



# Bachelor-Arbeit

Thema: **Untersuchung von gestuften Hohlleitern als Fabry-Perot Resonatoren im Mikrowellenbereich**

Verfasser: Jan Schorer

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



Zum Verfasser

Jan Schorer  
geb. 14. 5. 1985  
in Weingarten  
1995 - 2004 Gymnasium Studienkolleg  
St. Johann Aulendorf-Blönried  
2006 - 2010 Studium Elektrotechnik und  
Kommunikationstechnik HS  
Ravensburg-Weingarten

## Aufgabenstellung:

Untersuchung mehrschichtiger Hohlleiter als Filter in der Mikrowellentechnik bezüglich der zu erreichenden Gütefaktoren.

Die Arbeit gliederte sich in folgende drei Punkte:

- Berechnung der zu erwartenden Gütefaktoren.
- Messungen mit einem Netzwerkanalysator an einem gestuften Hohlleiter.
- Simulation des gemessenen Hohlleiters mit „Microwave Studio“ von CST.

## Berechnung:

Der Transmissionsfaktor wurde mit Hilfe der Transmissions-Matrizen ermittelt. Hierbei wurde der Fabry-Perot Resonator als ein 5-Schichtenproblem angesehen. Die Transmissions-Matrizen für die 3 Leitungsstücke mit der Ausbreitungskonstanten  $\gamma_1$  wurden mit den Matrizen der zwei Barrieren mit  $\gamma_2$  multipliziert und anschließend in die Streumatrix Form übergeführt. Der sich nun für die gesamte Struktur ergebende Transmissionsfaktor  $\underline{\Delta}$  ist rechts dargestellt.

In weiteren Berechnungen wurde nun die Abhängigkeit der Transmission vom Mehrfachreflexionsfaktor, der Länge der Barrieren und der Länge  $l_3$  des zentralen Resonators untersucht.

Ziel dieser Berechnungen war es, eine Konfiguration der Anordnung zu finden, bei welcher die Güte maximal wird.

## Messungen:

Bei dem bei der Messung verwendeten Fabry-Perot Resonator wurden die Barrieren durch eine Verengung des Hohlleiterquerschnittes erzeugt.

Die Ergebnisse wurden mit einem durch LabVIEW gesteuerten Netzwerkanalysator aufgezeichnet und zur Auswertung an MATLAB übergeben.

Mit MATLAB wurden nun die Ergebnisse mit Blick auf die Entwicklung der Gütefaktoren ausgewertet und graphisch aufgearbeitet.

Hierzu wurde bei dem gemessenen Fabry-Perot Resonator die Länge  $l_2$  der Barrieren und die Länge  $l_3$  des zentralen Resonators variiert.

## Simulation:

Zur Simulation des Fabry-Perot Resonators wurde das numerische Simulations-Programm „Microwave Studio“ von CST verwendet.

Die aus dem Programm für die Transmission gewonnenen Ergebnisse wurden wiederum in MATLAB exportiert. Dort wurden die Ergebnisse ausgewertet, graphisch dargestellt und mit denen der Messung verglichen.

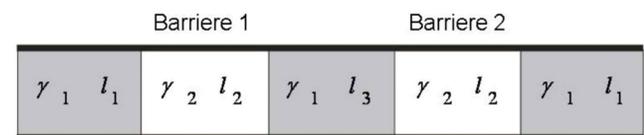
## Ergebnisse:

Durch den Vergleich von Berechnung, Messung und Simulation erlangt man folgende Ergebnisse:

- Über die Länge des zentralen Resonators  $l_3 = m\lambda_H/2$  mit  $m=1,2,3\dots$  und  $\lambda_H = 2\pi/\sqrt{k^2 - (\pi/a)^2}$  kann man mit  $f_c = c_0/(2a)$  die Transmissionsfrequenzen der Anordnung zu  $f = f_c\sqrt{1 + (ma/l_3)^2}$  einstellen.
- Um hohe Gütefaktoren zu erreichen muss eine Mindestlänge der Barrieren von  $l_2 \approx 30$  mm überschritten werden.
- Die höchsten Gütefaktoren werden mit dem zweithöchst gelegenen Transmissionsmaximum ( $m=3$ ) erreicht.
- Die erreichten Gütefaktoren lagen zwischen 1632 und 1898 und damit im unteren erwarteten Bereich.

Filterart	Erreichbare Güte
Lumped Element	10-50
Microstrip	50-200
Coaxial	200-3000
Dielectric Resonator	1000-10000
Waveguide	1000-12000

Erreichbare Güten für verschiedene Filterarten

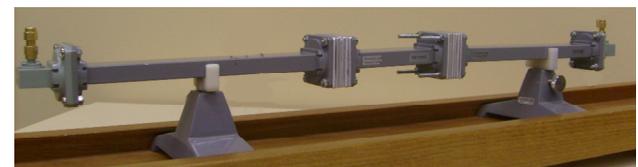


Ausbreitungsrichtung z

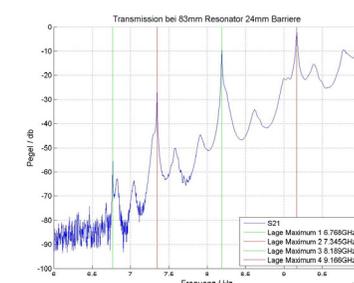
Fabry-Perot Resonator

$$\frac{1}{\underline{\Delta}} = \frac{[2j\alpha^2\beta^2 \cos(\beta l_3) + (\alpha^4 + \beta^4) \sin(\beta l_3)] \sinh(\alpha l_2) \sinh(\alpha l_4)}{2j\alpha^2\beta^2} + e^{j\beta l_3} \frac{2j\alpha^2\beta^2 \cosh(\alpha l_2) \cosh(\alpha l_4) + \alpha\beta(\alpha^2 - \beta^2) \sinh(\alpha(l_2 + l_4))}{2j\alpha^2\beta^2}$$

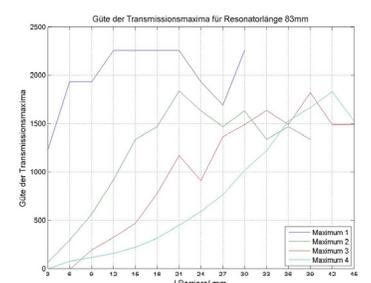
Transmissionsfaktor Fabry-Perot Resonator



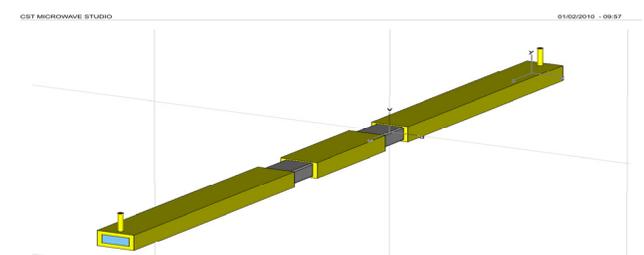
gemessener Fabry-Perot Resonator



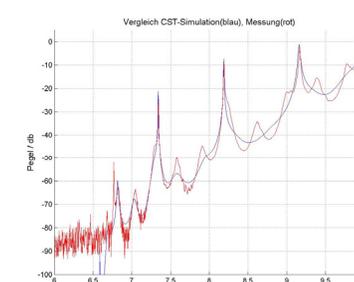
Transmission Fabry-Perot Resonator



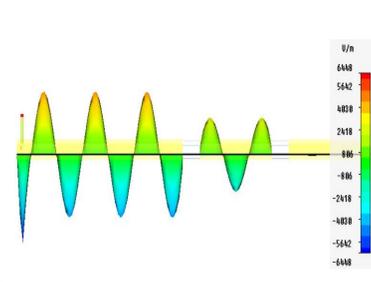
Güte der Transmissionsmaxima



Microwave-Studio Model Fabry-Perot Resonator



Vergleich Messung / Simulation



Verteilung des E-Felds für m=3