

# Statistische Physik

- Dozent: Holger Stark Zi EW709, Tel: 29623  
email: Holger.Stark@tu-berlin.de
- Vorlesung: Di 10<sup>15</sup> - 11<sup>45</sup> EW202  
Do 14<sup>15</sup> - 15<sup>45</sup> "
- Übungen: Übungsleiter Johannes Blaschke  
Termin: Mo 10<sup>15</sup> - 11<sup>45</sup>, EW731, ab 24.10.16  
Anmeldung auf Moses (bis Mi 13.10)
- Infos zur Vorlesung/Übung:  
→ [www.itp.tu-berlin.de/stark](http://www.itp.tu-berlin.de/stark) → Lehre  
Material:
- Verwendung: (i) Vertiefungsfach innerhalb Theo. Phys. V/VI  
(ii) Teil eines Wahlpflichtfaches  
2 weitere Veranstaltungen (2 SWS)  
Empfehlung: Seminar AG Stark  
Mi 14<sup>15</sup> - 15<sup>45</sup>, EW731
- Fortsetzung von Theo. Physik IV: Thermodynamik & Stat. Physik  
→ Wiederholung & Vertiefung  
→ neue Themen, Thermodynam. GG

## 1. Einleitung

### • Statistische Physik:

Verwende Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie,  
um aus dem Verhalten sehr vieler mikroskopischer  
Konstituenten makroskopische Größen als Mittel-  
werte zu berechnen.

Bsp: Volumen  $V$  (Luftballon:  $V$  ist statistische Größe)  
Temperatur  $T$  ( $\leftrightarrow$  thermische Bewegung)  
Druck  $p$  ( $\leftrightarrow$  Impulsübertrag der Moleküle)  
"

innere Energie  $U$   
 spezifische Wärme  $C$  ( $\rightarrow$  Festkörper  $C \sim T^3$ , Gase  
 Leitungsleiter  $C \sim T$ )

elektr. Polarisation  $P$ , Magnetisierung  $M$

Suszeptibilitäten:  $\underline{\chi}$ ,  $P = \underline{\chi} E$   $\leftarrow$  elektr. Feld

Scherviskosität:  $\eta$

- Warum ist statistische Natur nicht sichtbar

Bsp:  $U$  von Luftballon

Grund:

sehr viele Konstituenten (Anzahl  $N$ )  
 $\rightarrow$  Gesetze der großen Zahlen anwendbar  
 $\rightarrow$  relative Schwankung  
 einer mikroskop. Größe  $\sim \frac{1}{\sqrt{N}} \rightarrow 0, N \rightarrow \infty!$   
 (z.B.  $\frac{\Delta U}{U}$ )

Bsp:  $\frac{\Delta U}{U} \sim \frac{1}{\sqrt{N}}!$   $N = 6 \cdot 10^{23} \rightarrow \frac{\Delta U}{U} \sim 10^{-12}!$

$\rightarrow$  statistische Beschreibung der mikroskop. Physik  
 vereinbar mit dem makroskopischen Determinismus

Bsp:  $N$  Würfe mit Münze:

mittlere Anzahl von Kopf:  $\langle N_k \rangle = \frac{N}{2}$

Wahrscheinlichkeit für  $\frac{N}{2} \pm \varepsilon$  mal Kopf

$$P\left(\frac{N}{2} \pm \varepsilon\right) = \left(\frac{1}{2}\right)^N \binom{N}{\frac{N}{2} \pm \varepsilon}$$

Wahrscheinlichkeit für bestimmte Kopf-Zahl Abfolge  $\uparrow$   
 wie oft kann man  $\frac{N}{2} \pm \varepsilon$  Köpfe auf  $N$  Plätze verteilen!

zentraler Grenzwertsatz  $\rightarrow$  Gaußverteilung um  $\frac{N}{2}$  mit relativer  
 Breite  $\frac{\Delta N = \sqrt{\langle \varepsilon^2 \rangle}}{N} \sim \frac{1}{\sqrt{N}}!$

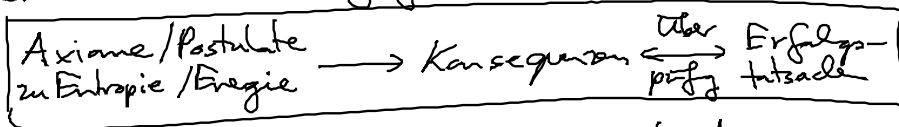
NB: s. Kapitel 3!

- insbesondere:  
 statistische Begründg Thermodynam. Größen  
 (Entropie:  $S, U, V, P, T, \dots$ )  
 der Thermodynamik  
 = phänomenologische Theorie  
 basierend auf wenigen Postulaten

- Literatur: → Folie
- Inhalt:

## 2. Thermodynamik und ihr axiomatischer Zugang

- Grundtatsache der TD seien bekannt  
 hier: axiomatischer Zugang zur Wiederholung & neue Sichtweisen



- Phänomenolog. Thermodynam. ist eigenständiges  
 Gedankengebäude unabh. von Stat. Physik

Einstein: „TD ist universell gültige Theorie“

• TD:

behandelt über mikroskop. Zeit- und Längs- gemittelte Größe
--

Bsp: (i) mikroskop. Bewegung:  $10^{-15} \text{ s} - 10^{-12} \text{ s}$

(Molekularbewegung, Phänomene)

mikroskop. Messung: z.B.  $> 10^{-7} \text{ s}$

(ii) mikroskop. Abmessung: 0.1 nm

makroskop. Messung:  $> 100 \text{ nm}$  (Licht)

→ räuml. und zeitl. Mittelg über ca.  $10^3 = (10^3)^3$  Atom-  
 Koordinaten

## 2.1 Postulat zur inneren Energie und 1. Hauptsatz

- Erfolgstatsache: Leibniz, Coulomb, Mayer, ...

Systeme besitzen <sup>eine</sup> innere Energie mit den Eigenschaften

- (i) Zustandsgröße
- (ii) Erhaltungsgröße (EES)
- (iii) extensiv

- Postulat I: zur inneren Energie  $\rightarrow$  Folie

- $U$  ist Zustandsgröße:  $\Delta W_2, \Delta Q_2 \rightarrow U(B)$   
 $\Delta W_1, \Delta Q_1 \rightarrow U(A)$

mit  $\Delta U = U(B) - U(A)$

1. Hauptsatz der Wärmelehre (EES):

$$\Delta U = \underbrace{\Delta Q}_{\substack{\text{Wärme-} \\ \text{übertragung} \\ \text{auf System}}} + \underbrace{\Delta W}_{\substack{\text{am System} \\ \text{geleistete} \\ \text{Arbeit}}}$$

differenziell:  $du = \underbrace{dQ}_{\substack{\text{totales} \\ \text{Differential}}} + \underbrace{dW}_{\substack{\text{unvollständiges} \\ \text{Differential} \\ \text{[keine Zustandsgr.]}}}$