



# Nichtklassische Licht-Materie-Wechselwirkung in ultrakalten Bose-Einstein-Kondensaten

Tilman Schieber | Quantenkolleg der TU Berlin | 14.Dezember 2023

1. **Relevanz in der modernen Physik:** Die Erforschung von Interferenzphänomenen in nichtlinearen Quantenzuständen und die Wechselwirkung von Licht und Materie in ultrakalten Bose-Einstein-Kondensaten (BECs) ist entscheidend für unser Verständnis der Quantenwelt.

1. **Relevanz in der modernen Physik:** Die Erforschung von Interferenzphänomenen in nichtlinearen Quantenzuständen und die Wechselwirkung von Licht und Materie in ultrakalten Bose-Einstein-Kondensaten (BECs) ist entscheidend für unser Verständnis der Quantenwelt.
2. **Anwendungspotenzial:** Die Kontrolle über Licht-Materie-Wechselwirkungen in BECs kann zu bahnbrechenden Fortschritten in der Informationsverarbeitung und Sensorik führen.  
→ Implikationen für die Entwicklung von Quantencomputern und hochpräzisen Messgeräten.

1. **Relevanz in der modernen Physik:** Die Erforschung von Interferenzphänomenen in nichtlinearen Quantenzuständen und die Wechselwirkung von Licht und Materie in ultrakalten Bose-Einstein-Kondensaten (BECs) ist entscheidend für unser Verständnis der Quantenwelt.
2. **Anwendungspotenzial:** Die Kontrolle über Licht-Materie-Wechselwirkungen in BECs kann zu bahnbrechenden Fortschritten in der Informationsverarbeitung und Sensorik führen.  
→ Implikationen für die Entwicklung von Quantencomputern und hochpräzisen Messgeräten.
3. **Forschungsbedarf:** Trotz bedeutender Fortschritte in der Quantenphysik bleiben viele Fragen über die nichtklassischen Zustände und deren Interferenzphänomene offen. Unsere Forschung zielt darauf ab, diese Lücken zu schließen und neue Perspektiven in der Quantenmechanik zu eröffnen.

**Bose-Einstein-Kondensate (BECs):** BECs entstehen bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt ( $T \rightarrow 0\text{K}$ ), an dem eine große Anzahl von Bosonen in den Grundzustand kondensiert. Mathematisch wird dies durch die Bose-Einstein-Verteilung beschrieben:

**Bose-Einstein-Kondensate (BECs):** BECs entstehen bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt ( $T \rightarrow 0\text{K}$ ), an dem eine große Anzahl von Bosonen in den Grundzustand kondensiert. Mathematisch wird dies durch die Bose-Einstein-Verteilung beschrieben:

$$N(E) = \frac{g(E)}{e^{\frac{E-\mu}{kT}}} - 1$$

wobei  $N(E)$  die Anzahl der Partikel bei Energie  $E$ ,  $g(E)$  die Zustandsdichte,  $\mu$  das chemische Potenzial,  $k$  die Boltzmann-Konstante und  $T$  die Temperatur ist.

# Gross-Pitaevskii-Gleichung

$$i\hbar \frac{\partial \psi(\mathbf{r}, t)}{\partial t} =$$

# Gross-Pitaevskii-Gleichung

$$i\hbar \frac{\partial \psi(\boldsymbol{r}, t)}{\partial t} = \left( -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\boldsymbol{r}) + g|\psi(\boldsymbol{r}, t)|^2 \right) \psi(\boldsymbol{r}, t)$$



**Quanteninterferenz:** In BECs beobachtet man **Quanteninterferenz**, wenn Wellenfunktionen überlagern. Die Wellenfunktion eines BEC wird oft durch die Gross-Pitaevskii-Gleichung beschrieben:

$$i\hbar \frac{\partial \psi(\mathbf{r}, t)}{\partial t} = \left( -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\mathbf{r}) + g|\psi(\mathbf{r}, t)|^2 \right) \psi(\mathbf{r}, t)$$

wobei  $\psi(\mathbf{r}, t)$  die Wellenfunktion,  $m$  die Masse der Bosonen,  $V(r)$  das externe Potential und  $g$  die Wechselwirkungskonstante ist.