

Statistische Physik

- Dozent: Prof. Holger Stark Zi EW709, Tel: 29623
email: Holger.Stark@tu-berlin.de
- Vorlesung: Di 10¹⁵ - 11⁴⁵ EW 202 (~12⁰⁰)
Do 14¹⁵ - 15⁴⁵ " " (~16⁰⁰)
- Übungen: Übungsleiter Johannes Blaschke
Termin: Mo 16¹⁵ - 17⁴⁵, EW 731, ab 20.4.15
- Infos zur Vorlesung/Übung:
→ www.itp.tu-berlin.de/stark → Lehre
Material:
- Verwendung: (i) Vertiefungsfach innerhalb Modul Theo. Phys. V/VI
(ii) Teil eines Wahlpflichtfaches
& weitere Veranstaltung (2SWS)
Empfehlung: Seminar AG Stark
Mi 14¹⁵ - 15⁴⁵

- Fortsetzung von Theor. Physik IV: Thermodynamik & Stat. Physik
→ Wiederholung & Vertiefung
→ neue Themen, thermodynam. Gleichgewicht (GG)

1. Einleitung

- Statistische Physik:

Verwendete Methode der Wahrscheinlichkeitsreine,
um aus dem Verhalten sehr vieler mikroskopischer
Konstituenten makroskopische Größen als Mittelwerte
zu berechnen.

Bsp: Volumen V (Luftballon: V ist stochast. Größe!)

Temperatur T (\leftrightarrow thermische Energie)

Druck P (\leftrightarrow Impulsübertrag der Moleküle)

innere Energie U

spezifische Wärme C (\rightarrow Festkörper, Gase)

elektr. Polarisation P , Magnetisierung M

Suszeptibilitäten: $\underline{\chi}$, $\underline{P} = \underline{\chi} \underline{E}$

Scher-Viskosität: η \uparrow elektr. Feld

• Warum ist stochastische Natur nicht sichtbar?

Bsp: U von Luftballon

Grund: sehr viele Konstituenten (Anzahl N)
 \rightarrow Gesetz der großen Zahlen anwendbar
 \rightarrow relative Schwankung einer makroskopisch (Bsp: $\frac{\Delta U}{U}$)
Größe $\sim \frac{1}{\sqrt{N}} \rightarrow 0, N \rightarrow \infty$

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 makroskopischer 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
wie oft kann man $\frac{N}{2} \pm \varepsilon$ „Köpfe“ auf N Plätze verteilen!

zentraler
Grenzwert-
satz

Gauß-Verteilung um $\frac{N}{2}$ mit relativer
Breite: $\frac{\Delta N = \sqrt{\langle \varepsilon^2 \rangle}}{N} \sim \frac{1}{\sqrt{N}}!$

- insbesondere:
statistische Begründung thermodynam. Größen
(Entropie S , U , V , P , T , ...)

„ der Thermodynamik
= phänomenolog. Theorie
basierend auf wenigen Postulaten

- Literatur: → Liste
- Inhalt: → Liste

2. Thermodynamik und ihr axiomatischer Zugang

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

Axiome / Postulate zu Entropie, Energie → Konsequenzen $\xleftrightarrow{\text{Überprüfung}}$ Erfolgstatsachen

- Grad: Phänomenologische Thermodynamik ist eigenständiges Gedankengebäude unabh. von Stat. Physik
Einstein: „TD ist universell gültige Theorie“

- TD: behandelt über mikroskop. Zeiten und Längen gemittelte Größen

Bsp: (i) mikroskopische Bewegung: $10^{-15} - 10^{-12}$ s
(Molekülschwingungen, Phononen)

makroskop. Messung: z.B. $> 10^{-7}$ s

(ii) mikroskop. Abmessungen: 0.1 nm
makroskop. Messung: > 100 nm (Licht)

→ räuml. und zeitl. Mittelung über ca. 10^3 Atom-Koordinaten

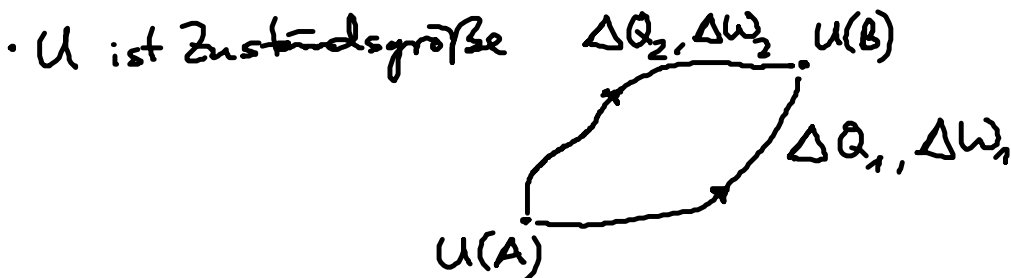
2.1 Postulat zur inneren Energie und 1. Hauptsatz

- Erfahrungstatsache: Leibniz, Coulomb, Mayer, ...

Systeme besitzen innere Energie mit den Eigenschaften

- (i) Zustandsgröße
- (ii) Erhaltungsgröße [Energieerhaltungssatz (EES)]
- (iii) extensive (wächst proportional zur Systemgröße)

- Postulat I: zur inneren Energie \rightarrow Folie



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

1. Hauptsatz der Wärmelehre (EES)

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

(2.1)

differenziell: $dU = dQ + dW$

dU is labeled as "totales Differential" and dQ, dW are labeled as "unvollständiges Differential".

- Bsp: für dW , quasistatische Prozessführung (Abfolge von GG-Zuständen!!)

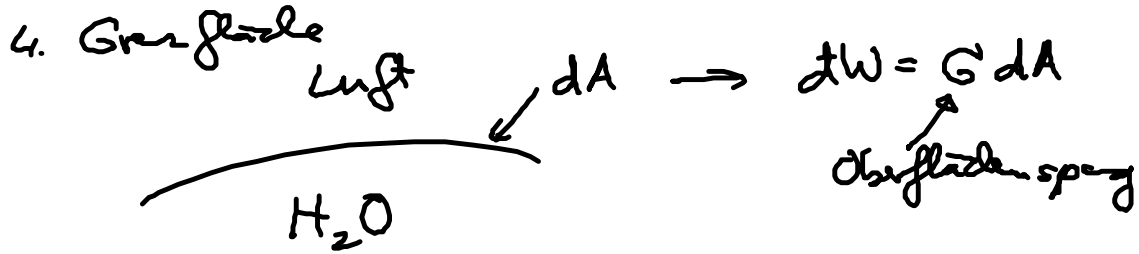
$$dW = \sum_i F_i dx_i$$

verallgemeinerte Kraft
intensive

Wegvariable
extensive

} zueinander konjugiert!

- Tabelle: \rightarrow Folie



NB: $\underline{M} V = \text{magnetisches Moment}$ } extensiv
 $\underline{P} V = \text{elektr. Dipol}$ " }

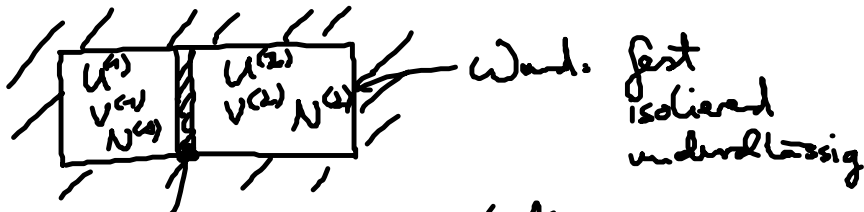
$\underline{\epsilon} \rightarrow \frac{\Delta L}{L} \dots$ relative Längenänderung

$\frac{\Delta V}{V} \dots$ " Volumenänderung

2.2 Postulate zur Entropie

• Grundfrage der Thermodynamik

Geg: abgeschlossenenes Gesamtsystem



Kolben = Zwangsbedingung
 fest, isoliert, undurchlässig

Ges: GG-Zustand, wenn man Zwangsbed. fallen läßt

\rightarrow Postulat II: Externalprinzip \rightarrow folie