

## Schwingungen, Hookesches Gesetz bei Federn und Gummibändern

### Versuchsziele

- Messung des Weg-Zeit-Gesetzes der Schwingung von Federn und Gummibändern, Aufzeigen von Unterschieden.
- Bestimmung der Periodendauer
- Messung der Abhängigkeit der Rückstellkraft von der Auslenkung (Hookesches Gesetz)
- Bestimmung der Federkonstanten auf 2 verschiedene Weisen.

### Rechnerinfo

**Sensoren:** Kraft (10 N)

**Messmodi:** time graph  
events with entry

**weiteres:** Anfitten einer Geraden,  
(Anfitten eines Cosinus –  
für Interessierte)

### Physik- und Messinfo:

Harmonische Schwingungen (sinus- bzw. cosinusförmiges Weg-Zeit-Gesetz) liegen nur bei einer linearen Abhängigkeit der Rückstellkraft von der Auslenkung vor. Bei der Spiralfeder haben wir die lineare Abhängigkeit, denn hier gilt das Hookesche Gesetz:

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = -D \cdot s$$

Lösung dieser DGL ist eben Sinus oder Cosinus.

Bei Gummibändern ist die lineare Abhängigkeit der Rückstellkraft von der Auslenkung nicht gegeben – das Weg-Zeit-Gesetz weicht mehr oder weniger stark vom Sinusverlauf ab. Die Schwingung ist stark gedämpft.

Sowohl das Weg-Zeit-Gesetz der Schwingungen als auch die Abhängigkeit der Rückstellkraft von der Auslenkung lassen sich mit dem Kraftsensor messen. Periodendauer und Federkonstante können bestimmt werden.

### 1. Weg-Zeit-Gesetz der Schwingung

#### Versuchsaufbau und –durchführung:

Kraftsensor an Stativmaterial befestigen, mit CBL2 und Rechner verbinden, Spiralfeder oder Gummiband mit Masse anhängen.

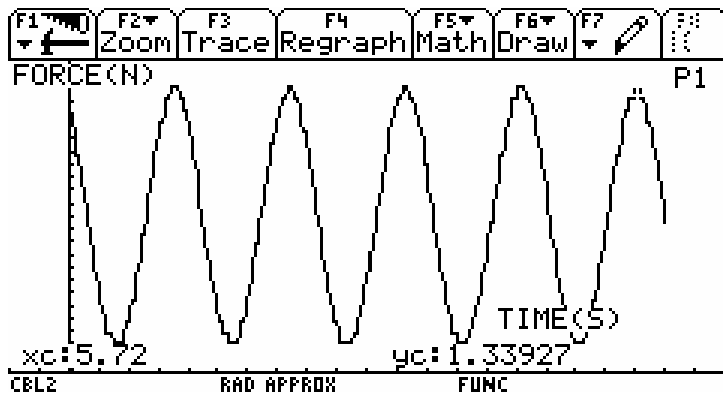
Messmodus: time graph, Messintervall und Anzahl Punkte ausprobieren.

## Messung

### datamate-Hauptmenü

- 1: setup
- Pfeil mit Pfeiltasten auf „mode“, „enter“
- 2: time graph
- 2: change time settings
- Messintervall und Anzahl Messpunkte eingeben
- 1: ok
  
- Pendel in Schwingung versetzen
- 2: start

### Messbeispiel Spiralfeder:

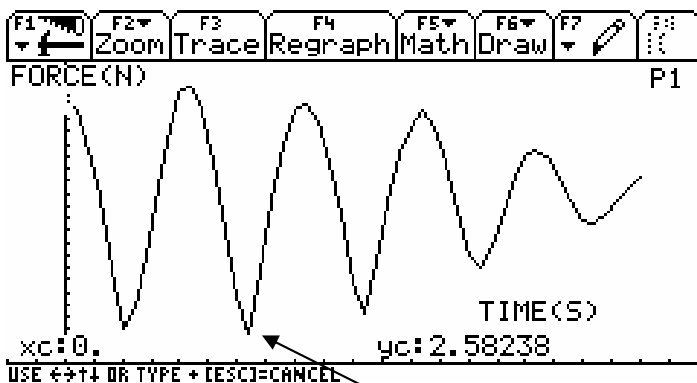


$m = 100\text{g}$   
 $\Delta t = 0.02\text{s}$   
300 Messpunkte

### Bestimmung der Periodendauer:

Messung des Abstandes von Maxima oder Minima durch Verschieben des Cursors mit den Pfeiltasten. Der zur Cursorposition gehörige Zeitwert wird als xc: angezeigt.

### Messbeispiel Gummiband:



Messung an einem Kordelgummiband,

$m = 200\text{g}$   
 $\Delta t = 0.05\text{s}$   
50 Messpunkte

unten ruckartige Umkehr - kein Cosinus

**Tipp:** Die Abweichung vom cosinusförmigen Verlauf lässt sich nicht für alle Gummibänder einfach erkennen (bei den „normalen roten Gummiringen“ häufig nicht). Hier muss man einfach etwas herumprobieren. Wegen der starken Dämpfung der Gummibandschwingung empfiehlt es sich auch, zunächst die Messung am Rechner zu starten und dann erst die ausgelenkte Masse loszulassen.

Anregung zu diesem Experiment: H.-J. Claas [12].

---

## 2. Abhängigkeit der Rückstellkraft von der Auslenkung

### Versuchsaufbau und –durchführung:

Kraftsensor an Stativmaterial befestigen, mit CBL2 und Rechner verbinden, Spiralfeder oder Gummiband anhängen.

Lineal mit Klebeband am Kraftsensor befestigen oder Messlatte neben der Feder aufstellen. Feder in Schritten von z. B. 1 cm auslenken, Kraft messen, zugehörigen Auslenkungswert in Rechner eingeben.

### Messung

#### Datamate-Hauptmenü

- 1: Setup drücken
- Pfeil mit Pfeiltasten auf „mode“, „Enter“
- 3: Events with Entry

Anschließend muss noch die Gewichtskraft der Feder kompensiert werden:

- 3: Zero

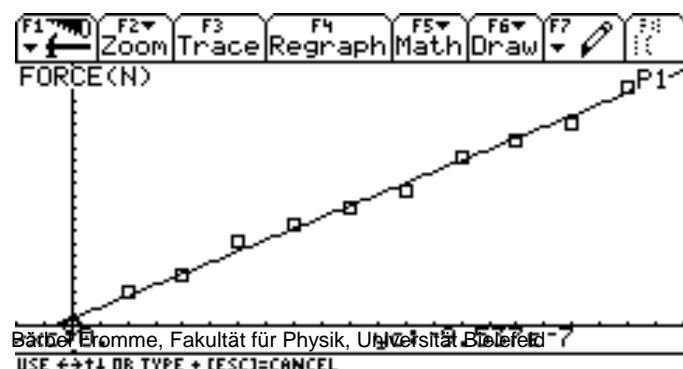
Dann im Hauptmenü auf:

- 2 : Start

Nach Drücken von „Enter“ wird der erste Messwert aufgenommen, anschließend muss man die Auslenkung eingeben und wieder „Enter“ drücken. Dann kommt der 2. Messwert: Feder 1 cm oder so auslenken, Enter drücken, Auslenkung eingeben, Enter. Hat man genug Messwerte erzeugt, Messung beenden mit „Sto“.

**Tipp:** Messung zu zweit durchführen. Einer lenkt aus und hält die Feder während der Messung auf der gewählten Auslenkung. Der andere bedient den Rechner.

### Messbeispiel Spiralfeder:



Kraft in Abhängigkeit von der Auslenkung.

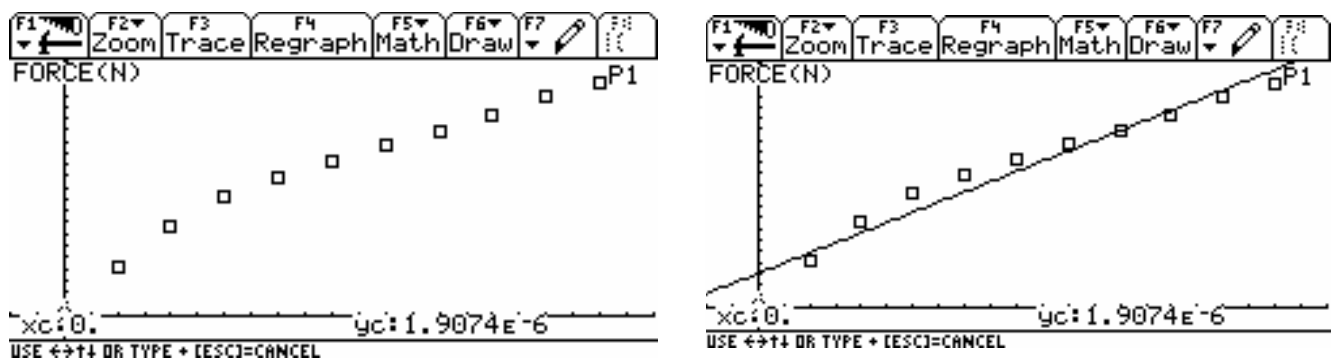
Eingezeichnet ist hier bereits die Ausgleichsgerade. Diese fittet man wie folgt an:

### Anfitten einer Geraden:

#### Datamate-Hauptmenü

- 4: analyze
- 2: curve fit
- 1: linear (ch1 vs entry) – falls sich der Kraftsensor in ch1 befand)

### Messbeispiel Gummiband:



Dass die Kraft hier nicht linear von der Auslenkung abhängt, sieht man deutlich. Mit wachsender Auslenkung steigt die Kraft immer weniger stark an – eine Gerade kann man nicht wirklich gut anfitten.

---

### 3. Bestimmung der Federkonstanten einer Spiralfeder

Die Federkonstante kann man auf 2 Arten bestimmen:

1. statisch: Nach dem Hookeschen Gesetz, also durch Auftragen von  $F(s)$  und Bestimmung der Steigung der sich ergebenden Gerade (s. o).
2. dynamisch: Aufzeichnung der Schwingung, daraus Periodendauer bestimmen und daraus die Federkonstante. Es gilt:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$$

Für die oben dargestellte Messung an der Spiralfeder ergab sich:

1. aus dem Kurven-Fit  $y = ax + b$  erhält man  $a = 0,03179 \text{ N/cm} = 3,179 \text{ N/m}$   
( $b = -0,0056 \approx 0$ )

Also:

$$D = 3,18 \text{ N/m}$$

2. Bei der dargestellten Messung ergibt sich eine durchschnittliche Periodendauer von  $T = 1,17 \text{ s}$

Mit  $m = 100\text{g}$  erhält man so eine Federkonstante von:

$$D = 2,88 \text{ N/m}$$

Der mit der dynamischen Methode ermittelte Wert ist etwas kleiner als der mit der statischen Methode gemessene. Das liegt daran, dass die Formel für die Periodendauer für einen Massepunkt an masseloser Feder gilt. Tatsächlich hat die Feder natürlich eine Masse. Das führt dazu, dass die Masse des unteren Federteils zur Auslenkung des darüber liegenden Teils beiträgt – die tatsächlich schwingende Masse ist also größer als die des schwingenden Massestücks. Die Federkonstante ist bei der dynamischen Methode also etwas zu klein, wenn man die Masse der Feder nicht berücksichtigt.