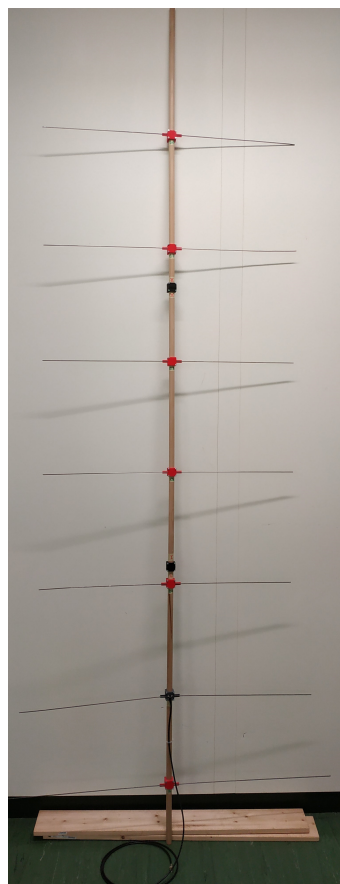


Bau einer Yagi-Uda-Antenne - Bericht hf2

Simon Zoller, Thomas Frei

Windisch, June 13, 2019



Universität	Fachhochschule Nordwestschweiz
Studiengang	Elektro- und Informationstechnik
Autor	Simon Zoller, Thomas Frei
Betreuer	Christoph Wildfeuer und Peter Niklaus
Version	1.0

Contents

1	Einleitung	1
2	Theorie	2
2.1	Yagi-Uda-Antenne	2
2.2	Strahlungsdiagramm	3
2.3	Impedanzanpassung ev. Flusspunktimpedanz	3
2.4	Mantelwellenunterdrückung	3
3	Berechnung	4
4	Simulation	6
5	Aufbau	7
6	Messung	9
7	Fazit	10
	References	11

1 Einleitung

Ein grosses Thema der Hochfrequenztechnik sind Antennen. Generell können Antennen als Leiter angesehen werden, welche identisch zur Leitungstheorie gelten. Jedoch gibt es viele verschiedene Ausführungen welche alle sich unterschiedlich verhalten. Dieser Bericht ist als Weiterführung zu dem hf1-Bericht gedacht. Der hf2-Bericht spezialisiert sich auf Yagi-Antennen. Neben der theoretischen Arbeit soll selber eine Yagi-Antenne für 144MHz konstruiert und gebaut werden. Hierfür wurden zuerst die Theorie erarbeitet. Mit den berechneten Werten für die Yagi-Anntene wird eine Simulation mit dem Programm CST durchgeführt, welche sich vor allem auf die Direktivität der Antennen beziehen. Als Abschluss wird die Antenne noch ausgemessen.

2 Theorie

Als erstes wird die Yagi-Uda-Antenne beschrieben. In einem zweiten Teil wird deren Strahlungsdiagramm betrachtet um die Abstrahlung zu verstehen. Zum Schluss soll die benötigte Theorie zur Impedanzanpassung und Wellenunterdrückung erarbeitet werden, da diese beim Antennenbau wichtig ist.

2.1 Yagi-Uda-Antenne

Die Yagi-Uda-Antenne stammt aus Japan. 1926 erfanden Shintaro Uda und Hidetsugu Yagi die Antenne. Etwas später veröffentlichte Yagi den ersten englischen Artikel. Aus diesem Grund wird heute oft die Antenne nur noch seinem Namen in Verbindung gebracht. Ein typisches Beispiel für die Verwendung einer Yagi-Antenne ist der Fernsehempfänger. Hierfür wird die Antenne für eine Frequenz von einigen 100MHz ausgelegt.

Zur Erhöhung der Richtwirkung kann sowohl Reflektor- als auch Direktordipole an einen primär erregten Dipol angebracht werden. Oft wird eine ganze Reihe von Direktoren, bis zu 20 Stück, benutzt. Jedoch beschränkt man sich meist auf einen Reflektor. Zur Minderung der unerwünschten Rückstrahlung baut man höchstens noch mit weiteren Stäben den Reflektor zu einer reflektierenden Wand aus.

In der Praxis werden als Reflektoren meist Halbwellendipole verwendet. Der aktive gespeiste Dipol wird etwa 6% kürzer ausgeführt. In der Direktorreihe wird jeder Nachfolger ca. 1% kürzer als sein Vorgänger ausgelegt. Die Elementabstände liegen um $0,3\lambda$. Alle Strahler sind in ihrer Mitte auf einem Trägerstab befestigt. Durch die Strahlungskopplung, welche mit zunehmendem Abstand schwächer wird, werden die passiven Dipole zum Mitschwingen angeregt. Die unterschiedlichen Längen der Elemente führen zu unterschiedlichen Phasenverschiebungen zwischen einfallender und abgestrahlter Welle. Diese Phasenverschiebung sowie der Abstand der Elemente werden so dimensioniert, dass es in Hauptstrahlrichtung zu einer konstruktiven Überlagerung der Teilwellen und damit einer starken Abstrahlung kommt. Je weiter die Elemente vom aktiven Dipol entfernt sind, desto weniger tragen sie zur Abstrahlung bei. Deshalb ist der erzielbare Gewinn einer Yagi-Antenne beschränkt. Wenn die Antennenlänge L auf einen Wert im Bereich $0,5 \leq L/\lambda_0 \leq 7$ verdoppelt wird, steigt der Gewinn nur um 2.2dB und nicht um 3dB.

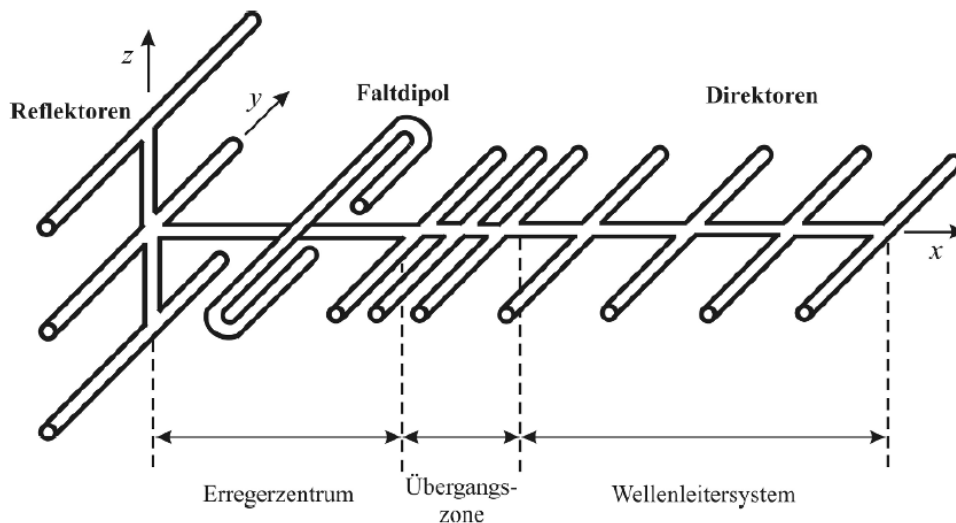


Figure 2.1: Aufbau einer Yagi-Antenne mit einem aktiv gespeisten Faltdipol und parasitären Strahlerelementen.

Wie man aus der Abbildung 2.1 erkennen kann, lässt sich die Yagi-Antenne in drei Wirkungszone unterteilen. Diese sind das Erregerzentrum, die Übergangszone und das Wellenleitersystem.

Erregerzentrum

Im Erregerzentrum wird die Bandbreite und der Eingangswiderstand der ganzen Antenne bestimmt. Durch die parasitären Elemente wird der Dipol stärker belastet. Deshalb wird der Strahlungswiderstand niedriger. Um dem entgegenzuwirken wird meistens ein Faltdipol verwendet, da er gegenüber einem "gestreckten" $\lambda/2$ -Dipol den Vorteil grösserer Breitbandigkeit und etwa viermal höheren Eingangswiderstand besitzt. Als Speiseleitung wird eine Flachbandleitung mit $Z_L \approx 240\Omega$ an den Dipol angeschlossen. Der Reflektor gehört auch zum Erregerzentrum. Er kann mit zusätzlichen Stäben zu einer reflektierenden Wand erweitert werden.

Übergangszone

Dieser Bereich besteht aus mehreren Direktoren. Sie dienen zur optimalen Anpassung der Strahlung des Erregerzenstrums an das folgende Wellenleitersystem.

Wellenleitersystem

Mit diesem System wird die Strahlungscharakteristik der Antenne bestimmt. Es wird aus mehreren Direktoren gebildet.

2.2 Strahlungsdiagramm

Das Strahlungsdiagramm wird genutzt um graphisch die Richtcharakteristik einer Antenne darzustellen. Das Diagramm gibt Informationen über die Feldstärkeverteilung von der Antenne in grosser Distanz. In der Abbildung 2.2 ist das Strahlungsdiagramm einer Yagi-Antenne dargestellt. Die Hauptstrahlrichtung der Antenne breitet sich zur Richtung des Direktors aus.

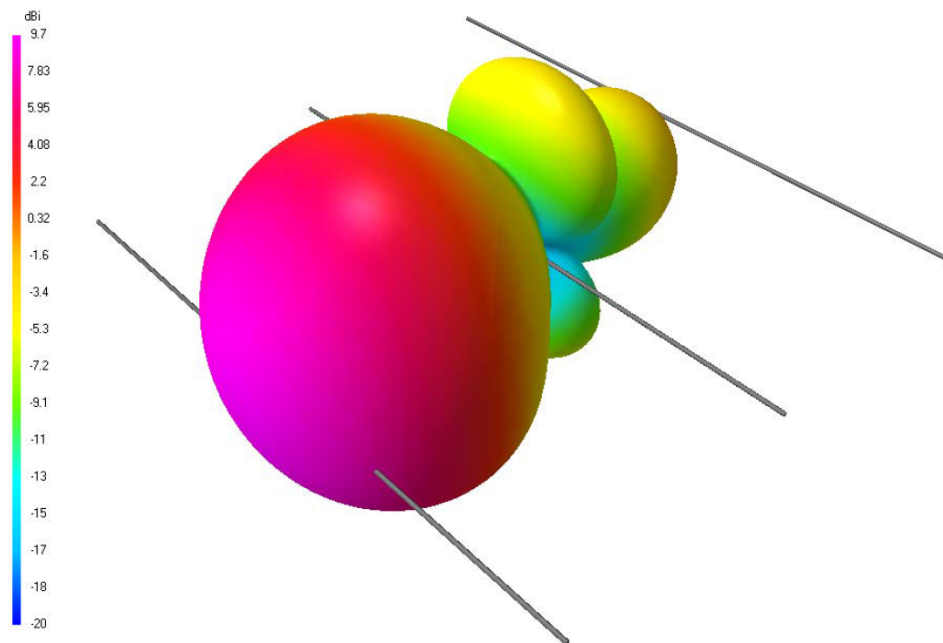


Figure 2.2: Strahlungsdiagramm einer Yagi-Antenne mit einem Direktor.

2.3 Impedanzanpassung ev. Flusspunktimpedanz

2.4 Mantelwellenunterdrückung

3 Berechnung

In diesem Kapitel wird anhand der Abbildung 3.1 die Abstände zwischen den Elementen sowie die Länge des Dipols, des Reflektor und den Direktoren berechnet. Die Yagi-Antenne soll für eine Frequenz von 144MHz ausgelegt werden. Diese Frequenz entspricht dem 2-Meter-Band, welches von den Amateurfunker für eine Erde-Mond-Erde-Übertragung genutzt wird.

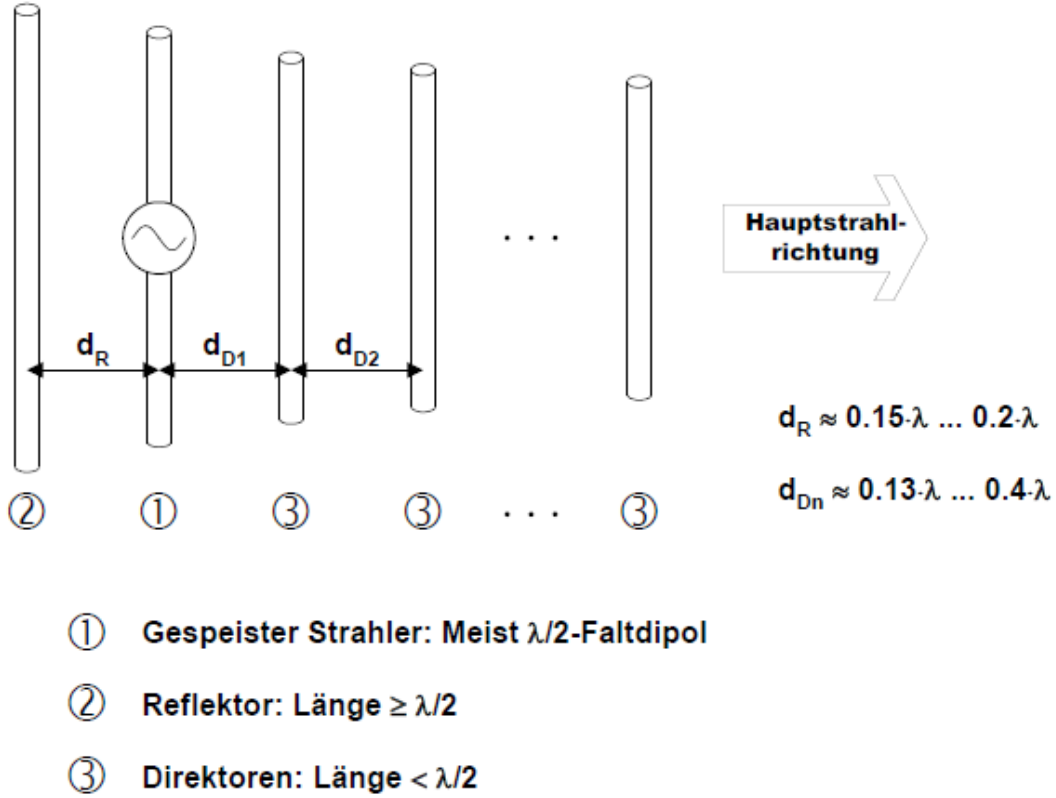


Figure 3.1: Aufbau einer Yagi-Antenne mit Dimensionsangaben.

Die Antenne soll aus einem Reflektor einem Dipol und fünf Direktoren bestehen. Die benötigten Elemente werden in dem nachfolgenden Teil berechnet.

Die Wellenlänge λ für 144MHz berechnet sich wie folgt:

$$\lambda = \frac{c}{f_0} = \frac{300 \times 10^6 \text{ m/s}}{144 \text{ MHz}} = 2.08 \text{ m} \quad (3.1)$$

Die Länge des Reflektor l_R berechnet sich wie folgt:

$$l_R \geq \frac{\lambda}{2} = \frac{2.08 \text{ m}}{2} = 1.04 \text{ m} \Rightarrow 1.2 \text{ m} \quad (3.2)$$

Die Länge des Dipols l_S berechnet sich wie folgt:

$$l_S = \frac{\lambda}{2} = \frac{2.08 \text{ m}}{2} = 1.04 \text{ m} \quad (3.3)$$

Die Länge der Direktoren l_{Dn} berechnet sich wie folgt:

$$l_{Dn} \leq \frac{\lambda}{2} = \frac{2.08 \text{ m}}{2} = 1.04 \text{ m} \Rightarrow 0.9 \text{ m} \quad (3.4)$$

Der Abstand d_R zwischen Reflektor und Dipol berechnet sich wie folgt:

$$d_R \approx 0.15 \cdot \lambda = 0.15 \cdot 2.08 \text{ m} = 0.312 \text{ m} \Rightarrow 0.32 \text{ m} \quad (3.5)$$

Der Abstand d_{Dn} zwischen Dipol und Direktor oder Direktor und Direktor berechnet sich wie folgt:

$$d_{Dn} \approx 0.2 \cdot \lambda = 0.2 \cdot 2.08 \text{ m} = 0.416 \text{ m} \Rightarrow 0.4 \text{ m} \quad (3.6)$$

Die Länge des Trägerstabs l_T berechnet sich wie folgt:

$$l_t = d_R + 5 \cdot d_{Dn} + \textit{Anfang} = 0.32 \text{ m} + 5 \cdot 0.4 \text{ m} + 0.2 \text{ m} = 2.52 \text{ m} \quad (3.7)$$

Alle Masse sind in der Tabelle 3.1 zusammengefasst.

Name	Masse [m]
Wellenlänge	2.08
Länge Reflektor	1.2
Länge Dipol	1.04
Länge Direktor	0.9
Länge Trägerstab	2.52
Distanz d_R	0.32
Distanz d_{Dn}	0.4

Table 3.1: Zusammenstellung der Längen der Elemente sowie deren Abstand zueinander.

4 Simulation

5 Aufbau

In der Abbildung 5.1 ist die zusammengebaute Yagi-Uda-Antenne dargestellt. Die wichtigsten Bestandteile der Antenne sind die 3D-Elemente, die Aluminiumstäbe, das Rundholz und die Speisung des Dipols. Alle benötigten Bauteile sind in der Tabelle 5.1 aufgeführt. Jedes dieser Bestandteilen ist mit einer Nummer versehen, welche sich in der Abbildung beim passenden Element befindet. Die 3D-Elemente und der Aufbau des Dipols werden später noch genauer erklärt.

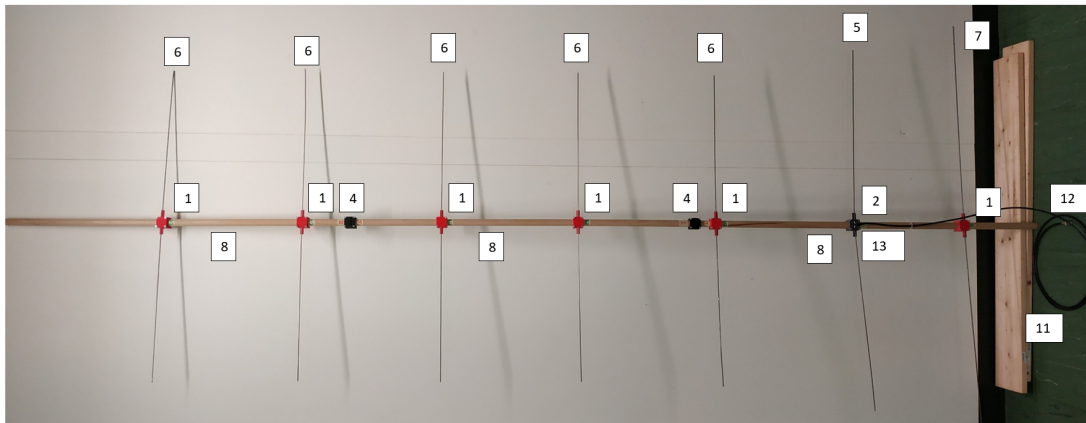


Figure 5.1: Aufbau eigener Yagi-Antenne mit nummerierten Bauteilen

Nummer	Bauteil	Hersteller	Anzahl
1	3D-Element Direktor/Reflektor	Eigenkonstruktion	6
2	3D-Element Dipol	Eigenkonstruktion	1
3	3D-Element Unten	Eigenkonstruktion	7
4	3D-Element Halterung	Eigenkonstruktion	2
5	Aluminiumstab $\varnothing 2$ mm Dipol	FHNW Werkstat	1
6	Aluminiumstab $\varnothing 2$ mm Direktor	FHNW Werkstat	5
7	Aluminiumstab $\varnothing 2$ mm Reflektor	FHNW Werkstat	1
8	Holzrundstab $\varnothing 20$ mm, L=1 m	Jumbo	3
9	M3 Impusschrauben	Institut ISE	36
10	M3 Mutern	Institut ISE	36
11	Kabel	Institut ISE	1
12	Stecker	Institut ISE	1
13	Kabelschuh	Institut EA	2

Table 5.1: Zusammenstellung aller verwendeten Bauteilen.

Die Halterung für den Dipol, den Reflektor und die Direktoren sind mit einem 3D-Drucker hergestellt worden. Die Zeichnungen sind im Autodesk Fusion 360 konstruiert worden und danach mit dem Ultimaker 2+ gedruckt. Die Elemente sind in der Abbildung 5.2 dargestellt.

Das spezielle der Konstruktion für die Halterung für den Dipol (Bild a) ist, dass sie Platz bietet um das Koaxialkabel anzuschliessen sowie die beiden Aluminiumstäbe, welche den Dipol bilden in der Mitte trennt.

Die Halterung für den Direktor/Reflektor (Bild b) ist so konstruiert, dass der Aluminiumstab sehr einfach durch die Öffnung hindurchgeschoben und mit Leim fixiert werden kann.

Mit dem Gegenstück der Halterung (Bild c), vier Impusschrauben und dem Oberteil (Bild a,b) kann das Element auf dem Trägerstab montiert werden. Die drei Trägerstäbe werden mit zwei Gegenstücke zusammengebaut. Nun können die Distanzen zwischen den Elementen ganz einfach angepasst werden durch leichtes lösen der Schrauben.

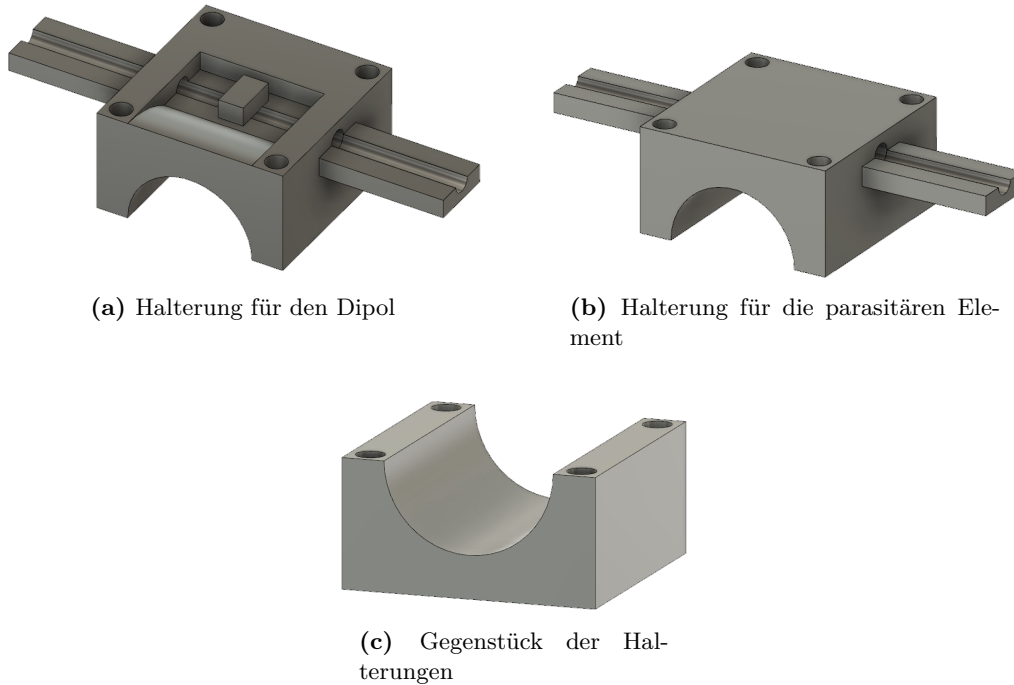


Figure 5.2: Zeichnungen der 3D-gedruckten Elemente

In der Abbildung 5.3 ist der Aufbau des Dipols dargestellt. Der Leiter des Koaxialkabels ist am einen Teil und der Schirm an dem anderen Teil des Dipols angebracht. Die Befestigung wurde mit einem Kabelschuh realisiert. Dafür wurde bei dem Aluminiumstab ein Aussengewinde gedreht. Zum Schutz wurde das ganze mit einem Schrumpfschlauch versehen.

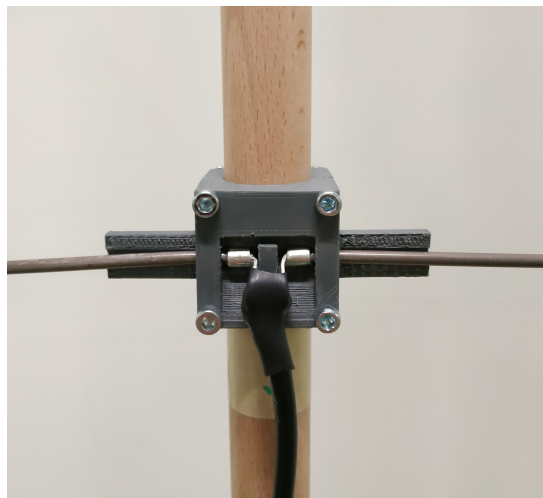


Figure 5.3: Aufbau des Dipols der Yagi-Antenne

6 Messung

7 Fazit

References

- [1] K. W. Kark, *Antennen und Strahlungsfelder*. Vieweg+Teubner, 2011.