



Bachelor-Arbeit

Thema: Numerische Simulation und Optimierung von Yagi-Uda-Antennen

Verfasser: Rainer Mattes

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



Zum Verfasser

Rainer Mattes
geb. 05.08.1985
in Bad Saulgau

2002 - 2005 Technisches Gymnasium in Ravensburg
2006 - 2010 Studium der Elektrotechnik und Kommunikationstechnik an der HS Ravensburg-Weingarten

Aufgabenstellung

Es ist sehr einfach mit numerischen Simulationsprogrammen wie 4nec2 eine Yagi-Uda-Antenne zu konstruieren. Das Ergebnis ist jedoch nicht immer optimal und die Rechenzeit steigt bei zunehmender Anzahl der Elemente enorm an. Deswegen war das **Ziel dieser Arbeit**, ein Design zu entwickeln, das einfach zu berechnen ist, auf verschiedene Anwendungen angepasst werden kann und dennoch gute Ergebnisse liefert.

8-Parameter-Optimierung für eine Antenne mit 12 Elementen

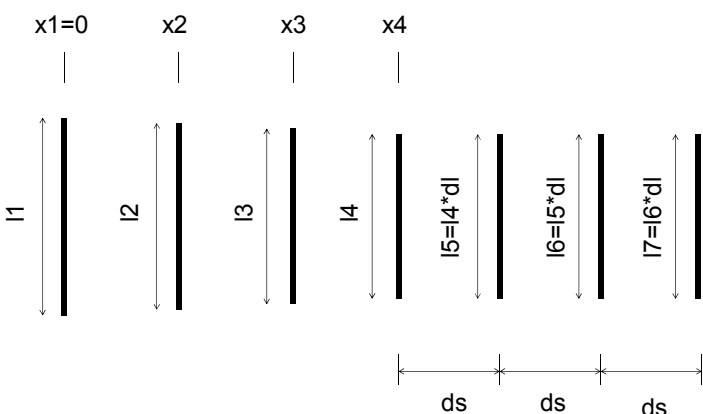
Je weniger Parameter das Simulationsprogramm optimieren muss, desto schneller ist die Optimierung beendet. Jedoch müssen vor allem im Bereich um den aktiven Strahler einige Parameter optimiert werden, um ein gutes Ergebnis zu erhalten. Deswegen wird für die 8-Parameter-Optimierung die Antenne in zwei Zonen aufgeteilt. Dies sind die **Erregerzone** (die ersten 4 Elemente) und die **Wellenleiterzone** (mit weiteren 8 Elementen). In der Erregerzone wird jedes Element auf seine Länge und Position optimiert (= 7 Parameter). In der Wellenleiterzone bleibt der vorgewählte Abstand d_s zwischen den Elementen konstant und die Elementlänge nimmt etwa um 0,5 bis 1 Prozent ab (= 8. Parameter d_l).

Simulation

Die Antennen wurden mit dem frei erhältlichen Programm **4nec2** simuliert und optimiert. Bei der Optimierung der oben genannten 8 Parameter stellte sich heraus, dass bei einem **Abstand der Elemente** von $\lambda/4$ im Wellenleitersystem sich eine Antenne ergibt, die einen sehr guten Gewinn bei niedrigen Nebenkeulen und gutem Vor-Rück-Verhältnis erreicht. Zudem kann die optimierte 12-Element-Yagi-Uda-Antenne durch **Wegnahme oder Hinzufügen von Elementen** in ihrer Länge und damit in ihrem Gewinn verändert werden – ohne große Verschlechterungen im Strahlungsdiagramm. Es wurden Antennen mit **Boomlängen** zwischen 1λ und 7λ simuliert mit **Gewinnen** von 12-18 dBi. Die **Anzahl der Elemente** sollte für gute Ergebnisse mindestens 6 betragen. Die hohen Gewinne bei niedrigen Nebenkeulen sind auch auf die hier verwendete **28 Ohm-Technik** zurückzuführen. Normalerweise ist bei Yagi-Uda-Antennen ein Eingangswiderstand von 50Ω bei gestrecktem Dipol oder 200Ω bei einem Faltdipol üblich. Durch eine Eingangsimpedanz von 28 Ohm kann der Reflektor der Antenne deutlich näher an den Strahler herangeführt werden, was eine bessere Rückdämpfung bewirkt. Außerdem kann der erste Direktor weiter vom Strahler entfernt werden. Dies hat den Vorteil, dass das Strahlungsdiagramm stabiler gegenüber Toleranzen wird.

Ergebnis

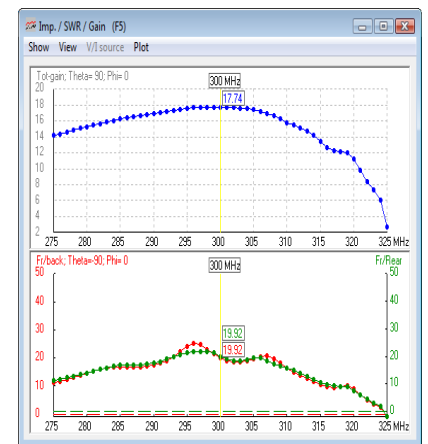
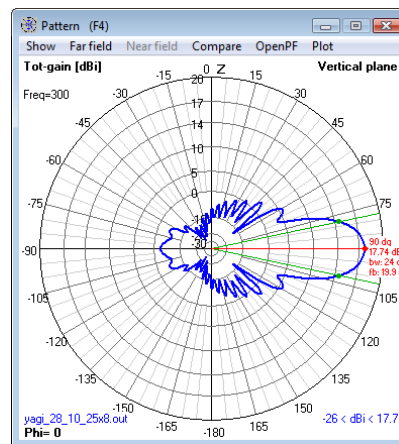
In den Bildern auf der rechten Seite sind die Simulationsergebnisse einer **28-Element-Yagi-Uda-Antenne** dargestellt, bei der zum primären 12-Element-Design noch weitere 16 Direktoren monoton abnehmender Länge im festen Abstand $d_s = \lambda/4$ ergänzt wurden. Die sehr guten Strahlungseigenschaften zeigen sich in einer gleichmäßig abfallenden **Strombelegung** der Elemente. Die Methode der 8-Parameter-Optimierung führt also nicht nur zu sehr kurzen Optimierungszeiten, sondern liefert auch Antennen mit sehr guten Strahlungseigenschaften, die zudem noch in ihrer Boomlänge variiert werden können.



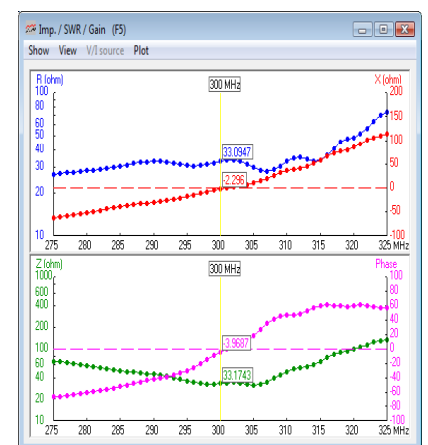
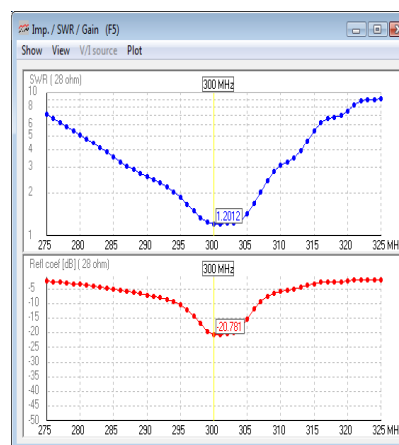
Parameter einer Yagi-Uda-Antenne mit 7 Elementen

x2	0,2662	Position des aktiven Strahlers in λ	8 Parameter , die durch Optimierung einer Yagi- Uda-Antenne aus 12 Elementen gewonnen wurden
x3	0,4885	Position des 1. Direktors in λ	
x4	0,7673	Position des 2. Direktors in λ	
l1	0,4720	Länge des Reflektors in λ	
l2	0,4397	Länge des aktiven Strahlers in λ	
l3	0,4248	Länge des 1. Direktors in λ	
l4	0,4069	Länge des 2. Direktors in λ	
d _l	0,5846	Längenabnahme der folgenden Direktoren in Prozent	
d _s	0,25	Abstand ab dem 3. Direktor in λ	frei vorgewählte Parameter
d	1	Elementdurchmesser in cm	
λ	100	Wellenlänge in cm	

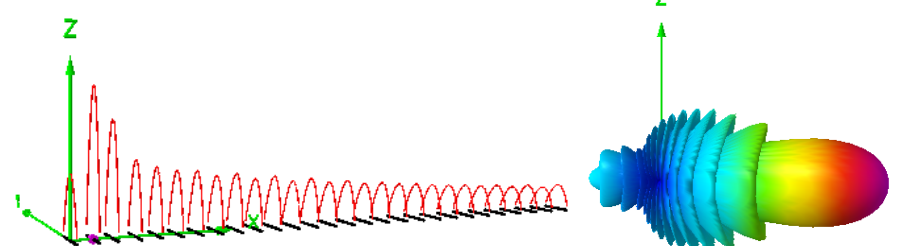
Parameterliste für die nachfolgenden Diagramme



Strahlungsdiagramm bei 300 MHz und Gewinn als Funktion der Frequenz



Stehwellenverhältnis SWR und Eingangsimpedanz $\underline{Z} = R + jX$



Strombelegung (mit 28 Elementen) und zugehörige Richtcharakteristik