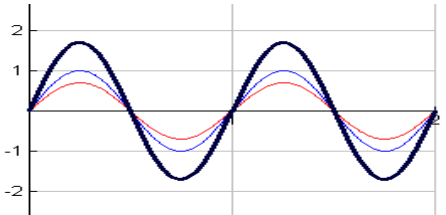
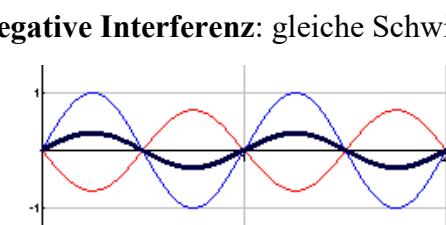
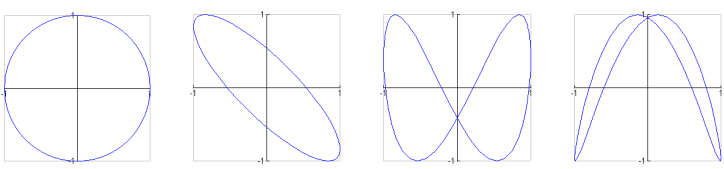
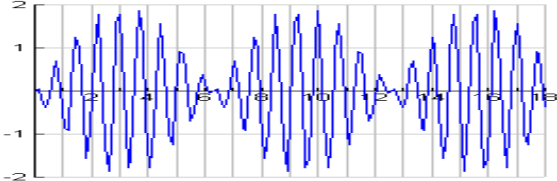
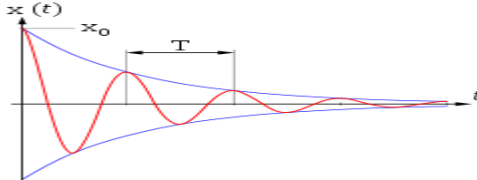


THEMA: MECHANISCHE SCHWINGUNGEN UND WELLEN

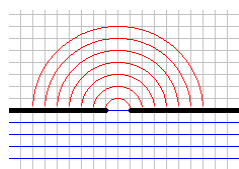
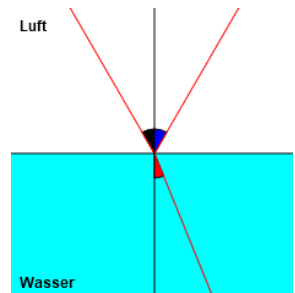
1) Mechanische Schwingungen

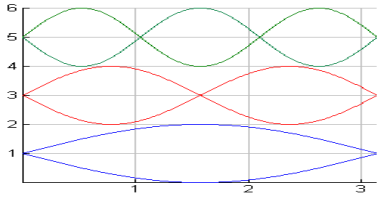
Schwingung	periodischer Bewegung an einem festen Ort
Welle	Ausbreitung der Schwingung im ganzen Raum
<p>Das Federpendel</p> <p>Harmonische Schwingungen</p> <p>Schwingungsdauer</p>	<p>Federpendel und Fadenpendel erzeugen harmonische Schwingungen, die sich aus der Kreisbewegung ableiten (Blick von der Seite)</p> <p>Es ergibt sich in einem Zeit-Weg-Diagramm eine Sinusschwingung $y = r \cdot \sin(\omega \cdot t) = r \cdot \sin(2\pi f \cdot t)$</p> <p>Die rücktreibende Kraft ist proportional der Auslenkung: $F = -k \cdot y \rightarrow m \cdot a = -k \cdot y$ daraus folgt, dass die Auslenkung $y(t) = r \cdot \cos(\omega t)$ ist, die Geschwindigkeit ist deren Ableitung: $v = y' = -\omega r \cdot \sin(\omega t)$ und deren Beschleunigung ist die zweite Ableitung: $a = y'' = -\omega^2 r \cdot \cos(\omega t)$</p> <p>Weiters kann man die Schwingungsdauer (in sec) bestimmen: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$, k =Federkonstante, m = Masse</p>
Fadenpendel	Schwingungsdauer $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ gilt für das Fadenpendel der Länge L
Überlagerung von Schwingungen	<p>Satz von Fourier: Jede periodische Schwingung lässt sich eindeutig als Summe von harmonischen Schwingungen darstellen (für den CD-Player wichtig!) Wenn sich Schwingungen in gleicher Richtung überlagern:</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>positive Interferenz: gleiche Schwingungsfrequenz und gleicher Anfang (=Phasenlage): die blaue und die rote Schwingung addieren sich zur schwarzen Schwingung</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>negative Interferenz: gleiche Schwingungsfrequenz und Anfang (=Phasenlage) um halbe Wellenlänge verschoben: die blaue und die rote Schwingung „subtrahieren“ sich zur schwarzen Schwingung, bei gleicher Ausgangsamplitude löschen sie sich aus!</p> </div> </div>
<p>Schwingung 2-dimensional:</p> <p>Lissajous Figuren</p>	<p>Sind die Schwingungsebenen senkrecht zueinander, so entstehen die Lissajous-Figuren. Bei gleicher Frequenz entstehen Kreise und Ellipsen, bei doppelter Frequenz der einen Schwingung die Bilder daneben, usw.</p> 

Schwebung	<p>Eine Schwebung entsteht aus zwei Schwingungen mit geringem Frequenzunterschied (z.B. 9 und 10 Hz) . Das klingt bei zwei benachbarten Tönen wie ein An- und Abschwellen der Lautstärke in der Differenzfrequenz (beim Klavierstimmen) - hier mit 1 Hertz</p> 
gedämpfte Schwingung	<p>Eine gedämpfte Schwingung entsteht durch Energieverlust der Schwingung, die Amplitude wird immer kleiner:</p>  <p>(Grafik: wikipedia)</p>
<p>Rückkopplung</p> <p>Resonanz</p>	<p>Um die Dämpfung einer Schwingung auszugleichen muss man dem Pendel jedes Mal beim Anschwingen Energie zuführen. Dazu braucht es Information über den Schwingungszustand, die zu der Energiezufuhr führt. Das nennt man Rückkopplung. Kommt vor beim Schaukeln, bei der Pendeluhr, usw.</p> <p>Regt man ein Federpendel mit einem Motor zu Schwingungen an, so tritt bei einer bestimmten Frequenz „Resonanz“ ein – die Schwingung wird besonders stark (hohe Amplitude). Das ist dann der Fall, wenn die Anregungsfrequenz mit der Eigenschwingungsfrequenz übereinstimmt. Die Bewegung des Schwingers läuft dann genau eine Viertelperiode hinter der Erregerfrequenz her.</p> <p>Magnet-Resonanz-Tomografie wird zur medizinischen Diagnostik angewendet. Dabei treten die Resonanzen auf ein Magnetfeld in den Kernspins auf.</p> <p>Jedes Bauwerk muss vor Baubeginn (mit Computer) auf Resonanzfrequenzen untersucht werden und eventuell mit Schwingungsdämpfern versehen werden.</p>

2) Mechanische Wellen

<p>Transversale Wellen</p>	<p>Wellen entstehen durch Schwingungen, die durch Kopplung an andere schwingungsfähige Systeme weitergegeben wird (Luft: Stöße, Wasser: Anziehungskraft der Teilchen)</p> <p>Transversalwellen schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Wellen (Wasser, Licht, elektromagnetische Wellen, Erdbeben)</p>
<p>Longitudinale Wellen</p>	<p>Longitudinalwellen schwingen in Ausbreitungsrichtung der Wellen (Schall, Erdbeben)</p>
<p>Elongation</p> <p>Amplitude</p> <p>Schwingungsdauer</p> <p>Frequenz</p> <p>Wellenlänge</p>	<p>Begriffe:</p> <p>Die Elongation $y(t)$ = Auslenkung (des Pendels,..) aus der Ruhelage, Abstand von der Ruhelage</p> <p>Die Amplitude y_{max} ist die maximale Auslenkung</p> <p>Die Schwingungsdauer T ist die Zeit, die der Körper für eine volle Hin- und Herbewegung braucht</p> <p>Die Frequenz f ist die Anzahl der vollen Schwingungen pro Sekunde [Hertz]</p> <p>Die Wellenlänge (λ) ist die räumliche Länge einer einzelnen Schwingung (z.B. $\frac{3}{4}$ m für den Kammerton A)</p>

<p>Fortpflanzungs- geschwindigkeit</p> <p>Wellengesetz</p>	<p>Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit c der Welle ist in jedem Medium anders. In Luft ist die <u>Schallgeschwindigkeit</u> 3340 m/s, in Wasser ca. 1400 m/s in festen Körpern ca. 5000 m/s. <u>Lichtgeschwindigkeit</u>: 300 000 km/s im Vakuum, ca. 200 000 km/s im Wasser oder Glas.</p> <p>Es gilt das Wellengesetz: $\lambda \cdot f = c$ Wellenlänge mal Frequenz = Ausbreitungsgeschwindigkeit Energie der harmonischen Welle: $E = m/2 \cdot y_0^2 \cdot \omega^2$ → Die Energie ist proportional der halben Masse, dem Quadrat der Amplitude und dem Quadrat der Frequenz (für Licht gilt: $E = h \cdot f$)</p>
<p>Beugung, Reflexion und Brechung von Wellen</p> <p><u>Erklärung</u> durch das <u>Huygens'sche Prinzip</u></p> <p>Brechungsgesetz</p>	<p>Beugung tritt bei einer Störung des Wellenverlaufes (durch einen Spalt oder Hindernis) auf – es entstehen „elementare“ Kugelwellen.</p>  <p>Wenn an einem Ort eine Schwingung stattfindet, so teilt sich diese Schwingung durch Kopplung anderen schwingfähigen Systemen als Welle mit (Ein Wasserteilchen ist durch elektromagnetische Anziehung mit anderen Wasserteilchen verbunden, ein Luftmolekül teil sich der Umgebung durch Stöße mit, ein Metallatom schwingt und stößt sein Nachbaratom an,...)</p> <p>Huygens'sches Prinzip: Jeder Punkt einer Wellenfront kann als Ausgangspunkt einer sogenannten <i>Elementarwelle</i> angesehen werden, die Überlagerung (Interferenz) aller dieser Kugelwellen ergibt die neue Wellenfront http://www.walter-fendt.de/ph14d/huygens.htm Durch Aufprall einer Welle auf eine Platte (Spiegel) wird die Welle reflektiert (Einfallswinkel = Ausfallswinkel).</p> <p>Die Wellen werden bei durchsichtigen Körpern nicht nur reflektiert, sondern auch durchgelassen, aber gebrochen, das heißt verlangsamt oder beschleunigt, dadurch erscheint ein Knick im Strahl, eine Richtungsänderung einer Parallelwelle, gut zu sehen unter: http://www.walter-fendt.de/html5/phde/refraction_de.htm</p> <p>Das Brechungsgesetz lässt sich durch geringere Ausbreitungsgeschwindigkeit im dichteren Medium (c_2) erklären: (Grafik: Walter Fendt)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>Brechungsgesetz: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n = \frac{c_1}{c_2}$</p> </div> <p>$\alpha$...Einfallswinkel, β...Ausfallswinkel, n...Brechzahl, c_1, c_2...Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den 2 Medien</p> 
<p>Überlagerung von Wellen</p> <p>stehende Welle</p> <p>Anwendung</p>	<p>Gesetz der ungestörten Überlagerung: Zwei Wellen laufen übereinander hinweg, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Die Höhe der Welle (Elongation) erhält man durch Addition der Teilwellen.</p> <p>Überlagerung zweier Wellen führt entweder zu räumlichen Mustern von Auslöschungs und Verstärkungszonen: http://www.walter-fendt.de/ph6de/interference_de.htm oder bei Wellen in einer Saite einer Gitarre zu stehenden Wellen: http://www.walter-fendt.de/ph6de/standingwavereflection_de.htm Syntesizer erzeugen Überlagerungen von Sinuswellen verschiedener Frequenz und erzeugen so die Musik aus dem CD / MP3-Player</p>

Schallwellen	<p>Schall breitet sich mit Schallgeschwindigkeit (340 m/s in Luft bei 20°C, bei höherer Temperatur – größer) in Form einer longitudinalen Welle mit Luftverdichtungen und –verdünnungen aus.</p> <p>Messung der Schallgeschwindigkeit durch eine stehende Welle: eine Welle und ihre reflektierte Welle ergeben eine stehende Welle, das ist bei den Saiten- und Blasinstrumenten in der Form der Grundschwingung oder der ersten Oberschwingung ...</p> 
Klang und Klangfarbe	<p>Begriffe:</p> <p>Tonhöhe = Frequenz (440 Hertz = Kammerton A) Wir hören maximal 20–20 000 Hertz</p> <p>Klangfarbe = Mischung aus Grundton und Obertöne</p> <p>Lautstärke = Amplitude</p>
Lautstärke	<p>Schallintensität I = Schallenergie [in Watt pro m^2], die pro Sekunde in senkrechter Richtung durch einen Quadratmeter tritt</p> <p>Schallpegel $L = 10 \cdot \lg(I / 10^{-12})$ ist die logarithmische Darstellung, Einheit Dezibel (dB)</p> <p>subjektive Lautstärke = PHON ... stimmt mit dB bei 1000 Hertz überein, nimmt bei 5000 Hz den größten Wert an, wenn Schallintensität gleich ist</p> <p>Kleinste hörbare Lautstärke = 0 dB (10^{-12} Watt/m^2) Sprechen in 1m Abstand = 60 dB Schmerzgrenze = 130 dB (Trommelfellbeschädigungen bei Düsenjets)</p>
Dopplereffekt	<p>Dopplereffekt: Schall, der sich nähert erfährt eine Tonerhöhung, bei Entfernung eine Tonerniedrigung.</p> <p>Bewegt sich die Schallquelle mit Geschwindigkeit v_Q auf den Beobachter zu, so ergibt sich eine Erhöhung der Frequenz: $f_B = f_Q \cdot \frac{1}{1 - \frac{v_Q}{c}}$</p> <p>Wenn sich das Flugzeug mit Schallgeschwindigkeit bewegt (MACH = 1), so sammeln sich an der Spitze des Flugzeugs alle Schallwellen und verstärken sich zur einem irren Getöse, das in den Pioniertagen des Fliegens als Schallmauer gefürchtet war. Bei höherer Geschwindigkeit ergibt sich ein Schallkegel.</p> <p>Bewegt sich der Beobachter auf die Schallquelle mit der Geschwindigkeit v_B zu, so ergibt sich die folgende Erhöhung der Frequenz: $f_B = f_Q \cdot (1 + \frac{v_B}{c})$</p>

LINKS zu den Wellen:

JAVA-Applets zum Anschauen:

<http://www.walter-fendt.de/ph14d/>

Skriptum:

<http://www-aix.gsi.de/~wolle/TELEKOLLEG/SCHWINGUNG/schwingung.html>