Die Wellenfunktion $s(x,t)$ Lösungshinweise

1. Die Abbildung zeigt einen Heftmitschrieb zur Herleitung der Wellenfunktion für eine lineare harmonische Welle.

   a) Beschreiben Sie die Bewegung des Wellenerzeugers.

   - Start aus der Gleichgewichtslage in positive s-Richtung mit $\hat{v} = \hat{s} \cdot \omega$

   b) Erklären Sie anhand des *s*-*x*-Diagramms die Bedeutung von Δt_x in der zweiten Zeile. Gehen Sie auch auf das Vorzeichen ein.

   - Δt_x: Zeitspanne, in der eine Welle vom Ursprung zum Ort x läuft
   - negatives Vorzeichen, da die Schwingung an dieser Stelle um Δt_x später einsetzt

   c) In den folgenden Zeilen wurden drei Zeilen wurden beim Umformen drei Ihnen bekannte Zusammenhänge genutzt. Nennen Sie diese Zusammenhänge und beschreiben Sie, wie diese eingesetzt wurden.

   - $x = c \cdot \Delta t_x$
   - $\omega = \frac{2\pi}{T}$
   - $c = \frac{\lambda}{T}$

   d) Begründen Sie, dass es sich bei der eingerahmten Gleichung nur um einen Spezialfall für eine Wellenfunktion handelt.

   - nur für die bei 1. a) angegebenen Anfangsbedingungen gültig

2. Eine lineare harmonische Welle breitet sich mit der Amplitude 3,0 cm in 4,0 s um 24 cm aus. Der Wellenerzeuger führt währenddessen drei Schwingungen aus. Für $t = 0\,\mathrm{s}$ im befindet er sich im oberen Umkehrpunkt.

   a) Berechnen Sie die Periodendauer, die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Wellenlänge der Welle.

   - $T = \frac{4}{3}\,\mathrm{s}$
   - $c = 6{,}0\,\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$
   - $\lambda = 8{,}0\,\mathrm{cm}$

   b) Geben Sie eine passende Wellenfunktion an.

   - $s(x,t) = 3{,}0\,\mathrm{cm} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \left(\frac{3 \cdot t}{4\,\mathrm{s}} - \frac{x}{8{,}0\,\mathrm{cm}}\right)\right)$

   c) Berechnen Sie die Auslenkung der Welle zum Zeitpunkt 6,0 s am Ort 20 cm.

   - $s(20\,\mathrm{cm}, 6{,}0\,\mathrm{s}) = 3{,}0\,\mathrm{cm} \cdot \cos\big(2\pi \cdot (4{,}5 - 2{,}5)\big) = 3{,}0\,\mathrm{cm}$

   d) Schreiben Sie die Wellenfunktion für die Spezialfälle: $s(0\,\mathrm{m}, t)$ und $s(x, 0\,\mathrm{s})$ auf. Erklären Sie, welche Bedeutung diese beiden Fälle haben.

   - $s(0\,\mathrm{m}, t) = 3{,}0\,\mathrm{cm} \cdot \cos\left(\frac{3\pi}{2\,\mathrm{s}} \cdot t\right)$: Bewegungsgleichung des Wellenerzeugers
   - $s(x, 0\,\mathrm{s}) = 3{,}0\,\mathrm{cm} \cdot \cos\left(-\frac{\pi}{4\,\mathrm{cm}} \cdot x\right)$: Wellenbild für $t = 0\,\mathrm{s}$

   e) Untersuchen Sie anhand der folgenden Geogebra-Aktivität und der dortigen Arbeitsaufträge den Zusammenhang zwischen einer Wellenfunktion und dem *s*-*t*- und dem *s*-*x*-Diagramm näher: https://www.geogebra.org/m/unpybq9q

- s. dort

f) Eine Mitschülerin fragt Sie: „Was muss man tun, um ein *s*-*t*- oder *s*-*x*-Diagramm zu zeichnen, wenn man nur die Wellenfunktion kennt?“ Erstellen Sie eine entsprechende Anleitung.

- mehr oder weniger formal möglich, z.B.:
  Amplitude, Wellenlänge, Periodendauer und Anfangsbedingung aus der Wellenfunktion bestimmen, entsprechend wie sonst weiter arbeiten

3. Die beiden Wellen A und B werden durch folgende Wellenfunktionen beschrieben:
$s_{\mathrm{A}}(x,t) = -2{,}0\ \mathrm{cm} \cdot \sin\left(2\pi \cdot \left(\frac{t}{3{,}0\ \mathrm{s}} - \frac{x}{4{,}0\ \mathrm{cm}}\right)\right)$ und
$s_{\mathrm{B}}(x,t) = 4{,}0\ \mathrm{cm} \cdot \sin\left(\pi \cdot \left(\frac{t}{3{,}0\ \mathrm{s}} + \frac{x}{2{,}0\ \mathrm{cm}}\right)\right)$

a) Beschreiben Sie die Bewegung der beiden Wellenerzeuger.

- Periodendauer A: $T = 3{,}0$ s; B: $T = 6{,}0$ s
- für $t = 0$ s beide in der Ruhelage, A bewegt sich dabei in neg. *s*-Richtung, B in pos.
- Amplitude: A: 2,0 cm; B: 4,0 cm

b) Vergleichen Sie Amplitude, Wellenlänge und Frequenz der beiden Wellen.

- Wellenlänge: A und B $\lambda = 4{,}0$ cm
- Rest s. 3. a)

c) Untersuchen Sie, ob die beiden Wellen eine unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit bzw. -richtung haben.

- A in pos. *x*-Richtung, B in neg.