

# Experimental Physics II

Luca Cordes

SS 2023/2024

## Contents

<b>1</b>	<b>Thermodynamik</b>	<b>1</b>
1.1	I. Hauptsatz . . . . .	1
1.2	II. Hauptsatz . . . . .	1
1.3	III. Hauptsatz . . . . .	2
1.4	Wärmetransport . . . . .	2
1.4.1	Diffusion . . . . .	2
1.4.2	Konduktion . . . . .	2
1.4.3	Wärmestrahlung . . . . .	2
1.5	Zustandsänderungen . . . . .	2
1.5.1	Isotherm . . . . .	2
1.5.2	Isobar . . . . .	2
1.5.3	Isochor . . . . .	2
1.5.4	Adiabatisch . . . . .	2
1.6	Schallgeschwindigkeit . . . . .	3
1.7	Wärmekraftmaschine / Carnot - Kreisprozess . . . . .	3
1.8	Energien . . . . .	3
1.9	Formeln . . . . .	3

## Contents

### 1 Thermodynamik

#### 1.1 I. Hauptsatz

Die gesamt Energie ist in einem geschlossenen System zeitlich konstant.

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

$\Delta U$  = die Änderung der (gesamten) inneren Enrgie eines geschlossenen Systemes

$\Delta Q$  = von außen zugeführte Wärmeenergie

$\Delta W$  = vo außen zugeführte mechanische Energie

#### 1.2 II. Hauptsatz

Wärme fließt von selbst immer nur vom wärmeren zum kälteren Körper, nicht umgekehrt.

In einem abgeschlossenen System5 nimmt die Entropie nicht ab

### 1.3 III. Hauptsatz

Es ist prinzipiell nicht möglich, den absoluten Temperaturnullpunkt ( $T = 0 \text{ K}$ ) zu erreichen.

### 1.4 Wärmetransport

#### 1.4.1 Diffusion

Netto-Teilchenstromdichte bei Diffusion:

$$\vec{j} = -D \cdot \vec{\nabla} n$$

#### 1.4.2 Konduktion

Wärmestromdichte bei Konduktion:

$$\vec{j}_Q = -\lambda \cdot \vec{\nabla} T$$
$$\frac{|dQ|}{S \cdot dt} = \lambda \frac{|\Delta T|}{d}$$

#### 1.4.3 Wärmestrahlung

Gesamtstrahlungsleistung (nach Stefan-Boltzmann-Gesetz):

$$P = \varepsilon \sigma A T^4$$

### 1.5 Zustandsänderungen

#### 1.5.1 Isotherm

$$\Delta T = 0$$

#### 1.5.2 Isobar

$$\Delta p = 0$$

#### 1.5.3 Isochor

$$\Delta V = 0$$

#### 1.5.4 Adiabatisch

$$\Delta Q = 0$$

$$\begin{aligned}\Delta U &= \frac{f}{2} Nk \Delta T = -p \Delta V = -\frac{NkT}{V} \Delta V \\ \frac{f}{2} \frac{\Delta T}{T} &= -\frac{\Delta V}{V} \\ TV^{\kappa-1} &= \text{const} \\ pV^{\kappa} &= \text{const} \\ p^{1-\kappa} T^{\kappa} &= \text{const}\end{aligned}$$

## 1.6 Schallgeschwindigkeit

Für niedrige Frequenzen:

$$v_s = \sqrt{\frac{p}{\rho}}$$

Für hohe Frequenzen

$$v_s = \sqrt{\kappa \frac{p}{\rho}}$$

## 1.7 Wärmekraftmaschine / Carnot - Kreisprozess

## 1.8 Energien

Im Gas:

$$\langle E_{tot} \rangle = \frac{f}{2} k_B T$$

Allgemein:

$$\Delta E = cM \Delta T$$

## 1.9 Formeln

Zustandsgleichung des idealen Gases:

$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T$$

Gesamte kinetische Energie, abhängig von Freiheitsgraden:

$$E_{kin}^{tot} = \frac{f}{2} kT$$

Expansionsarbeit:

$$|\Delta W| = p \Delta V$$

$$\begin{aligned}\langle E_{kin}^{atom} \rangle &= \frac{3}{2} k \cdot T \\ \frac{\Delta L}{L} &= \alpha \Delta T \\ \frac{\Delta V}{V} &= 3\alpha \Delta T = \gamma \Delta T\end{aligned}$$

Zeichen und ihre Bedeutung:

$p \iff$  Druck/Pressure

$V \iff$  Volumen

$T \iff$  Temperatur

$f \iff$  Zahl der Freiheitsgrade

$n \iff$  Stoffmenge (in mol)

$N \iff$  Stoffmenge

$U \iff$  innere Energie

$Q \iff$  Wärmeenergie

$\vec{j} \iff$  Netto-Teilchenstromdichte bei Diffusion  $= -D \cdot \vec{\nabla} n$

$dR \iff$  Reduzierte Wärmemenge  $= \frac{dQ}{T}$

$dS \iff$  Entropie  $= \frac{dQ_{rev}}{T}$

$\kappa \iff$  Adiabatenindex  $= \frac{c_P}{c_V}$

$$= \frac{f+2}{f} = 1 + \frac{2}{f}$$

$\iff$

$\iff$

$\iff$

$N_A \iff$  Avogadro-Konstante

$R \iff$  allgemeine Gaskonstante

$k \iff$  Boltzmann-Konstante

$c \iff$  spezifische Wärmekapazität  $= \frac{\Delta Q}{M \Delta T}$

$D \iff$  Diffusionskonstante

$\sigma \iff$  Stefan-Boltzmann-Konstante  $= 5.77 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$

$\varepsilon \iff$  Absorptionsgrad  $\leq 1$

$\iff$

$$pV = NkT$$