



## ZUSAMMENFASSUNG:

Auf Grund verbesserter Methoden zur Herstellung von Nanostrukturen gelang es in den letzten Jahren, optische Systeme mit besonderen neuartigen Eigenschaften zu erzeugen. Einige prominente Beispiele sind Wellenleiter aus photonischen Kristallen und Tarnkappen. Für solche Systeme ist es wichtig, die Form, Größe und Anordnung der Nanostrukturen genau anzupassen. Wegen der meist komplexen und teuren Herstellung ist man zur Optimierung der Strukturparameter und zur Anpassung der optischen Eigenschaften auf numerische Verfahren angewiesen. Jedoch stellte sich die numerische Berechnung für Nanostrukturen als kompliziert heraus, besonders im Falle von metallo-dielektrischen Strukturen, welche plasmonische Resonanzen aufweisen. Deshalb sind sowohl fortschrittliche numerische Methoden als auch semianalytische Modelle notwendig. In meiner Arbeit konnte ich zeigen, dass der Streumatrixformalismus beides bieten kann.

Der Streumatrixansatz ist in der Physik ein weitverbreitetes Konzept. Im Falle von periodischen Strukturen kann man die Streumatrix über die Fourier-modale Methode bestimmen. Um komplexere ebene Geometrien exakt beschreiben zu können, erweiterte ich die Fourier-modale Methode um das Konzept der angepassten Koordinaten, in welchem neue Koordinaten eingeführt werden, die die Grenzflächen zwischen verschiedenen Materialien als Flächen konstanter Koordinaten beinhalten. In Kombination mit der adaptiven Ortsauflösung konnte ich enorme Verbesserungen des Konvergenzverhaltens erzielen, so dass es nun auch möglich ist, komplexere metallische Strukturen effizient zu berechnen.

Aus der Streumatrix können wir nicht nur optische Eigenschaften wie Transmission, Reflektion, Absorption und Nahfelder unter Fernfeldeinfall bestimmen, sondern auch die Emission von Objekten aus dem Inneren einer Struktur sowie die optischen Resonanzen eines Systems berechnen. Im Rahmen meiner Doktorarbeit entwickelte ich eine effiziente Methode, mit der man dreidimensionale optische Resonanzen direkt aus der Streumatrix ableiten kann.

Ausgehend von den Resonanzen eines einzelnen Systems ist es außerdem möglich, mit Hilfe der von mir entwickelten Methode der resonanten Modenkopplung Approximationen für die Resonanzen gekoppelter Systeme zu erhalten. Die Methode erlaubt sowohl die Beschreibung des Nahfeld- als auch des Fernfeldbereichs für Zweischichtsysteme, wobei sogar die starke Kopplung zu Fabry-Perot-Moden enthalten ist. Damit sind wir in der Lage, die gegenseitigen Wechselwirkungen solcher Systeme effizient zu untersuchen.

Auf Grund meiner Arbeit ist es nun möglich, die optischen Eigenschaften von Nanostrukturen besser zu verstehen und für verschiedene Anwendungen zu optimieren. Dabei können sowohl Systeme aus der Grundlagenforschung wie gekoppelte photonische und quantenmechanische Objekte analysiert, als auch neuartige Materialsensoren entwickelt werden, welche höchst effizient chemische Verunreinigungen eines sterilen Systems feststellen können.