

4. Schwingungen

4.1 Allgemeines

4.1.1 Beispiele und Definition

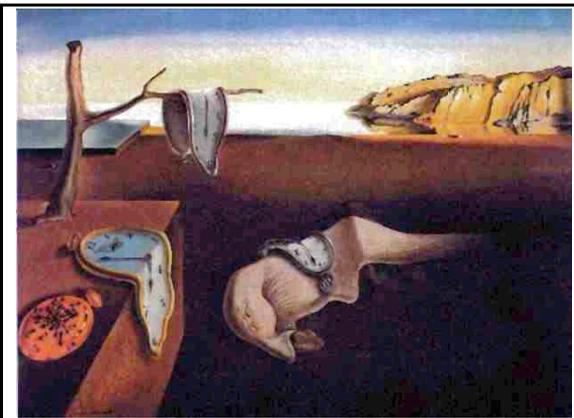
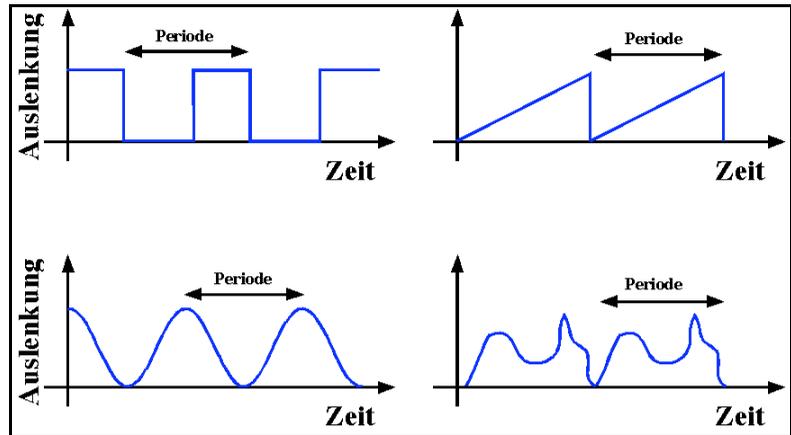
Das klassische Beispiel eines schwingenden Systems ist das Pendel.

Exp1: Ebenes Pendel

Allgemein ist eine Schwingung definiert als eine periodische Zustandsänderung, d.h. als eine Zeitabhängigkeit, welche nach einer Periode T in den ursprünglichen Zustand zurückkehrt:

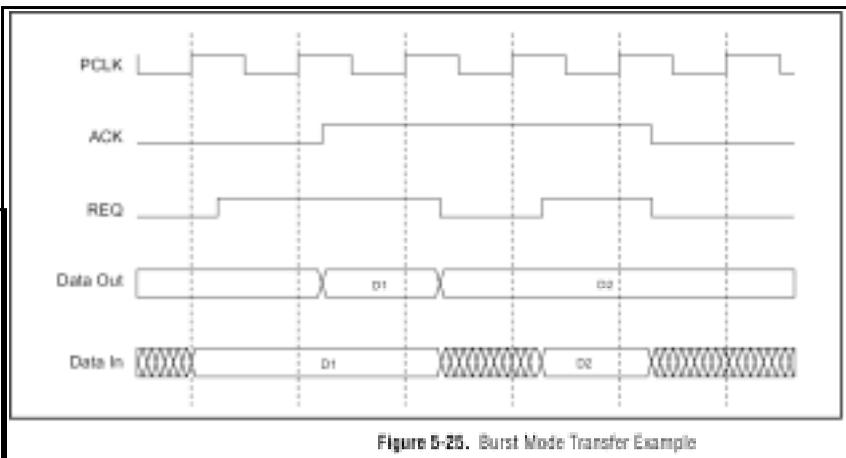
$$x(t+T) = x(t) .$$

Einige Beispiele für periodische Bewegungen sind in der Figur dargestellt. Die Größe f , welche diese Zeitabhängigkeit zeigt, kann eine mechanische Größe sein, aber auch eine elektrische, chemische, thermische Meist zeigen verschiedene Größen (z.B. Ort, Geschwindigkeit) die gleiche Zeitabhängigkeit. Schwingungen entstehen immer dann wenn einzelne Komponenten (mechanische, elektrische etc.) nicht starr aneinander gekoppelt sind. Wie sich das System während der Periode verhält spielt hierbei zunächst keine Rolle.

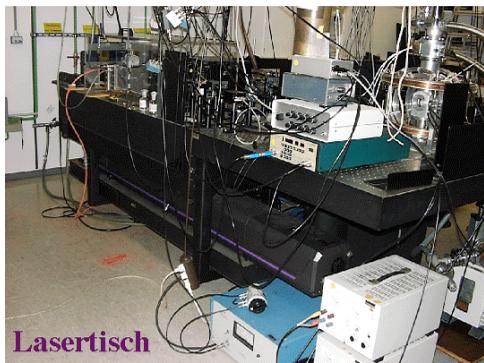


Schwingungen spielen in vielen Systemen eine wichtige Rolle; insbesondere stellen sie die Basis von Zeitmessungen. Sogar das einfache mathematische Pendel hat seine Anwendung in der Wanduhr gefunden. Jede Armbanduhr besitzt ein schwingendes Element; in mechanischen Uhren ähnelt es diesem Schwingpendel, in elektronischen Uhren wurde dieses durch einen Quarzstab ersetzt. In den Atomuhren, welche den internationalen Zeitstandard definieren sind es Schwingungen der Elektronenhülle von Atomen.

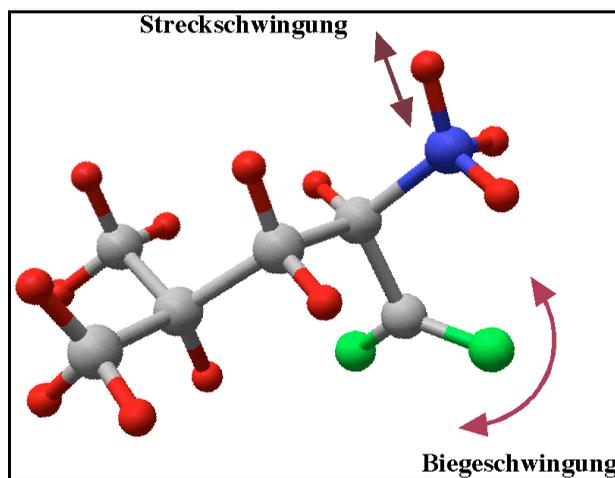
Elektronische Oszillatoren sind die Basis aller modernen Elektronik, insbesondere aber der digitalen.



Störende Schwingungen

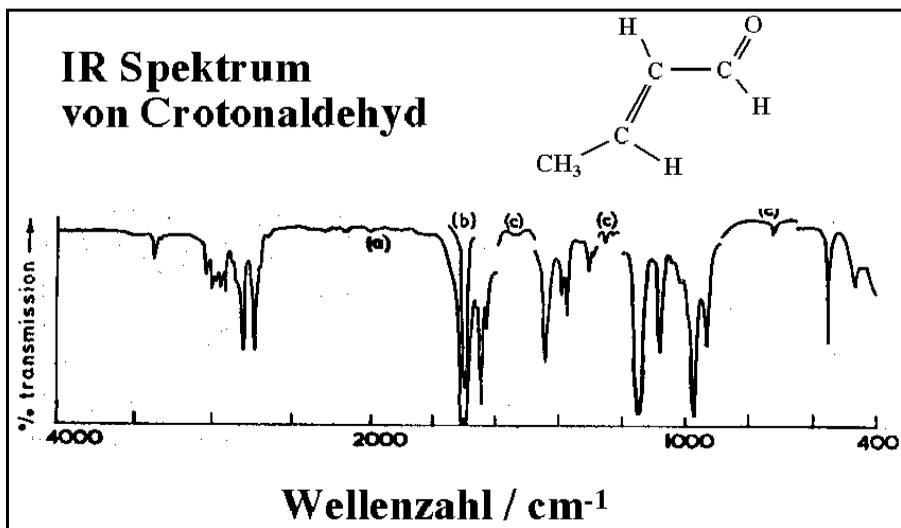


Praktisch alle Systeme zeigen Schwingungen in der einen oder anderen Art. Manchmal, wie z.B. in einem Laserlabor, können sie stören und man muss man mit großem Aufwand versuchen, sie zu reduzieren.

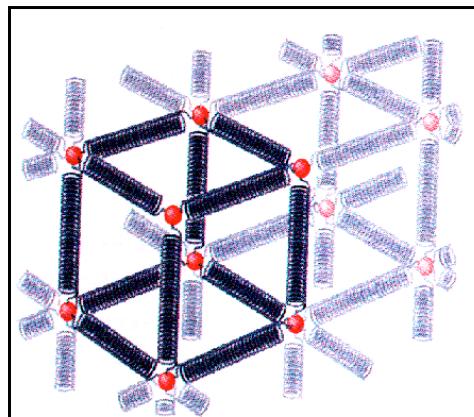


In allen mikroskopischen Systemen spielen Schwingungen eine große Rolle. So sind die Atome in Molekülen durch Kräfte zusammengehalten, die qualitativ wie eine Feder wirken. Unter dem Einfluss dieser Bindungskräfte führen sie Schwingungen um ihre Gleichgewichtslage durch.

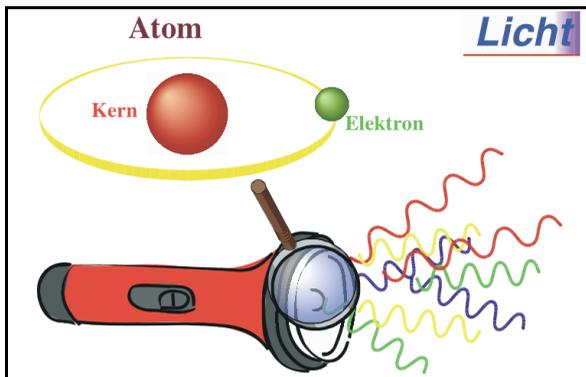
Die Schwingungen der Atome können im Experiment gemessen werden. Aus den gemessenen Spektren kann man z.B. die Moleküle identifizieren oder die Kräfte zwischen den einzelnen Atomen messen.



Auch in einem Festkörper sind die Atome nicht starr miteinander verbunden, sondern durch Bindungskräfte, welche Schwingungen erlauben, welche mit der Temperatur zunehmen.



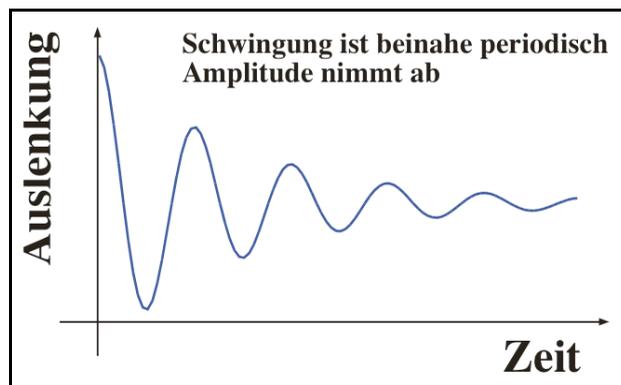
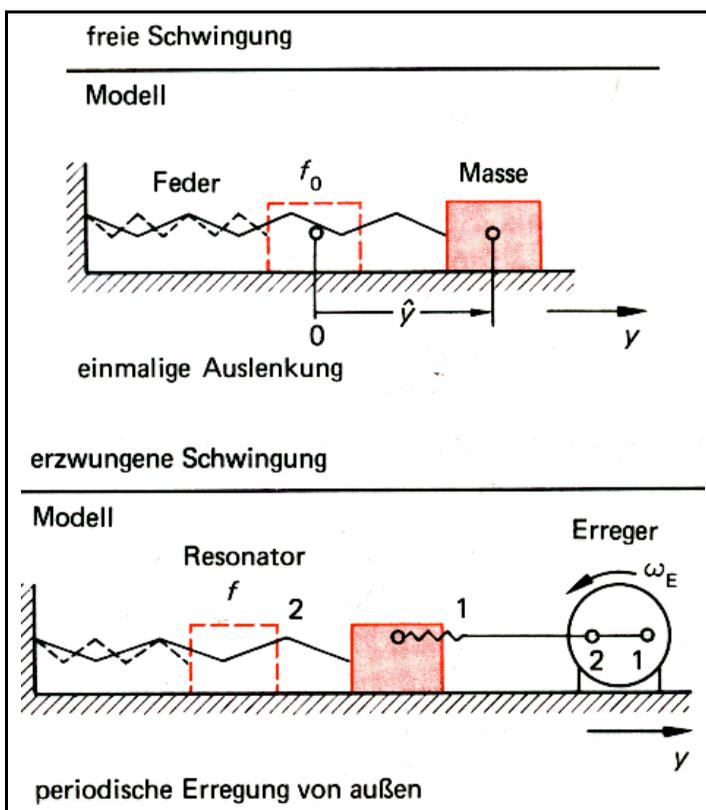
Eine Reihe von elektrischen, resp. elektromagnetischen Systemen zeigen Schwingungsphänomene. Elektromagnetische Wellen, also auch Licht, stellen schwingende Systeme dar.



Bei der Erzeugung von Licht gehen die Schwingungen von atomaren Dipolen auf das elektromagnetische Feld über und beim Nachweis, also auch im Auge, überträgt das elektromagnetische Feld diese Schwingungen wieder auf ein materielles System, in diesem Fall die Sinneszellen der Netzhaut.

4.1.2 Klassifikation und Übersicht

Man unterscheidet zwischen freien und erzwungenen Schwingungen. Im ersten Fall wird dem System Energie zugeführt, um es in Bewegung zu setzen, dann entwickelt es sich ohne äußeren Einfluss. Eine erzwungene Schwingung wird durch eine periodische äußere Kraft angeregt.



In vielen Fällen sind Schwingungen nicht vollständig periodisch, sondern gedämpft, weil sie Energie an ihre Umgebung abgeben. Man spricht in diesem Fall von einer gedämpften Schwingung, im Gegensatz zu den ungedämpften Systemen, welche nur als Idealfälle existieren.

Schwingungen treten somit in sehr unterschiedlichen Situationen auf. Man kann sie trotzdem in sehr analoger und kompakter Weise diskutieren, die mathematische Behandlung dieser großen Zahl unterschiedlicher Phänomene ist weitgehend identisch; sie werden

deshalb hier gemeinsam diskutiert. Wie in anderen Gebieten der Physik können wir hier sehr viele Gemeinsamkeiten feststellen. So können wir die Resultate, die uns die Diskussion des schwingenden Pendels liefert, direkt auf viele andere Systeme übertragen. Es ist deshalb nützlich, zunächst einige Eigenschaften zu diskutieren, die allen schwingenden Systemen gemeinsam sind.