

Statistische Physik II

VL : Mo 10¹⁵ - 11¹⁵ EW 202
Do 14¹⁵ - 15¹⁵ EW 202

UE : Helge Neitsch
Mi 10-12 EW 229

11 ECTS Leistungspunkte (4 + 2 SWS)

oder als Wahlpflichtfach:

Zusammen mit dem Seminar "Statistische Physik
komplexer Fluide"
Mo 14-16
=> insgesamt 8 SWS / 12 ECTS

Informationen zur VL im Internet

~~http~~ ITP -> Lehre
-> Lehrveranstaltungen

Inhalte + Fokus der VL

bisher in der Statistische Physik (I)

-> Systeme im thermodynamische / statistischen Gleichgewicht

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho(\Gamma, t) = 0$$

Klassische Phasenraumdarstellung

$$\Gamma = (\{r_N\}, \{p_N\})$$

Parameter von $\rho(\Gamma)$:

makroskop. Variablen, z.B. T, V, N

→ Kanon. Verteilung
(Ensemble)

$$\rho(\Gamma) = \frac{e^{-\beta H(\Gamma)}}{Z} \quad \beta = \frac{1}{k_B T}$$

daraus: Mittelwerte: $\langle A \rangle = \int d\Gamma \rho(\Gamma) A(\Gamma)$
Ensemblemittelwert

Anschluss an die

Thermodynamik: $F = -k_B T \ln Z$

Jetzt:

Konzentration auf Systeme

im Nichtgleichgewicht

$\Rightarrow g(T, t)$ ist zeitabhängig

z.B. „getriebene“ Systeme:

Zeitabhängigkeit (Dynamik) wird
erzwungen durch äußere Kräfte

Außerdem:

zeitliche Fluktuationen des Systems im Gleichgewicht)
(\hookrightarrow die aus der mikrosp. Dynamik resultieren)

Dabei:

Fokus auf Systeme der
weichen Kondensierten Materie

Klassisch beschreibbar

z.B. - Flüssigkeiten (atomare, molekulare Fluide)

- Kolloidale Systeme



Brown'sche Bewegung

atmaren/molekulare Teilchen
Lösungsmittel (Trägerflüssigkeit)

- Polymere
- Flüssigkristalle, biologische Membranen ...

- "weich" $\hat{=}$ verformbar elastisch

generell:

Systeme der weichen
Materie reagieren sehr sensitiv auf
äußere Kräfte

- "Kondensiert": Wechselwirkungen zw. den
Teilchen sind wichtig
→ Phasenübergänge etc.

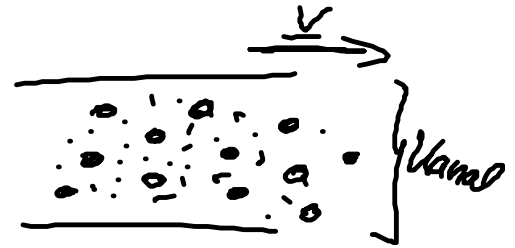
Situationen von besonderem Interesse in dieser VK

- "getriebene" weiche Materie

Beispiele:

— Strömungssituationen

z.B. Scherströmung



Mikro- und Nanofluidik
(Manipulation von Flüssigkeiten
durch Nanostrukturen)

— Zeitabhängige Felder

z.B. magnet. Fluid in rotierendem
Magnetfeld

— Fluktuationen „um das Gleichgewicht
herum“

Klassisches
Beispiel:

Bewegung eines
Kolloidteilchens im Lösungsmittel

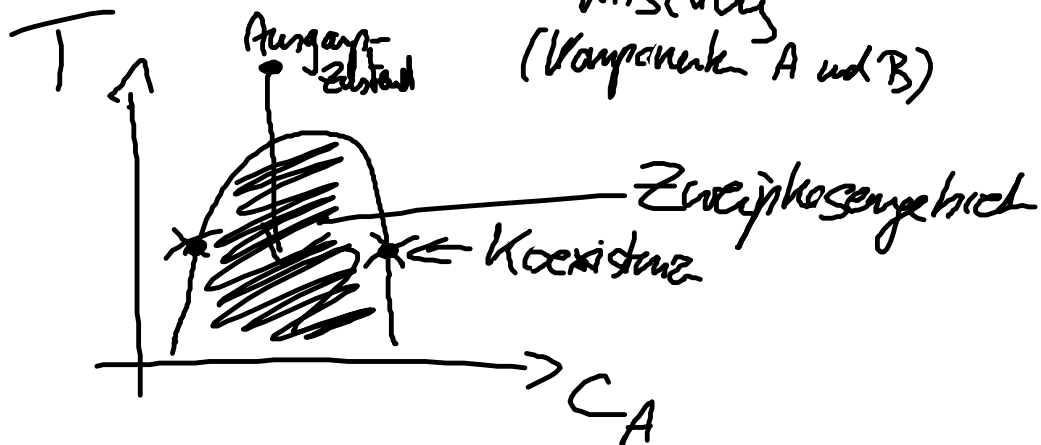


Zufällige Stöße mit Lösungsmitteltelchen

→ Brown'sche Bewegung

- Relaxationsphänomene: Endzustand ist ein
gleiches Gleichgewicht

z.B. Entmischungsgang
einer binären Flüssigkeits-
mischung
(Komponente A und B)



Frage: Was passiert bei einem "Quench"
in das Zweiphasengebiet? (sehr schnell,
"spinodale Entmischung")

Theoret. Konzepte und Methoden,
um solche Situationen zu beschreiben?

1) Theorie der Brown'schen Bewegung

- Stochast. Prozesse

(da z.B. zufällige Stöße mit Lösungsmittelteilchen \rightarrow stochast. Kraft)

- Fokker-Planck-Gleichung

\rightarrow Bewegungsgleichung für die zeitabhängige Verteilungsfunktion $\rho(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$!
(involviert alle Koordinaten und Geschw.)

- Langevin-Gleichung

Effektive BWGL für die Bewegung im Bad der anderen Teilchen bzw. des Lösungsmittels

Beacht: In all diesen BWGL können auch äußere, treibende Kräfte (z.B. Scherung) aufgenommen werden

Wegbereiter:

Brown: ca. 1827

Einstein: ca. 1905

Fokker: ca. 1914, Planck ca. 1917

2) Theorie der linearen Antwort

(Linear-Response theory)

→ behandelt (zeitl.) Fluktuation
im Gleichgewicht

"Brücke" zum Nichtgleichgewicht durch
sogenannte Green-Kubo-Relationen

$$D \sim \int_0^{\infty} dt \langle v(t) \cdot v(0) \rangle$$

Diffusionskoeff.
(allg.: Transportkoeff.)

Geschwindigkeits-
Autokorrelationsfkt.
im Gleichgewicht

Beacht:

Linear-Response Ansatz funktioniert
nur nahe am Gleichgewicht

(d.h. kleine treibende Kräfte)

Wegbereiter : Kubo ca. 1957

Mori ca. 1965

3) Dynamische Dichtefunktionaltheorie

"feldtheorie" für die ~~zu~~ zeitabhängige Einwirkendend
in einem Vielteilchen System

→ Erweiterung der statischen, klassischen

Dichtefunktionaltheorie:

$$\frac{\partial}{\partial t} g(\underline{r}, t) = D \nabla \cdot \left(g(\underline{r}, t) \nabla \frac{\delta F}{\delta \rho} \right)$$

↑
Diffusionskoeff.

j effektiver Strom

$F[\rho]$: Freie Energie

Sehr ~~moderne~~ moderne Theorie:

Tavazdina ca 1990

4) Computersimulationsmethoden

- Brownian Dynamics
- Dissipative Particle Dynamics