

Fock Vakuum

Fermionen

$$|0\rangle = |0, \dots, 0\rangle$$

Anz. d. Elem. in d. Box

// Ansammlung v. Boxen, die nicht gefüllt sind

 $a^+, a$ 

$$[a^+, a^+]_{\pm} = \{a^+, a^+\} = a^+ a^+ + a^+ a^+ = 2a^+ a^+$$

Feld ist die Permutation aller möglicher Füllzustände

$$a^+ = a_{k_s}^+$$

$$a = a_{k_s}$$

 $a^+$  erzeugt ein Teilchen

$$a_{k_s}^+ |0\rangle = |0, \dots, 0, 1, \dots\rangle$$

 $a_{k_s}^+$  darf nicht  $| \dots, 2, \dots \rangle$  sein !!

$$\Rightarrow 2 a_{k_s}^+ a_{k_s}^+ = 0 !!$$

$$\underline{[a_{k_s}^+, a_{k'_s}^+] = \delta_{kk'} \delta_{ss'}}$$

$$\underline{[a_{k_s}, a_{k'_s}] = 0}$$

Was ist bei Bosonen?: // Bosonen - Laser

WS in einer Box mehr Zustände zu haben ist größer

Algebra: Kommutator

$$[a_{k_s}^+, a_{k'_s}^+] = a^+ a^+ - a^+ a^+ = 0 !! \text{ ist sensibel } 0$$

daher können auch mehrere drin sein!

2) Ideales Quantensystem

$$N = a_i^+ a_i$$

 $i$  ist eines d. Boson - Mode $E_i$  ist Energie pro Photon (in unserem Fall)

Mode kann mit Photonen gefüllt werden

Summe über alle Moden; Pro Mode gibt es  $N_i$  Teilchen

$\epsilon_i$  ist Energie pro Quant in d. Mode  $i$

QM nur Ziffer Elemente in der Mode, klassisch über Moden!

## 2.1) ideale Box - Systeme

$Z_{\text{grk}}$ : siehe vorige Folie

Gibbsches Pot. ist hier  $\int$

$\epsilon_i$  aus SGL einsetzen  
 $\rightarrow \int$  eindeutig

dies  $\int$  alles andere ableiten

$$\langle N_i \rangle \geq 0 : \mu \leq 0 \Rightarrow z \text{ zw. } 0 \text{ \& } 1$$

Spezialfall  $\mu \rightarrow 0$   $\langle N_0 \rangle \rightarrow \infty$

$$n \epsilon_\omega = \hbar \omega n$$

$$\emptyset \epsilon_\omega = \hbar \omega \cdot \emptyset$$

$$\epsilon_i = \frac{\hbar \omega_i}{2}$$

$\emptyset$ -Pkt. Energie wird ignoriert

für jede Mode  
 $\sum_i^N$  wird  $\infty$ ?

Renormierung -  $\emptyset$ -Pkt. - E. weglassen, man nimmt nur Beiträge die darüber hinausgehen bei Messung

QM Harm. Oszillator ist nur in einer Mode

Hier ist jede Mode equiv. - einem harm. Oszillator

Er meint  $n =$  Anzahl Teilchen  $\approx$  Energiezustand

1 Mode mit Besetzungszahl  $n$  (Teilchen) entspricht einem harm. Oszillator im  $n$ -ang. Zustand! (formal)

Grundzustand. E. wird für das Fermi-Vakuum ignoriert weil sie sonst  $\infty$  wäre (die Ges. Energie)  $\epsilon_0$  wird auf  $\emptyset$  gesetzt

# Ideale Bose Gase

$$\epsilon_i = \frac{\hbar^2 p_i^2}{2m}$$

$$k_x = \frac{2\pi n_x}{L}$$

$n_s$  stehen in  $k_s$  ...

Kugelsymmetrie