

# Symmetrieeigenschaften von Teilchen mit Spin

Bosonen	Fermionen
Wellenfunktion $\psi_S$ symmetrisch	Wellenfunktion $\psi_A$ antisymmetrisch Wirkung: Pauli-Prinzip
Spin $0, 1, \dots$	Spin $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \dots$
Beispiele: Photon, $\pi$ -Meson, Phonon, $^4\text{He}$	Beispiele: Elektron, Myon, Proton, Neutron, $^3\text{He}$
Amplituden addieren sich gleichphasig (+1)	Amplituden addieren sich entgegengesetzt (-1)
Besetzen bevorzugt die gleichen Quantenzahlen	Können gleiche Quantenzahlen nicht besetzen

Im thermodynamischen Gleichgewicht sind die Besetzungswahrscheinlichkeiten für einen Zustand der Energie  $E$  proportional zu

$$\frac{1}{e^{\alpha + \frac{E}{kT}} - 1}$$

(Bose-Einstein-Statistik)

$$\frac{1}{e^{\alpha + \frac{E}{kT}} + 1}$$

(Fermi-Dirac-Statistik)

für nicht-identische Teilchen

$$\frac{1}{e^{\alpha + \frac{E}{kT}}}$$

(Maxwell-Boltzmann-Statistik,  
zugleich klassischer Grenzfall  
für  $E \gg kT$ )