

## Untersuchungen am Fadenpendel

In diesem Versuch sollen die Schüler die denkbaren Einflussparameter (Pendellänge, Pendelmasse, Dämpfung, Amplitude) auf die Schwingungsdauer und die Bewegungsform untersuchen.

Für Schwingungsexperimente ist der Ultraschallbewegungssensor CBR 2™ sehr gut geeignet, denn er erlaubt es, den zeitlichen Verlauf einer periodischen Bewegung gleichlaufend zur Beobachtung digital zu registrieren. Das generierte *Ort-Zeit*-Diagramm kann dann als Schwingungsgleichung interpretiert und diskutiert werden. Sonst nur pauschal zu beschreibende Dämpfungsvorgänge lassen sich mathematisch modellieren, ohne den Bezug zur eigenen Beobachtung zu verlieren. Somit kann ein wichtiges anschauliches Verständnis als Grundlage für die Behandlung der Schwingungen erreicht werden.

### Versuch 1: Schülerexperiment zum Fadenpendel mit dem CBR 2™

#### Material

- (Taschen-)Computer mit Messwerterfassung (hier TI-Nspire™ CX)
- Ultraschallbewegungssensor (hier CBR 2™)
- Stativmaterial, dünner Faden, Lineal
- Pendelkörper (ideal geeignet sind Kugeln wie z.B. Tischtennisbälle)

#### Versuchsdurchführung

Das CBR 2™ wird gemäß der Abbildung zum Aufbau in ca. 30 cm Entfernung vor dem Pendelkörper aufgestellt und auf den Pendelkörper ausgerichtet. Der Raum hinter dem Pendelkörper sollte möglichst frei von reflektierenden Flächen sein. Bewährt hat sich ein Aufbau an einer Tischkante. Die Ruhelage wird am Entfernungssensor als Nullpunkt festgelegt. Der Pendelkörper wird um wenige Grad ausgelenkt und losgelassen. Dann wird die Messung gestartet. Verschiedene Längen und Massen werden ausprobiert.

Vorbereitung: 10 min

Durchführung: 25 min (mit Auswertung)

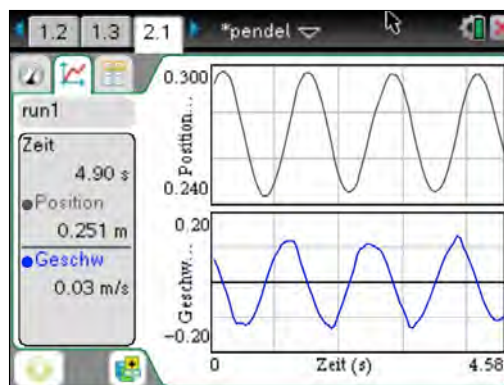
#### Einstellungen

- Pendellänge: z. B. 50 cm
- Messmodus: Time Based (zeitbasiert)
- Messrate: z. B. 20 Messungen pro Sekunde
- Messdauer: z. B. 5 s

#### Versuchsaufbau



Aufbau – Versuch 1



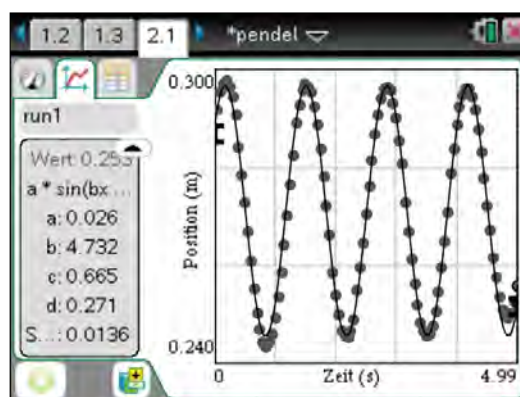
Beispielgraph – Versuch 1

## Auswertung

Führt man eine Sinusregression durch, so erhält man die Periodendauer (hier  $T = \frac{2\pi}{b} \approx 1,3 \text{ s}$ ) in guter Übereinstimmung mit dem aus der Fadenlänge (hier  $l = 0,43 \text{ m}$ )

errechneten Wert  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \approx 1,31 \text{ s}$ .

Die Schüler sollen  $T$  für verschiedene Längen und Massen bestimmen und die Unabhängigkeit von der Pendelmasse erkennen sowie einen Zusammenhang zwischen Pendellänge und Periodendauer formulieren.



Sinusregression

## Versuch 2: Schülerexperiment zum gedämpften Fadenpendel

### Material

Wie oben.

Als Masse eignet sich ein Tischtennisball, aber auch sehr gut eine bifilar aufgehängte Pappscheibe (vgl. Abbildung zum Aufbau). Dann reicht die Luftreibung allein aus, um eine „schöne“ gedämpfte Schwingung zu erhalten.

### Versuchsdurchführung

Wie oben.

Vorbereitung: 10 min

Durchführung: 25 min (mit Auswertung)

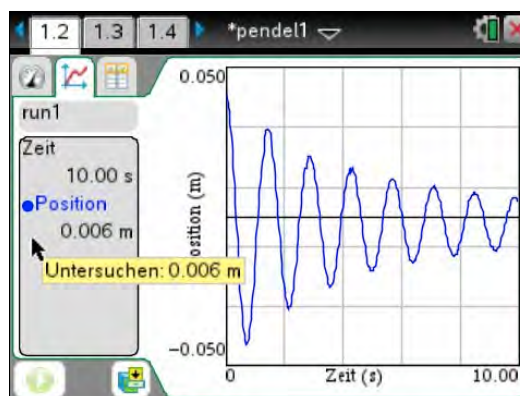
### Einstellungen

- Pendellänge: z. B. 50 cm
- Messmodus: Time Based (zeitbasiert)
- Messrate: z. B. 20 Messungen pro Sekunde
- Messdauer: z. B. 10 s

### Versuchsaufbau



Aufbau – Versuch 2

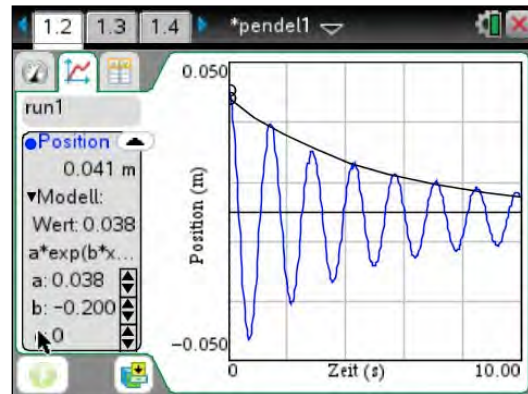


Beispielgraph – Versuch 2

## Auswertung

Die Dämpfung lässt sich mit einer Exponentialfunktion modellieren. Man erhält z. B.:  $r(x) = 0,038 \cdot e^{-0,2x}$ .

Die Parameter findet man durch Ausprobieren oder stellt sie durch Schieberegler ein.



**Modellieren der Dämpfung**

Je nach Art der Reibung erhält man einen anderen Verlauf der Hüllkurve. Der exponentielle Verlauf ist besonders bekannt und wurde deshalb hier zur Modellierung herangezogen.

## Hinweis

Mit nur geringen Änderungen lassen sich die Versuche auch auf das Federpendel oder andere Schwinger übertragen.