



# Diplomarbeit

Thema: **Photonische Bandlücken als Filter in der Mikrowellentechnik**

Verfasser: Markus Sauter

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Klaus Werner Kark (HS Weingarten)  
Prof. Dr.-Ing. Siegfried Osterrieder (HS Weingarten)



Zum Verfasser

Markus Sauter  
geb. 21. April 1985  
in Friedrichshafen

2001 - 2003

2-jähriges Berufskolleg mit  
Fachhochschulreife an der  
Elektronikschule Tettnang  
Studium im Bereich der  
Kommunikationstechnik an der  
Hochschule Ravensburg-Weingarten

2003 - 2008

## Aufgabenstellung:

1. Untersuchung des Verhaltens von Mikrowellen in Metamaterialien.
2. Untersuchung von Photonischen Bandlücken als Filter in der Mikrowellentechnik.

## Einleitung:

-Es wurden Strukturen untersucht, die bei bestimmten Frequenzen ein Bandsperrverhalten zeigen.  
-Mit Hilfe der Software CST Micro Wave Studio wurden Filter entworfen, dann simuliert und zum Schluss wurden die Ergebnisse ausgewertet.  
-Da Micro Wave Studio ein sehr umfangreiches und leistungsstarkes Simulationsprogramm ist, war zunächst eine fundierte Einarbeitung in die Bedienung notwendig.

## Grundlagen der verwendeten Materialien:

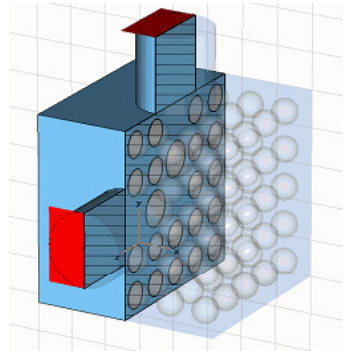
-Metamaterialien sind Materialien deren Permittivität  $\epsilon_r$  (dielektrische Polarisierbarkeit) und Permeabilität  $\mu_r$  (magnetische Polarisierbarkeit) Werte aufweisen, die nicht in der Natur vorkommen. Es tauchen z. B. Werte kleiner als 1 oder sogar negative Werte auf.  
-Eine Photonische Bandlücke ist ein Frequenzbereich, in dem sich keine elektromagnetischen Wellen ausbreiten können, d. h. es tritt hier eine Bandsperrung auf.  
-Photonische Kristalle sind periodische Nanostrukturen deren Aufbau speziell darauf abzielt, die Bewegungen von Photonen zu beeinflussen. Außerdem zwingen Sie das Licht mittels ihrer spezifischen Struktur dazu, sich in der für die Bauteilfunktion notwendigen Art und Weise im Medium auszubreiten. Ähnliche Effekte kommen auch in der Natur vor, wie zum Beispiel bei der Oberfläche von Schmetterlingsflügeln.

## Durchführung zu 2.:

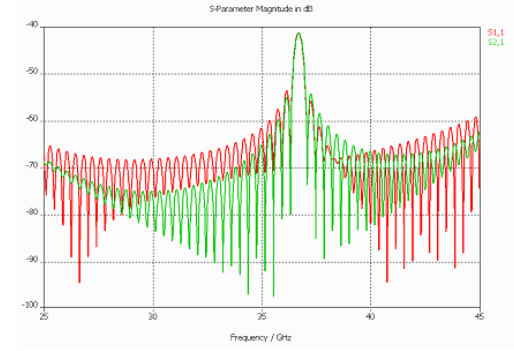
-Ausgehend von einer Idee aus der Literatur wurde eine planare Streifenleitungsstruktur untersucht. Dabei wurde eine Vielzahl von Geometrieparametern variiert, um festzustellen, ob diese Struktur das Verhalten einer Photonischen Bandlücke aufweisen kann.  
-Eine der untersuchten Geometrieänderungen bestand in der Variation der Dicke der Grundplatte. Diese wurde z. B. in einem Bereich von 0,05 mm bis 5 mm verändert.

## Durchführung zu 1.:

-Metamaterialien sind für Anwendungen im Bereich der Optik schon ausgiebig in der Literatur untersucht worden. Es ist z. B. bekannt, dass man in zweidimensionalen Photonischen Kristallen den Weg eines Lichtstrahls um 90° umlenken kann.  
-In der Diplomarbeit wurde versucht, diese Grundidee auf dreidimensionale Photonische Kristalle zu übertragen.



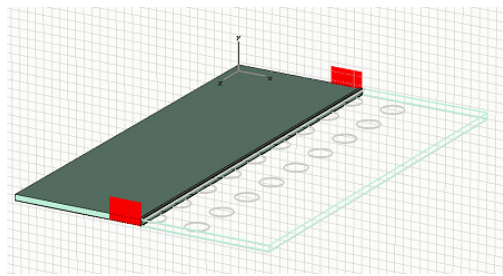
Dies ist eine Photonische Kristall-Struktur, bei der ein Weg gebahnt wurde, dem der eingespeiste Lichtstrahl folgen soll.



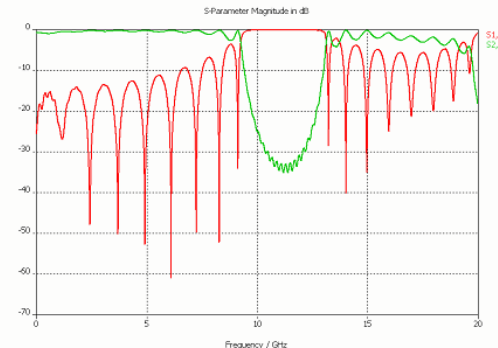
Die grüne Kurve zeigt das Transmissions- und die rote Kurve das Reflexionsverhalten eines gescheiterten Berechnungsversuchs.

## Zusammenfassung 1:

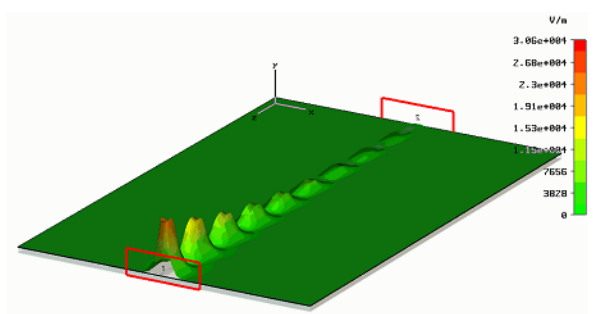
Photonische Kristalle basieren auf periodischen Störungen im Ausbreitungspfad der Welle, wobei die Abmessungen der Streuzentren sehr groß gegenüber der verwendeten Wellenlänge sein müssen. Für die numerische Untersuchung mit Hilfe eines 3D-Feldsimulators stellt die Größe des Feldvolumens jedoch einen limitierenden Faktor dar. Die Berechnung einer räumlichen Lochgitter-Struktur zur Mikrowellen-Strahlführung war wegen der immensen Anzahl der dafür nötigen Gitterpunkte daher leider nicht möglich.



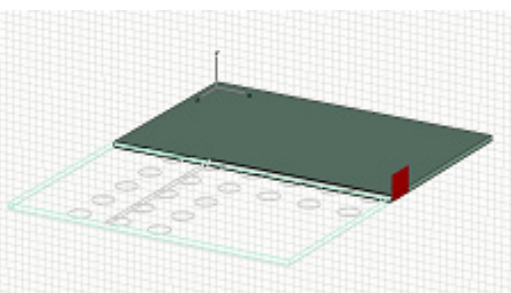
Die Grundstruktur der Bandlücke. Es wurde eine Streifenleitung angefertigt, die Löcher in der Grundplatte hatte.



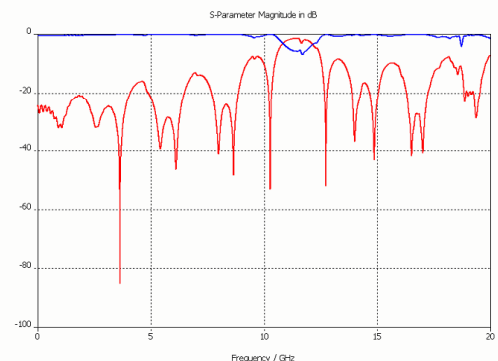
Das Bandsperrverhalten zeigt sich im Absinken der S21-Transmissionskurve zwischen 9 GHz und 13 GHz.



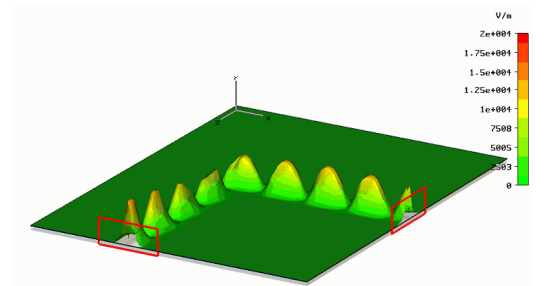
Stark gedämpfte Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle auf der Streifenleitung bei 10 GHz.



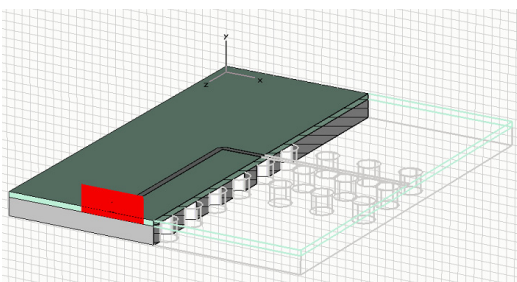
Auch eine geknickte Streifenleitung mit Löchern in der Grundplatte kann ein Bandlückenverhalten aufweisen.



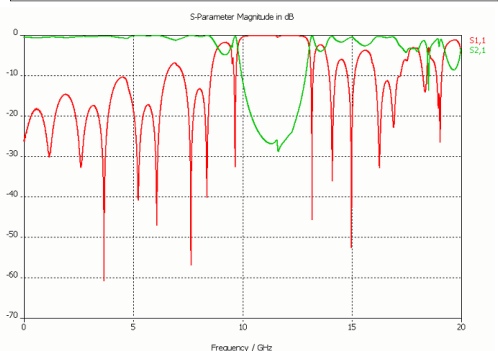
Man erkennt die Bandlücke bereits ansatzweise.



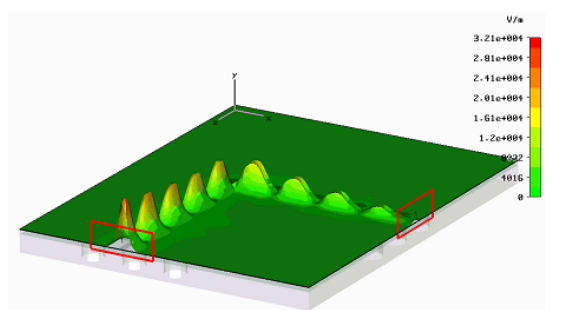
Dämpfungsarme Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle auf der Knickleitung bei 10 GHz.



Geknickte Streifenleitung mit einer dickeren Grundplatte.



Bei dickerer Grundplatte verbessert sich der Sperreffekt.



Sichtbar gedämpfte Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle auf der Knickleitung bei 10 GHz.

## Zusammenfassung 2:

Streifenleitungsstrukturen mit periodischen Löchern in der Grundplatte können Bandsperrverhalten aufweisen, so dass innerhalb eines breiten Frequenzbereichs die einfallende Welle stark reflektiert wird. Darum können solche Strukturen als Filter in der Mikrowellentechnik eingesetzt werden.