

## Masterarbeit

# Optomechanik mit einzelnen Quantenemittern

Quantum dot optomechanics

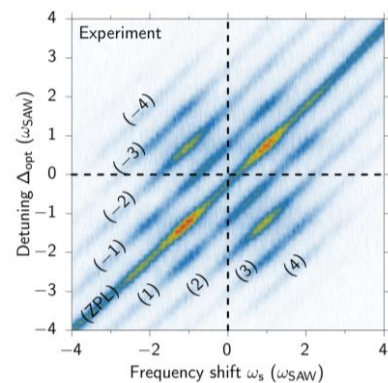
## Motivation

Halbleiterquantenpunkte (*englisch* quantum dots, QDs) sind eine der vielversprechendsten Quantenlichtquellen, da sie direkt in Halbleiterbauelemente integriert werden können und einen nahezu perfekte Quantenausbeute besitzen. Einzelphotonenquellen sind Schlüsselbauelemente für die Quantenkommunikation und erste Varianten mit QD als aktive Quantenemitter haben kürzlich die Marktreife erreicht.

Für zukünftige Anwendungen ist es dringend notwendig, die Wellenlänge der emittierten Photonen schnell und effizient zu kontrollieren. Für diese Zwecke stellen nanoakustische Wellen einen äußerst vielversprechenden Abstimmmechanismus dar. In der drahtlosen Informationsübertragung im Gigahertzbereich (LTE, 5G, WIFI) werden diese Nanoerdbeben für die Signalverarbeitung in jedem modernen Laptops, Smartphones oder Tablets eingesetzt. Auf Grund ihrer mechanischen Natur sind nanoakustische Wellen hervorragend geeignet, Quantensysteme, Quantenmaterialien und Qubits in deren Ausbreitungsmedium zu kontrollieren oder sogar miteinander zu koppeln – ultimativ sogar im „quantenmechanischen“ Limes durch einzelne Phononen.

## Projekt

In diesem Projekt werden einzelne Quantenpunkte mit nanomechanischen Wellen mit Gigahertzfrequenzen angeregt und die so modulierten optischen Eigenschaften mittels hochauflöser optischer Spektroskopie untersucht. Ziel ist es, die aufgeprägten phononischen Seitenbanden der emittierten einzelnen Photonen (siehe Abbildung) gezielt zu programmieren und deren quantenmechanischen Eigenschaften zu untersuchen. Im Rahmen dieses Masterprojekts erwirbt man fundierte Kenntnisse in einem breiten Spektrum am experimentellen Methoden, die von optischer Laserspektroskopie mit höchster spektraler, räumlicher und zeitlicher Auflösung, der Simulation und Präparation von Halbleiterproben für die eigenen Experimente bis hin zur Hochfrequenztechnik.



Spektral aufgelöste einzelne Photonen eines Quantenpunkts mit  $\frac{\omega_{SAW}}{2\pi} \approx 1.4$  GHz phononischen Seitenbanden

Vorraussetzung ist Begeisterung für Wellenphänomene aller Art, keine Angst im Dunkeln, experimentelles Geschick und solide Kenntnisse in Halbleiterphysik und Optik.

## Ansprechpartner

Dr. Matthias Weiß  
Physikalisches Institut Wilhelm-Klemm-Str. 10 (IG1)  
Raum 302  
[matthias.weiss@uni-muenster.de](mailto:matthias.weiss@uni-muenster.de)

Prof. Dr. Hubert Krenner  
Raum 306  
[krenner@uni-muenster.de](mailto:krenner@uni-muenster.de)

## Master thesis

# Quantum dot optomechanics

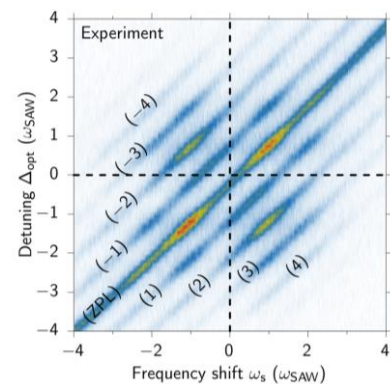
## Motivation

Semiconductor quantum dots (QDs) are one of the most promising quantum light sources, as they can be integrated directly into semiconductor devices and have near perfect quantum efficiency. Single-photon sources are key components for quantum communication and the first variants with QDs as active quantum emitters have recently reached the market.

For future applications, there is an urgent need to control the wavelength of the emitted photons quickly and efficiently. For these purposes, nanoacoustic waves represent an extremely promising tuning mechanism. In wireless information transmission in the gigahertz frequency range (LTE, 5G, WIFI), these nano-earthquakes are used for signal processing in every modern laptop, smartphone or tablet. Due to their mechanical nature, nanoacoustic waves are ideally suited to control quantum systems, quantum materials and qubits in their propagation medium or even to couple them with each other - ultimately even in the 'quantum mechanical' limit through individual phonons.

## Projekt

In this project, individual quantum dots will be excited by nanomechanical waves at gigahertz frequencies and the modulated optical properties will be studied using high-resolution optical spectroscopy. The aim is to programme the imprinted phononic sidebands of the emitted single photons (see figure) and to study their quantum mechanical properties. Within the framework of this Master's project, students will acquire in-depth knowledge of a wide range of experimental methods, from optical laser spectroscopy with the highest spectral, spatial and temporal resolution, through the simulation and preparation of semiconductor samples for their own experiments, to high-frequency technology.



Spectrally resolved individual photons of a quantum dot with  $\frac{\omega_{SAW}}{2\pi} \approx 1.4$  GHz phononic sidebands

The prerequisites are enthusiasm for wave phenomena of all kinds, no fear of the dark, experimental skills and solid knowledge of semiconductor physics and optics.

## Contact

Dr. Matthias Weiß  
Physikalisches Institut Wilhelm-Klemm-Str. 10 (IG1)  
Raum 302  
[matthias.weiss@uni-muenster.de](mailto:matthias.weiss@uni-muenster.de)

Prof. Dr. Hubert Krenner

Raum 306  
[krenner@uni-muenster.de](mailto:krenner@uni-muenster.de)