



## Aufgabenstellung

Bestimmen Sie die Schwingungsdauer  $T$  eines Fadenpendels in 10 bis 200 Einzelmessungen, und analysieren Sie die Resultate hinsichtlich des arithmetischen Mittels  $\bar{T}$ , der Standardabweichung bezüglich Einzelmessung  $s_T$  und Mittelwert  $s_{\bar{T}}$  sowie der Verteilungsfunktion von  $T$ :

1. Für 10 Einzelmessungen sind von Hand  $\bar{T}$ ,  $s_T$  und  $s_{\bar{T}}$  zu berechnen.
2. Nach der Klasseneinteilung werden 200 Messungen durchgeführt und mit dem zur Verfügung stehenden Programm ausgewertet. Um die Entwicklung statistisch relevanter Größen in Abhängigkeit vom Stichprobenumfang zu verfolgen, werden nach 10, 25, 50, 100 und 200 Messungen die Häufigkeiten der Messwerte ermittelt.
3. Aus den gewonnenen Daten sind die Fallbeschleunigung  $g$  und deren Messabweichungen zu bestimmen.
4. Für die einzelnen Messungen ist anhand der Häufigkeitsverteilung das Vorliegen einer Gauß-Verteilung zu prüfen. *Studierende mit Physik als Hauptfach* stellen zudem die Summenkurve auf Wahrscheinlichkeitspapier dar und vergleichen das Resultat mit den Ergebnissen aus Aufgabe 2.

## Hinweise zur Versuchsdurchführung

- Um den subjektiven Einfluss zu erhöhen, stoppen Sie  $T$  am Umkehrpunkt des Pendels.
- Die Amplitude der Pendelschwingung sollte 10 cm nicht überschreiten. Die Messreihe kann unterbrochen werden, um das Pendel neu anzuregen, wenn sich durch verschiedene äußere Einflüsse eine elliptische Schwingung einstellen sollte.
- Zur Bestimmung der Pendellänge messen Sie den Abstand Tischfläche - Aufhängepunkt des Pendels mit dem Laserentfernungsmesser GLM 30 (die Handhabung ist selbsterklärend) und den Abstand Tischfläche - Kugelmitte mit dem Stahllineal. Zu beachten ist hierbei, dass der tatsächliche Schwerpunkt von der Kugelmitte i.d.R. abweicht.
- Die Datenerfassung und -auswertung erfolgt durch das Excel-Programm FA-NF-W22.xlsx (*Studierende mit Physik als Nebenfach*) bzw. FA-PHY-W22.xlsx (*Studierende mit Physik als Hauptfach*). Zahlen sind nach deutschsprachiger Notation mit Komma einzugeben (nicht mit Punkt!). Die einzelnen Programmschritte (siehe auch Abb. 1) sind nacheinander auszuführen.

**Achtung:** Geben Sie bei Kontrollabfragen > 4 falsche Ergebnisse ein, wird der Versuch nicht anerkannt.

- Beim Vorversuch müssen Sie alle Einzelmessungen ins Protokoll übernehmen und die statistischen Kenngrößen wie den Mittelwert und die Standardabweichungen der Einzelmessungen und des Mittelwertes berechnen. Ihre Auswertungen werden vom Programm überprüft.
- Für die Festlegung der Intervalleinteilung nutzen Sie die Ergebnisse des Vorversuches. Empfohlen wird eine Intervalleinteilung, bei der 99,9 % der Messwerte innerhalb der Intervalleinteilung liegen (Messintervalle von  $T - 3\sigma$  bis  $T + 3\sigma$ ).

- Die Erfassung, Auswertung und Darstellung der Messwerte des Hauptversuches erfolgen durch den Computer. Für Ihr Protokoll stellen Sie aus Tabellen und Diagrammen eine Druckseite zusammen, die wichtige statistische Ergebnisse des Versuches veranschaulicht. Nutzen Sie auch die Möglichkeit, nach Beendigung des Hauptversuchs die Intervalleinteilung anhand genauerer Werte anzupassen. Dies kann sowohl im Menüpunkt „Prüfung Normalverteilung“ als auch unter „Intervalleinteilung“ erfolgen.
- Bevor Sie den Programmfpunkt „ $g$ -Ermittlung“ starten, erfassen Sie alle dafür benötigten Größen einschließlich ihrer Messunsicherheiten im Protokoll und berechnen die Fallbeschleunigung  $g$  und deren Messunsicherheit  $\Delta g$ . Beim Programmfpunkt „ $g$ -Ermittlung“ wird geprüft, ob Sie die korrekten Größen erfasst und die Fallbeschleunigung  $g$  einschließlich Messunsicherheit richtig berechnet haben.
- Im Protokoll ist zu Beginn der Diskussion das Endergebnis mit korrekter Rundung klar herauszustellen. *Studierende mit Physik als Hauptfach* geben hierbei statistische und systematische Messunsicherheit getrennt an, also z.B.  $g = (9,81 \pm 0,05_{(stat)} \pm 0,04_{(sys)}) \frac{m}{s^2}$ , während *Studierende mit Physik als Nebenfach* das Ergebnis mit einer Gesamtunsicherheit angeben, also z.B.  $g = (9,81 \pm 0,06) \frac{m}{s^2}$ . In der Diskussion sollten Sie auf beide Teile des Versuches (Statistik und  $g$ -Ermittlung) eingehen.
- Das ©Gravity Information System der PTB Braunschweig gibt den Wert der Fallbeschleunigung für die Koordinaten des Recknagel-Baus  $g = (9,811123 \pm 0,000020) \frac{m}{s^2}$  (Sicherheit 95 %) an.

## Versuch FA - PHY

Im Versuch messen Sie die Schwingungsdauer eines mathematischen Pendels mehrfach (200 mal).

Diese Messungen werten Sie statistisch aus.

Aus dem Ergebnis bestimmen Sie die Fallbeschleunigung g und die statistische und systematische Messunsicherheit von g durch die gegebene Versuchsdurchführung.

### Initialisierung

Bei Drücken dieser Taste werden alle Messwerte und Auswertungen gelöscht!

#### Ablauf:

1. Bestimmen Sie in einem Vorversuch mit 10 Messungen den **Mittelwert** der Schwingungsdauer und die **Standardabweichungen** der Einzelmessung und des Mittelwertes.

Die Messwerte und Ihre Auswertung sind zu protokollieren.

### Start des Vorversuches

(der Vorversuch kann wiederholt werden)

2. An Hand Ihrer Ergebnisse des Vorversuches legen Sie eine **geeignete Intervalleinteilung** für die statistische Auswertung Ihrer Hauptmessung fest.

Festzulegen sind die **Anzahl** der Intervalle, der **Anfangswert** des ersten Intervalls und die **Intervallbreite**  $\Delta T$

### Intervalleinteilung

(mit der Intervalleinteilung werden alle bisherigen Auswertungen zum Hauptversuch gelöscht)

3. Bei der Hauptmessung werden nach 10, 25, 50, 100 und 200 Messungen die Häufigkeiten der Messwerte in den einzelnen Intervallen ermittelt.

### Hauptversuch

(Die Messung kann zu beliebigen Zeitpunkten unterbrochen und wieder fortgesetzt werden)

4. Die Gesamtmeßreihe mit den 200 Meßwerten bzw. deren Häufigkeitsverteilung ist auf Vorliegen einer Normalverteilung

Aus den Parametern Mittelwert und Standardabweichung wird die Normalverteilungskurve berechnet und dargestellt.

Ebenfalls wird der gemessene Polygonzug dargestellt.

(Sie haben auch die Möglichkeit, diese Darstellung für andere Anzahlen von Meßwerten zu erstellen. Gegebenenfalls können Sie die

### Prüfung Normalverteilung

Die Anzahl der zu verwendenden Meßwerte und die Bereichseinteilung können variiert werden.

5. Stellen Sie sich eine Seite zum Ausdrucken zusammen!

Wählen Sie sich dazu für Sie wichtige Grafiken und Tabellenbereiche aus und gestalten Sie die Druckseite.

### auszudruckende Seite erstellen

6. Ermitteln Sie aus der mittleren **Schwingungsdauer**  $T_{MW}$  und der **Länge** des Fadenpendels die

Berechnen Sie die systematische und statistische Messunsicherheit von g.

Neben der Messunsicherheit der  $T_{MW}$  - Messung ist noch die Messunsicherheit der Pendellänge zu beachten.

Der Hersteller gibt die Genauigkeit des GLM 30 im Messbereich bis 30m mit  $\pm 2\text{mm}$  und die Ganggenauigkeit der Uhr im Messbereich von (0 - 4)s mit  $\pm 0,010\text{s}$  an. Die Genauigkeit des Stahlseils entnehmen Sie der Tabelle im Einführungsheft.

### g - Ermittlung

(Das von Ihnen berechnete Ergebnis wird kontrolliert)

7. Beenden Sie Ihren Versuch. Ihre Ergebnisse werden unter dem Namen Ihrer Gruppe abgespeichert.

### Versuch beenden

(Ihre Ergebnisse werden abgespeichert!)

Abb. 1: Übersicht über die Startseite des Computerprogramms mit den einzelnen Programmschritten