

UNIVERSITÄT REGENSBURG

THEORETISCHE PHYSIK IV:

Quantenstatistik



gesetzt von uns

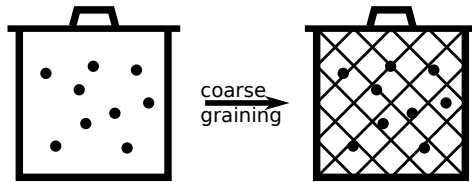
22. April 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Statistische Mechanik und Thermodynamik	3
1.1	Fragestellung	3
1.1.1	Viele mikroskopische Freiheitsgrade - Mikro- zustände	4
1.1.2	Beobachtungsgrößen - Makrozustände .	5
1.2	Statistische Theoriebildung	5
1.2.1	Das Versagen des idealtypischen Vorge- hens	5

1 Statistische Mechanik und Thermodynamik

1.1 Fragestellung



Obwohl durch mikroskopische Theorien, wie der Quantenmechanik, die Beschreibung von Systeme exakt gelingt, ist diese Methode nur für wenige Teilchen sinnvoll. Einen praxistauglichen Ansatz liefert die statistische Mechanik. Hierbei wird von einer mikroskopischen Beschreibung, links im Bild dargestellt durch einzelne Teilchen im Topf, zu einer Makroskopischen, rechts durch große Untersysteme, die selbst einige Millionen Teilchen beinhalten, übergegangen. Der Schritt hin zu makroskopischen Messgrößen, die diese Untersysteme charakterisieren, soll nun die erste Unternehmung sein.

1.1.1 Viele mikroskopische Freiheitsgrade - Mikrozustände

klassische Mechanik: $\{\vec{r}_i, \vec{p}_i\} \quad i = 1, \dots, N$
→ 6N Freiheitsgrade

$$\begin{aligned}\dot{\vec{r}}_j &= \frac{\partial H}{\partial \vec{p}_j}(\{\vec{r}_i, \vec{p}_i\}) \quad j = 1, \dots, N \\ \dot{\vec{p}}_j &= -\frac{\partial H}{\partial \vec{r}_j}(\{\vec{r}_i, \vec{p}_i\})\end{aligned}$$

Beispiel: freies Gas hat 6N-Freiheitsgrade
Quantenmechanik: $\Psi(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_n)$

$$i\hbar \partial_t \Psi(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_n) = \hat{H} \Psi(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_n)$$

Bemerkung: Ein Mikrozustand ist durch Ψ nur auf einen Eichfreiheitsgrad bestimmt.

Mikrozustand: Ein Mikrozustand wird durch die Angabe aller Werte festgelegt, welche die angenommenen Freiheitsgrade einnehmen. In der klassischen Mechanik durch einen Vektor, der Orts- und Impulskoordinaten aller Teilchen enthält. In der Quantenmechanik durch eine Vielteilchenwellenfunktion.

Beobachtung: Physikalische Observable sind oft Beschreibungen von Systemen und Phänomenen, die sehr viele Teilchen umfassen: $N \approx 10^{23}$. So viele Teilchen/Freiheitsgrade kann man in den mikroskopischen Theorien in der Praxis nicht handhaben. Das will man aber auch gar nicht!

1.1.2 Beobachtungsgrößen - Makrozustände

Bei einer makroskopischen Betrachtung unserer Systeme, gibt es einige wichtige Größen:

N	Teilchenzahl	(ΔN)
V	Volumen	(ΔV)
T	Temperatur	(ΔT)
p	Druck	(Δp)
E	Energie	(ΔE)

Beobachtet werden:

- Druck-Temperatur-Kurve
- Energiedichten

weitere Größen: Magnetisierung, supraleitende Energielücke, Phasendiagramme, etc.

Makrozustand: Der Makrozustand wird durch die Angabe eines vollständigen Satzes makroskopischer Beobachtungsgrößen definiert. Die Aufgabe der statistischen Physik ist es, die Dynamik/das Verhalten der makroskopischen Observablen aus den mikroskopischen Gesetzen heraus zu verstehen und womöglich herzuleiten.

1.2 Statistische Theoriebildung

1.2.1 Das Versagen des idealtypischen Vorgehens