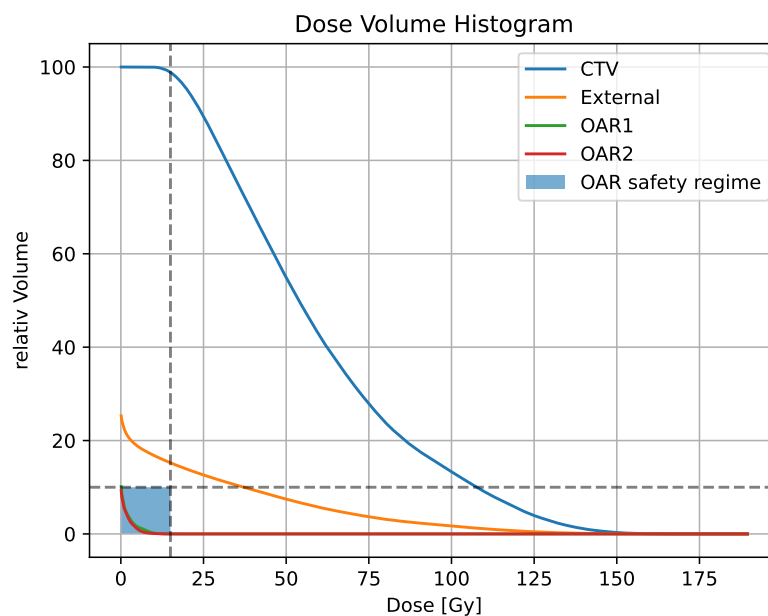


Abbildung 3: Abgebildet ist ein Dosis Volumen Histogramm eines klinischen Volumen und zwei Risikoorgane.

hinsichtlich der 95%/107% Regel die nicht eingehalten wurden 2.

3.2 Aufgabe 3 b)

Potentielle Unsicherheiten in der Protonentherapie sind vorallem Dichte Anomalien hinsichtlich des Braggpeaks. Dieser Peak wurde in disem Projekt jedoch nicht benutzt, bzw. er liegt weit hinter dem CTV. Bei klinischer Anwendung wird der Peak jedoch ausgenutzt um im Tumervolumen gezielt viel Dosis zu deponieren. Bei, im CT nicht auftretenden, Strukturen aus Luft wird so der Peak drastisch verschoben und die Dosis

richtet so eventuell großen Schaden in Risikoorganen an. Dem lässt sich durch Vielfelder Pläne entgegenwirken da so eizelne Felder nicht mehr von großer Potenz sind und die Dosis homogener verteilt wird.

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 %