



Master – Arbeit

Thema: Numerical Optimization of Broadband Tapered Slot Antennas

Verfasser: Alexander Shujkow

Betreuer: Professor Dr.-Ing. Klaus W. Kark
Professor Dr.-Ing. Siegfried Osterrieder



Zum Verfasser:

Alexander Shujkow
geb. 30. Sep. 1983

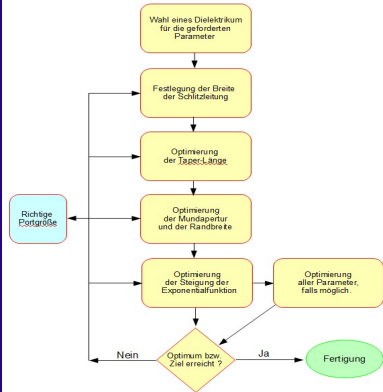
2004 – 2006 Technisches Gymnasium
in Biberach

2007 – 2012 Hochschule Ravensburg-Weingarten

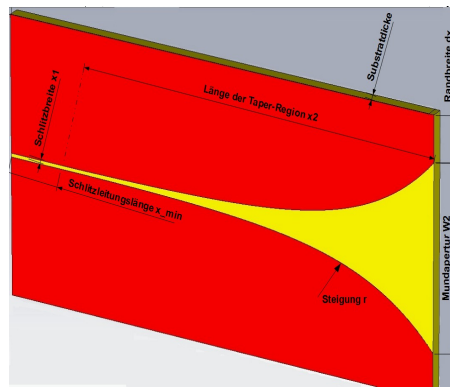
Aufgabenstellung:

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt beim Entwurf und der Analyse einer Tapered Slot Antenna, die mit Hilfe eines geeigneten Simulationswerkzeugs optimiert werden soll.

Vorgehensweise



Antennenstruktur

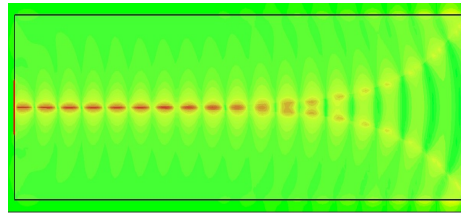
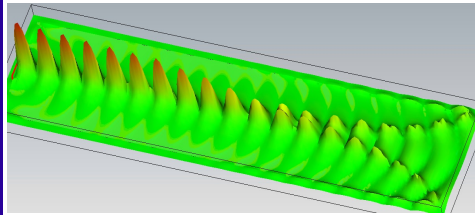


Tapered-Slot-Antenne

Die Vivaldi-Antenne auch bekannt als Tapered-Slot-Antenne (TSA) ist eine Breitbandantenne. Im Jahre 1979 wurde die TSA erst als LTSA (Linear Tapered Slot Antenna) von Prasad und Mahapatra vorgestellt. Noch im selben Jahr präsentierte P. J. Gibson auf der neunten European Microwave Conference die modifizierte TSA Version. Diese wurde anschließend unter dem Namen Vivaldi-Antenne bekannt. Sie zeichnet sich durch einen exponentiellen Öffnungsverlauf aus. Dieser führt dazu, dass unterschiedliche Wellenlängen abgestrahlt werden können. Die Vivaldi-Antenne gehört zu der Gruppe der Schlitzleitungsantennen. Die beiden Metallflächen, Flügel genannt, sind in einer Ebene auf dem Substrat aufgebracht. Der getaperte Schlitz zeigt in die Hauptstrahlungsrichtung.

Bei den getaperten Schlitzantennen beruht die Abstrahlung eines Wellenfeldes auf dem Wandwellenprinzip. Die E-Ebene des Strahlungsfeldes liegt in der Substratebene zwischen den beiden Metallisierungsschichten. Der magnetische Feldvektor ist orthogonal zum Dielektrikum orientiert. Die Speisung der TSA erfolgt über das schmale Schlitzende. Dabei wird die Antenne meist quer zur Schlitzleitung mit einer Mikrostreifenleitung gespeist. Die Dimension der Antenne muss für eine akzeptable Abstrahlung eine Aperturbreite von etwa einer halben Freiraumwellenlänge bei der niedrigsten Frequenz betragen. Die Länge der Taper-Region muss dabei größer als eine Freiraumwellenlänge bei der niedrigsten Frequenz sein.

Die Antennenform entspricht einem zweidimensionalen Exponentialhorn, das die gerichtete Abstrahlung einer linear polarisierten elektromagnetischen Welle ermöglicht. Die Richtdiagramme in E- und H-Ebene sind nahezu identisch.



Optimierung der Parameter

Zunächst wurden die Geometrieparameter mit der Parameter-Sweep-Funktion untersucht und dann mit Hilfe der Funktion "Optimizer", die im Simulationstool CST Microwave Studio zur Verfügung stand, weiter optimiert. Als Zielfunktion wurde dabei ein maximaler kopolarer Gewinn bei der Mittelfrequenz angesetzt. Eine alternativ durchgeführte Optimierung bei der niedrigsten Frequenz führte zu schlechteren Anteneigenschaften.

Für die Steigung der Exponentialfunktion wurde nach zahlreichen Untersuchungen der Parameter $r = 0,03$ festgelegt, der eine größtmögliche Unterdrückung der kreuzpolaren Abstrahlung ermöglicht.

Untersuchte Parameter bei der Optimierung

- Länge der Taper-Region x_{min}
- Aperturbreite $W2$
- Randbreite dx

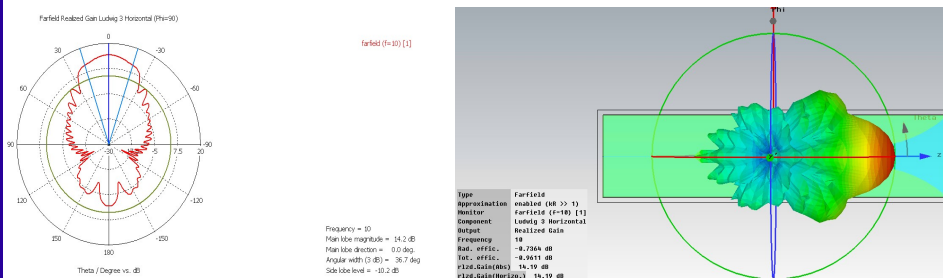
Ergebnis der Optimierung

- $x_{min} = 246,202$ mm
- $W2 = 56,725$ mm
- $dx = 2,122$ mm

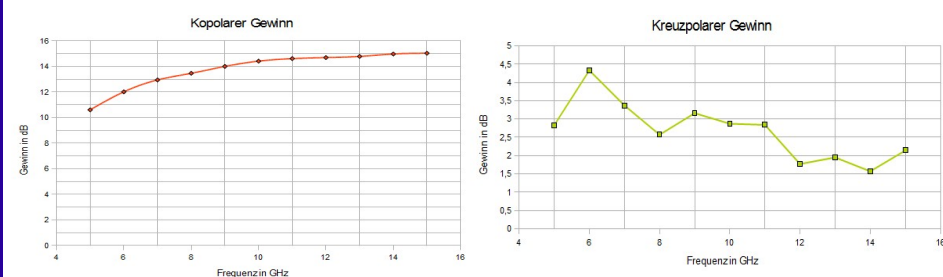
Optimale Kennwerte bezogen auf die Mittelfrequenz

- Frequenzspektrum: 5 - 15 GHz
- Substrat: Epsilon; Höhe in mm: 2,2; 0,381 mm
- Aperturbreite $W2$ in mm: $0,945 \cdot \lambda_0$
- Taper-Länge $x2$ in mm: $4,103 \cdot \lambda_0$
- Steigung der EXP. Fkt.: 0,03
- Randbreite in mm: $0,035 \cdot \lambda_0$

Ergebnisse für das Fernfeld bei der Optimierung für die Mittelfrequenz



Ergebnisse für das Fernfeld bei der Optimierung für die Mittelfrequenz



Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgelegte Arbeit umfasst die komplette Parameteroptimierung einer Tapered Slot Antenna. Für künftige Untersuchungen gibt es viele mögliche Alternativen. Zunächst kann man eine reflexionsarme Speisung dieser Antennenart mit einer Mikrostreifenleitung genauer untersuchen. Außerdem wäre ein Vergleich der Tapered Slot Antenna mit ihrem ähnlich aufgebauten Pendant in antipodaler Bauweise sehr interessant.

Möglichkeit zur Unterdrückung des kreuzpolaren Gewinns durch Korruptionen

$\lambda/4$ tiefe Korruptionen an der Außen- oder der Stirnseite der Antenne können hilfreich sein, um Nebenkeulen in der vertikalen Richtcharakteristik zu reduzieren. Sie transformieren den Kurzschluss am Rillengrund in einen Leerlauf an der Rillenaufseite. Damit an der Stelle der ersten Korruption (in unmittelbarer Nähe der Apertur) kein Impedanzsprung auftritt, beginnt man mit einer Rillentiefe von $\lambda/2$. Der Übergang vom Kurzschluss auf den Leerlauf sollte dann mittels eines kontinuierlichen Impedanzübergangs, der aus mindestens zehn Korruptionen besteht, erfolgen.

