

Kapitel 1

Einführung

17.10.2005

Technisches:

Übungsblätter etc über <http://www.goettingen.studip.de>

Anmeldung zu Übungsgruppen bis 20.10 24:00 Uhr

Übungsgruppen ab 26.10.

1/3 sind “Computeraufgaben”.

Abgabe der Blätter: Montags 12:00 Uhr

Literatur:

- F. Schwabl, Statistische Mechanik, (Springer, 2004)
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik, Bände 4+6, (Springer 2004)
- R.J. Jelitto, Theoretische Physik 4, (Aula-Verlag, 2001)
- A.K. Hartmann, A practical guide to computer simulations, see:
http://www.theorie.physik.uni-goe.de/~hartmann/publications/simulation_guide.ps.gz
- ...

1.1 Mikroskopisch/Makroskopisch

Bisher: Mechanik, QM = mikroskopische Theorien.

Festkörper: 10^{25} Teilchen \rightarrow nicht handhabbar

Temperatur, Wärme, Entropie: Begriffe für makroskopische Systeme

Festkörper: charakterisiert durch makroskopische Parameter, z.B. Elastizitätsmodul, Leitfähigkeit.

Thermodynamik (TD) = geschlossene makroskopische Theorie “thermischer Erscheinungen”

Ursprung: experimentelle Erfahrungen

TD: “im Prinzip” (mit bestimmten Annahmen) aus mikroskopischen Theorien ableitbar.

hier: zunächst Einführung der TD durch Postulate, aber nicht fundamental. Theorie ist phänomenologisch.

später: statistische Mechanik, wir zeigen Konsistenz mit TD.

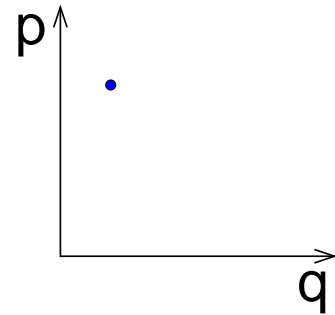
Beschränkung auf Gleichgewicht → Parameter Zeit kommt nicht vor.

Erfahrungstatsache: Gleichgewicht existiert real (d.h. man wartet lange genug), allerdings: metastabile Systeme wie z.B. amorphes SiO (Glas) sind nicht im Gleichgewicht

1.2 Zustände und Prozesse

Def. Zustand: Sei \mathcal{A} die Klasse aller in der TD existierenden Messgrößen A^λ . Es gibt dann eine (nicht eindeutige) minimale Klasse $\mathcal{A}^0 \subset \mathcal{A}$, aus deren Messwerten sich alle anderen Messwerte ausrechnen lassen. Zustand = Satz simultaner Messwerte aus \mathcal{A}^0 .

Altes Bsp Mechanik: $\mathcal{A}^0 = \{ \text{generalisierten Koordinaten} + \text{Impuls} \}$

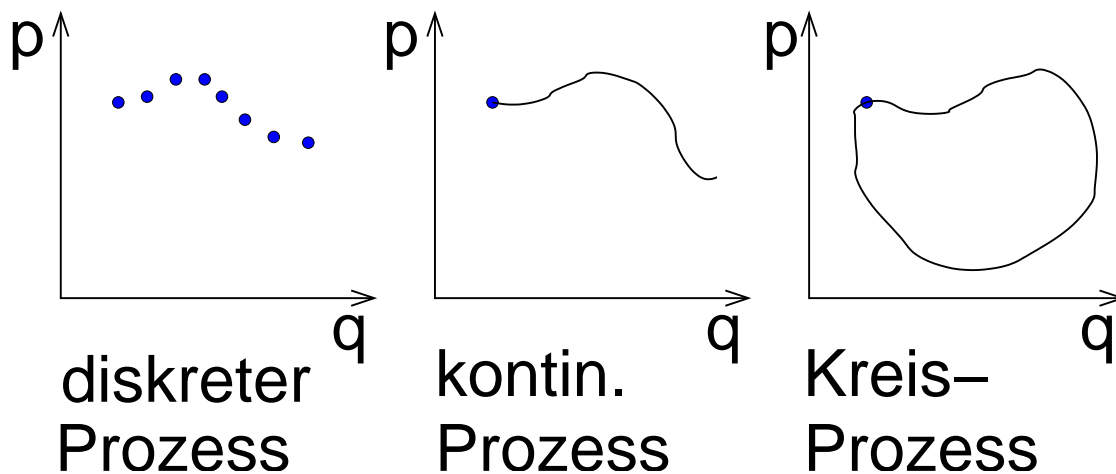


Dimension des Zustandsraum der TD = 3.

Def. Prozess: Änderung des Zustandes nach einem Parameter τ . (= Zeit für viele andere Theorien.)

Je nach Wertebereich τ : kontinuierliche/diskrete Prozesse.

Falls Anfangs- = Endpunkt: Kreisprozess.



1.3 Erinnerung an bekannte Tatsachen

Entfällt.

Kapitel 2

Grundlagen und Postulate der TD

2.1 Grundlegende Definitionen und Begriffe

Def.: TD Systeme Σ = makroskopische Gegenstände. Es steht fest was dazu gehört und was nicht. Jedes System besitzt Teilsysteme.

Beispiel: Gas in Behälter, ferromagnetisches Eisen, Holraum mit Strahlung

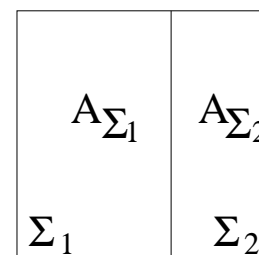
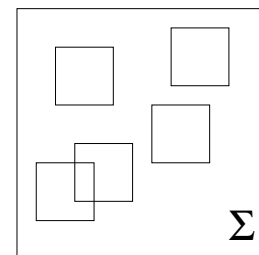
Def.: thermodynamische Variablen = thermodynamische Messgrößen A^λ .

Jedes System Σ hat ein Volumen V_Σ .

Def.: Ein System Σ ist homogen falls \forall Paare Σ_1, Σ_2 von Teilsystemen mit $V_{\Sigma_1} = V_{\Sigma_2}$ die Werte aller TD Variable $A_{\Sigma_1}^\lambda, A_{\Sigma_2}^\lambda$ gleich sind.

Def.: Ein System, dass aus mehreren homogenen Teilsystemen besteht heißt zusammengesetzt.

Def.: Seien Σ_1, Σ_2 homogen und $\Sigma = \Sigma_1 \cup \Sigma_2$.



- Falls für einander entsprechende TD Variablen $A_{\Sigma_{12}} = A_{\Sigma_1} + A_{\Sigma_2}$ gilt, so heißt A additive Messgröße. (Bsp.: Volumen, Molzahlen). Damit $A \sim V$, man nennt A auch extensive Größe.

Es gibt auch in Modellsysteme Mengengrößen, die nicht additiv sind, z.B. für die elektrostatische Energie E_{el} einer homogen geladenen Kugel mit Radius R gilt $\Delta E \sim R^5$ (Ladungsverteilung ist aber nicht stabil). In der TD: alle Mengengrößen additiv.

- Falls $A_{\Sigma_{12}} = A_{\Sigma_1} = A_{\Sigma_2}$ gilt, so heißt A Intensitätsgröße. (Bsp. Temperatur, Druck)
Die Dichten A_e/V von extensiven Größen nennt man aber üblicherweise nicht Intensitätsgrößen, nur für solche Größe, wo das Integral $\int_\Sigma dV A(\underline{r})$ keinen Sinn macht.

Def.: einfaches System Σ = homogenes System mit endlich vielen nicht miteinander Reagierenden Substanzen. Keine äußeren (elektromagn, Gravitations-) Felder, Oberflächeneffekte werden vernachlässigt.

Def.: Umgebung = Teil der nicht zu Σ gehörenden Welt, mit dem Σ in Wechselwirkung steht.

Änderungen von Mengengrößen durch Bilanzgleichung beschreibbar:

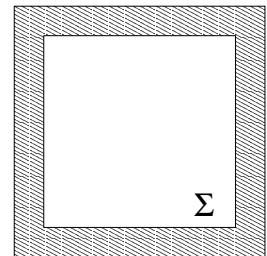
$$\Delta A_{\Sigma} = Z(A)_{\partial\Sigma} + Q(A)_{\Sigma}$$

mit

- $Z(A)_{\partial\Sigma}$: Fluss durch die Oberfläche $\partial\Sigma$ in das System hinein
- $Q(A)_{\Sigma}$: Erzeugung im System

Def.:

- Wände dienen zur Steuerung von Flüssen. Wände sind abstrakt, d.h. wie realisiert ist unwichtig
 - äußere Wand: zwischen System und Umgebung
 - innere Wand: zwischen Teilsystemen
- a) Σ heißt abgeschlossen, wenn es von einer Wand umgeben ist, die undurchlässig für Teilchen ist.
 → Änderung der Teilchenzahl nur durch chemische Reaktionen.
Semipermeable Wände lassen nur Teilchen bestimmter Sorten durch.
- b) starre Wände: $V_{\Sigma} = \text{const}$
- c) wärmeundurchlässige Wände: adiabatisch abgeschlossen
- d) Wände, die die Verrichtung von Arbeit verhindern: Σ dynamisch abgeschlossen
- Σ isoliert: Wände a+b+c+d.



Hinweise: Wände sind rein abstrakt/idealisiert, praktische Realisierung interessiert hier nicht [Wie baut man eine Wand, die nur Teilchen aber keine Wärme durchlässt].

2.2 Gleichgewichtszustände und innere Energie

innere Energie U = Gesamtenergie eines Systems

Wegen Energieerhaltung (d.h. es gibt keine Quellen): U ändert sich nur durch Flüsse

$$\Delta U_{\Sigma} = Z(U)_{\partial\Sigma} = A_{\partial\Sigma} + Q_{\partial\Sigma} \quad (2.1)$$

Zwei Anteile: Arbeit $A_{\partial\Sigma}$ und Wärme $Q_{\partial\Sigma}$. (1. Hauptsatz der Thermodynamik)

[AKTIVATOR]

Betrachten Sie ein Gas mit Innendruck p , das durch einen Kolben (Fläche F , reibungslos) mit Gewicht der Masse M (im Erdgravitationsfeld g) befindet. Verschiebung des Kolbens um dx nach oben: Gas leistet Arbeit δA . Schreiben Sie

$$\delta A = \dots\dots dV$$

