

Computerpraktikum: Angewandte Protonentherapie

Abschlussprojekt

Philipp Zolthoff
philipp.zolthoff@tu-dortmund.de

22. 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	8

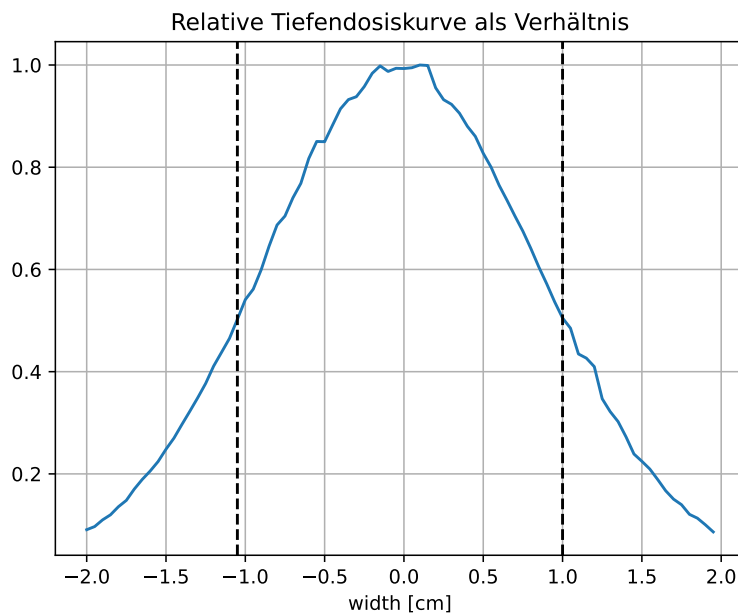
1 Aufgabe 1

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.

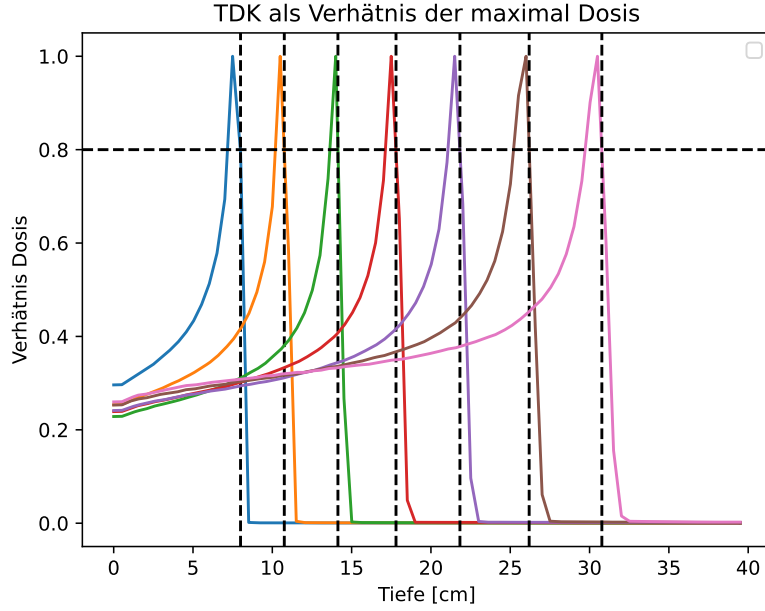


1.2 Aufgabe 1 b)

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)

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

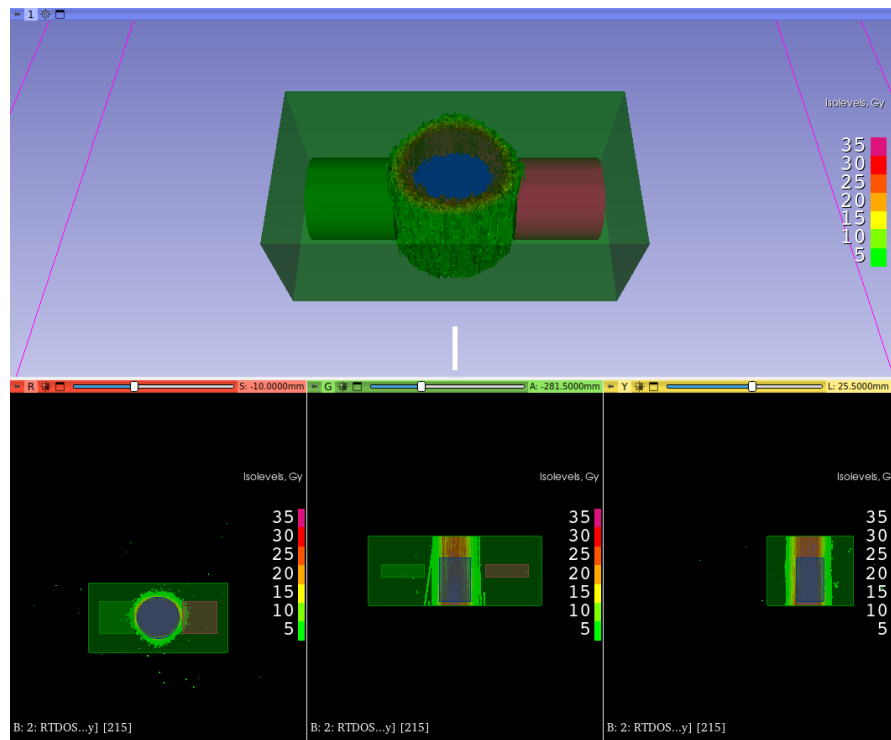


Abbildung 1: Abgebildet sind die Isodosislinien eines CT Datensatz bei einer Bestrahlung mit einem Protonenstrahl in der Pencil Beam Scanning Methode.

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 60Gy zu entnehmen. Die Grafik 3 verdeutlicht zudem die Unterschreitung der Richtlinie von einer maximal Dosis 50Gy 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 ausgelesne Dosisinformationen von der Anwendung „Slicer3D“ über die Bestrahlung eines CT Datensatzes.

Patienten nicht durchsetzten 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

3 Aufgabe 3

3.1 Aufgabe 3 a)

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

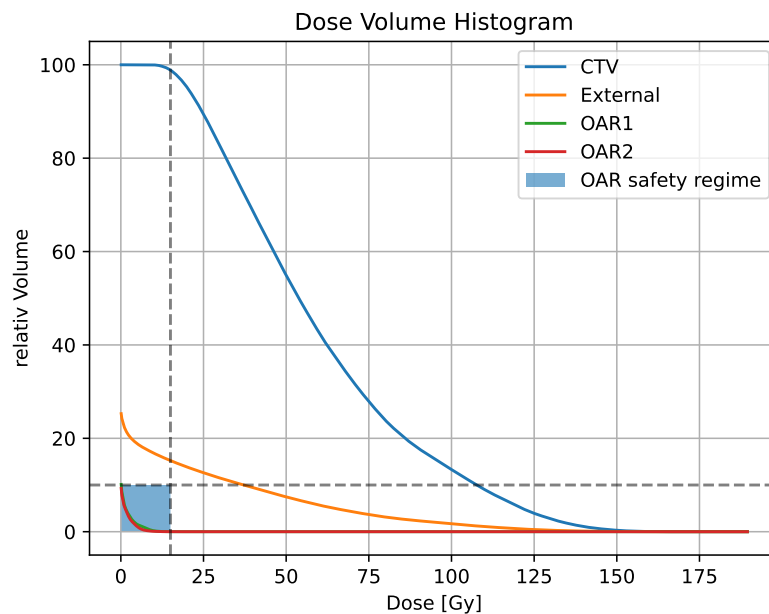


Abbildung 3: Abgebildet ist ein Dosis Volumen Histogram eines klinischen Volumen und zwei Risikoorgane.

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 diesem 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 %