

Aufgabe 11: Angenommen, wir werfen einen Ball senkrecht nach oben und vernachlässigen im Folgenden die Reibung. Wir lassen den Ball in einer Höhe von 1 m mit einer Geschwindigkeit von $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ los und er erfahre die ganze Zeit über die (Erd-) Beschleunigung von $-10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

- a) Berechnen Sie die Funktion $h(t)$, die die Höhe des Balls in Abhängigkeit von der Zeit angibt. Lösen Sie dazu die Differentialgleichung

$$\ddot{h}(t) = -10$$

erst ohne und anschließend mit Anfangswerten.

- b) Zu welcher Zeit $T > 0$ schlägt der Ball auf dem Boden auf, d. h. für welches $T > 0$ gilt $h(T) = 0$?
- c) Mit welcher Geschwindigkeit $\dot{h}(T)$ trifft der Ball auf der Erde auf?

LÖSUNG:

a) $\ddot{h}(t) = -10$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \dot{h}(t) &= \int_0^t \ddot{h}(s) ds + C_1 \\ &= \int_0^t -10 ds + C_1 \\ &= -10t + C_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow h(t) &= \int_0^t \dot{h}(s) ds + C_2 \\ &= \int_0^t (-10s + C_1) ds + C_2 \\ &= -5t^2 + C_1t + C_2 \end{aligned}$$

Die allgemeine Lösung ohne Berücksichtigung der Anfangswerte lautet

$$h(t) = -5t^2 + C_1t + C_2.$$

Unter Berücksichtigung der Anfangswerte ergibt sich:

$$h(0) = C_2 \stackrel{!}{=} 1 \quad \Rightarrow \quad C_2 = 1$$

$$\dot{h}(0) = C_1 \stackrel{!}{=} 20 \quad \Rightarrow \quad C_1 = 20$$

und somit

$$h(t) = -5t^2 + 20t + 1.$$

b)

$$\begin{aligned} h(t) &= 0 \\ \Leftrightarrow -5t^2 + 20t + 1 &= 0 \\ \Leftrightarrow t^2 - 4t - \frac{1}{5} &= 0 \\ \Leftrightarrow (t-2)^2 - 4 - \frac{1}{5} &= 0 \\ \Leftrightarrow (t-2)^2 &= \frac{21}{5} \\ \Leftrightarrow t &= 2 \pm \sqrt{\frac{21}{5}} \approx -0,04939 \text{ oder } 4,04939 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow T = 2 + \sqrt{\frac{21}{5}} \approx 4,04939$$

c)

$$\dot{h}(T) = -10 \left(2 + \sqrt{\frac{21}{5}} \right) + 20 = -10\sqrt{\frac{21}{5}} \approx -20,4939$$