Statistische Physik

- Dozent: Prof. Holger Stark   Zi EW709, Tel: 29623
  email: Holger.Stark@tu-berlin.de

- Vorlesung: Di $10^{15} - 11^{45}$ EW 202
  Do $14^{15} - 15^{45}$ EW 202

- Übungen: Übungsleiter Arne Zantop
  Termin: urspr. Mo $12^{15} - 13^{45}$ EW731 (?)
  Ausweichtermin: Do $12^{15} - 13^{45}$ Seminarraum ?? ab nächster Woche

  Anmeldung über Moses (bis Mi 18.10)

- Infos zur Vorlesung/Übungen:
  → www.itp.tu-berlin.de/stark → Lehre

  Material: ...

- Verwendung: (i) Vertiefungsfach innerhalb Modul Theo. Phys. V/VI
  (ii) Teil eines Wahlpflichtfachs
  & weitere Veranstaltung (2 SWS)
  Empfehlung: Seminar der AG Stark
  Mi $14^{15} - 15^{45}$

- Fortsetzung von Theo. Physik IV: Thermodynamik & Stat. Physik
  → „keine Wiederholung", Vertiefung,
  → neue Themen, thermodyn. GG

1. Einleitung

- Statistische Physik:

  $\boxed{\text{Verwende Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie, um aus dem Verhalten sehr vieler mikroskopischer Konstituenten makroskopische Größen als Mittelwerte zu berechnen.}}$

  ...

Bsp: Volumen V
Temperatur T ($\leftrightarrow$ thermische Bewegung)
innere Energie U
spezifische Wärme C ($\rightarrow$ Festkörper, Gase)
elektr. Polarisation $\underline{P}$, Magnetisierung $\underline{M}$
Suszeptibilitäten: $\underline{\underline{\chi}}$, $\underline{P} = \underline{\underline{\chi}}\,\underline{E}$ elektr. Feld
Scher-Viskosität: η

- Warum ist stochastische Natur nicht sichtbar?

Bsp: V von Luftballon

Grund: $\boxed{\begin{array}{l}\text{sehr viele Konstituenten (Anzahl } N)\\ \longrightarrow \text{Gesetz der großen Zahlen anwendbar}\\ \longrightarrow \text{relative Schwankung einer makroskopischen Größe} \sim \frac{1}{\sqrt{N}} \longrightarrow 0,\ N \to \infty!\end{array}}$

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

$\longrightarrow$ $\boxed{\text{statistische Beschreibung der mikroskop. Physik „vereinbar mit" makroskopischem Determinismus}}$

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:

$$P\left(\frac{N}{2} \pm \varepsilon\right) = \underbrace{\left(\frac{1}{2}\right)^N}_{\substack{\text{Wahrscheinlichkeit}\\ \text{für bestimmte Kopf-}\\ \text{Zahl-Abfolge}}} \underbrace{\binom{N}{\frac{N}{2} \pm \varepsilon}}_{\substack{\text{wie oft kann man}\\ \frac{N}{2} \pm \varepsilon \text{ auf } N \text{ Plätze verteilen}}}$$

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

s. Kapitel 3!

• insbesondere:
statistische Begründung thermodynamischer Größen
(Entropie S, $U, V, p, T, \ldots$)

" der Thermodynamik
= phänomenologische Theorie
basierend auf wenigen Postulaten

• Literatur: → s. Folie
• Inhalt: → s. Folie

2. Thermodynamik und ihr axiomatischer Zugang

• Grundtatsachen der TD seien bekannt
hier: axiomatischer Zugang zur Wiederholung & neue Sichtweise

$$\boxed{\text{Axiome / Postulate zu Entropie / Energie} \longrightarrow \text{Konsequenzen} \xleftrightarrow[\text{prüfung}]{\text{Über-}} \text{Erfahrungstatsachen}}$$

• Grund: phänomenolog. Thermodynamik ist eigenständiges Gedankengebäude unabh. von Stat. Physik
Einstein: „TD ist universell gültige Theorie"

• TD: $\boxed{\text{behandelt über mikroskop. Zeiten und Längen gemittelte Größen}}$

Bsp: (i) mikroskop. Bewegung: $10^{-15}\,s - 10^{-12}\,s$
(Molekülschwingungen, Phononen)
makroskop. Messung: z.B. $> 10^{-7}\,s$

(ii) mikroskopische Abmessungen: $0.1\,nm$
makroskopische Messungen: $> 100\,nm$ (Licht)

→ räuml. und zeitl. Mittelung über ca. 10^{8} Atom-Koordinaten

2.1 Postulat zur inneren Energie und 1. Hauptsatz

• Erfahrungstatsache: Leibniz, Coulomb, Mayer, ...

Systeme besitzen innere Energie mit den Eigenschaften

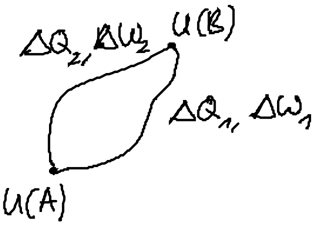
(i) Zustandsgröße

(ii) Erhaltungsgröße [EES]

(iii) extensiv

• Postulat I: zur inneren Energie

• U ist Zustandsgröße:



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

1. Hauptsatz der Wärmelehre (EES):

$$\Delta U = \underbrace{\Delta Q}_{\text{Wärmeübertrag auf System}} + \underbrace{\Delta W}_{\text{am System geleistete Arbeit}}$$

differentiell: $dU = đQ + đW$

totales Differential

unvollständiges Differential

• Bsp: für $đW$, quasistatische Prozeßführung (Abfolge von GG-Zuständen)

$$đW = \sum_i J_i \, dX_i$$

verallgemeinerte Kraft (intensiv)

Wegvariable extensiv } zueinander konjugiert