

# Durchführung und Ergebnisse der Simulation der DLP 18

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Die Logarithmisch-Periodische Dipolantenne DLP 18.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Simulationsdurchführung .....</b>	<b>4</b>
3.1	Zelle und 20 m-Reflektor.....	4
3.2	30 m-Element.....	7
3.3	40 m-Element.....	9

## 1. Einleitung

Die nachfolgenden Kapitel befassen sich mit der Simulation der logarithmisch-periodischen Antenne DLP 18. Zuerst werden die Ergebnisse der Zelle und des 20 m-Reflektors dargestellt. Diese beziehen sich auf die Frequenzen zwischen 14.05 und 30 MHz. Im Anschluss daran wird das 30 m- und das 40 m-Element simuliert, deren Einfluss sich besonders bei den Frequenzen 10.1 MHz und 7.05 MHz bemerkbar macht.

Bei den Simulationen wird vor allem auf die Richtcharakteristik eingegangen. Hier muss besonderes Augenmerk auf die Abstrahlcharakteristik, den Gewinn und das Vor-Rück-Verhältnis gelegt werden. Das entscheidende Merkmal, um die Anpassung der Antenne an eine bestimmte Frequenz beurteilen zu können, ist das Stehwellenverhältnis *SWR*. In diesem Zusammenhang steht auch die Impedanz und die Stromverteilung auf der Antennenstruktur.

Die Simulationen wurden bei Anordnung aller Antennenelemente durchgeführt. Eine Unterscheidung basiert lediglich auf dem Einfluss der jeweiligen Antennenelemente bei den entsprechenden Frequenzbereichen (siehe oben). Die Antenne befand sich dabei in einer Höhe von 24.5 m.

Bevor jedoch die Simulationsergebnisse dargestellt werden, soll vorher noch die DLP 18 in ihrem Aufbau und Aussehen genauer vorgestellt werden.

## 2. Die Logarithmisch-Periodische Dipolantenne DLP 18

Der Arbeitsfrequenzbereich der DLP 18 von TITANEX erstreckt sich von 7 MHz bis zu 30 MHz. Bei der DLP 18 handelt es sich um eine logarithmisch-periodische Yagi-Antenne, d.h. einer Kreuzung aus LPDA und Yagi (siehe Kap. 2.3 und 2.4). Neben dem logarithmisch-periodischen Erreger besitzt sie noch einen 20 m-Reflektor, der die Rückdämpfung erhöht, sowie ein 30 m- und 40 m-Element. In Abb. 24 ist die DLP 18 dargestellt, wie sie sich fertig aufgebaut auf dem Dach der Berufsakademie in Friedrichshafen befindet.



**Abb. 1:** DLP 18

Gemäß den Angaben des Herstellers lassen sich die folgenden Aussagen über die DLP 18 treffen: Die Gesamtlänge des Booms beträgt 10 m, wobei das größte Element der logarithmisch-periodischen Zelle 10.42 m lang ist. Die Speisung der Antenne erfolgt für alle Bänder mittels eines einzigen Koaxialkabels ( $50 \Omega$ ). Dabei werden die einzelnen Elemente kreuzungsfrei über den Doppelboom (Länge 6 m, Durchmesser 18 mm) gespeist. Durch diese Art der elektrischen Speisung wird ein erhöhter Gewinn erzielt. Das 30 m- und 40 m-Amateurfunkband sind als resonante Bänder ausgebildet, sodass starke Rundfunksender im Bereich von 7-13 MHz unterdrückt werden können. Die DLP 18 zeichnet sich aus durch

- einen Gewinn von 1 dBd bei 7 MHz, 2 dBd bei 10 MHz und 7 dBd von 14 MHz bis 30 MHz,
- ein Stehwellenverhältnis, das typisch besser als 2:1 ist auf den Amateurfunkbändern,
- ein Vor-Rück-Verhältnis von 20-25 dB bei 14-30 MHz.

Einige der in Kap. 2.4 präsentierten Gleichungen zur Dimensionierung einer LPDA sollen nun auf die DLP 18 von TITANEX angewendet werden. Die Gleichungen haben jedoch nur für die logarithmisch-periodische Zelle der DLP 18 Gültigkeit, während der 20 m-Reflektor,

das 30 m- und das 40 m-Element außen vorbleiben. Gemäß Gleichung (2.5) und (2.6) ergibt sich über die vorgegebene Länge des kleinsten Dipols ( $L = 3.56$  m) und des größten Dipols ( $L = 10.42$  m) ein Arbeitsfrequenzbereich von 14.4 MHz bis 30 MHz für die logarithmisch-periodische Zelle. Der Öffnungswinkel  $\alpha$  und der Abstandfaktor  $\sigma$  lassen sich direkt von der Geometrie der Zelle ableiten, wobei sich  $\alpha \approx 23.34^\circ$  und  $\sigma \approx 0.042$  nach Gleichung (2.7) und (2.9) einstellt. Durch Umstellen von Gleichung (2.9) nach dem Stufungsfaktor erhält man  $\tau = 1 - \sigma \cdot 4 \cdot \tan \alpha \approx 0.928$ . Ebenso kann der Stufungsfaktor direkt mittels Gleichung (2.8) aus der Antennengeometrie abgeleitet werden. Das Verhältnis der Längen benachbarter Dipole ist nicht exakt gleich dem Verhältnis der Abstände zwischen benachbarten Dipolen. Die Strukturbandbreite  $B_s$  der DLP 18 lässt sich über die Gesamtlänge der Zelle mit der Gleichung (2.12) berechnen:

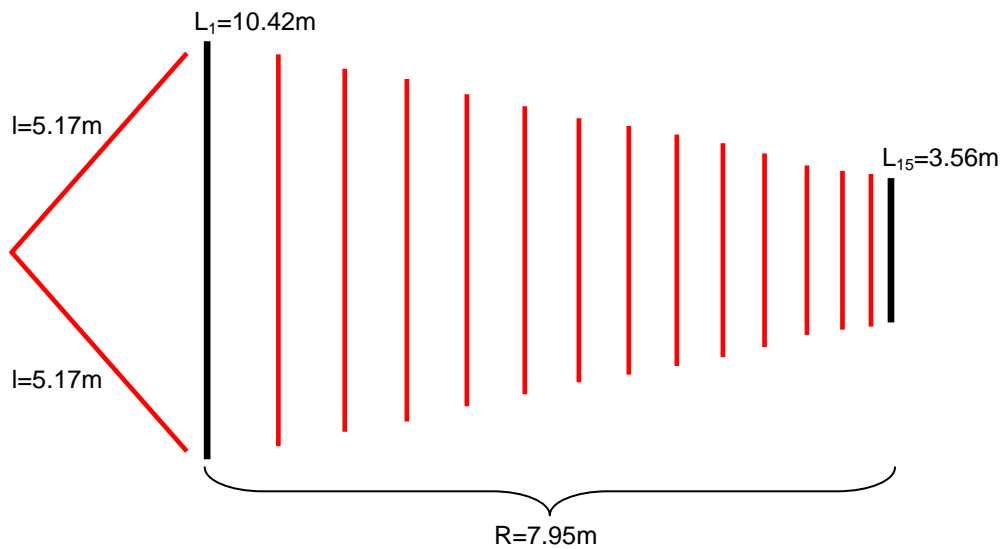
$$B_s = \frac{L_1}{L_1 - 2 \cdot A \cdot \tan \alpha} \approx 2.928. \text{ Zur Kontrolle wird nun die Anzahl der erforderlichen}$$

Elemente unter Verwendung der Strukturbandbreite und des Stufungsfaktors ermittelt. Gemäß Gleichung (2.11) ergibt sich als Elementanzahl tatsächlich  $E_n = 15$ .

### 3. Simulationsdurchführung

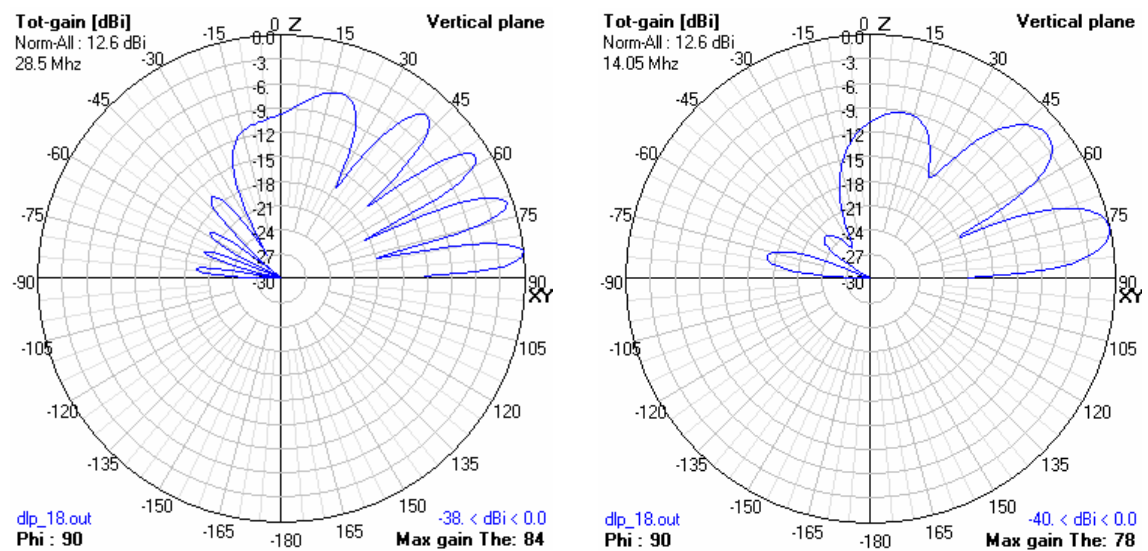
#### 3.1 Zelle und 20 m-Reflektor

Die Zelle setzt sich aus insgesamt 15 parallel zueinander verlaufenden Dipolen zusammen, die der Länge nach von 3.54 m bis zu 10.40 m abgestuft sind. Alle Dipole befinden sich auf derselben Höhe, die durch eine Variable „*high*“ bestimmt ist. Im Modell wird *high* auf 25.5 m über den Boden gesetzt. Der erste und der letzte Dipol, die durch Rohre gebildet werden, haben einen Durchmesser von 4 cm, wohingegen die restlichen Dipole, die aus Antennendraht gebildet werden, lediglich einen Durchmesser von 0.85 mm besitzen. In Abb. 25 sind die Antennendrähte rot dargestellt, während die Rohre schwarz sind. Die Spannungsquelle wird in der Mitte des Dipols mit den kleinsten Ausmaßen ( $L_{15}$ ) platziert. Dabei ist auf eine symmetrische Speisung zu achten, d.h. die Segmentanzahl muss ungerade sein. Dies gilt auch für die übrigen Dipole, die über eine *transmission line* jeweils um  $180^\circ$  phasengedreht gespeist werden. Die Phasendrehung kann in NEC2 durch eine negative Impedanz der *transmission line* realisiert werden. Im Simulationsmodell beträgt diese  $-160 \Omega$ . Der 20 m –Reflektor befindet sich 18.5 cm unterhalb der Zelle. Die Länge des Reflektors beträgt insgesamt 10.34 m. Er wird nicht gespeist.



**Abb. 2:** LPDA-Zelle mit 20 m-Reflektor

Die nachfolgenden Grafiken zeigen das Abstrahlverhalten bei den Frequenzen 28.5 und 14.05 MHz.

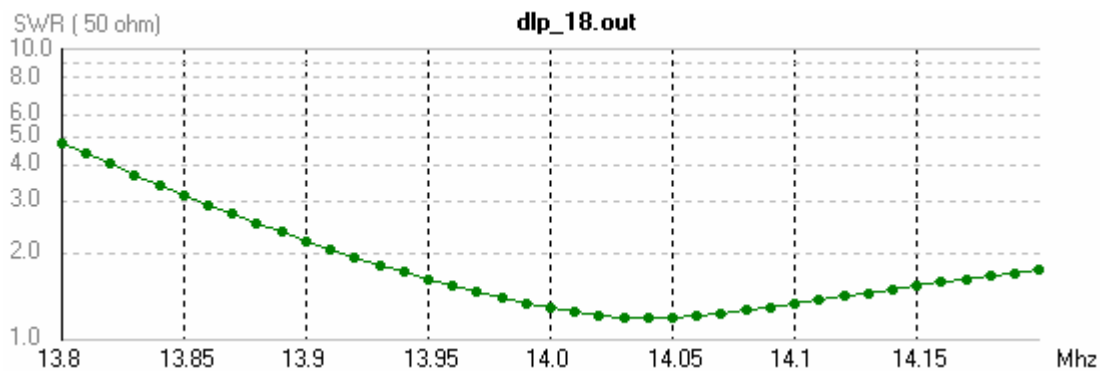


**Abb. 3:** Richtcharakteristik bei 28.5 MHz und 14.05 MHz

Bei der Frequenz 28.5 MHz strahlt die Antenne unter einem Winkel von  $84^\circ$  in die Hauptrichtung ab. Das Vor-Rück-Verhältnis beträgt -19 dB und der Gewinn 12.6 dBi. Bei der Frequenz von 14.05 MHz ist ein Abstrahlwinkel von  $78^\circ$  vorhanden. Das Vor-Rück-Verhältnis ist -17 dB, der Gewinn ebenfalls 12.6 dBi. Aus diesen Grafiken wird ersichtlich, dass das Vor-Rück-Verhältnis mit zunehmender Frequenz immer besser wird. Auch nimmt die Anzahl der Bodenreflexionen mit ansteigender Frequenz zu: bei einer höheren Frequenz ergeben sich mehrere konstruktive Überlagerungen.

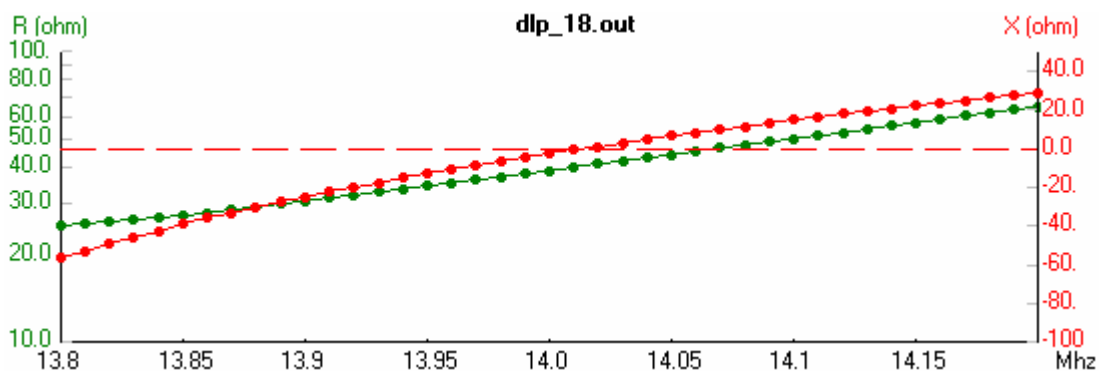
Je näher man der Frequenz 14.05 MHz kommt, desto mehr geht die Eigenschaft der Antenne in die einer Yagi-Antenne über (20 m-Reflektor, schmalbandig bei 14.05 MHz).

Will man die Anpassung einer Antenne bei einer bestimmten Frequenz beurteilen, so muss man das Stehwellenverhältnis  $SWR$  und die Impedanz betrachten. Beide werden nachfolgend grafisch dargestellt.



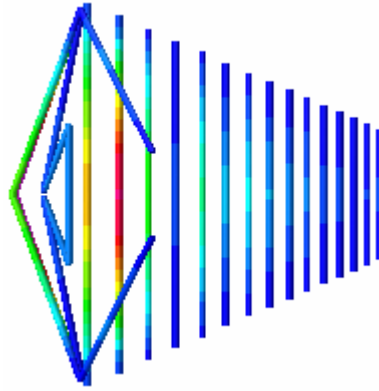
**Abb. 4:** Stehwellenverhältnis bei einer Frequenz um 14 MHz

Bei der Frequenz von 14.04 MHz besitzt das  $SWR$  ein Minimum von 1.196. Das entspricht sehr gut einer angepassten Antenne. Der Verlauf der Impedanz wird in Abb. 28 gezeigt. Bei der Anpassfrequenz ist der reale Impedanzwert 43.19  $\Omega$ .



**Abb. 5:** Impedanzverlauf bei einer Frequenz um 14 MHz

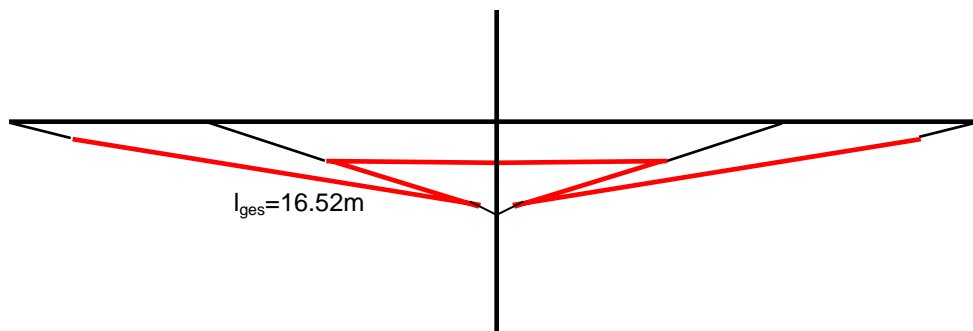
Bei der Frequenz 14 MHz strahlt hauptsächlich das hintere Drittel der Dipolelemente ab. Abb. 29 verdeutlicht diese Aussage. Es zeigt die Stromverteilung auf der Antenne. Für die Stärke eines Stromes gilt: je wärmer die Farbe, desto stärker der Strom.



**Abb. 6:** Stromverlauf bei 14 MHz

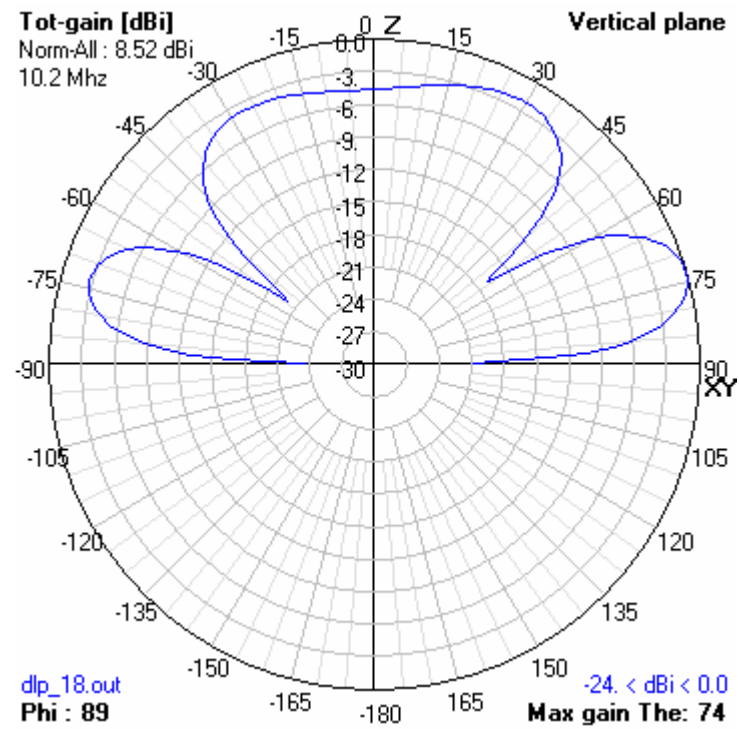
### 3.2 30 m-Element

Das 30 m-Element wird nicht gespeist. Es befindet sich in einer zur XY-Ebene parallelen Ebene 4 cm unterhalb der Zelle ( $z = \text{high}-0.04$ ). Die elektrische Länge beträgt 16.52 m. In der Simulation setzt sich das Element aus insgesamt fünf einzelnen Drähten zusammen. Ihre Anordnung wird in Abb. 30 dargestellt.



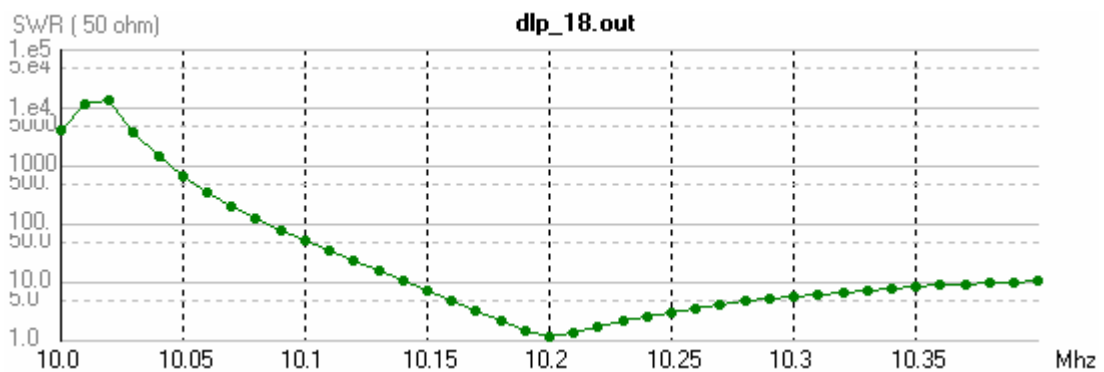
**Abb. 7:** 30 m-Element

Das 30 m-Element wirkt sich vor allem bei einer Frequenz von ca. 10.2 MHz aus. Das Richtdiagramm zeigt zunehmend Dipolcharakter (dies kann vor allem beim 40 m-Element beobachtet werden (vgl. Kap. 4.3.3)). Die Anzahl der Nebenkeulen ist, wie erwartet, im Vergleich zu 14 MHz zurückgegangen. Auch das Vor-Rück-Verhältnis hat sich verschlechtert. Der Gewinn beträgt nunmehr 8.52 dBi.



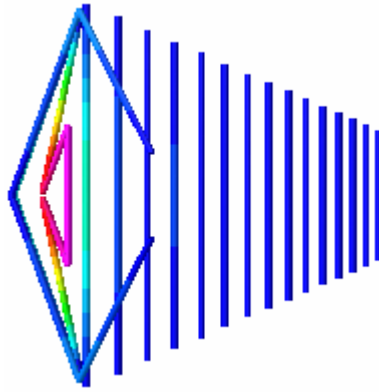
**Abb. 8:** Richtcharakteristik bei 10.2 MHz

Die Anpassung im 30 m-Band liegt in der Simulation bei 10.2 MHz. Das Stehwellenverhältnis beträgt dort 1.237. Die Impedanz, die ebenfalls ein gutes Kriterium zur Analyse der Anpassung darstellt, verläuft dementsprechend.



**Abb. 9:** Stehwellenverhältnis bei einer Frequenz um 10.2 MHz

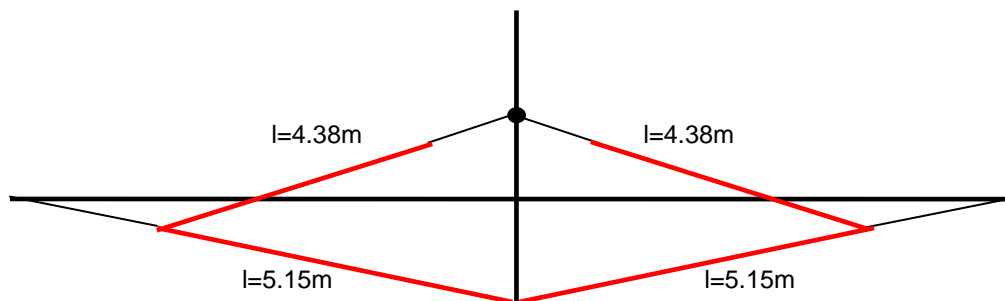
Es leuchtet ein, dass in diesem Fall vor allem das 30 m-Element Strom tragen muss. Dass dies wirklich so ist, verdeutlicht Abb. 33.



**Abb. 10:** Stromverlauf bei 10.2 MHz

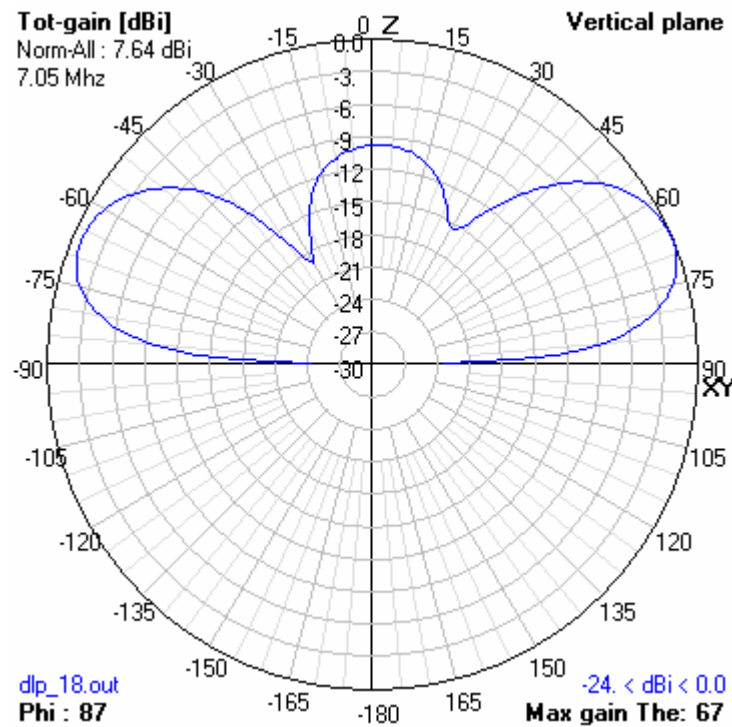
### 3.3 40 m-Element

Das 40 m-Element setzt sich insgesamt aus fünf einzelnen Drähten zusammen. Da auch das 40 m-Element gespeist wird, muss ein ca. 10 cm langer Behelfsdraht in der Mitte des Elements eingefügt werden, um eine symmetrische Speisung zu ermöglichen. Das 40 m-Element liegt nicht in einer Ebene, sondern ragt nach oben empor. Es besitzt einen Knick, der sehr gut in Abb. 37 erkennbar ist.



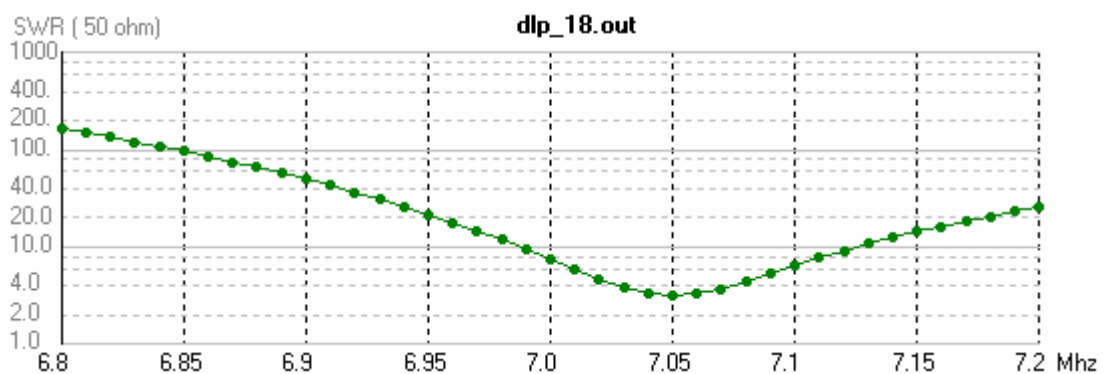
**Abb. 11:** 40 m-Element

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Abstrahlverhalten bei der Frequenz 7.05 MHz. Es ist sehr deutlich das dipolartige Verhalten der Antenne bei dieser Frequenz erkennbar. Der Gewinn beträgt 7.64 dBi.



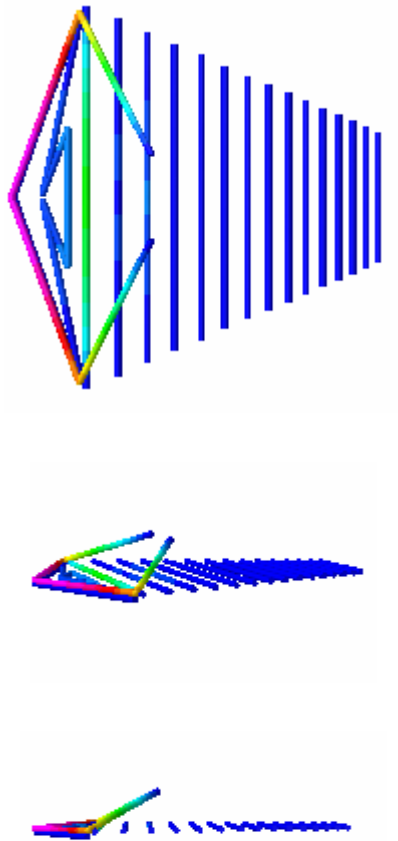
**Abb. 12:** Richtcharakteristik bei 7.05 MHz

Für die Anpassung im 40 m-Band ist die Verwendung eines Stubs ausschlaggebend. Der Stub dient einerseits der Unterdrückung harmonischer Ströme, andererseits verschiebt er die Resonanzfrequenz. Je länger der Stub gewählt wird, desto niedriger wird die Resonanzfrequenz. Im Fall der DLP 18 setzt der Stub am 40m-Element der Antenne an und verbessert damit das Vor-Rück-Verhältnis [6].



**Abb. 13:** Stehwellenverhältnis bei einer Frequenz um 7 MHz

Das Stehwellenverhältnis ist bei der Frequenz 7.05 MHz am besten. Es beträgt dort 3.172. Der gewichtigste Aspekt für diese ‚mittelmäßige‘ Anpassung ist der Stromanteil des 20 m-Reflektors. Dennoch muss der Hauptteil des Stromes auf dem 40 m-Element fließen. Dies wird durch Abb. 37 verdeutlicht.



**Abb. 14:** Stromverlauf bei 7.05 MHz