



TU Dresden
Fakultät Physik
Physikalisches Grundpraktikum

Platzanleitung ES
Erzwungene Schwingungen

1 Aufgabenstellung

1. Bestimmen Sie die Eigenfrequenz ω_0 des ungedämpften Pohlschen Rads.
2. Bestimmen Sie die Dämpfungskonstante δ in Abhängigkeit von der an der Wirbelstrombremse angelegten Stromstärke I . Ermitteln Sie durch graphische Auftragung den Wert von δ für $I = 0$.
3. Bestimmen Sie die Resonanzkurve einer ungedämpften und einer gedämpften Schwingung und bestimmen Sie durch Anpassung der theoretischen Resonanzkurve die Eigenfrequenz des ungedämpften Oszillators sowie die Dämpfungskonstante. Vergleichen Sie die Werte mit denen aus Aufgabenstellung 1 und 2.

2 Hinweise zur Versuchsdurchführung

2.1 Messung der Eigenfrequenz

Lenken Sie das Drehpendel maximal aus und stoppen Sie die Zeitdauer von mindestens fünf Schwingungen. Wiederholen Sie dies mindestens fünf mal und berechnen Sie hieraus die Eigenfrequenz im nahezu ungedämpften Zustand.

2.2 Messung der Dämpfungskonstanten

Stellen Sie die Stromstärke der Wirbelstrombremse auf 200 mA ein und zeichnen Sie mithilfe des PCs die gedämpfte Schwingung auf. Bestimmen Sie die Amplituden von mehreren (jedoch mindestens 3) aufeinanderfolgenden Maxima. Berechnen Sie mithilfe von

$$\frac{\varphi(t_0)}{\varphi(t_0 + T)} = \frac{e^{-\delta t_0}}{e^{-\delta(t_0 + T)}} = e^{\delta T} \quad (1)$$

die Dämpfungskonstante δ . Benutzen Sie dazu die Annahme, dass sich die Eigenfrequenz des Pohlschen Rads nur wenig durch die zusätzliche Dämpfung ändert. Dadurch können Sie direkt $T \approx T_0 = 2\pi/\omega_0$ einsetzen.

Bestimmen Sie so auch die Dämpfungskonstanten für $I = 400$ mA und $I = 600$ mA. Tragen Sie die ermittelten Dämpfungskonstanten gegen I^2 graphisch auf. Es reicht hier sich auf den Wertebereich $I^2/A^2 \in [0; 0.4]$ zu beschränken. Versuchen Sie anschließend eine Ausgleichsgerade durch die erhaltenen Datenpunkte zu legen. Welcher Wert ergibt sich nun für $I = 0$ mA?

2.3 Resonanzkurven

Schalten Sie die Wirbelstrombremse wieder ab und untersuchen Sie die Resonanzkurve einer ungedämpften erzwungenen Schwingung. Wählen Sie dazu eine geeignete Motordrehzahl zwischen 0 und 2 s^{-1} . Lassen Sie das Pendel einschwingen und nehmen dann die Bewegung des Pendels für ca. 30 Sekunden auf. Messen Sie anschließend die Amplitude der Schwingung.

Wiederholen Sie die gesamte Messung für verschiedene Drehzahlen im Bereich von $0\text{--}2\text{ s}^{-1}$, sodass Sie insgesamt ca. 15 Messpunkte erhalten. Überlegen Sie sich eine sinnvolle Abtastung der Resonanzkurve. Wiederholen Sie die Aufgabe für eine Stromstärke von 400 mA an der Wirbelstrombremse.

Nichtlineare Anpassung mittels Python (Physik-Bachelor): Bestimmen Sie die Eigenfrequenz des ungedämpften Oszillators ω_0 und die Dämpfungskonstante δ aus beiden Resonanzkurven durch nichtlineare Anpassung der Gl. 22 in der Versuchsanleitung (3 freie Parameter) und vergleichen Sie die Werte mit den vorherigen Ergebnissen. Führen Sie die Anpassung mittels des Python-Skriptes „PhyPraFit.py“ durch, welches Sie auf den Messrechnern im Laufwerk P:\ finden. Dazu müssen Sie im vorliegenden Skript die entsprechende Zielfunktion definieren, ggf. sinnvolle Werte für die oberen und unteren Schranken der Anpassungsparameter setzen und weitere Optionen für die Bestimmung der Messunsicherheiten und grafische Darstellung wählen. Stellen Sie Messwerte mit Fehlerbalken und angepassten Resonanzkurven einschließlich der Konfidenzbereiche grafisch dar und drucken diese für Ihr Protokoll aus. Geben Sie für die angepassten Parameter die statistischen und systematischen Messunsicherheiten an.

Hinweise zur Verwendung von Python (Physik-Bachelor): Das Skript „PhyPraFit.py“ bietet eine Möglichkeit zur Kurvenanpassung an Messdaten sowie zur Bestimmung der statistischen und systematischen Unsicherheiten der Anpassungsparameter mittels Python. Es basiert auf den Inhalten der Vorlesung zu erweiterten statistischen Methoden im 2. Semester und wird zusammen mit Beispieldaten und einer Dokumentation im Vorfeld zu Ihrer eigenen Vorbereitung zur Verfügung gestellt. Auf den Messrechnern finden Sie die Python-Distribution Anaconda 3.7 installiert, welche alle nötigen Module liefert und frei im Internet verfügbar ist. Weiterhin bietet sie die Entwicklungsumgebung „Spider“ (ähnlich „Geany“), in der Sie das Skript „PhyPraFit.py“ (Laufwerk P:) modifizieren, ausführen und die Ergebnisse darstellen können. Die Messwerte einschließlich der Messunsicherheiten geben Sie bitte in die Exceltabelle „Data.xlsx“ entsprechend der vorgesehenen Spalten ein. Achten Sie darauf, dass ausschließlich die für die Regression relevanten Werte eingegeben werden und jede Spalte gleich viele Werte enthalten muss. Falls keine Werte vorliegen, sind Nullen einzugeben. Bevor Sie Modifikationen vornehmen, ist es ratsam, für beide Dateien Kopien anzufertigen.

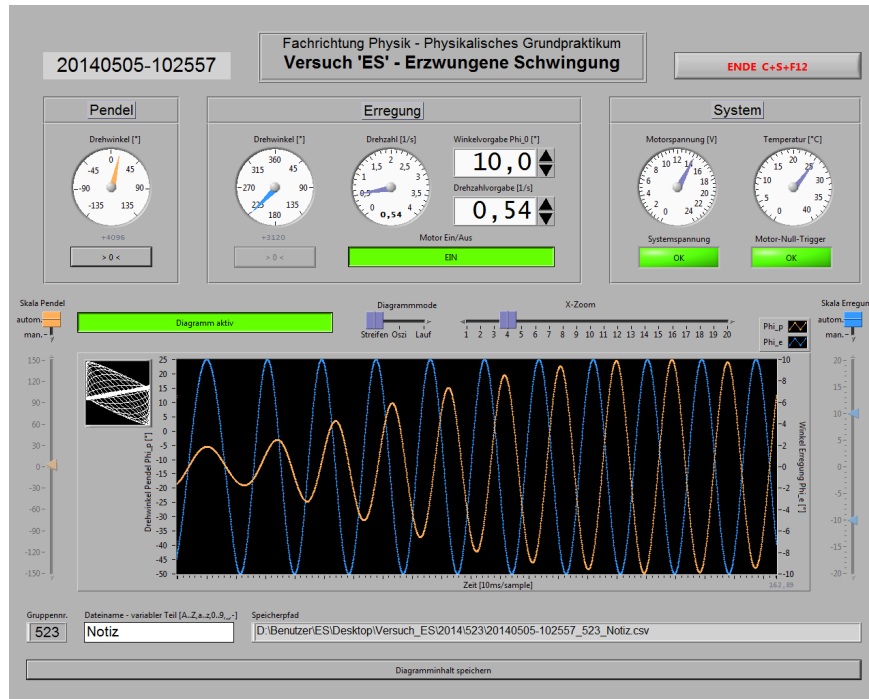
3 Messprogramme

3.1 ES

Starten Sie das Programm „ES“, welches sich auf dem Desktop befindet und geben Sie ihre Gruppennummer ein. Es öffnet sich das folgende Fenster:

Um die Phasenlage zwischen Schwinger und Erreger zu Beginn zu definieren, ist über den Button „>0<“ im Bereich „Erregung“ die Nullstellung des Motors zu kalibrieren. Dazu dreht man das schwarze Rad an der Motorachse, bis die Ausfräsung nach oben zeigt, und betätigt anschließend die Schaltfläche „>0<“. Diese Einstellung bleibt erhalten, sofern am System nicht mehr händisch gedreht wird. Weiterhin sollte die Ruhelage des Pendels durch betätigen der Schaltfläche »0< im Bereich Pendel mit dem Programm abgeglichen werden. Nun kann die Drehzahl eingegeben und der Motor gestartet werden. Im darunter dargestellten Diagramm wird automatisch die Bewegung des Pohlischen Rades (orange), sowie des Motors (blau) aufgetragen. Weiterhin werden automatisch alle Maxima und Minima im Bereich des Diagramms ermittelt und statistisch ausgewertet.

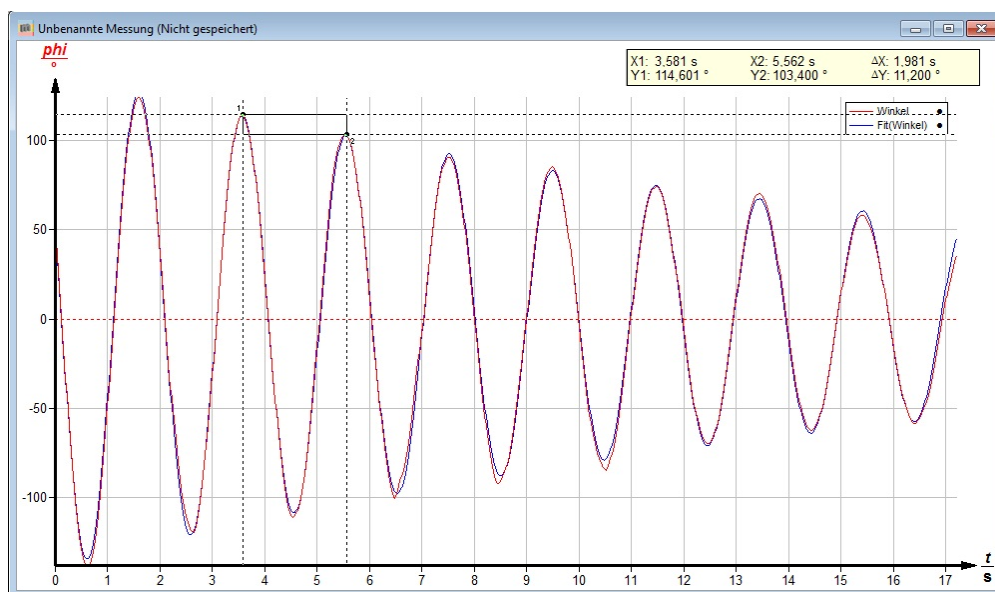
Zum Speichern der Daten in eine .csv-Datei, klicken Sie auf „Speichern“. Für die Auswertung des Graphen öffnen Sie zunächst die gewünschte .csv-Datei mit MS Excel. Markieren Sie die relevanten



Daten, kopieren sie mit STRG + C und fügen Sie diese mit STRG + V in das Messprogramm "Measure" ein.

3.2 Measure

Bei der Messung der Dämpfungskonstanten ist es hilfreich, das eingebaute „Vermessungstool“ des Programms zu verwenden. Sobald Sie dieses anklicken, erscheint in ihrem aufgenommenen Graphen ein Rechteck, von dem Sie zwei Ecken beliebig verschieben können:



Schieben Sie diese Punkte auf zwei aufeinanderfolgende Maxima, so können Sie direkt deren Positionen ablesen. Vergessen Sie hierbei jedoch nicht die Ableseunsicherheit zu berücksichtigen.