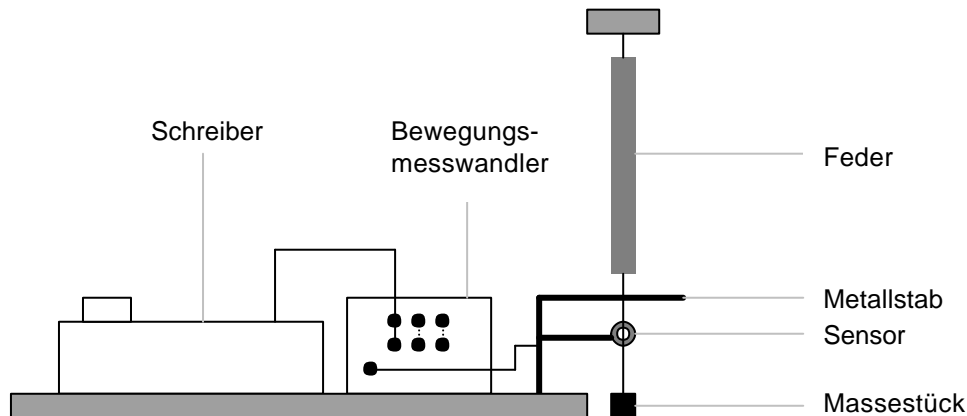


Protokoll des Physikunterrichts am 21.05.2002 in der sechsten Stunde

Das Thema dieser Stunde war die Fortsetzung der Analyse von Schwingungen, zunächst im mechanischen Bereich, um dann auch Rückschlüsse auf elektronische Schwingungen ziehen zu können. Dazu wurde ein Versuch wie folgt aufgebaut:



An eine Feder ist über einen Faden ein Massestück angehängt. Dieser Faden läuft durch den Sensor eines Bewegungsmesswandlers und vorher über einen Metallstab, welcher zur Justierung der Position des Fadens im Sensor und auch zur Erzeugung von Reibungskräften dient. Der Messwandler ist wiederum mit einem Schreiber verbunden, der einen Stift je nach angelegter Spannung auf einem Blatt Papier nach oben oder unten bewegt und so Spannungsdiagramme zeichnen kann.

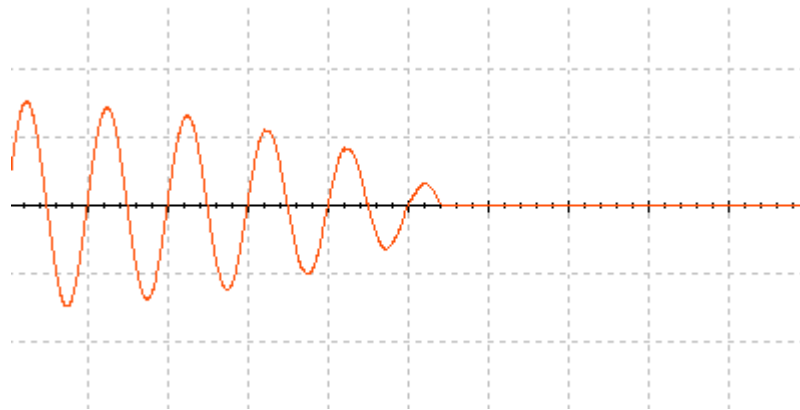
Der Sensor des Bewegungsmesswandlers verfügt im Inneren über zwei Scheiben, deren Rand Löcher in einem sehr genau eingehaltenen Abstand aufweist. Mit Hilfe eines Infrarotstrahls, welcher durch die Löcher fällt, kann der Messwandler somit durch die Drehung der Scheiben die vom Faden zurückgelegte Strecke und ferner über die zeitliche Differenz noch die Bewegungsgeschwindigkeit und die Beschleunigung des Fadens errechnen. Er gibt diese Ergebnisse dann als Spannungswerte aus. Wir beschäftigten uns zunächst mit der Strecke, welche der Faden beim Schwingen zurücklegte und schlossen daher den entsprechenden Ausgang des Messwandlers an den Schreiber an. Bei diesem entsprach ein Volt Ausgangsspannung einem Meter zurückgelegter Strecke.

Als Beispiel für die multiple Verwendungsfähigkeit des Messwandlers wurde dessen Funktion ebenfalls anhand eines üblichen Spannungsmessgerätes demonstriert: Sein Zeiger schlug bei der Schwingung des Massestücks ebenfalls aus und zeigte sowohl positive, als auch negative Spannungswerte an, was die Fähigkeit des Bewegungsmesswandlers verdeutlichte, die Bewegungsrichtung des Fadens zu erkennen.

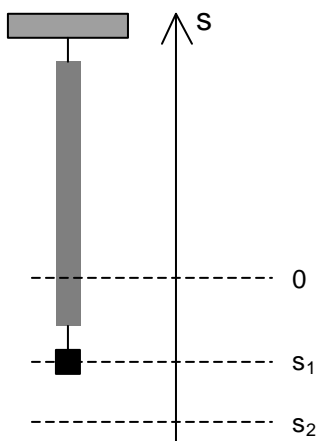
Dass der Ausschlag des Messwandlers wie auch die Auslenkung der Feder mit jeder neuen Schwingung etwas geringer wurden, lässt sich durch Reibungskräfte erklären: Überall, wo der Faden in Berührung mit einem anderen Material kommt, entstehen Gleitreibungskräfte für die gilt: $F_{Gl} = F_N \cdot f_{gl}$ und welche der ursprünglichen Bewegung entgegen gerichtet wirken. Ebenso wirkt auch der Luftwiderstand (u. A. am Massestück) entgegen der die Schwingung verursachende Rückstellkraft. Unter dem Luftwiderstand versteht man den Widerstand, den ein bewegtes Objekt erfährt, wenn während seiner Bewegung Moleküle aus der Luft auf seine Oberfläche einschlagen und somit seine Bewegung abbremsen. Er ist im Besonderen von der Form des sich bewegenden Objektes und der Geschwindigkeit dieser Bewegung abhängig. All diese Effekte bewirken letztendlich das zur Ruhe Kommen der Schwingung.

Nun wurde der Messwandler wieder an den Schreiber angeschlossen und zunächst einige Versuchsdurchführungen ohne eingesetzten Stift gemacht: Das Massestück wurde nach unten gezogen, bis der Schreiber seine unterste Position erreicht hatte, darauf wurde seine Ablenkung in X-Richtung eingeschaltet. An der schnell sinkenden Amplitude der Stiftbewegung war zu erkennen, dass die Reibungskräfte sehr groß

waren, was durch Justieren am Metallstab über dem Sensor leicht kompensiert werden konnte. Eine Aufzeichnung der Schwingungsbewegung mit Stift im Schreiber ergab dann grob skizziert folgende Grafik:



Aus den Maxima dieser Aufzeichnung ließ sich ableiten, dass die Reibung nicht gänzlich linear wirkte. Es wurde angemerkt, dass durch die Reibung Energie aus dem System abgegeben wird, eine der folgenden Fragestellungen wird sein, wie dies wieder ausgeglichen werden kann. Betrachtet man diese Zusammenhänge im elektrischen Schwingkreis, so ist der Hemmer hier der ohmsche Widerstand. Zudem entstehen bei sehr hohen Frequenzen auch elektromagnetische Wirbelfelder, welche vom Sender abgestrahlt werden, was ebenfalls einen Energieverlust zur Folge hat. Das Problem der Energie bei einer Schwingung mit Hilfe einer Feder wurde nun noch einmal näher betrachtet:



Ruhelage sei im links dargestellten schwingungsfähigen System die mit 0 bezeichnete Position des Massestücks, s_1 und s_2 zwei verschiedene Auslenkungspunkte.

An dieser Stelle wurde nochmals die Definition des physikalischen Begriffs „Arbeit“ wiederholt: Arbeit ist definiert als Energieumwandlung unter Wirkung einer Kraft.

Bei unserem Federzusammenhang lässt sich die leichte Rechenmethode $W = F \cdot s$ nicht anwenden, da die Rückstellkraft F nicht konstant ist. Somit muss folgende Gleichung aufgestellt und gelöst werden:

$$W_0^{s_1} = \int_0^{s_1} F(s) ds$$

$$W_0^{s_1} = \int_0^{s_1} D \cdot s ds$$

$$W_0^{s_1} = \frac{1}{2} D \cdot s_1^2$$

Diese Betrachtung führt zur bereits bekannten Gleichung für die Arbeit an einer Feder. Analysieren wir nun den Zusammenhang für die Auslenkung bis s_2 , so ergibt sich das Folgende:

$$W_0^{s_2} = \frac{1}{2} D \cdot s_1^2 + \int_{s_1}^{s_2} D \cdot s ds$$

$$W_0^{s_2} = \frac{1}{2} D \cdot s_1^2 + \frac{1}{2} D \cdot s_2^2 - \frac{1}{2} D \cdot s_1^2$$

$$W_0^{s_2} = \frac{1}{2} D \cdot s_2^2$$

Dies zeigt, dass die Arbeit der Feder und damit die ihr zugeführte potentielle Energie nur von ihrer Auslenkung abhängig ist. Lenkt man die Feder beispielsweise bis s_2 aus, bewegt sie dann jedoch zurück zu s_1 , so verliert das System wieder an Energie, da die Auslenkung geringer wird und man so die zum Auslenken benutzte Hand durch die Feder nach oben ziehen lassen kann.

Als Hausaufgabe wurde die Bearbeitung der Aufgaben M223 und M231 im Aufgabenbuch zur Mechanik aufgegeben, zudem wurde angemerkt, dass die Schwerpunkte der nächsten Klausur im Bereich

E-Lehre, Leistungen im Wechselstromkreis und Schwingungen liegen werden.