

Masterstudiengang Physik

Forschungsschwerpunkt 'Photonik und Laserphysik'

Vertiefungsfach

**Einführung in die theoretischen Grundlagen der
Quantenoptik und Atomoptik**

Peter Schmelcher
Zentrum für Optische Quantentechnologien
Universität Hamburg





Vorlesung: 4 SWS plus Übungen: 2 SWS

⇒ 8 Leistungspunkte

Übungen: Theoretische Konzepte und Methoden anwenden, Heranführung an moderne Literatur.

Voraussetzungen: Theoretische Physik I + II

d.h. Kenntnisse in Theoretischer Elektrodynamik und Quantenmechanik





Ziele: Bereitstellung der theoretischen Grundlagen Aufzeigen moderner Entwicklungen

- Eigenschaften des Lichtes
- Licht-Materie Wechselwirkung
- Physik ultrakalter Quantengase

Grundlage für und komplementär zu den experimentellen Modulen

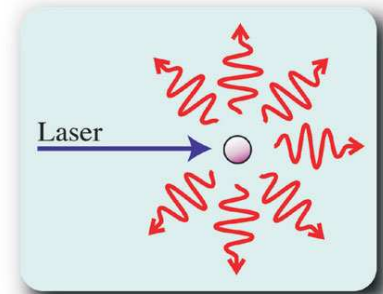
- Einführung in die Quantenoptik
- Einführung in die Quanteninformationsverarbeitung
- Einführung in die nichtlineare Optik
-



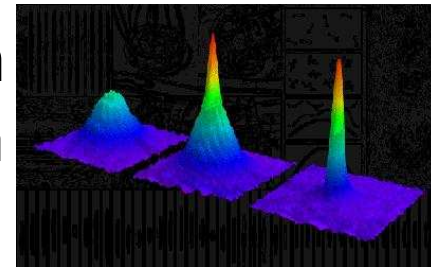
Im folgenden beispielhaft: Inhalte der Vorlesung

Was sind Quantenoptik - Atomoptik ?

Quantenoptik untersucht die Eigenschaften des Lichtes und dessen Wechselwirkung mit Materie (klassisches Licht oder quantisierte Lichtteilchen: Photonen)



Atomoptik untersucht die Welleneigenschaften von (ultrakalten) Atomen, Physik der Bose-Einstein Kondensate, entartete Quantengase

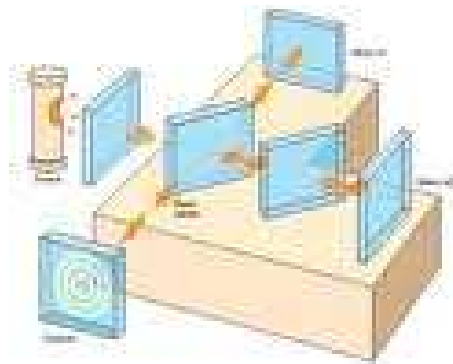
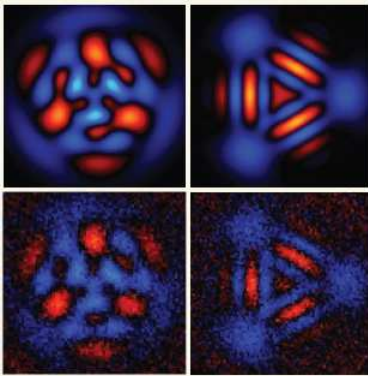


Hier: **Theoretische Konzepte** zur Beschreibung der Quantennatur von Licht und Materie entwickeln !



Quantenoptik

- Quantentheorie der elektromagnetischen Strahlung
 - Photonen und deren Zustände: Physikalische Eigenschaften und mathematische Beschreibung
 - Kohärente, gequetschte Zustände des Lichtes (Thermisches, chaotisches Licht)
 - Anwendungen in der Interferometrie (Abfolge von detektierten Photonen: Photonenstatistik)

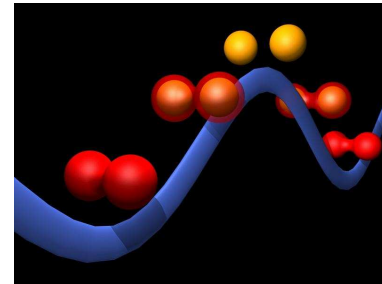


Quantenoptik

- Grundlagen der Licht-Materie Wechselwirkung

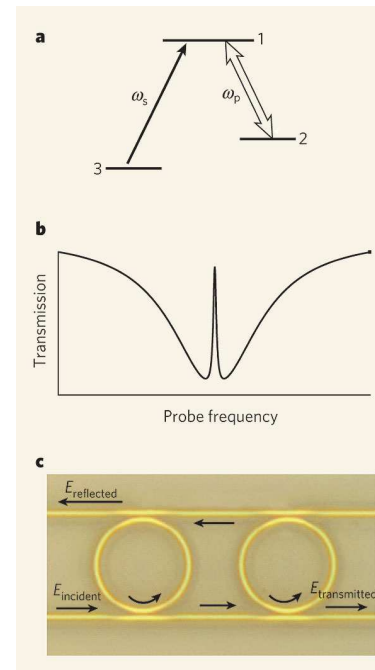
Speziell:

- Physik der Zweiniveausysteme (Atome, Molek. etc.)
- Kontrolle der atomaren Besetzungszustände, Rabioszillationen
- Hybridzustände Licht-Materie
- Dekohärenz



Lasergetriebene Dreiniveausysteme

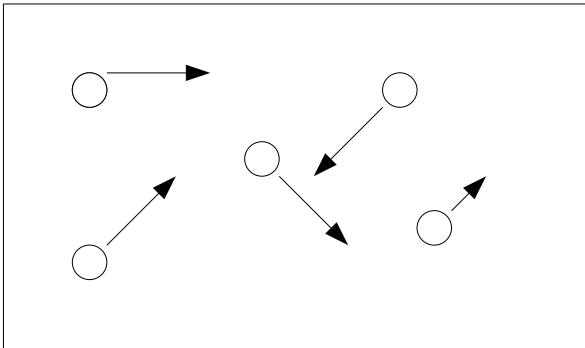
- Dunkle Zustände
- Langsames Licht
- Elektromagnetisch induzierte Transparenz
- Hochgradige Nichtlinearitäten in Medien (Absorption, Dispersion)



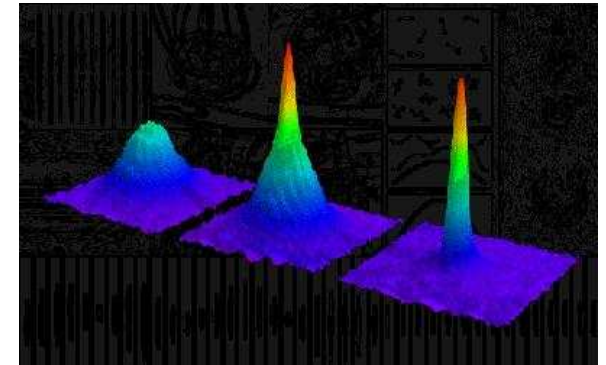
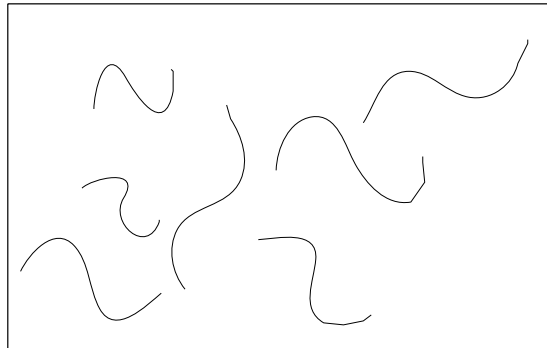
Atomoptik

Sehr tiefe Temperaturen (Nanokelvin): Aus einem klassischen Gas entsteht ein Bose-Einstein Kondensat \Leftrightarrow Materiewelle

Thermisches Gas von Atomen



Kalte Atome zeigen Wellencharakter



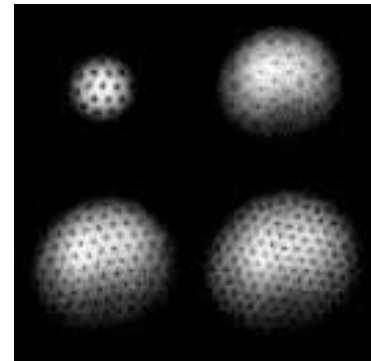
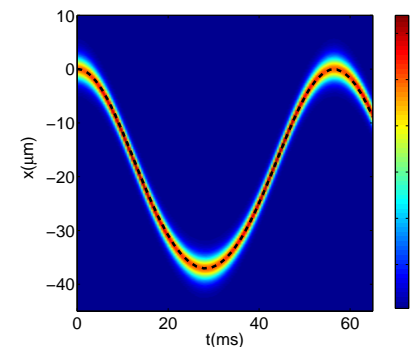
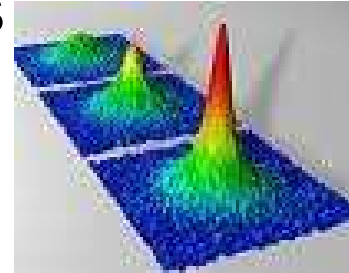
Übergang vom Gas klassischer Teilchen zu einem kollektiven

Quantenzustand (Materiewelle !) in dem alle Atome unisono

'schwingen' !

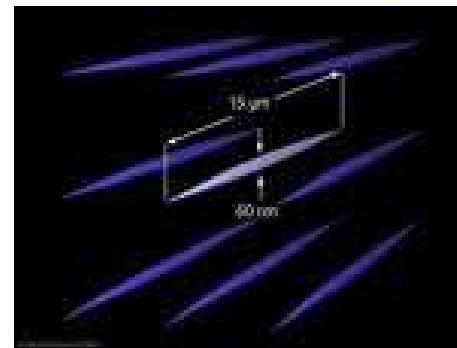
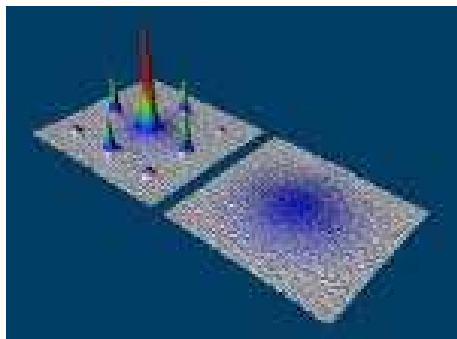
Atomoptik

- Theoretische Verständnis des Phasenübergangs zum Kondensat: Dimensionalität, Falle....
- Beschreibung des kondensierten Zustandes: Nichtlineare Schrödingergleichung und deren Eigenschaften
 - Wechselwirkung ultrakalter Atome
 - Interferenz, Korrelationen und Kohärenz
- Dynamik von Kondensaten
 - Elementare Anregungen
 - Kollektive Moden
 - nichtlineare Anregungen: Solitonen und Vortizes



Atomoptik

- Mikroskopische Theorie des Bose-Gases und Superfluidität
- Mixturen und Spinorgase \Leftrightarrow Kondensierte Materie
- Optische Gitter: Quantenphasenübergänge
- 1D, 2D versus 3D: Einfluß von Einschließung und Dimensionalität





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

