



## Aufgabenstellung

Bestimmen Sie die Federkonstante  $k$  einer Feder mittels dynamischer Methode. Messen Sie dazu die Periodendauer  $T$  der Federschwingung als Funktion der Masse  $m$ . Werten Sie Ihre Messreihe in der folgenden Weise aus:

1. Stellen Sie Ihre Messwerte in einem geeigneten Diagramm grafisch dar. Führen Sie einen Geradenausgleich grafisch durch und bestimmen Sie aus dem Anstieg die Federkonstante  $k$ . Ermitteln Sie ebenfalls grafisch die statistischen und systematischen Messunsicherheiten der gesuchten Größe.
2. Nur Physik-Bachelor: Führen Sie die lineare Regression rechnerisch mittels Tabellenkalkulation durch und bestimmen Sie die Federkonstante  $k$  sowie deren statistische und systematische Messunsicherheiten.
3. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit der „naiven“ Berechnung des Mittelwertes aus den Federkonstanten, die sich aus den jeweiligen Einzelmessungen ergeben.
4. Diskutieren Sie neben dem Endergebnis auch das Absolutglied und den Anstieg der Ausgleichsgerade.

## Versuchsaufbau

Am Versuchsplatz finden Sie eine Feder, die an einem Stativ hängt, und einen Satz von 5 Massen (vier gleiche Schlitzgewichte und einen Haken mit Zusatzmasse) zu jeweils  $(50,0 \pm 1,0)\text{g}$  und einer Masse zu  $(25,0 \pm 0,5)\text{g}$  (Herstellerangaben). Weiterhin ist davon auszugehen, dass die Gewichte alle an derselben Maschine unter stabilen Bedingungen hergestellt wurden. Weiterhin liegt eine Digitalstoppuhr mit einer systematischen Unsicherheit von  $\pm 0,01\text{ s}$  nach Angabe des Herstellers vor.

## Hinweise zur Versuchsdurchführung

- Bestimmen Sie für zehn verschiedene Massen die Periodendauer der Federschwingung anhand von jeweils 10 Perioden.
- Versuchen Sie, die Pendelbewegung der Feder möglichst zu vermeiden.
- Ermitteln Sie die statistische Unsicherheit der Zeitmessung, indem Sie für eine repräsentative Masse ca. 10 Zeitmessungen durchführen.
- Bestimmen Sie für jede Gesamtmasse die systematische Unsicherheit.

## Hinweise zur grafischen Auswertung

- Die grafische Auswertung liefert nur unter Verwendung eines gut gespitzten Bleistifts, eines durchsichtigen Lineals und Millimeterpapier zufriedenstellende Ergebnisse.

- Führen Sie eine geeignete Linearisierung der Messdaten durch und stellen Sie diese auf Millimeterpapier einschließlich deren statistische Messunsicherheiten (Fehlerbalken) grafisch dar.
- Ermitteln Sie die Ausgleichsgerade mithilfe eines *durchsichtigen* Lineals und bestimmen Sie Anstieg und Absolutglied. Wählen Sie dafür ein großes Anstiegsdreieck (warum?).
- Konstruieren Sie den statistischen Unsicherheitsbereich und passen Sie die Geraden mit dem größt- und kleinstmöglichen Anstieg ein. Bestimmen Sie damit die statistischen Unsicherheiten von Anstieg und Absolutglied. Beurteilen Sie unter Einbeziehung der entsprechenden Unsicherheit, ob das ermittelte Absolutglied mit Ihrer Erwartung verträglich ist.
- Konstruieren Sie den Unsicherheitsschlauch aufgrund systematischer Abweichungen und ermitteln Sie die systematische Unsicherheit von Anstieg und Absolutglied. Hierbei ist es angebracht, dies aus Gründen der Übersichtlichkeit an einer parallel verschobenen Ausgleichsgerade oder auf einem Extrablatt durchzuführen. Geben Sie Ihre Annahme zur Korrelation an und begründen Sie diese.
- Berechnen Sie aus dem Anstieg die Federkonstante und deren statistische und systematische Unsicherheit.

## Hinweise zur rechnerischen Auswertung (nur Bachelor-Physik)

- Berechnen Sie Anstieg und Absolutglied mithilfe der Formeln aus der Versuchsanleitung.
- Ermitteln Sie dazu für jeden Ordinatenwert die Gewichtung  $w_i = 1/\Delta y_{\text{stat},i}^2$
- Legen Sie sich mit einem Tabellenkalkulationsprogramm eine Tabelle zur Bestimmung der entsprechenden Summen  $A_{11}$ ,  $A_{12}$ ,  $A_{22}$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  und der Determinante  $D$  an und bestimmen Sie daraus Anstieg und Absolutglied sowie deren statistische Messunsicherheiten.
- Bestimmen Sie analog zur grafischen Auswertung die systematische Unsicherheiten für den Anstieg - die Berechnung der syst. Messunsicherheiten für das Absolutglied entfällt.
- Berechnen Sie die Federkonstanten für jeden Messpunkt und bilden Sie den Mittelwert. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem der Regression und finden Sie Ursachen für mögliche Abweichungen.
- Warum ist die Methode der linearen Regression gegenüber der „naiven Mittelwertbildung“ vorzuziehen?