



Universität Konstanz  
Fachbereich Physik  
PD Dr. Peter Keim

Ausgabedatum: 07.12.2017  
Besprechung: 14./15.12.2017

ÜbungsgruppenleiterInnen: M. Cimander, C. Derricks,  
J. Fichtner, C. Fischer, A. Graf, R. Löffler, M. Rudolf,  
A. Schmid, L. Siedentop

**Übungen zu Experimentalphysik I**  
**für Studierende der Biologie und der Sportwissenschaft**  
**Blatt 07**

**Aufgabe 1: Hookesches Gesetz**

- a) Wie lautet das Hookesche Gesetz in klassischer Formulierung und wie schreibt man es als Differentialgleichung (DGL) (TIPP: Verwenden Sie dabei ein Kräftegleichgewicht mit der Gewichtskraft)? Zeigen Sie anhand der klassischen Gleichung mittels Dimensionsanalyse welche SI Einheit die Federkonstante haben muss. Wann wird der klassische Fall gebraucht und wann muss man die DGL verwenden?
- b) In der Vorlesung wurde bei der Lösung der Differentialgleichung für das Hookesche Gesetz der Ansatz  $x(t) = x_0 \cos(\omega \cdot t + \phi_0)$  verwendet. Wieso funktioniert dieser Ansatz und welche Bedeutung haben die Terme  $x_0$ ,  $\omega$  und  $\phi_0$  (bei  $\phi_0$  wird eine andere Antwort als Integrationskonstante erwartet). Stellen Sie diese Funktion grafisch dar und zeichnen Sie die zuvor erwähnten Parameter ein.
- c) Zeigen Sie nun das der Ansatz  $x(t) = x_0 \sin(\omega \cdot t + \phi_0)$  ebenfalls eine Lösung der Gleichung  $m\ddot{x} = -kx$  ist und bestimmen Sie  $\omega$ . Das Ergebnis sollten Ihnen bekannt vorkommen.

**Aufgabe 2: Geostationärer Orbit**

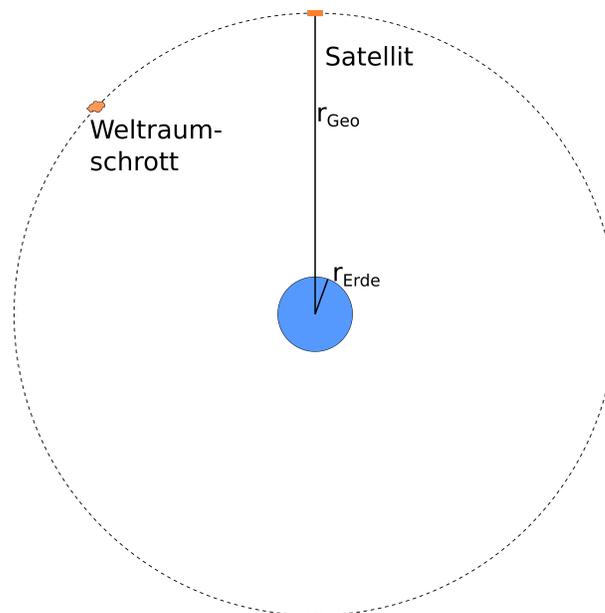
Der geostationäre (oder auch geosynchrone) Orbit bezeichnet eine spezielle Position im Bereich eines Planeten bei dem die Rotationsdauer für eine vollständige Umlaufbahn einem siderischen Tag (für die Erde: 23 h, 56 min, 4 s) entspricht. Das Gravitationsgesetz beschreibt die Anziehungskraft zweier Massen im Abstand  $r$  über  $F_G = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$  mit der Gravitationskonstante  $\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ . Die Erde hat einen Radius von etwa  $r_{Erde} = 6371 \text{ km}$  und eine Masse von ungefähr  $m_{Erde} = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .

- a) Bestimmen Sie mit Hilfe der Zentripetalkraft und der Gravitationskraft die Höhe der geostationären Umlaufbahn bezogen auf die Erdoberfläche.
- b) Ein Satellit soll sich nun in geostationärer Höhe (auf einer Kreisbahn) im Orbit der Erde befinden. Welche Geschwindigkeit besitzt dieser (Angabe in  $[\frac{m}{s}]$  und  $[\frac{km}{h}]$ )
- c) Im Orbit der Erde befindet sich durch vorherige Missionen Weltraumschrott und der Satellit ( $m_{Satellit} = m_S = 500 \text{ kg}$ ) stößt mit einem entgegenkommenden Objekt ( $m_{Weltraumschrott} = m_W = 2500 \text{ kg}$ ) in geostationärer Höhe vollkommen unelastisch zusammen. Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $V'$  des neuen Objektes. Nehmen Sie dabei

zwei Punktmassen an die sich zentral treffen und vernachlässigen Sie die Bahnkrümmung. Die Geschwindigkeit des Weltraumschrotts folgt aus der geostationären Höhe.

- d) Kurz nach der Kollision zündet ein Triebwerk des Satelliten und bremst das Objekt (Satellit + Weltraumschrott) vollständig ab. Bestimmen Sie die hierfür notwendige Energie.
- e) Mit der fehlenden Zentripetalkraft wirkt nun ausschließlich die Gravitationskraft auf das Objekt und der Orbit ist nicht mehr stabil. Berechnen Sie (näherungsweise) die Geschwindigkeit (unter Vernachlässigung von Luftreibung, Massenverlust etc.) mit der das Objekt auf der Erde einschlägt. Wie groß ist die kinetische Energie beim Aufprall?

TIPP für Teil e): 
$$E_{Pot} = \int_{r_{Erde}}^{r_{Geo}} \gamma \cdot \frac{m_{Erde} \cdot (m_S + m_W)}{r^2} dr$$



### Aufgabe 3: Erd- und Menschbeschleunigung

Sie springen vom Sprungturm in den Bodensee.

- a) Berechnen Sie die Erdbeschleunigung aus dem Gravitationsgesetz. Das Ergebnis sollte Ihnen bekannt vorkommen.
- b) Da die Summe aller Kräfte stets null ist, zieht der Mensch die Erde mit der gleichen Kraft an. Rechnen sie analog zu Teil a) die Menschbeschleunigung aus (mit dieser wird während dem Fall die Erde beschleunigt). Gehen Sie dabei von einer Masse mit  $m = 70 \text{ kg}$  aus.