

Zentrale Frage: Wie lassen sich Schwingungen physikalisch und möglichst allgemein beschreiben? Wir wollen diese Ideen nutzen, um möglichst viele Schwingungen berechnen zu können.

1) Beispielschwingung: horizontales Federpendel

2) Wegen des linearen Kraftgesetzes für die Rückstellkraft gilt für alle Zeitpunkte der Bewegung die Schwingungs-DGL: $m \cdot \ddot{s} = -D \cdot s$

3) Die Funktion $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ beschreibt die Bewegung des Federpendels.

Grund: $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ ist eine Lösung der Schwingungs-DGL.

Das gilt für alle Schwingungen, für die sich die Schwingungs-DGL aufstellen lässt, also für alle, für die die Rückstellkraft $F_{rück} = -D \cdot s$ ist.

4) Folge 1: Es muss für alle Zeiten auch der „Rest“ gelten:

5) Folge 2:

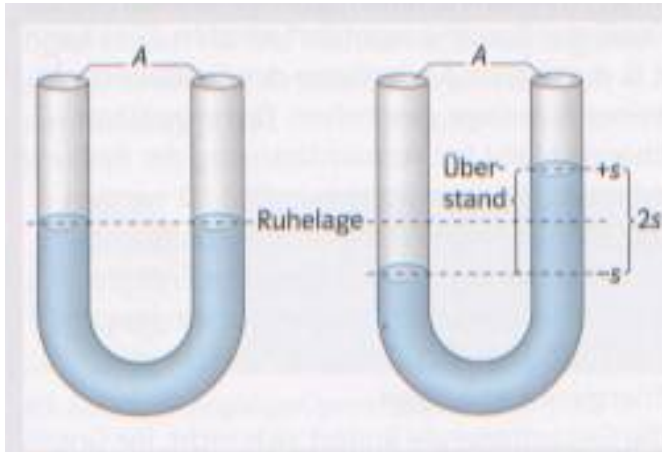
Station 1 Harmonisch oder nicht?

Dein Ziel ist es in dieser Station, dir klar zu machen, wie man untersucht, ob ein System eine harmonische Schwingung ausführt. Außerdem sollst du verstehen und messen, dass z.B. eine Wassersäule harmonisch schwingt.

Aufgabe 1

Wiederhole kurz: Wie sind die **zwei Vorgehensweisen**, mit denen man ein System darauf untersuchen kann, ob es harmonisch schwingt oder nicht.

I.



Wassergefülltes U-Rohr Ein U-Rohr ist mit Wasser gefüllt. Bläst man auf einer Seite in das Rohr, wird die Wassersäule ausgelenkt und fängt dann an, hin und her zu schwingen. Von welchen Faktoren könnte die Periodendauer abhängen?

- Flüssigkeit,
- Durchmesser,
- Amplitude,
- Volumen,
- etc.

Wir wollen überprüfen, ob es sich um eine harmonische Schwingung handelt: Als erstes wählt man eine sinnvolle Wegachse. Da bei gleicher Höhe der beiden Wassersäulen keine Schwingung startet, ist hier die Ruhelage zu wählen. Lenkt man nun aus, so steigt das Wasser an der einen Seite um s und an der anderen sinkt es um s . Auf der rechten Seite befindet sich somit eine Wassersäule der Höhe $2s$, welche auf der linken Seite keinen Ausgleich hat. Die Gewichtskraft dieses Wasserpaketes ist also die Rückstellkraft. Die Masse, die beschleunigt werden muss, ist die gesamte Masse des Wassers im U-Rohr.

$$\begin{aligned}
 F_{\text{Rück}} &= -F_G \\
 &= -m_{\text{Überstand}} \cdot g \\
 &= -V_{\text{Überstand}} \cdot \rho \cdot g \\
 &= -A \cdot 2s \cdot \rho \cdot g \\
 &= -2A \cdot \rho \cdot g \cdot s
 \end{aligned}$$

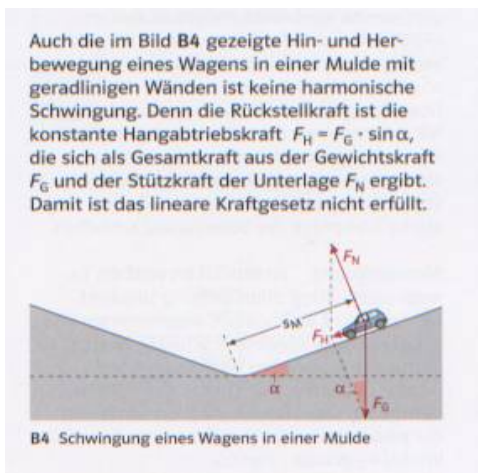
Man erkennt die Proportionalität zwischen F und s . Da $F = -D \cdot s$ ist, folgt die Direktionskonstante $D = 2A \cdot \rho \cdot g$. Somit ist die U-Rohr-Schwingung eine harmonische und man kann die Periodendauer berechnen.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{2A \cdot \rho \cdot g}}$$

Aufgabe 1b) Mach Dir einen Heftaufschrieb zur schwingenden Wassersäule.

Passender Versuch: Teste die Theorie des nebenstehenden Textes durch eine Messung der Schwingungsdauer in einem Stück Gartenschlauch (wenn verfügbar)!

II.



Aufgabe 2: Diskutiere ob ein auf und ab hüpfender Gummiball eine harmonische Schwingung durchführt.

III.

Harmonische Schwingungen stellen in der Natur einen Sonderfall dar. Die meisten Schwingungsvorgänge sind nicht harmonisch. Das sieht man direkt am Schwingungsbild zum Beispiel bei der Aufnahme der Trommelfellschwingung beim Sprechen:



Diese Schwingung hat keine Sinusform. Also muss auch die zugrunde liegende Schwingungsgleichung anders aussehen. Die Rückstellkraft ist nicht mehr proportional zur Auslenkung!

Zur Info: Die Situation ist aber nicht aussichtslos. Die so genannten anharmonischen Schwingungen lassen sich nämlich einfach modellieren. Man denkt sie sich aus vielen einzelnen harmonischen Schwingungen „zusammengesetzt“. Die Bewegung, die im obigen Beispiel das Trommelfell ausführt ist also das Resultat vieler harmonischer Schwingungen, die gleichzeitig stattfinden! (Siehe nächste Stationen)

Zu diesem Punkt musst Du dir nichts notieren oder lösen.

4) Weitere Aufgaben:

- 1) Seite 101 Aufgabe A1
- 2) Mache dir einen ausführlichen Heftaufschrieb zum Fadenpendel (S. 100 im Buch), finde heraus, ob es harmonisch schwingt und teste mit dieser Theorie unsere Vermutungen zur Schaukel von vergangener Woche.