**29.04.2004**
**H. Kolanoski**
**M. Kopytin**

# Übung 3

## zur Vorlesung im SS04
## Detektoren in der Elementarteilchenphysik

### Aufgabe 3.1: Tiefendosisverteilung (20P)

Die Abbildung zeigt die Tiefendosisverteilung bei Bestrahlung eines Tumors mit Protonen, Kohlenstoffkernen und Photonen. Versuchen Sie diese werbewirksame Darstellung der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI, Darmstadt) zu verifizieren.

Aus dem Bild ergibt sich, dass ein Tumor, der in einer Tiefe von 9 bis 15 cm im Körper liegt, bestrahlt werden soll. Berechnen Sie dazu den Energieverlust von Protonen und Kohlenstoffkernen, die bei 15 cm zur Ruhe kommen. Körpergewebe ist für diese Berechnungen weitgehend äquivalent zu Wasser.

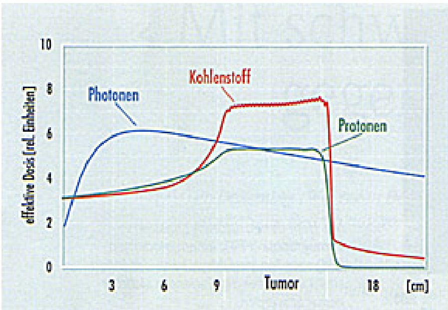


Abbildung 1: Tiefendosiskurven in Körpergewebe für verschiedene Strahlung.

a) Welche Energien müssen jeweils Protonen und Kohlenstoffkerne haben, um bei 15 cm im Körper zur Ruhe zu kommen?

   Bestimmen Sie dazu durch numerische Integration der Gleichung (2.28) im Skript die Reichweite für verschiedene kinetische Energien $T$, tragen Sie diese grafisch auf und ermitteln Sie daraus durch Interpolation die gesuchte Energie (versuchen Sie, vorher den relevanten $T$-Bereich abzuschätzen). Vernachlässigen Sie Schaleneffekte. Die Integrationsschrittweite sollte nicht unter 1 MeV sein, weil die Genauigkeit durch die Vernachlässigung der Schaleneffekte sowieso begrenzt ist. Es kommt bei dieser Aufgabe nicht auf hohe Präzision an (im Gegensatz zu der tatsächlichen Bestrahlungsplanung für einen Patienten).

b) Zeichnen Sie die Tiefendosiskurve (in MeV/cm) beider Teilchensorten für die Reichweite $R = 15$ cm von 0 bis 15 cm. Berechnen Sie dazu jeweils den $dE/dx$-Wert in der Mitte von Intervallen von 0.5 cm Breite. Wie ist jeweils der Überhöhungsfaktor der maximalen Dosis zur Dosis bei 0 cm?

c) Durch Einschieben von Plastikkeilen (ebenfalls äquivalent zu Wasser) kann die Energie des Teilchenstrahls verändert werden. Welche Plastikdicken braucht man, um ein Tiefendosisprofil wie in der Abbildung zu erzeugen?

d) Vergleichen Sie das durch die geladenen Teilchen erzeugte Tiefendosisprofil mit dem durch Photonabsorption erzeugten. Erklären Sie die in der Abbildung dargestellte Kurve für Photonen. Überlegen Sie, warum es zunächst einen Anstieg gibt ("Dosisaufbaueffekt").

**Hinweis:** Die notwendigen Materialkonstanten findet man in dem "Review of Particle Physics" (Link auf dem Web). Das Ionisationspotential von Wasser ist $I = 30.5\,\mathrm{eV}$.

Die Aufgabe sollte möglichst mit einem Rechnerprogramm mit grafischer Ausgabe gelöst werden. Soillte das für Sie ein Problem sein, sprechen Sie uns bitte darauf an.

Abgabe: Donnerstag 6.05.2004, in der Vorlesung