

# 4. Übung zur Medizinphysik I

SS 2015

Ausgabe: 27.04.2015

Abgabe: 04.05.2015, 10:15 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

## Aufgabe 1: Lennard-Jones-Bindungspotential (3 Punkte)

Das Lennard-Jones-Potential stellt eine empirische Beschreibung des Wechselwirkungspotentials  $U$  zwischen ungeladenen, nicht chemisch aneinander gebundenen Atomen im Abstand  $R$  zueinander dar. Dabei handelt es sich bei den anziehenden Kräften überwiegend um van-der-Waals-Kräfte und teilweise um permanente Dipol-Dipol-Wechselwirkungen. Mit abnehmendem Abstand nehmen die abstoßenden Kräfte zu, die durch Pauli-Repulsion hervorgerufen werden. Diese kommt dadurch zustande, dass sich Elektronen zweier identischer Atome mit gefüllten Elektronenschalen bei Überlagerung auf Grund des Pauli-Prinzips abstoßen und eines der beiden Elektronenpaare in ein höheres Orbital verschoben wird.

$$U(R) = 4\epsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{R} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{R} \right)^6 \right]$$

- Skizzieren Sie das Lennard-Jones-Potential.
- Leiten Sie den Gleichgewichtsabstand  $R_0$  der Atome in diesem Potential her.
- Wie groß ist die Bindungsenergie  $E_B$ ?

## Aufgabe 2: Sauerstoffversorgung unter Wasser (2 Punkte)

Im Wasser lebende Einzeller der Größenordnung  $1\mu\text{m}$  besitzen keinen aktiven Atmungsapparat. Dennoch ist ihre Sauerstoffversorgung gesichert. Der Blauwal hingegen besitzt eine Lunge und muss zur Atmung an die Meeresoberfläche schwimmen.

- Auf welchem Phänomen basiert die Sauerstoffversorgung der Einzeller?
- Nähern Sie die Tiere als Kugeln und nehmen Sie weiterhin an, dass der Sauerstoffverbrauch im Mittelpunkt erfolgt. Wie lange dauert es im Mittel, bis ein Sauerstoffmolekül diesen ausgehend von der Hautoberfläche erreicht? Wäre der Wal in dieser Form überlebensfähig? (Hinweise: Durchmesser des Blauwals: 13m, Diffusionskonstante von Sauerstoff in Wasser bei  $25^\circ\text{C}$ :  $D = 2.1 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ )
- Quallen besitzen kein aktives Respirationssystem. Dennoch gibt es in Asien eine Quallenart, die einen Durchmesser von 10m erreichen kann. Berechnen Sie erneut die mittlere Diffusionsdauer ins Zentrum des Tieres nach dem Modell aus b). Welchen Vorteil bietet die anatomische Gegebenheit, dass der Sauerstoff zwischen Außen- und Innenhaut des Tieres von den Zellen aufgenommen wird?

### Aufgabe 3: Maserninfektion (4 Punkte)

Das derzeit vorwiegend in Berlin aufkommende Masernvirus ist ein so genanntes RNA-Virus, d.h. sein Erbgut besteht aus Ribonukleinsäure (RNA). Sein einziger Wirt ist der Mensch. Es befällt bevorzugt Zellen des Immun- und Nervensystems. Der Erreger kann sich, solange es eine ausreichende Menge empfänglicher Menschen gibt, weiter in der Bevölkerung verbreiten.

Das Virus wird über Tröpfchen in der Atemluft übertragen. Keimhaltiges Sekret wird beim Sprechen, Husten oder Niesen eines Infizierten von einem gesunden Menschen eingeatmet und gelangt über dessen obere Atemwege bzw. die Augenbindehaut in den Blutkreislauf. Darüber hinaus ist der direkte Kontakt mit infektiösem Sekret aus Rachen oder Nase ansteckend. In der Luft kann der Erreger bis zu zwei Stunden überleben. Eine Ansteckung mit Masernviren führt in über 95% der Fälle zum Krankheitsausbruch mit Symptomen. Eine durchgemachte Infektion hinterlässt lebenslange Immunität.

Berlin zählt gegenwärtig 3.5 Mio Einwohner. Ein Bewohner hat am Tag durchschnittlich mit 50 anderen Bürgern Kontakt.

- a) Stellen Sie ein vereinfachtes Modell für die Ausbreitung der Krankheit ausgehend von einem einzelnen Erstinfizierten auf. Wie lauten die dazugehörigen Differentialgleichungen für die Anzahl infizierter und gesunder Einwohner? (Hinweis: Vernachlässigen Sie zur Vereinfachung die Genesung erkrankter Personen.)
- b) Welche Beziehung besteht zwischen erkrankten und für das Virus empfänglichen Personen?
- c) Wie groß ist die Ansteckungs-Kontakt-Rate  $\beta$ ? (Diese stellt den Anteil der Neuinfektionen pro Tag und Erkranktem bezogen auf die Gesamtbevölkerung dar.)
- d) Wie viele Berliner sind nach 1 Tag infiziert?
- e) Lösen Sie die Differentialgleichungen aus Aufgabenteil a) für die Anzahl infizierter Personen und eichen Sie die Zeitskala mit dem Ergebnis aus d).
- f) Wie viele Berliner sind nach 4 Tagen angesteckt unter der Annahme, dass es keinen Kontakt zur Außenwelt gibt?
- g) Welche Modifikationen müssten am vereinfachten Modell zur Verbesserung der realen Krankheitsausbreitung vorgenommen werden? (qualitative Aussagen genügen)