

Die Darstellung nichtlinearer Bewegungsabläufe

Lehrerinformation

(1) Ziele dieses Moduls

- Der Unterrichtsentwurf „Phasenraum“ schließt an den „senkrechten Wurf“ an. Diese Bewegungsform und die dazugehörigen Darstellungsformen in Diagrammen sollten den Schülern¹ bekannt sein.
- Durch die Aufgaben sollen die Schüler selbstständig herausfinden, dass nicht nur die Zeit auf der x-Achse eines Diagramms aufgetragen werden kann. Sie sollen möglichst selbstständig die Darstellungsform im Weg – Geschwindigkeit - Diagramm (Phasendiagramm) erarbeiten.
- Dieses Modul kann in zwei Teile gegliedert werden:
 - Teil 1: Arbeitsblatt 1 und 2 → Darstellung „nichtchaotischer“ Bewegungsabläufe.
 - Teil 2: Arbeitsblatt 3 → Darstellung „chaotischer“ Bewegungsabläufe.

Tipp: ➤ Mathematisch entsprechend geschulte Schüler sollten die Graphen des s-t- und des v-t-Diagramms selbstständig erarbeiten. Ist der Graph des s-t-Diagramms eine Parabel? Ist der v-t-Graph eine gerade Strecke? Welche Form hat der Graph des Phasendiagramms? Die Schüler können als Hilfe auch den Tipp bekommen, auf Maxima, Minima und Nulldurchgänge zu achten. Wie muss man die gefundenen Punkte verbinden. Anhand der Formeln kann man Schlüsse ziehen.

Senkrechter Wurf nach oben:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad / \quad v = v_0 - g t \quad / \quad v = \sqrt{v_0^2 - 2 g s} \quad / \quad \text{Steigzeit: } t_s = \frac{v_0}{g} \quad (= \text{Fallzeit})$$

Pendel: (wichtig hierbei ist eigentlich nur die Relation von Sinus zu Cosinus)

$$\text{Auslenkung: } s(t) = s_m \sin(\omega t + \varphi_0) \quad / \quad v(t) = s_m \omega \cos(\omega t + \varphi_0) \quad s_m = \text{Amplitude.}$$

Tipp: ➤ Mit Schülern, welche die Energieerhaltung schon durchgenommen haben, könnte man diese Facette anhand der Darstellung im Phasendiagramm (= s-v-Diagramm → man ersetze den Weg „s“ durch die potentielle Energie „E_{pot}“ und die Geschwindigkeit „v“

¹ gemeint sind immer die Schülerinnen und Schüler, aus Platzgründen wird lediglich der Begriff „Schüler“ benutzt.

durch die kinetische Energie „ E_{kin} “ diskutieren. Die Schüler sollen erkennen, dass ein (ungedämpftes) Pendel ein „periodischer Energietransformator“ ist.

- Durch das selbstständige Erarbeiten der Darstellung im Phasendiagramm sollen die Schüler das Medium „Diagramm“ näher kennen- und einschätzen lernen. Sie sollen erkennen, dass man, um die zu zeigenden Strukturen möglichst evident darzustellen, den Diagramm-Typ entsprechend auswählen kann.
- Anhand der Darstellung der Pendelschwingung im Phasendiagramm sollen die Schüler die Ordnungsstrukturen periodischer Vorgänge aus einem anderen Blickwinkel betrachten.
- Durch selbstständig durchgeführtes Arbeiten mit der Computersimulation sollen die Schüler erkennen, wie sensibel das System auf kleinste Veränderungen der Startbedingungen reagiert.
- Das Arbeiten mit einer wissenschaftlichen Computersimulation soll den Schülern verdeutlichen, dass Computersysteme in den modernen Wissenschaften in Kürze Rechenleistungen erbringen, für welche Menschen sehr lange Rechenzeiten aufbringen müssten.
- Anhand der Darstellung chaotischer Bewegungsformen im Phasendiagramm sollen die Schüler erkennen, dass sogar im totalen Chaos Ordnungsstrukturen enthalten sein können.

(2) Material und Quellen

a) Quellen

Weitere nützliche und vertiefende Informationen zu diesem Thema findet man unter:

<http://www.uni-frankfurt.de/fb13/didaktik/pagesK/Unterrichtsreihe.html>

- Abbildung Pendel von Briggs & Peat, 1990
- Abbildung 1 aus: Peitgens H.O., et al.: „Bausteine der Ordnung“, Klett-Cotta/Springer
- Abbildung 2 aus: PZ-Information 3/2000 Physik „Nichtlineare dynamische Systeme und Chaos“ - Handreichung zum neuen Lehrplan Physik in der S II, Pädagogisches Zentrum, Rheinland-Pfalz, Bad Kreuznach
- Abbildung 3 aus: Impulse Physik 2, Ausgabe B – Klasse 11, Klett Stuttgart 2000

b) Material

- Die Computersimulation und Lernprogramm „Nichtlineare Schwingungen“ wurde von Vongxaya Bounthong im Rahmen seiner Dissertation „Ordnung und Chaos bei nichtlinearen Schwingungen“ entwickelt. Das Programm wurde in Turbo-Pascal 6 geschrieben und läuft deshalb auf Windows-Rechnern sehr schnell. Bes-

ser eignen sich ältere DOS-Rechner. Leider existiert unseres Wissens kein aktuelleres Programm, das in ähnlicher Weise unseren Anforderungen genügt.

Bounthong Vongxaya: "Ordnung und Chaos bei nichtlinearen Schwingungen", Harri Deutsch, Frankfurt/M. 1995