

Anleitung M12: Federschwingungen

Vortrag M12a (Experiment mit Auswertung)

Vortrag M12b (Simulation mit Moebius)

Versuch: beide

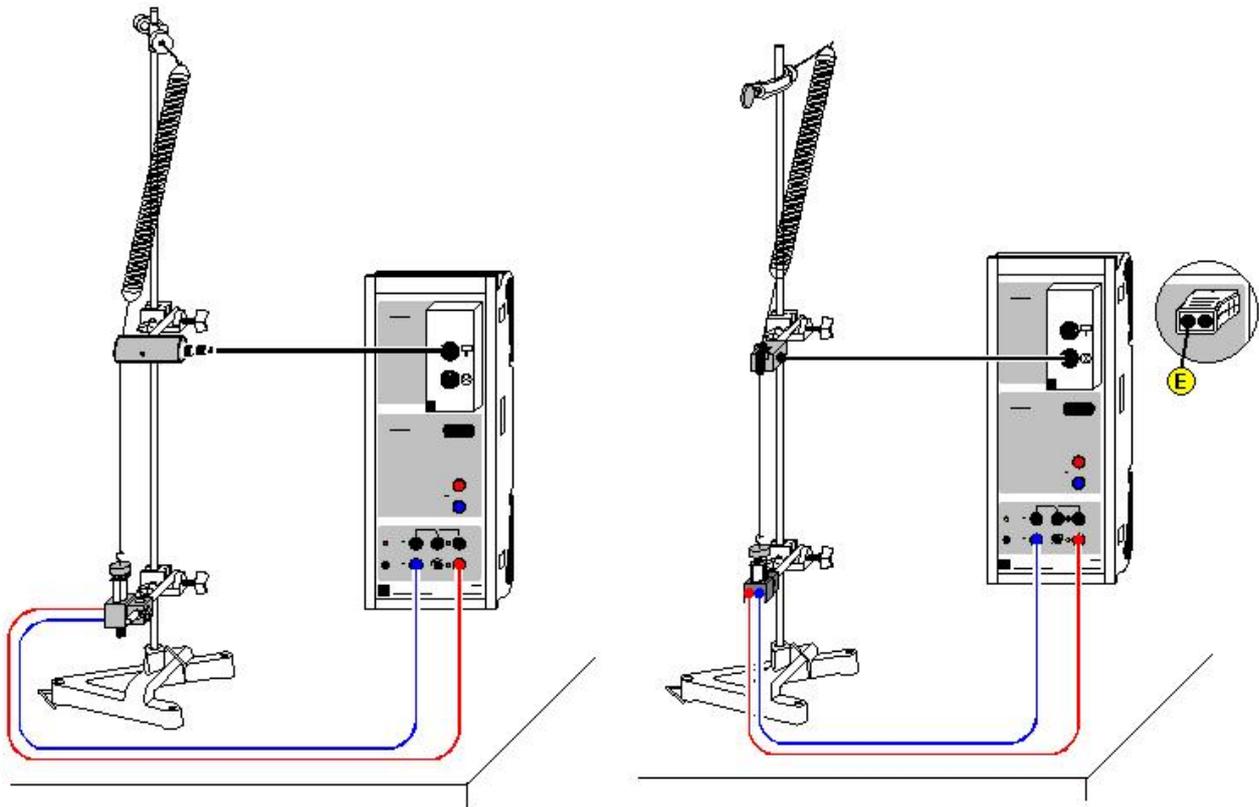


Abbildung 1.1: Aufbau des Versuchs (Bild aus CASSY Anleitung)

Material: Feder, Gewichtsstücke, Lineal, BMW (Umlenkrolle, nimmt Bewegung auf), Materialien für Reibungseinflüsse.

Literatur:

- Dorn S. 112,113 (digitale Kopie auf Anfrage beim Versuchsbetreuer erhältlich).
- Handbuch CASSY Lab ab S. 167 <https://www.ld-didactic.de/software/524221de.pdf>
- https://grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/GP_Alt/PC_Messung_0.htm
- Moebius <https://www.primtext.de/moebius/>

Theorie: Im Antestat soll die Differentialgleichung der gedämpften, harmonischen Schwingung aus dem Kräfteansatz aufgestellt und deren Lösungen $s(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ hergeleitet werden (Literatur: z.B. Gerthsen). Wie hängt die einhüllende Funktion der Schwingung mit dem Energieabfluss aus dem System zusammen? Welche Form haben die Einhüllenden für die im Versuch angewendeten Reibungsformen? Für welche Reibungsformen und wie lässt sich die Reibungskonstante aus der Differenz bzw. dem Quotienten der Amplituden gewinnen.

M12a: Experimentelle Bestimmung der Feder- und Reibungskonstanten

Aufbau Federpendel (nicht zu starke Reibung des Fadens am BMW durch Aufbau) s.CASSY LAB, Einstellungen laden, per Hand starten.

Nehmen Sie fünf $s(t)$ -Diagramme mit jeweils unterschiedlichen Gewichten mittels CASSY und BMW ohne zusätzliche Dämpfung auf. Dabei soll die Abhängigkeit zwischen Schwingungsdauer T und Masse m experimentell gezeigt werden. Achten Sie darauf, dass mindestens fünf Messwerte für T pro Schwingungsdiagramm entnommen werden können und machen Sie eine Standardabweichung des Mittelwerts für T bei jedem Schwingungsdiagramm. Bestimmen Sie die Federkonstante aus einer Geradenanpassung, indem Sie T^2 gegen m auftragen.

In CASSY Lab finden Sie Vorlagen für verschiedene zusätzliche Dämpfungen des Federpendels (s. auch Vorlage im Dorn. Kann auf Nachfrage vom Betreuer per E-Mail versandt werden.). Nehmen Sie für die drei verschiedenen Dämpfungen, konstante Reibung, viskose Reibung und Newton'sche Reibung jeweils mindestens ein $s(t)$ -Diagramm auf. Zeigen Sie, dass für den Fall der konstanten Reibung die Amplitudendifferenzen und für die viskose Reibung die Quotienten der Amplitude eine Konstante sind. (Herleitung! Nehmen Sie für die konstante Reibung die Energieerhaltung als Ansatz.) Geben Sie die gefundenen Reibungsfaktoren an (benötigt werden fünf Messpunkte, Standardabweichung). Führen Sie zusätzliche eine numerische Anpassung der einhüllenden Funktion für die drei Dämpfungen durch (mittels Gnuplot, etc.). Welche Einhüllenden werden für die jeweiligen Dämpfungen erwartet (Teil des Antestats)? Führen Sie für den Fall der Newton'schen Reibung ebenfalls einen Fit der Einhüllenden unter der Annahme durch, dass die Dämpfung linear in v ist. Welche Einhüllende passt in welchem Zeitabschnitt des Schwingungsverlaufes besser? In welchen Zeitabschnitt ist die Luftströmung laminar, in welchen turbulent?

Verwenden Sie jeweils einen der folgenden Kraftansätze für den entsprechenden Aufbau:

- konstante Kraft $F_{reib} = -k \cdot \text{sign}(v)$. Diese Kraft wird experimentell aus der Differenz aufeinander folgender Amplituden bestimmt.
- Geschwindigkeitsproportionale Kraft $F_{reib} = -k' \cdot v$. Der Quotient aufeinander folgender Amplituden ergibt k' .
- Luftwiderstand. Berechnung der Reibungskraft mit $F = k'' \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho_{Luft} \cdot v^2$. Der c_w der Kreisscheibe (Bierdeckel) = 1,1 und $\rho_{Luft} = 1,204 \text{ kg/m}^3$.

Simulieren Sie anschließend die drei Dämpfungen mit MOEBIUS. MOEBIUS ist für den Privatgebrauch frei im Netz verfügbar (und wir haben die Lizenz für den Gebrauch im Praktikum).

Die Simulation kann daher auch in Heimarbeit durchgeführt werden. Führen Sie jedoch mindestens eine ausgewählte Simulation aus den drei Fällen dem Betreuer vor.

Passen Sie für den Simulationsteil mit MOEBIUS alle eingegebenen Variablen an die experimentellen Werte an. Versuchen Sie eine maximale Deckung im Schwingungsverlauf mit dem jeweiligen Experiment zu erreichen, indem Sie ausschließlich die jeweilige Reibungskonstante variieren und vergleichen Sie diejenige mit maximaler Übereinstimmung zum Experiment mit der experimentell gefundenen Reibungskonstante. Für den Fall der Luftreibung variieren Sie die Fläche des Bierdeckels.

M12b: Anleitung „Simulation von Schwingungen mit MOEBIUS“

Eine Beschreibung für den Umgang mit MOEBIUS finden sie hier:

<http://marvin.sn.schule.de/~erzkoll/projekte/moebius/startseite.html>

Erläutern Sie zunächst das Verfahren. Die jeweilige Physik steckt in dem Ansatz für die Beschleunigung a .

$a = \dots$

Dann wird iterativ berechnet

$$\begin{aligned}v &= v + a \cdot dt \\s &= s + v \cdot dt \\t &= t + dt\end{aligned}$$

bis die Anzahl der eingestellten Durchläufe erreicht ist. Die Iteration macht das Programm automatisch.

Simulieren Sie die harmonische Schwingung $a = -D/m \cdot s$ (Hooke'sches Gesetz). Gehen Sie anschließend auf gedämpfte Schwingungen über

- $a = -D/m \cdot s - k/m \cdot \text{sign}(v)$ (Konstante Reibung) (Tipp: $v/abs(v)$, wählen Sie als Startpunkt nicht den Wert Null(!!!) für v , sondern einen angemessenen Wert nahe Null.)
- $a = -D/m \cdot s - k'/m \cdot v$ (viskose Reibung) oder
- $a = -D/m \cdot s - k''/m \cdot v^2$ (Luftwiderstand). Achten Sie hier auf das Vorzeichen des Reibungsterms!! (Tipp: $v * abs(v)$) Vergleichen Sie die Simulationen mit den experimentellen Diagrammen.