

Prof. Holger Stark (Sprechstunde: Fr 11:30-12:30 in EW 709)  
Dr. Jérôme Burelbach (Sprechstunde: Mo 14:00-15:00 in EW 708)

## 1. Übungsblatt – Biologische Physik

**Abgabe/Vorrechnen: Mi. 25.04.2018 in der Übung**

### Zum Übungsbetrieb:

Die Übungsaufgaben teilen sich auf in mündliche **M** und schriftliche **S** Aufgaben. Die Kriterien für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich daher in zwei Teile:

- Mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte. Die Abgabe erfolgt in Zweiergruppen.
- Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung diejenigen Aufgaben auf einer ausliegenden Liste an, die er oder sie bearbeitet hat. Wer eine Aufgabe angekreuzt hat, ist bereit diese Aufgabe an der Tafel vorzurechnen. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.

### **S** Aufgabe 1 (10 Punkte): *Temperatur der Erde*

Die Sonne emittiert Energie bei einer Leistung von  $3,9 \cdot 10^{26}$  W. Auf der Erde ergibt dies einen einfallenden Energiefluss  $I_E$  von  $1,4$  kW/m<sup>2</sup>. Wir stellen uns in dieser Aufgabe die Frage, ob irgendein anderer Planet unseres Sonnensystems ebenfalls eine Lebensart auf der Grundlage von Wasser aufweisen könnte.

Ein Planet, der die Sonne im Abstand  $d$  umkreist, erhält von der Sonne Energie mit der Rate  $I = I_E(d_E/d)^2 \propto 1/d^2$ , wobei  $d_E$  der Abstand Erde–Sonne ist.

- Der Radius des Planeten sei  $R$ . Er absorbiere einen Bruchteil  $\alpha$  des einfallenden Sonnenlichts und reflektiere den Rest zurück ins Weltall. Welche Beziehung gilt für die Leistung, die von dem Planeten insgesamt absorbiert wird?
- Die Temperatur des Planeten ist konstant. Er muss folglich mit derselben Rate Energie abgeben wie aufnehmen. Der gesamte Fluss emittierter Wärme eines *nicht-idealen* schwarzen Körpers mit der Temperatur  $T$  ist  $\alpha\sigma T^4$  (Stefan-Boltzmann'sches Gesetz) mit  $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>. Wie lautet dann mit dem Ergebnis von a) die Bilanz aus Emission und Absorption von Wärme für den ganzen Planeten?
- Was für eine Temperatur ergibt sich für die Erde? Vergleiche den Wert mit der tatsächlichen Temperatur von 289 K.
- Wie weit darf ein Planet von der Sonne entfernt sein (in Einheiten von  $d_E$ ), um gerade noch eine Temperatur oberhalb des Gefrierpunkts von Wasser aufzuweisen? Und wie nahe darf andererseits ein Planet der Sonne kommen, um noch eine Temperatur unterhalb des Siedepunkts aufzuweisen?
- Welche Planeten des Sonnensystems kommen also aufgrund dieses stark vereinfachten Arguments überhaupt für ein Leben auf der Basis von Wasser in Frage?

### **M** Aufgabe 2: *Von Holzfällern und Sägemühlen*

Der sagenumwobene Holzfäller Paul Bunyan fällte Bäume, bis er eines Tages die Idee hatte, umzusatteln und seine eigene Sägemühle zu betreiben. Doch anstatt Schnittholz zu produzieren, fing die Mühle an, Berge von Sägemehl zu schlucken und es in Form von Baumstämmen wieder auszuspuken. Bald fand man heraus, was das Problem war: Die Techniker hatten einfach alles verkehrt herum angeschlossen. :-)

Ist es alleine mit Hilfe des Zweiten Hauptsatzes möglich, diese Geschichte für unwahr zu erklären?

**Bitte Rückseite beachten! →**

## 1. Übung BP SS18

### **M** Aufgabe 3: *Tour de France*

Wenn die komplette Nahrungsmenge, die ein Radrennracer bei der Tour de France täglich zu sich nimmt, vollständig verbrannt würde, entspräche dies einer freigesetzten Wärmemenge von 8000 kcal. Während der gesamten Tour bleibt das Gewicht des Sportlers nahezu konstant, d. h. Energiezufuhr und -abgabe sind gleich groß.

Der Energieverlust eines Radfahrers wird überwiegend durch den Luftwiderstand verursacht und beträgt ungefähr 10 MJ pro Tag.

- (a) Vergleiche die Werte von zugeführter und verbrauchter Energie. Kann die Differenz mit dem Energieverbrauch bei Berganstiegen begründet werden, d. h. welcher Höhendifferenz entspräche dieser Energieunterschied?
- (b) Betrachte nun einen Renntag ohne Höhenänderung im Mittel, so dass die übrige Energie aus a) anderweitig verbraucht werden muss. Eine Möglichkeit ist die Tatsache, dass der Fahrer Wärme abgibt, doch dies ist nur ein geringer Anteil. Der Fahrer trinkt außerdem sehr viel Wasser, das seinen Körper größtenteils wieder in Form von Wasserdampf verlässt. Wie viele Liter Wasser müßte der Fahrer trinken, um seinen Energiehaushalt auf diese Art auszugleichen (Verdampfungswärme von Wasser: 2,3 kJ/g)? Vergleiche den Wert mit der typischen Flüssigkeitszufuhr von ungefähr 14 Litern.
- (c) Betrachte nun die 10 MJ mechanischer Arbeit, die der Fahrer jeden Tag leistet. Der Luftwiderstand ist bei einer solchen Bewegung  $F = cv^2$ . Die Konstante  $c$  ergibt sich aus Windkanalmessungen zu 1,5 kg/m. Mit welcher (als konstant angenommenen) Geschwindigkeit müsste der Fahrer dann unterwegs sein (bei einer Renndauer von 6 Stunden)? Ist das Ergebnis realistisch?

### **M** Aufgabe 4: *Der „Wackelvogel“*

Der „Wackelvogel“ taucht seinen Schnabel in ein Wasserglas, schwankt zurück, bis das Wasser verdampft ist, und schaukelt dann wieder nach vorn und wiederholt das Ganze. Alles, was man über den internen Mechanismus wissen muss, ist, dass er nach jedem Zyklus zu seinem Anfangszustand zurückkehrt. Es gibt keine Federn zum Aufziehen, und kein Treibstoff wird im Inneren verbraucht. Man könnte auch eine kleine Ratsche an das Spielzeug anbringen und mechanische Arbeit daraus gewinnen. Woher kommt die Energie für diese Arbeit? Die Antwort zu scheint vermutlich zunächst dem Zweiten Hauptsatz zu widersprechen. Warum ist dies trotzdem nicht der Fall?