Physik 1: Mechanik und Thermodynamik

Humboldt–Universität zu Berlin, Wintersemester 2014/15,
Dr. M. zur Nedden / Prof. Dr. S. Kowarik (VL),
Dr. A. Nikiforov, A. Stasik, L. Pithan, M. Kerber und G. Hoffmann (UE)

Übungsblatt 15

Ausgabe: Do, 05. Februar 2015 in der Vorlesung oder online
Rückgabe: Do, 12. Februar 2015 vor Beginn der Vorlesung, 11.15 h

Aufgabe 1: Schwingungsfunktion (30 %)

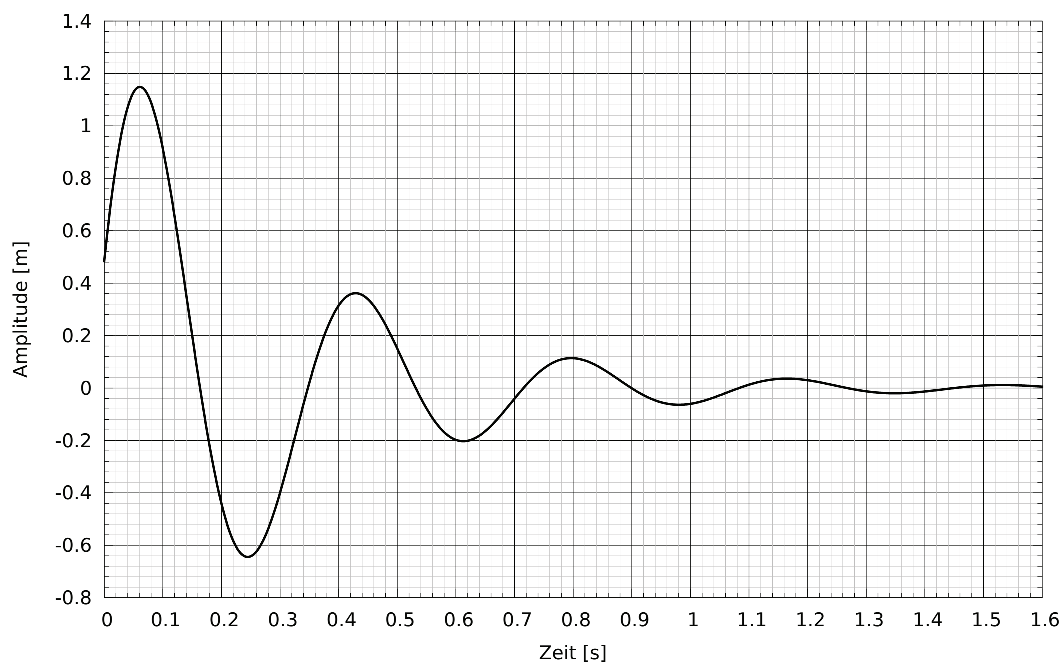

Abbildung 1: Verlauf einer gedämpften Schwingung für Aufgbe 1.

Betrachten Sie den in der Abbildung gezeigten Verlauf einer gedämpften Schwingung. Diese folge der Gleichung

$$A(t) = A_0 \cdot \exp(-\gamma t) \cdot \sin(\omega t + \phi).$$

Bestimmen Sie aus der Grafik die Amplitude A_0, die Eigenfrequenz $\nu = \omega/2\pi$, die Phase $0 < \phi < 90°$ sowie die Dämpfungskonstante γ.

Hinweis: Überlegen Sie sich dazu, ob die oben gezeigte Funktion ihre Extrempunkte zur gleichen Zeit erreicht wie die Funktion $A_u(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + \phi)$.

Aufgabe 2: Gedämpfte Schwingung (40 %)

Betrachten Sie einen harmonischen Oszillator in Form eines Federpendels, das an einer Halterung aufgehängt sei. Der kugelförmige Körper habe eine Masse von $m = 50\,\mathrm{g}$ und einen Radius von $r = 10\,\mathrm{cm}$, die Federkonstante betrage $D = 8\,\mathrm{N/m}$. Der Körper werde zunächst um $x_1 = 12\,\mathrm{cm}$ nach unten gezogen und dann zur Zeit $t = 0$ losgelassen. Die Schwingung erfolge alternativ reibungsfrei in Luft oder in einer dämpfenden Flüssigkeit, in dem die Masse in einen Behälter eingetaucht oszilliere. Als dämpfende Flüssigkeiten werden Wasser ($\eta = 1\,\mathrm{mPa\,s}$), Glyzerin ($\eta = 1.48\,\mathrm{Pa\,s}$) oder ein Glyzerin-Wasser Gemisch ($\eta = 0.677\,\mathrm{Pa\,s}$) verwendet (1 Pa = 1 Pascal).

1. Formulieren Sie die Differentialgleichung für die gedämpfte Schwingung und berechnen Sie die Dämpfungskonstante γ, wenn die Dämpfung der Bewegung der Kugel in der Füssigkeit durch das Stokesche Reibungsgesetz beschrieben werden kann. Die Masse der Kugel führt nur zur einer Verschiebung des Nullpunktes und muss nicht berücksichtigt werden.
2. Berechnen und vergleichen Sie die vier Dämpfungskonstanten. Welche Art der Dämpfung liegt jeweils vor?
3. Das System werde nun über die Halterung mit der Frequenz ω_R zur Schwingung angeregt. Skizzieren Sie den Verlauf der Schwingungsamplitude als Funktion der Erregerfrequenz ω_R für die verschiedenen Arten der Dämpfung in einem gemeinsamen Graphen. Fertigen Sie eine vergleichbare Skizze für die Phasenverschiebung zwischen Anregung und Auslenkung an, gerne auch mittels Computerausdruck.
4. Freiwillige Erweiterung: Probieren Sie das Experiment selbst aus!

Aufgabe 3: Fadenpendel und Erdbeschleunigung (30 %)

Die Erdbeschleunigung g hängt vom geographischen Ort ab, da sich die Erde dreht und nicht die Form einer idealen Kugel besitzt. Dies wurde bereits im 17. Jahrhundert entdeckt, als man feststellte, daß eine sehr genaue Pendeluhr am Äquator um $\Delta T = 90\,\mathrm{s/tag}$ nachging.

1. Zeigen Sie, daß eine kleine Änderung Δg der Erdbeschleunigung g eine Änderung der Schwingungsdauer des Pendels der Form

   $$\frac{\Delta T}{T} \approx -\frac{1}{2}\frac{\Delta g}{g}$$

   zur Folge hat. Berechnen Sie zunächst $\mathrm{d}T/\mathrm{d}g$ und nähern Sie dann ΔT und Δg durch die Differentiale $\mathrm{d}T$ und $\mathrm{d}g$ an.
2. Wie groß muß die Änderung in g sein, damit sie eine Änderung der Schwingungsdauer bewirkt, die dem erwähnten Gangunterschied von $\Delta T = 90\,\mathrm{s/tag}$ entspricht? Wenn die Uhr genau geht, gilt $T = 1\,\mathrm{s}$.