



## **FORSCHUNGSARBEIT**

„Nanostrukturierung und Charakterisierung von  
Halbleiter-basierten polaritonischen Gittern zur  
Untersuchung topologischer Effekte“

## **TRISTAN HARDER**

Internationales Doktorandenkolleg Topologische Isolatoren  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Dezember 2018

# Nanostrukturierung und Charakterisierung von Halbleiter-basierten polaritonischen Gittern zur Untersuchung topologischer Effekte

Tristan Harder ist Doktorand im Internationalen Doktorandenkolleg „Topologische Isolatoren“ und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für technische Physik der Universität Würzburg. Dort forscht er an Exziton-Polaritonen in periodischen Potentiallandschaften und untersucht insbesondere deren topologische Eigenschaften.

## Topologische Isolatoren

Topologische Isolatoren sind ein herausragendes Beispiel für Materialien, in denen die nicht-triviale Topologie der elektronischen Struktur, charakterisiert durch topologische Invariante, in Zuständen, die gegen Störungen robust sind, in Erscheinung tritt. Mit der Messung des Quantenhalfeffekts gelang der erste experimentelle Nachweis einer solchen topologischen Invarianten. Die Universalität dieser topologischen Invarianten hat sich seitdem in der Vielzahl der Systeme, in denen topologische Physik untersucht wurde, manifestiert. Neben elektronischen Systemen erstreckt sich die Topologie heute durch weite Bereiche der Festkörperphysik, von Mikrowellen und photonischen Systemen über kalte Atome, akustische und mechanische Systeme bis hin zu elektrischen Schaltkreisen.

## Starke Kopplung zwischen Licht und Materie

Neben den uns alltäglich begegnenden Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie, wie zum Beispiel der Emission eines Photons aus einer LED oder der Absorption eines Photons in einer Solarzelle, existiert ein Regime der starken Kopplung zwischen einem Elektron-Loch-Paar (Exziton) und einem Photon. Dieses Regime wurde zuerst 1992 von Weisbuch und Koautoren nachgewiesen. Platziert man einen Quantenfilm in eine Mikrokavität zwischen zwei Bragg-Spiegeln, entstehen zwei neue Eigenmoden, die Exziton-Polaritonen genannt werden. Exziton-Polaritonen zeichnen sich durch eine Kombination der Eigenschaften von Licht und Materie aus und erben unter anderem die Eigenschaft zu wechselwirken von der exzitonischen Komponente und die geringe effektive Masse von ihrem photonischen Anteil. Diese einzigartige Zusammensetzung hat unter anderem die Realisierung von getrieben-dissipative Polaritonkondensaten mit möglichen zukünftigen Anwendungen als elektrisch betriebene Polariton-Laser ermöglicht.

## Topologische Zustände für Exziton-Polaritonen

In diesem Promotionsprojekt sollen Exziton-Polaritonen in Halbleiter-Mikrokavitäten, in denen durch lithographische Verfahren verschiedenste Potentiallandschaften erzeugt werden können, untersucht werden. In solchen Systemen wurden in einer Reihe theoretischer Arbeiten bereits diverse topologische Phänomene vorhergesagt. In diesem Projekt sollen dabei insbesondere die vielversprechenden Eigenschaften, die mit Topologie einhergehen und zum Beispiel die Kontrolle der Propagation einer Anregung ermöglichen, studiert werden. Zusätzlich zu topologischen Effekten sollen Flachbänder, also Zustände in periodischen Systemen, die nur durch die Geometrie lokalisiert sind, untersucht werden.

### Weitere Informationen:

🔗 <https://doi.org/10.1002/piuz.201970107>

🔗 <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.257402>

🔗 <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0601-5>

🔗 <https://doi.org/10.1063/1.4995385>

🔗 <https://doi.org/10.1088/2053-1583/aa6ef2>