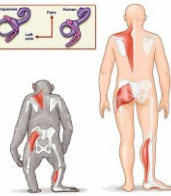
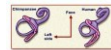


Biophysik für Pharmazeuten I.

2014. 09. 15. Mechanik
Tölgyesi Ferenc

→ Biomechanik



→ Grundlegende Begriffe der Physik, wie Kraft, Energie, ...

1

Mechanik — Kinematik (Bewegungslehre)

- Translation Verschiebung
- Rotation Drehung



Allgemeine Bewegung = Translation + Rotation



- Bezugssystem

Körper, in Bezug auf welche die Bewegung beschrieben wird



2

Translation

- Geschwindigkeit (v): $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$

Wie schnell bewegt sich ein Körper?

Weitere Maßeinheit:
1 km/h = 1/3,6 m/s

- Beschleunigung (a): $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$

Wie schnell ändert sich die Geschwindigkeit?

Beim freien Fall:

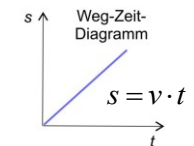
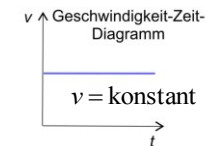
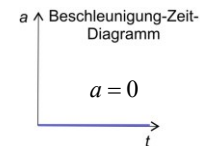


Fallbeschleunigung (g): $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

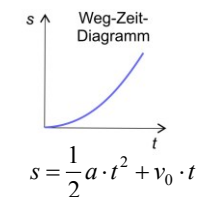
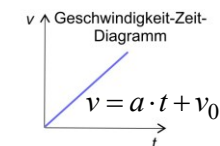
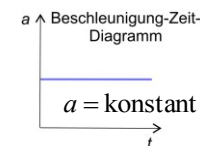
- Impuls oder Bewegungsgröße (p): $p = m \cdot v$

3

Geradlinige gleichförmige Bewegung:



Geradlinige gleichförmig beschleunigte Bewegung:



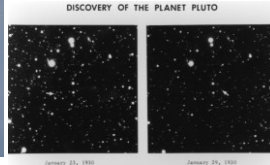
4

Mechanik — Dynamik (Warum?)



Wechselwirkung!!

Bewegungs-
änderung Formänderung
(Deformation)



Zur Charakterisierung der Stärke einer Wechselwirkung: Kraft

- Kraft (F): $F = m \cdot a$ $\left(\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N (Newton)} \right)$

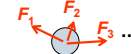
Z.B. beim freien Fall:
 $g \Rightarrow F = mg$

Alternativweg: $F = -D\Delta l$

5

$F \Rightarrow a$ Dazu braucht man aber Kraftgesetz!

- 2. newtonsches Gesetz: $\sum F_i = m \cdot a$



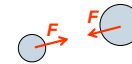
Vektorielle Summe

- 1. newtonsches Gesetz (Trägheitsprinzip):

$$\sum F_i = 0 \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v = \text{konstant} \quad (\text{Z.B.: } v = 0)$$

➡ „Gleichgewicht“

- 3. newtonsches Gesetz (actio-reactio):



Laplace'scher Dämon:

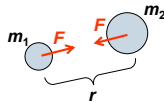
„Eine Intelligenz, die in einem gegebenen Augenblick alle Kräfte kennt, mit denen die Welt begabt ist, und die gegenwärtige Lage der Gebilde, die sie zusammensetzen, und die überdies umfassend genug wäre, diese Kenntnisse der Analyse zu unterwerfen, würde in der gleichen Formel die Bewegungen der größten Himmelskörper und die des leichtesten Atoms eingreifen. Nichts wäre für sie ungewiss, Zukunft und Vergangenheit lägen klar vor ihren Augen.“

6

$F \Rightarrow a$

Kraftgesetze

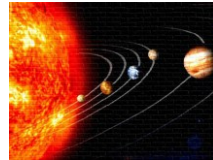
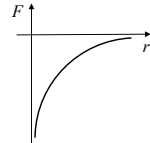
- Gravitation:



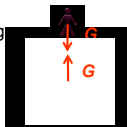
Gravitationsgesetz:

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

γ : Gravitationskonstante



Anwendung

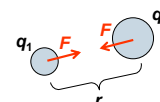


Schwerkraft oder Gewichtskraft (G):

$$G = F = \gamma \frac{m_{\text{Erde}} \cdot m}{r^2} = mg$$

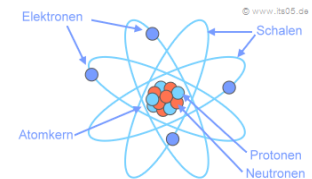
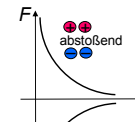
7

- Elektrische Wechselwirkung (Coulomb-Kraft):



Coulomb-Gesetz:

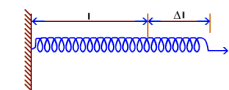
$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$



- Starke Wechselwirkung (Kernkraft):

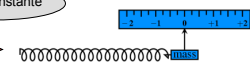
Z.B. zwischen Protonen und Neutronen im Kern; stark und hat kurze Reichweite

- Hookesches Gesetz:



Federkonstante

$$F = -D\Delta l$$



8

Drehung und Drehmoment



$\sum F_i = 0$, Drehung ist aber möglich!

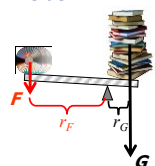


• Drehmoment (M):

$$M = r \cdot F \quad (\text{Nm})$$

• Gleichgewicht $\Leftrightarrow \sum F_i = 0$ und $\sum M_i = 0$

Hebel:

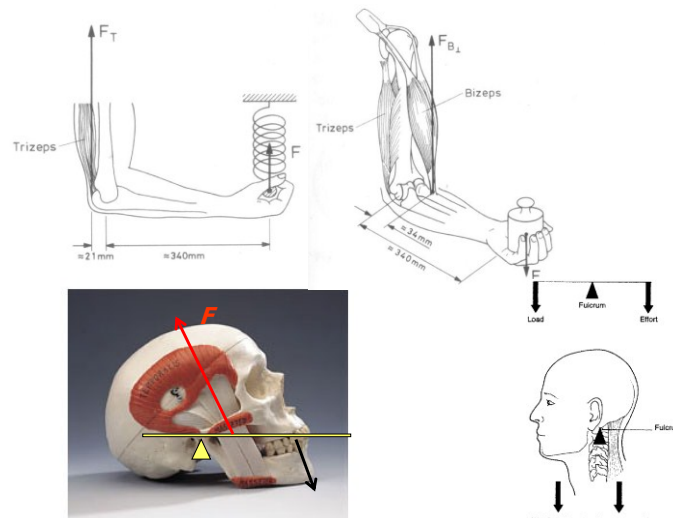


$$r_G \cdot G = M_G = M_F = r_F \cdot F$$

$$\frac{F}{G} = \frac{r_G}{r_F}$$



9



10

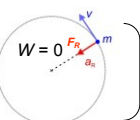
Arbeit und Leistung

• Arbeit (W): $W = F \cdot s$ (Nm = J (Joule))

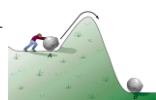
Weitere Maßeinheiten:
1 cal = 4,19 J
1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J

Allgemeiner:
 $W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$

Z.B.:



• Hubarbeit: $W_{\text{Hub}} = mgh$



• Beschleunigungsarbeit: $W_{\text{Beschleunigung}} = \frac{1}{2}mv^2$

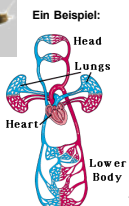


• Spannarbeit: $W_{\text{Spann}} = \frac{1}{2}D(\Delta l)^2$



• Leistung (P): $P = \frac{W}{t}$ ($\frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W (Watt)}$)

Weitere Maßeinheit: 1 PS = 750 W



1

Energie

Arbeit \equiv „Energieübertragung“

Energie \equiv „gespeicherte Arbeit“

• Energie (E): Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten

• Potenzielle Energie oder Lageenergie (E_{pot}): $E_{\text{pot}} = mgh$

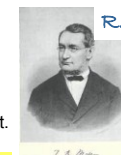
• Kinetische Energie oder Bewegungsenergie (E_{kin}): $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$

• Elastische Energie oder Spannenergie (E_{el}): $E_{\text{el}} = \frac{1}{2}D(\Delta l)^2$

• Energieerhaltungssatz:

$$\sum E_i = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} + E_{\text{el}} = \text{konstant}$$

, falls Reibung ausgeschlossen ist.



R. Mayer

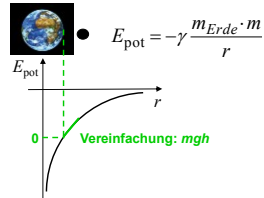
Die wichtigsten Gesetze der Physik: die Erhaltungssätze?

Weitere Energieformen: elektrische Energie, magnetische Energie, thermische Energie, ...

12

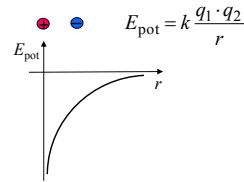
Allgemeiner:

Potenzielle Energie im Gravitationsfeld (E_{pot}):



Analogie

Elektrische Energie oder potenzielle Energie im elektrostatischen Feld (E_{pot}):



13

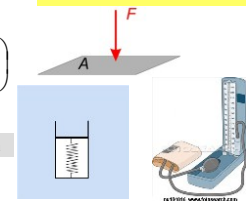
Druck

„Verteilung der Kraftwirkung auf eine Fläche“

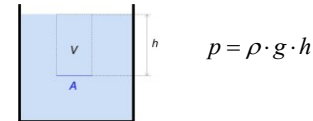
- Druck (p): $p = \frac{F}{A} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa (Pascal)} \right)$

Weitere Maßeinheiten:
1 bar = 100 kPa
1 mmHg = 133 Pa

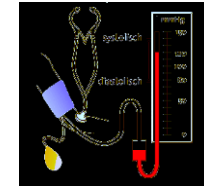
Normaldruck = 101 kPa



- Hydrostatischer Druck (Schweredruck)

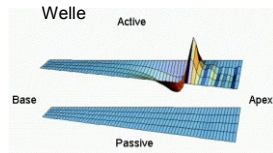
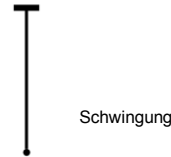
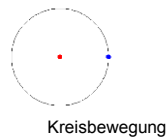
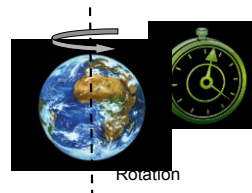


Interpretation des Gasdruckes:



14

Periodische Vorgänge



- Periodenzeit (T)
- Frequenz (f): $f = \frac{1}{T} \left(\frac{1}{s} = \text{Hz (Hertz)} \right)$
- Kreisfrequenz (ω): $\omega = 2\pi \cdot f$

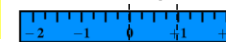
15

Mechanische Schwingungen

- Eigenschwingung

Schwingung eines sich selbst überlassenen Systems.

- Auslenkung (x)



- Eigenfrequenz

Die Frequenz einer Eeinschwingung, z.B. beim Fadenpendel:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

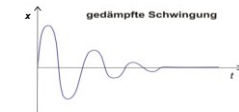
beim Federpendel:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}}$$

- Amplitude (A): maximale Auslenkung



- Harmonische Schwingung: $x = A \cdot \sin \omega t = A \cdot \sin 2\pi f t$



- Gedämpfte Schwingung:

16

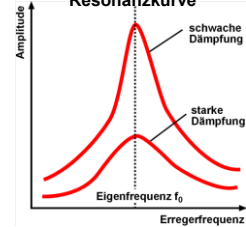
- **Erzwungene Schwingung**

Schwingung unter dem Einfluss einer äußeren periodischen Erregungskraft.

- **Resonanz**

Besonders starke erzwungene Schwingung, wenn die Erregerfrequenz mit der Eigenfrequenz übereinstimmt.

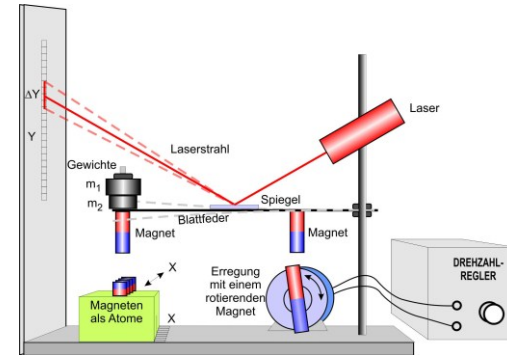
- **Resonanzkurve**



→ MRI

17

Resonanzmessung im Praktikum:



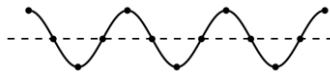
➡ Modell des Atomkraftmikroskops (AFM)

18

Wellen

Ausbreitung eines Schwingungszustandes

- Transversalwelle



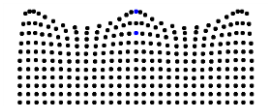
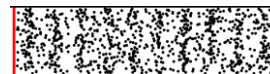
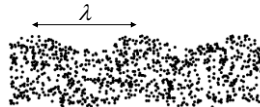
- Longitudinalwelle



Ausbreitungsgeschwindigkeit

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

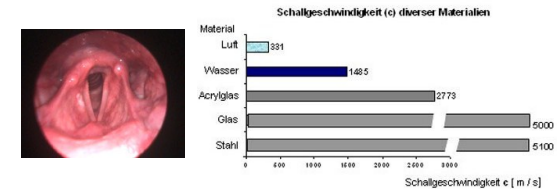
- Wellenlänge (λ):



©1990, Daniel A. Russell:

Schallwellen

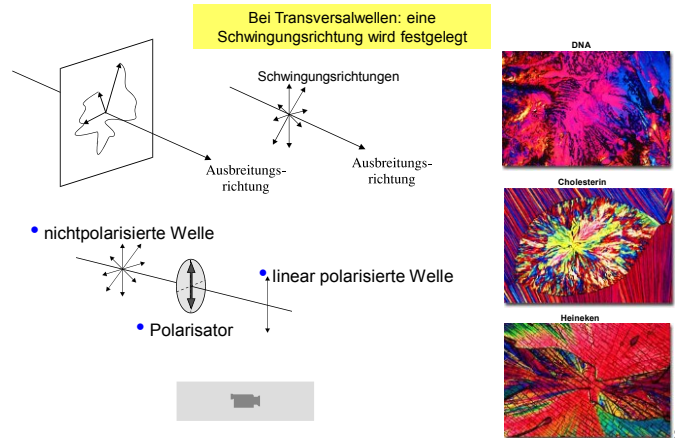
Mechanische Welle; ist unbedingt an Materie gebunden!



→ Sonographie

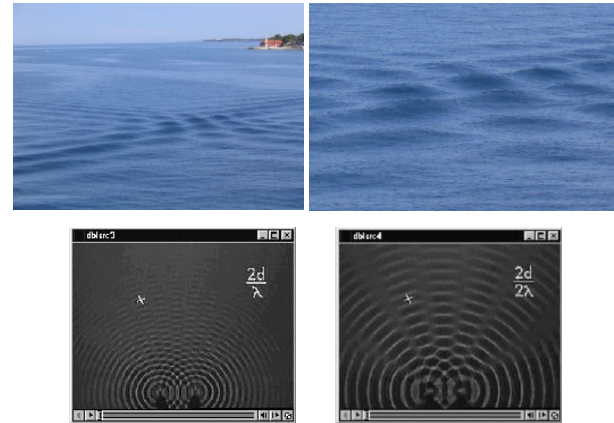
20

Polarisation (lineare Polarisation)

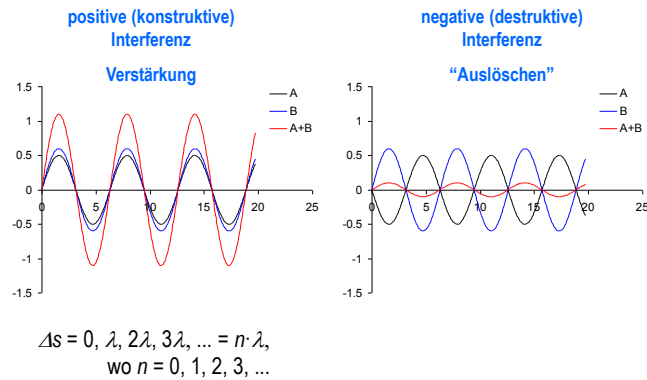


Interferenz

Überlagerung zweier oder mehrerer Wellenzüge



22

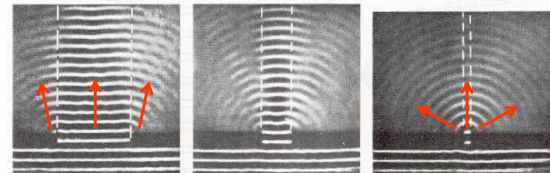


23

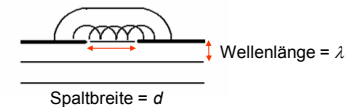
Beugung (Diffraktion)

Abweichung von der ursprünglichen Ausbreitungsrichtung am Rand einer Öffnung oder eines Hindernisses

Beugung an einer Öffnung:



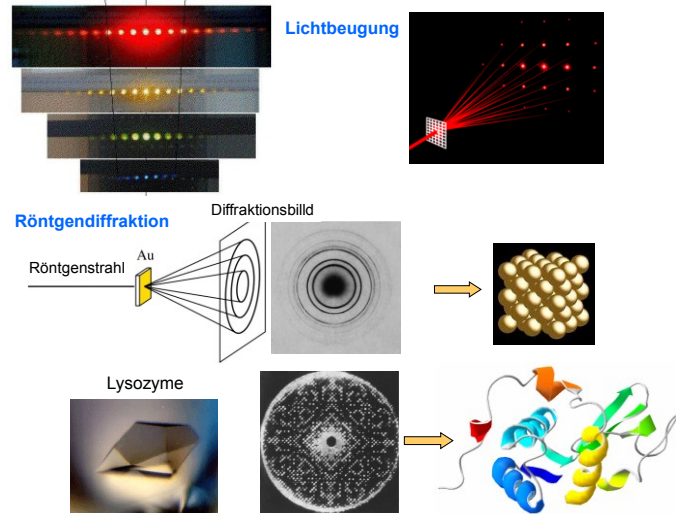
Huygensches Prinzip: Jeder Punkt einer Wellenfront kann als Ausgangspunkt einer neuen kugelförmigen Welle, der sog. Elementarwelle betrachtet werden. Durch die Überlagerung dieser Elementarwellen ergibt sich die beobachtbare Wellenfront zu einem späteren Zeitpunkt.



$d/\lambda \gg 1 \Rightarrow$ schwache Beugung

$d/\lambda \approx 1 \Rightarrow$ starke Beugung

24



Hausaufgaben

Neue Aufgabensammlung 1.1-15 und 11.9-12

26