

## Inhaltsverzeichnis

## Übersicht

Vorlesung    Seiten

0. Allgemeines

Vorbem.    1-7

1. Mechanik der Massenpunkte

1            1-12

1.1. Kinematik des Massenpunkts

$$x(t) = x_0 + \int_0^t [v_0 + a_0 t'] dt' = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2$$

1.2. Dynamik

2            4-9

$$F = m \cdot a$$

*Actio = reactio*

3            1-4

1.3 Arbeit und Leistung

5-16

$$dW = \vec{F}(\vec{s}) d\vec{s} \rightarrow W = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F}(\vec{s}) d\vec{s}$$

1.4 Kinetische und potentielle Energie

4            1-15

$$\frac{dv}{dt} \cdot m = m \cdot \frac{dv}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = m \cdot v \cdot \frac{dv}{ds}$$

$$F \cdot ds = m \cdot v \cdot dv$$

## 1.5. Kraftfeld und Potential

4

1-15

$$E_p(x + \Delta x, y + \Delta y) - E_p(x, y) = \Delta E_p = \frac{\partial E_p}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial E_p}{\partial y} \Delta y$$

$$\Delta W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = -\Delta E_p$$

5

1-16

## 1.6 Impuls

$$\text{Kraft} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \quad \text{oder in } t \quad \text{Kraft} = \frac{m \cdot (\vec{v} - \vec{v}_0)}{\Delta t} = \frac{m \cdot \vec{v} - m \cdot \vec{v}_0}{\Delta t}$$

## 1.7. Weitere Anwendungen des Energie- und Impulssatzes

$$\text{Impulssatz: } m \cdot d\vec{v} + \vec{w} \cdot dm = 0$$

$$\text{Eindimensional: } m \cdot dv = -w \cdot dm$$

$$\text{Kraftgesetz: } m \cdot \frac{dv}{dt} = -w \cdot \frac{dm}{dt}$$

$$w \cdot \frac{dm}{dt} : \text{Schubkraft!}$$

1.7.1. Gleichförmig bewegtes Bezugssystem  
 1.7.2. Gleichförmig beschleunigtes Bezugssystem  
 1.7.3. Rotierende Bezugssysteme

$$\vec{F}' = \vec{F} - 2 \cdot \vec{\omega} \times \vec{v}' \cdot m \quad \text{Corioliskraft}$$

$$- \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}') \cdot m \quad \text{Zentrifugalkraft}$$

2. Mechanik des starren Körpers

7 1-14

2.1. Translation und Rotation

	Translation	Rotation
Lage	$\vec{r}$	$\vec{\varphi}$
Geschw.	$\vec{v} = \dot{\vec{r}}$	$\vec{\omega} = \dot{\vec{\varphi}}$
Beschleun.	$\vec{a} = \ddot{\vec{r}}$	$\vec{\alpha} = \ddot{\vec{\varphi}}$

## 2.2. Rotationsenergie und Trägheitsmoment

8

1-11

$$W_{Rot} = \frac{1}{2} \omega^2 \int dm \cdot r^2; \quad \int dm \cdot r^2 :$$

$$\vec{L} = \vec{\omega} \cdot \sum_i m_i \cdot r_i^2 = I \cdot \vec{\omega}$$

Drehimpuls

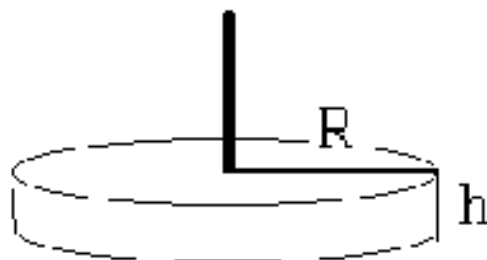
$$\vec{T} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Drehmoment

### Beispiele für das Trägheitsmoment

$$I = \int dm \cdot r^2 = \rho \cdot \int r^2 \cdot dV; \text{ mit}$$

$$dV = 2\pi \cdot r \cdot dr \cdot dh$$



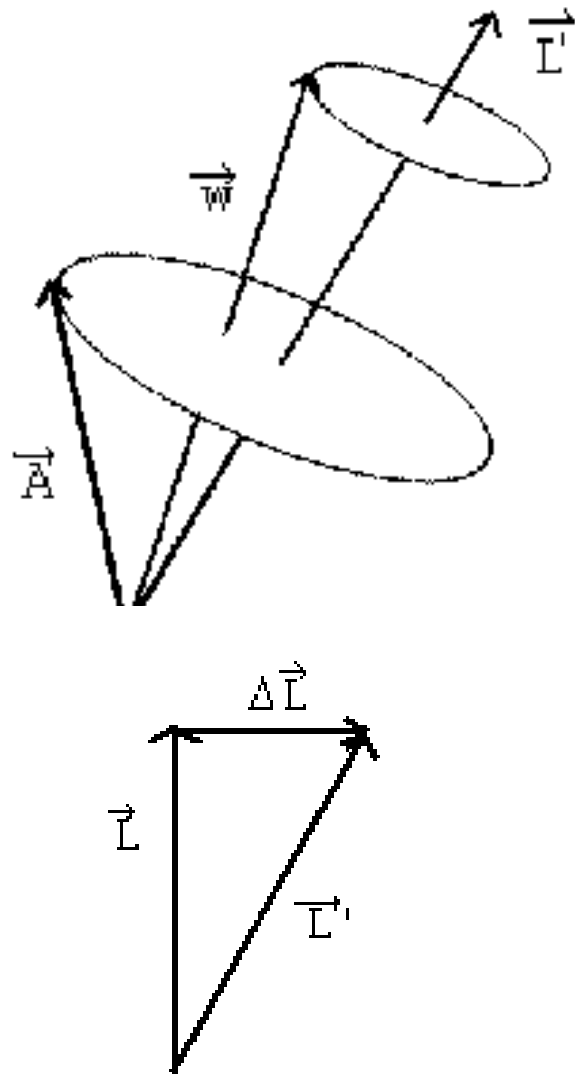
$$I = 2\pi \cdot \rho \cdot h \cdot \int_0^R r^3 \cdot dr = 2\pi \cdot \rho \cdot h \cdot \frac{r^4}{4} \Big|_0^R$$

$$I = \pi \cdot \rho \cdot h \cdot \frac{R^4}{2}; \text{ da}$$

$$\Rightarrow I = 0.5 \cdot M \cdot R^2$$

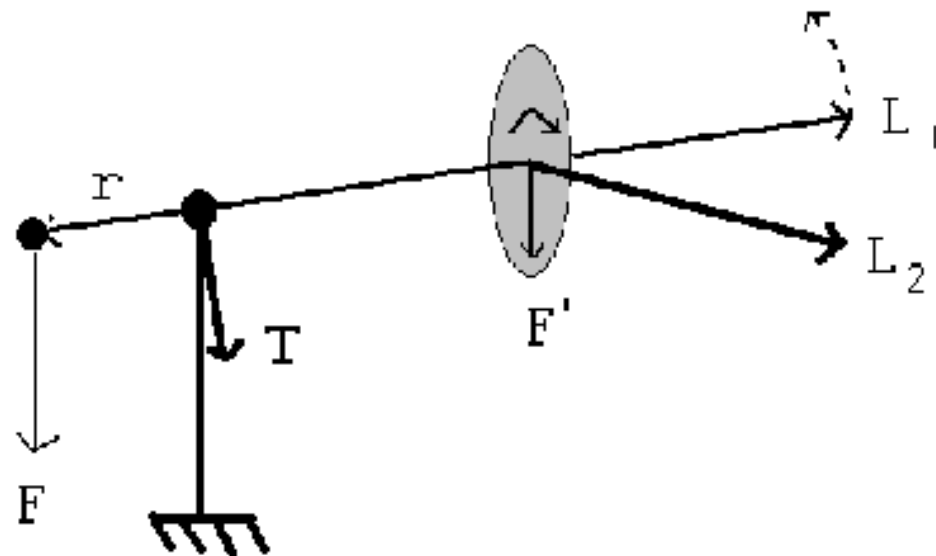
$$M = \rho \cdot V = \pi \cdot R^2 \cdot h \cdot \rho$$

## 2.8. Freie Achsen



$$\begin{bmatrix} L_x \\ L_y \\ L_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{xx} \cdot \omega_x + I_{xy} \cdot \omega_y + I_{xz} \cdot \omega_z \\ I_{yx} \cdot \omega_x + I_{yy} \cdot \omega_y + I_{yz} \cdot \omega_z \\ I_{zx} \cdot \omega_x + I_{zy} \cdot \omega_y + I_{zz} \cdot \omega_z \end{bmatrix}$$

Gyroskop:



## 2.9. Reibungskräfte

9

1-6

## 2.10 Gravitation

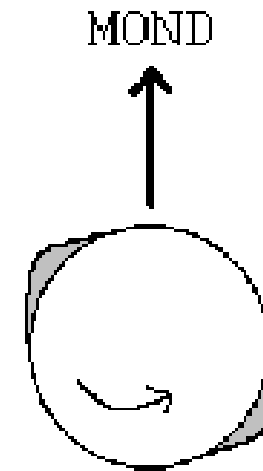
Gravitationskraft  $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

10

1-10

11

1-9



12

1-13

## 2.11. Lorentz-Transformationen

$$x' = \frac{x - v \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; x = \frac{x' + v \cdot t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t' = \frac{t - \frac{v \cdot x}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; t = \frac{t' + \frac{v \cdot x'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Lorentz-Transformationen

**3. Mechanik deformierbarer Körper**  
**3.1. Deformation fester Körper**  
**3.2. Druck in ruhenden Flüssigkeiten**

13

1-11

**Archimedische Prinzip**

**3.3. Druck und Volumen ruhender Gase**

$$P(h) = P_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0}{P_0} gh}$$

Barometrische Höhenformel

**3.4. Oberflächenspannung und Kapillarität**

14

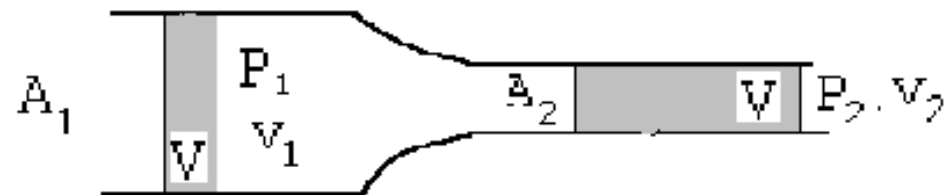
1-15

**3.5. Bewegungen von Flüssigkeiten und Gasen**

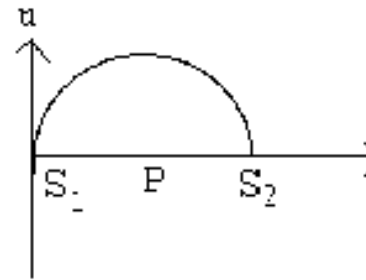
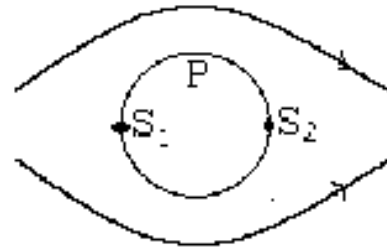
$$\Delta W_{kin} = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot V \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

$$p + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 = P_0$$

Gleichung von Bernoulli

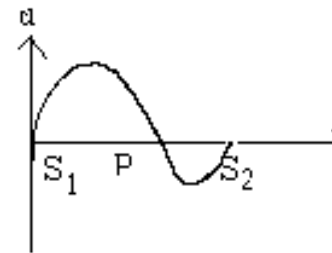
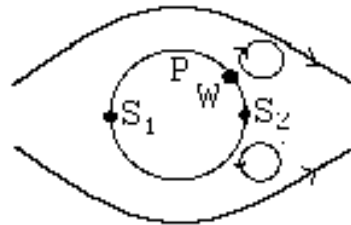


laminar



15 1-5

turbulent



$$\rho \left( \frac{\partial}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \vec{\nabla}) \right) \vec{u} = -\text{grad}P + \rho \cdot \vec{g} + \eta \cdot \Delta \vec{u}$$

Navier-Stokes-Gleichung

## 4. Schwingungen und Wellen

### 4.1. Freie Schwingungen

16 4-10

17 1-8

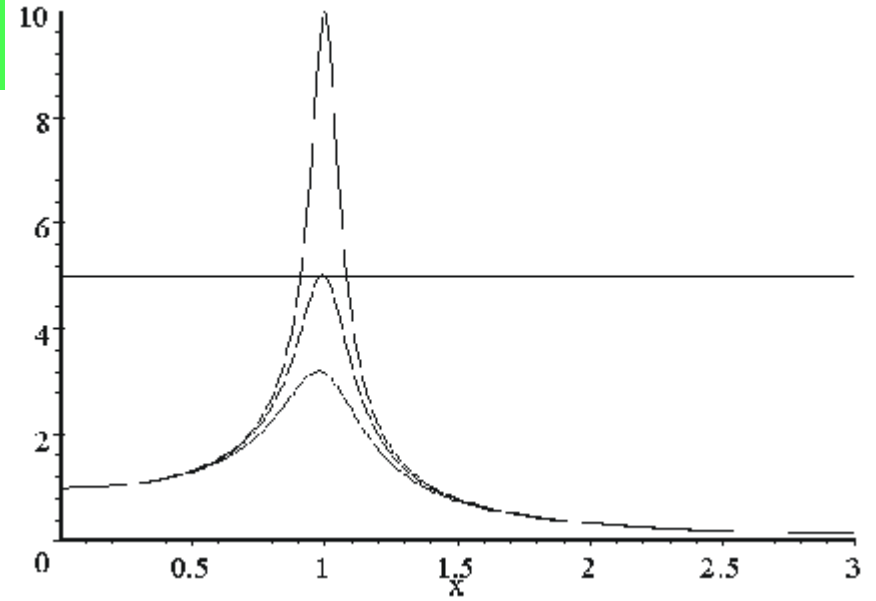
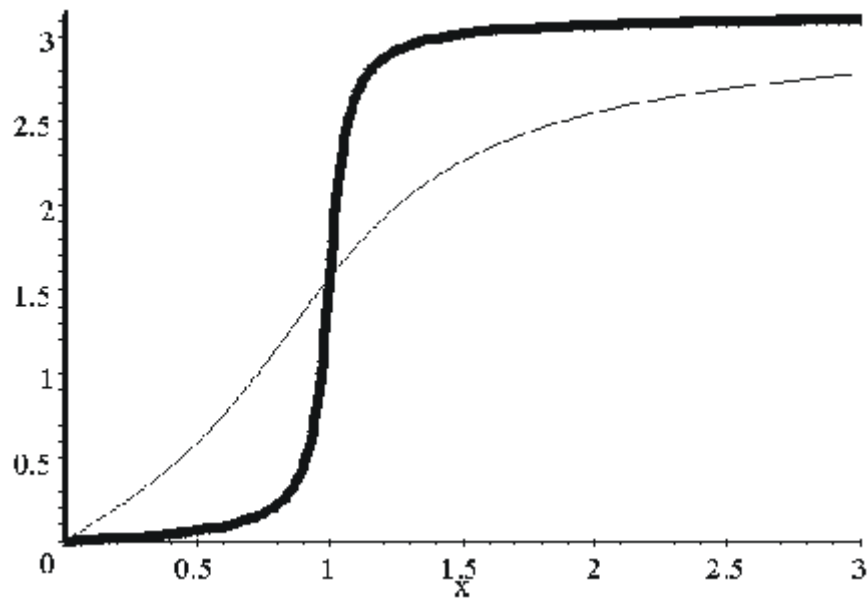
$$m \cdot \ddot{x} = -k \cdot \dot{x} - D \cdot x$$

Gedämpfte Schwingungen:

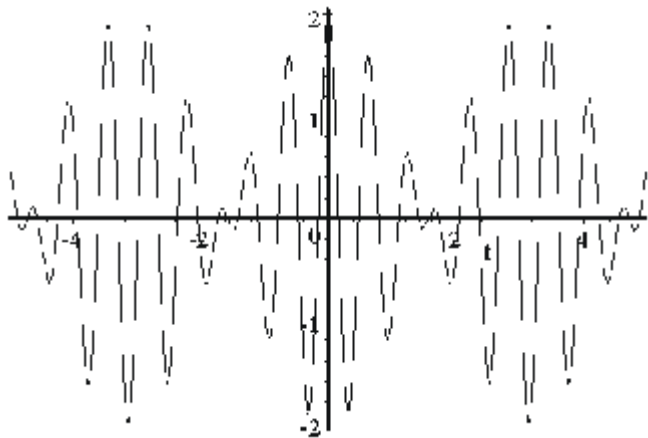
$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot \dot{x} + D \cdot x = 0$$



## 4.2. Erzwungene Schwingungen



## 4.3. Überlagerung von Schwingungen



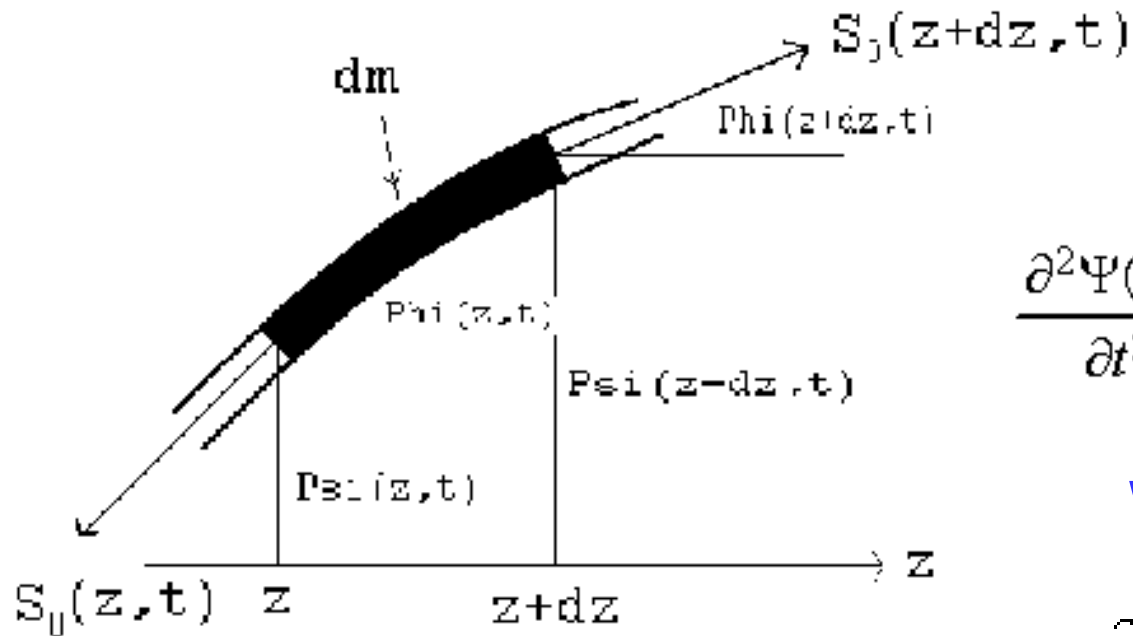
"Schwebung"

## 4.4. Gekoppelte Oszillatoren

### 4.5. Wellen

18

1-14



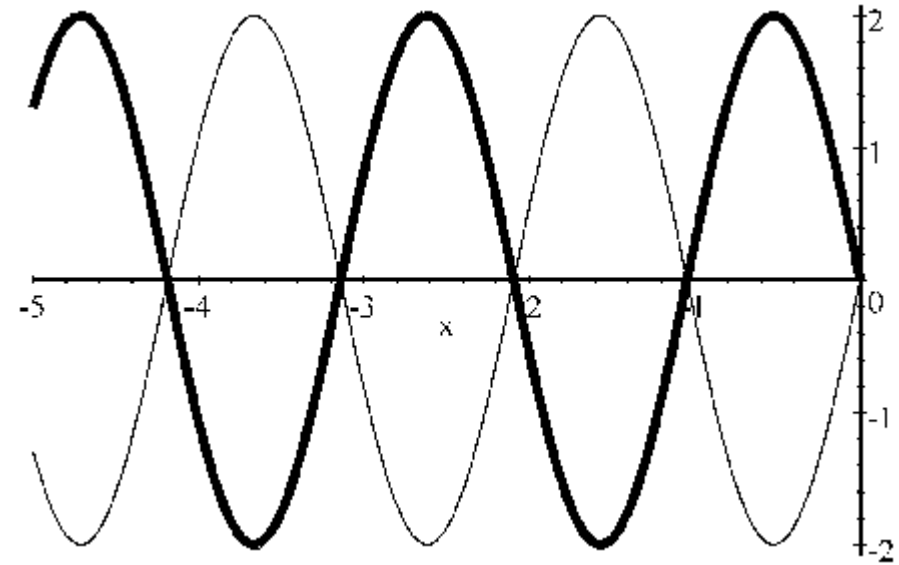
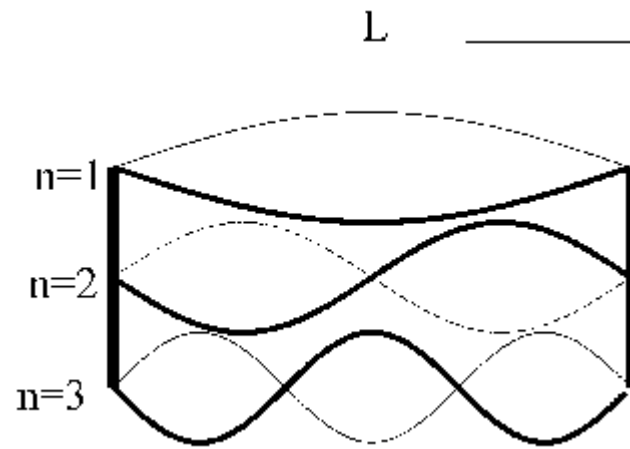
$$\frac{\partial^2 \Psi(z, t)}{\partial t^2} = \frac{S_0}{\mu} \cdot \frac{\partial^2 \Psi(z, t)}{\partial z^2}$$

Wellengleichung!

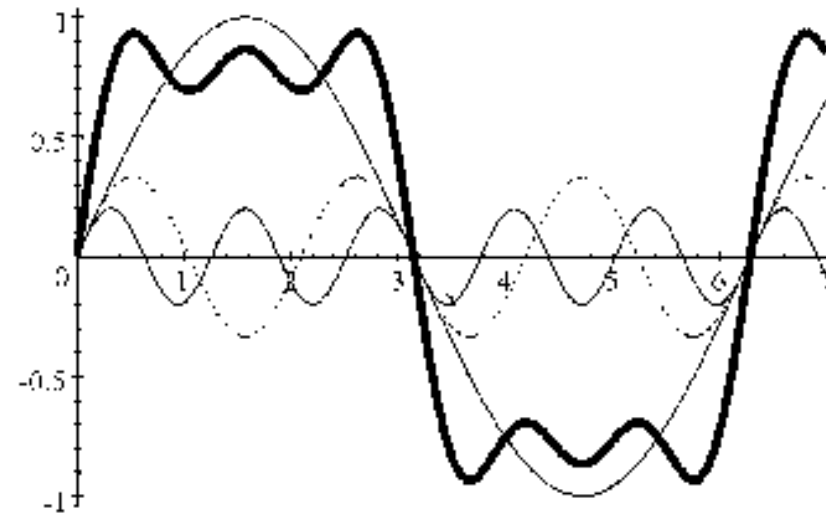
$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{p}{\rho} \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2}$$

Wellengleichung einer Schallwelle!

# Reflexion von harmonischen Wellen: **Stehende Wellen**



Fouriertransformation



Def. der Lautstärke

$$L_N = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$I_0 = 2 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2 \Rightarrow \text{ absolute Skala}$$

## Dopplereffekt

### 5.1. Kinetische Gastheorie

19

1-14

$$P = n \cdot m \cdot \langle v^2 \rangle / 3 \quad P = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \left\langle m \cdot \frac{v^2}{2} \right\rangle$$

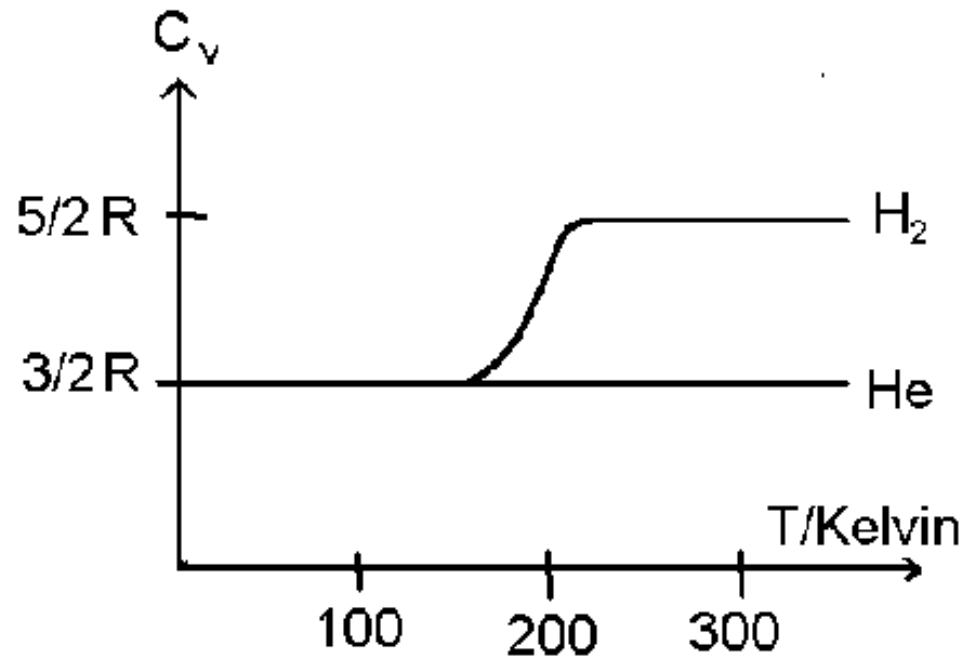
Grundgleichung der kinetischen Gastheorie

### 5.2. Zusammenhang zwischen Temperatur und kinetischer Energie

## 5.3. Spezifische Wärme, Zustandsgrößen

20 1-13

Bei bestimmten Temperaturen sind Freiheitsgrade eingefroren.  
D.h.: Es geht keine Energie hinein!



Für einen Liter Wasser:  $C=4186 \frac{J}{K}$

Temperaturerhöhung:  $\Delta T = 1K \quad T = 15^\circ \text{Celsius} \Rightarrow Q = 4186J$

## 5.5. Zustandsgrößen idealer Gase

Volumen  $V$ , Druck  $P$ , Temperatur  $T$

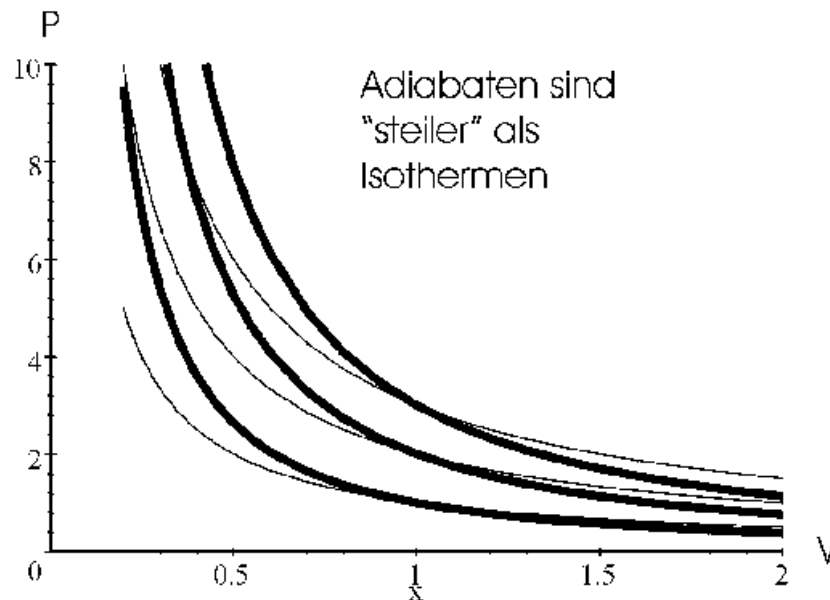
zugeflossene Wärmeenergie = innere Energie + geleistete Arbeit

## 5.6. 1. Hauptsatz der Thermodynamik

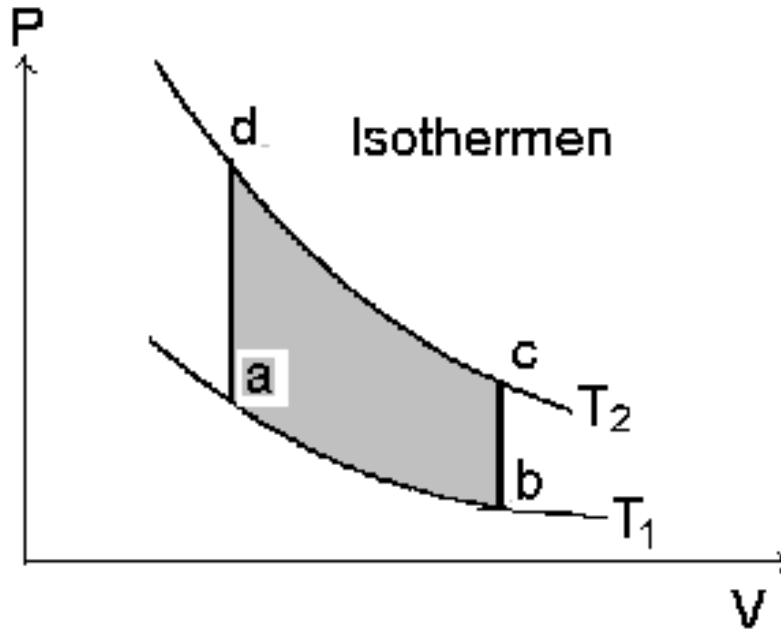
$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

Energieerhaltung

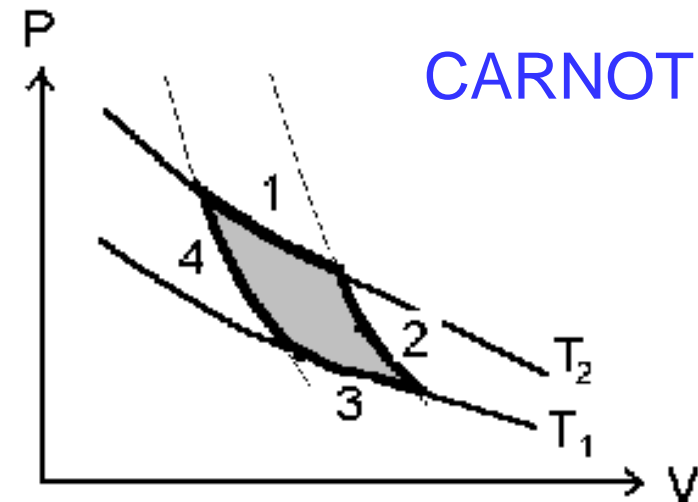
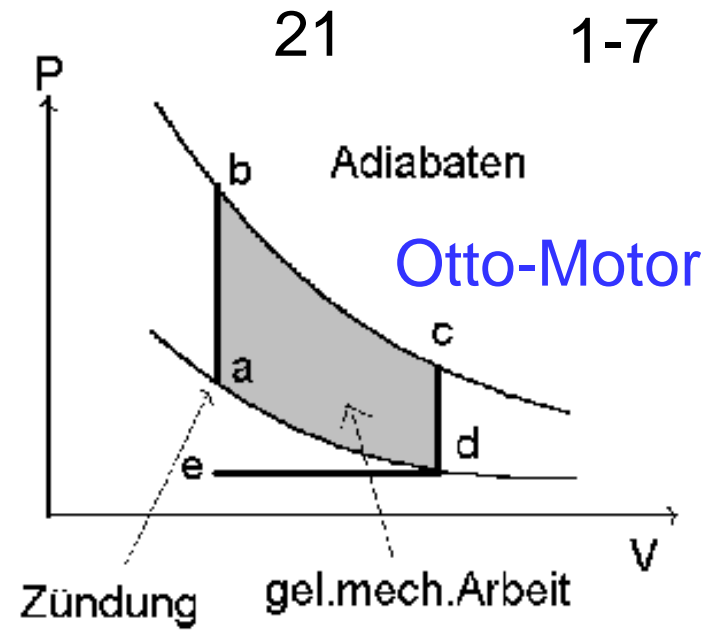
**Die Gesamtenergie eines abgeschlossenen Systems bleibt immer konstant**



## 5.7. Wärmekraftmaschinen



Heißluftmotor als  
Kältemaschine  
Oberem Raum  
wird Wärme entzogen!



$$\Delta S_{CARNOT} = 0 : \quad \text{Reversibel!} \quad \frac{\Delta Q_{T_2}}{T_2} = - \frac{\Delta Q_{T_1}}{T_1}$$

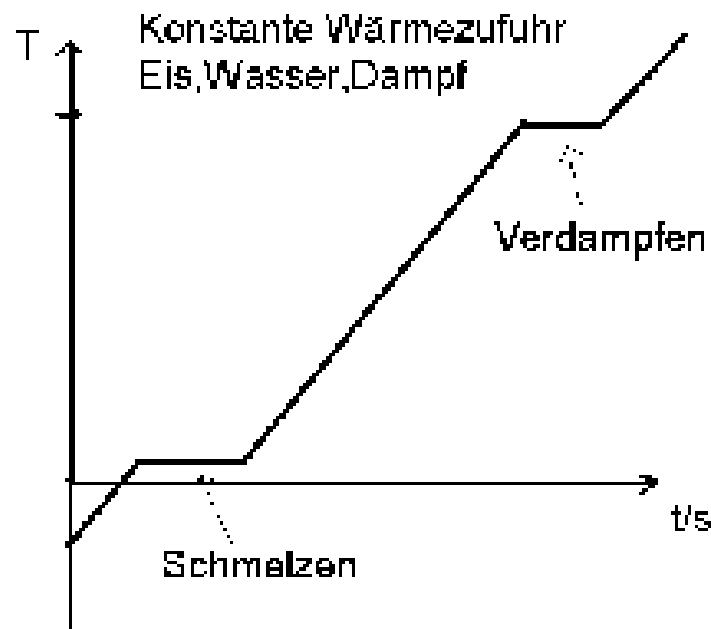
Irreversible Prozesse  $\Delta S > 0$

*Clausius: "Die Energie der Welt ist konstant, die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu!"*

22 1-9

## 5.11. Entropie und Wahrscheinlichkeit (Boltzmann)

$$S = k \cdot \ln P$$



## 5.13. Reale Gase

23 1-9

Gleichung realer Gase

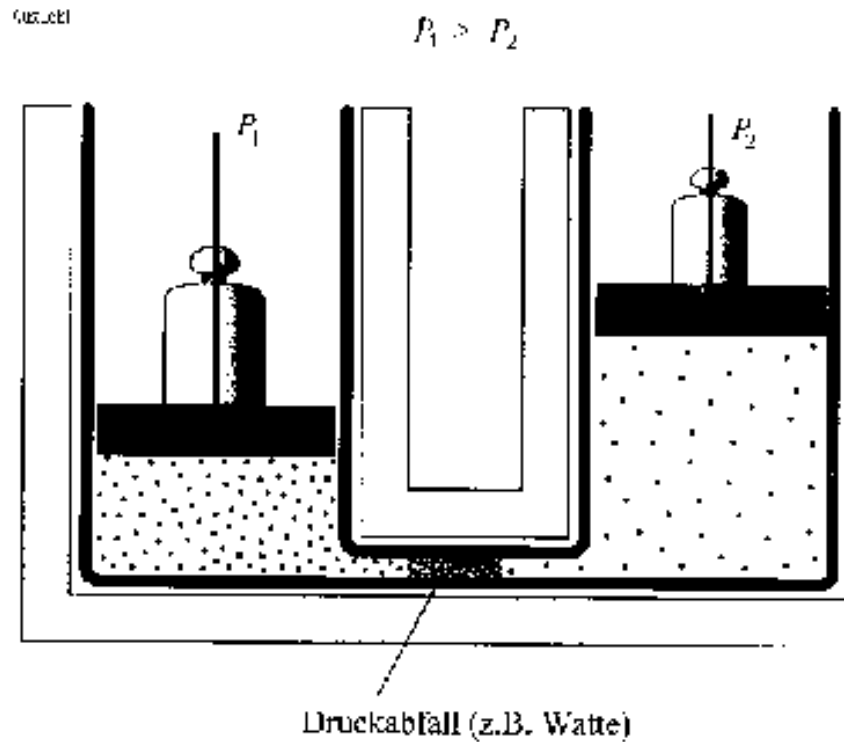
$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = R \cdot T$$



# Der Joule-Thomson-Effekt und die Gasverflüssigung

24

1-8



## 5.14 Transportphänomene Diffusion, Dichteverteilung

25

1-11