

Messungen an der DLP 18

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	2
2.	Anpassungsmessungen	2
2.1	Versuchsdurchführung.....	2
2.2	Zelle und 20 m-Reflektor.....	3
2.3	30 m-Element.....	4
2.4	40 m-Element.....	5
2.5	Zusammenfassung	6
3.	Messungen zur Strahlungscharakteristik.....	7
3.1	Versuchsdurchführung.....	7
3.2	Versuchsergebnisse.....	9
4.	Vergleich Simulation vs. Messungen.....	9

1. Einleitung

In den folgenden Kapiteln werden die Messungen, die an der DLP 18 vorgenommen wurden, dargestellt und in einem Schlusskapitel mit den Ergebnissen der Simulation verglichen.

Es wurden zwei Arten von Messungen vorgenommen. Zum einen wurde die Anpassung der Antenne in den unterschiedlichen Frequenzbändern gemessen. Bei diesen Messungen gilt es, das Stehwellenverhältnis SWR zu ermitteln. Es sollte in den interessierenden Frequenzbereichen (siehe Kap. 5.2.2 bis 5.2.4) ein SWR von deutlich unter 2 besitzen. Die Anpassungsmessungen wurden mit dem *Vektor Netzwerkanalysator ZVRE* von Rohde & Schwarz durchgeführt. Die zweiten Messungen beschäftigten sich mit der Ermittlung des Strahlungsdiagramms der Antenne. Hierbei wurde das Azimutdiagramm ausgemessen. Dabei wurde in einer Entfernung von ca. 400 m von der DLP 18 ein 5 m langer $\lambda/2$ -Dipol aufgestellt. Von diesem wurde ein 700 mW starkes Signal abgestrahlt. In Abhängigkeit von der Stellung der DLP 18 wurde dann die Stärke des Empfangssignals ermittelt.

2. Anpassungsmessungen

2.1 Versuchsdurchführung

Bei den Anpassungsmessungen einer Antenne gilt es, das Stehwellenverhältnis zu ermitteln. Dies kann zum Beispiel dadurch geschehen, dass man eine Spannungswelle in die Antenne einspeist und die zurückreflektierte Welle (eine ideale Anpassung, bei der nichts reflektiert wird ist praktisch nicht erreichbar) über einen Richtkoppler auskoppelt. Über den Reflexionsfaktor ρ kann man dann auf das Stehwellenverhältnis SWR schließen. Der Zusammenhang zwischen dem Reflexionsfaktor und dem Stehwellenverhältnis wird in Gl. (1.15) beschrieben. Eine direkte Messung am Speisepunkt der Antenne war jedoch nicht möglich, da sich die Antenne auf dem Dach befand. Es musste also ein anderer Weg gefunden werden, um die Anpassungseigenschaften ermitteln zu können. Als Lösung bot sich an, das Stehwellenverhältnis am Eingang der Speiseleitung zu ermitteln. Der daraus resultierende Offset des Kabels konnte durch die Eingabe der Kabellänge und des Verkürzungsfaktors im Netzwerkanalysator rückgängig gemacht werden. Das Speisekabel war 40 m lang, hatte einen Verkürzungsfaktor von 0.92 und bei der höchsten Frequenz eine Dämpfung von 0.8 dB. Die Dämpfung konnte bei den Messungen vernachlässigt werden. Somit ergab sich folgender Versuchsaufbau:

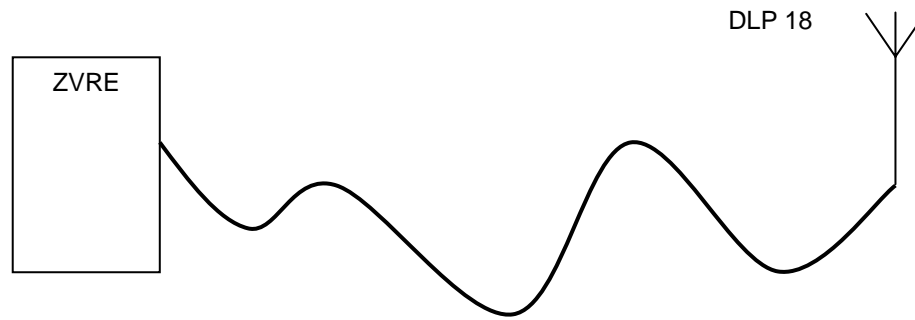


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Anpassungsmessung

2.2 Zelle und 20 m-Reflektor

Im Frequenzbereich zwischen 14.05 MHz und 30 MHz hat die Antenne durchgehend eine gute Anpassung, da sich hier eine Vielzahl von Amateurfunkbändern befindet. Abb. 39 zeigt den Verlauf des Stehwellenverhältnisses über der Frequenz.

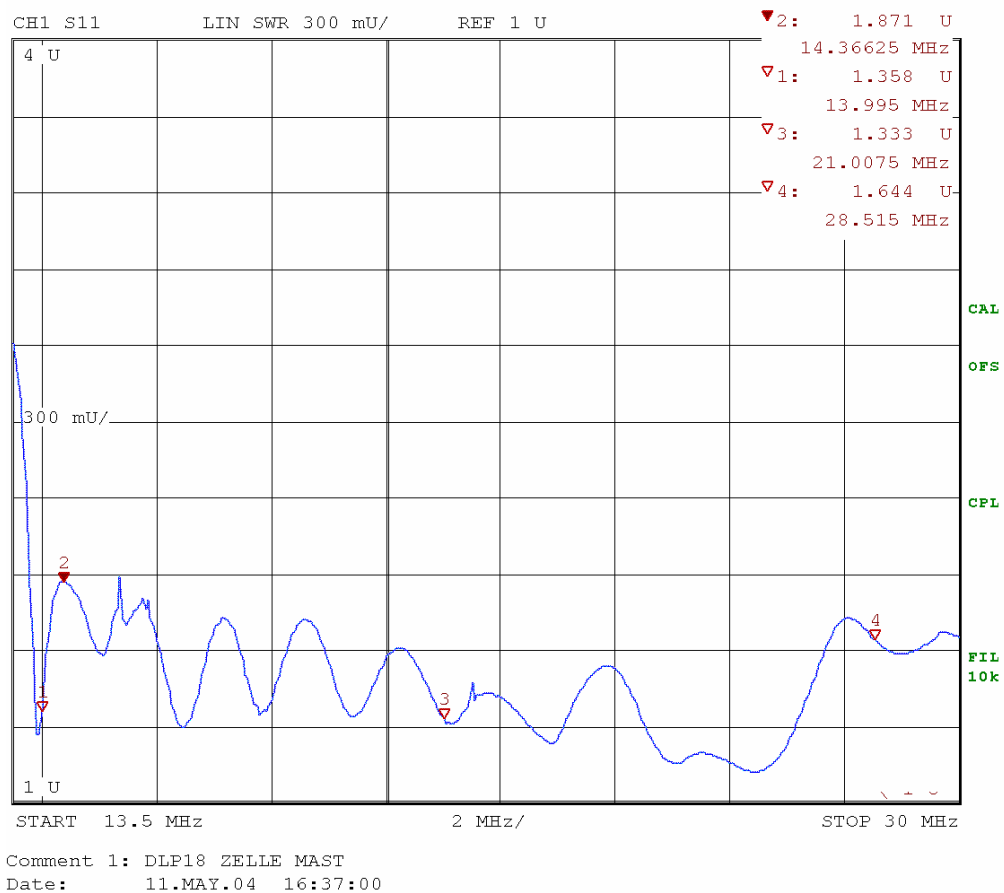


Abb. 2: Verlauf des Stehwellenverhältnisses von 13.5 MHz bis 30 MHz

Im angesprochenen Frequenzbereich ist durchgehend ein *SWR* vorhanden, das besser als 2 ist. Einzelne Werte sind durch Marker gekennzeichnet und können rechts oben in der Abbildung abgelesen werden. Die Antenne erfüllt also die formulierte Anforderung. Bei

einer Frequenz von ca. 15.5 MHz sind einzelne Spitzen zu erkennen. Diese werden durch Rundfunksender verursacht, die durch die Antenne erkannt werden. Es ist deutlich zu sehen, dass das Stehwellenverhältnis bei Frequenzen kleiner als 14.05 MHz stark ansteigt. Da sich in diesem Bereich (bis 10.15 MHz) kein weiteres Amateurfunkband befindet, kann die Antenne dort eine schlechte Anpassung haben. Sie wird dadurch unempfindlicher gegenüber Rundfunksendern, die bei diesen Frequenzen anzufinden sind.

2.3 30 m-Element

Die Anpassung im 30 m-Band (10.1 MHz bis 10.15 MHz) zeigt Abb. 40.

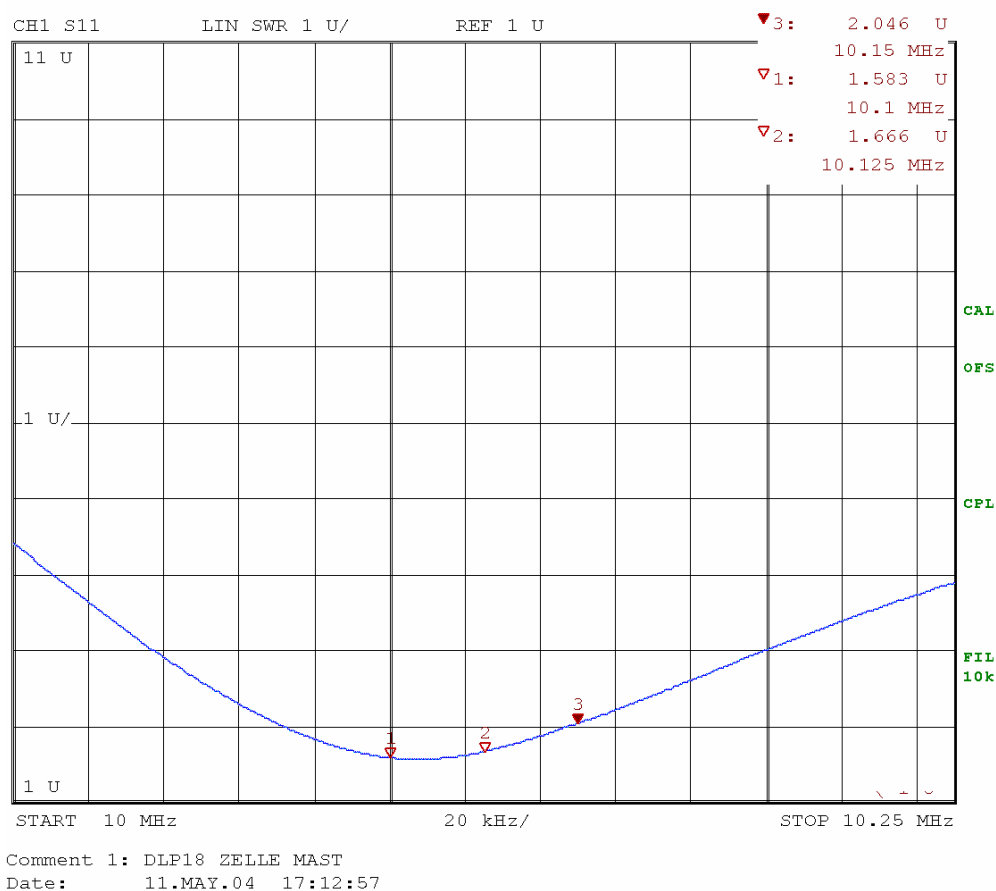


Abb. 3: Verlauf des Stehwellenverhältnisses von 10 MHz bis 10.25 MHz

Bei der Frequenz 10.1 MHz besitzt die Antenne ein Stehwellenverhältnis von 1.583 (Marker 1). Am Ende des 30 m-Bandes ist ein SWR von 2.046 abzulesen (Marker 3). Die Antenne ist somit in diesem Bereich sehr gut angepasst.

Bei diesen Frequenzen verhält sich die DLP 18 bereits zunehmend wie ein Dipol. Die Dipoleigenschaften werden noch deutlicher beim 40 m-Element (siehe Kap. 5.2.4).

2.4 40 m-Element

Das 40 m-Amateurfunkband umfasst die Frequenzen von 7 MHz bis 7.1 MHz. Um die Anpassungseigenschaften der DLP 18 in diesem Band zu ermitteln, wurde das Stehwellenverhältnis im Bereich von 6.9 MHz bis 7.2 MHz erfasst. Die Messergebnisse werden in Abb. 41 dargestellt. Die Werte der einzelnen Marker können rechts oben in der Grafik ausgelesen werden.

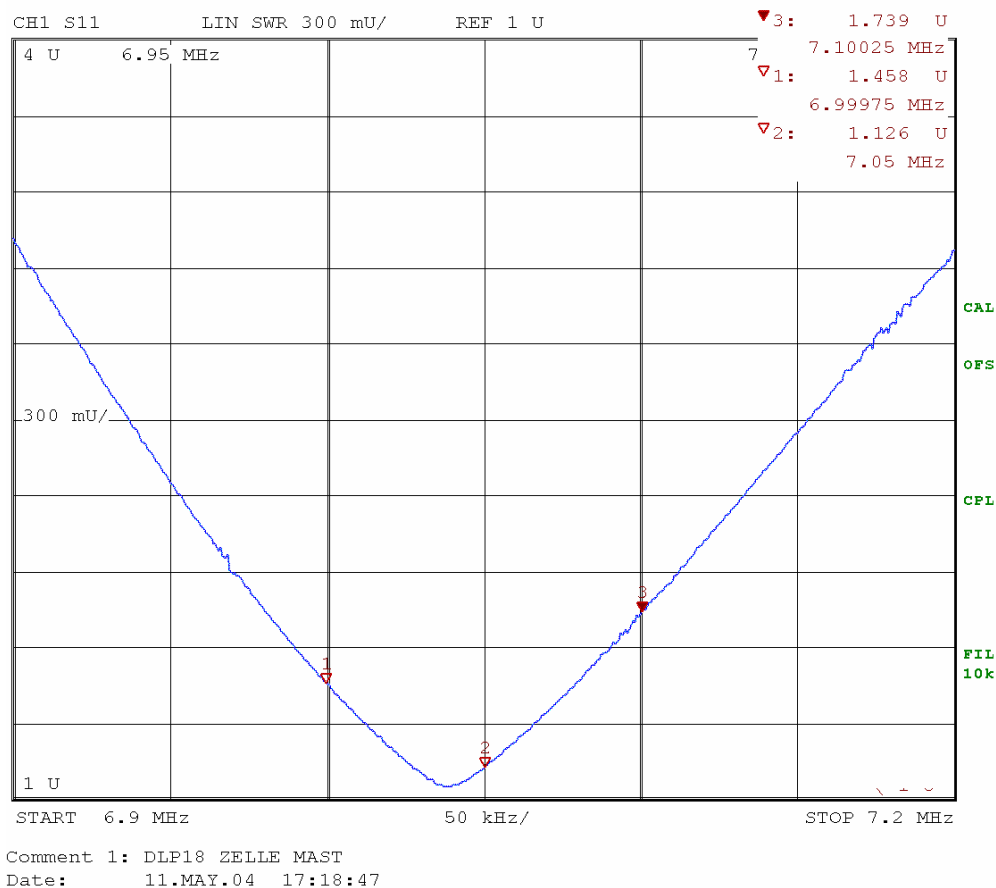


Abb. 4: Verlauf des Stehwellenverhältnisses von 6.9 MHz bis 7.2 MHz

Bereits im vorherigen Kapitel wurde erwähnt, dass sich die Antenne im 40 m-Band wie ein Dipol verhält. Im Gegensatz zum 30 m-Element, das einen strahlungsgekoppelten Dipol darstellt, liegt hier ein echter Dipol vor, da das 40 m-Element direkt gespeist wird. Die näheren Ausführungen nehmen im weiteren Bezug auf Abb. 42.

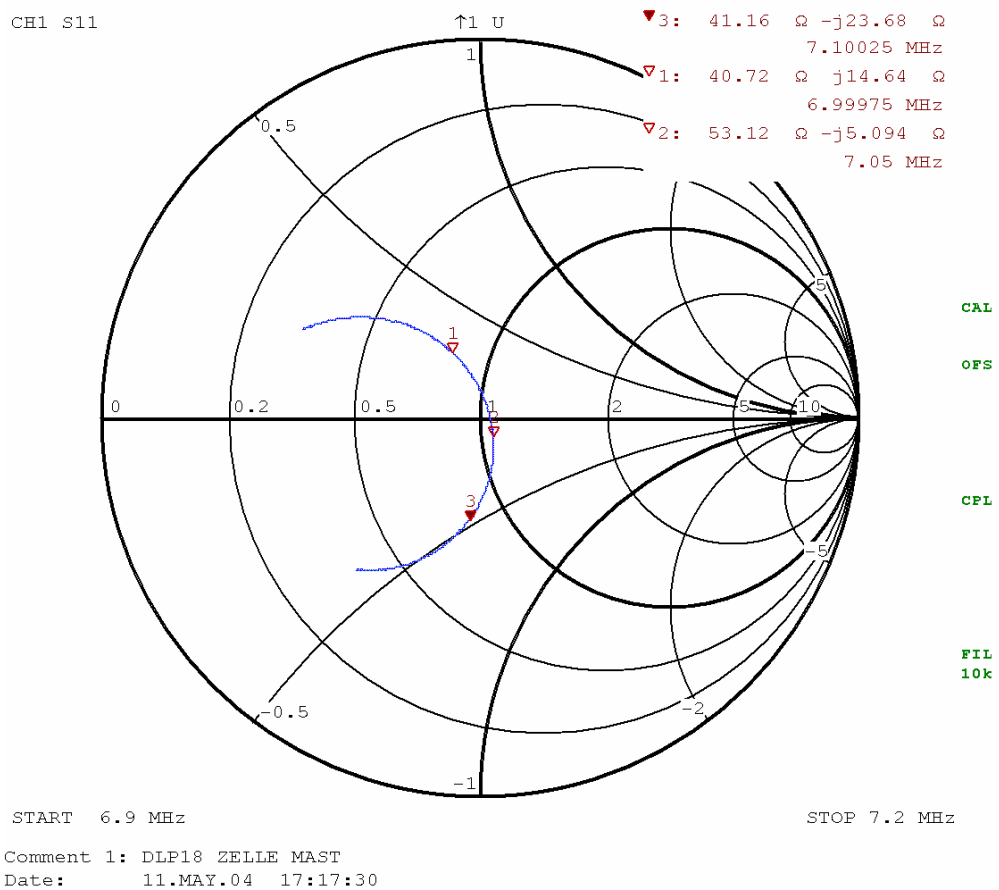


Abb. 5: Verlauf des Stehwellenverhältnisses von 6.9 MHz bis 7.2 MHz (Smith-Chart)

Bei einem Dipol erwarten man im Smith-Chart einen Halbkreis, der nach rechts offen ist. In Abb. 42 ist der Halbkreis jedoch nach links geöffnet. Der Grund hierfür liegt an der Stelle des Messpunktes. Wie bereits in der Einführung zu diesem Kapitel erläutert, wird durch die Offset-Angaben des Kabels der Messpunkt an den Eingang der Antenne gelegt. Das 40 m-Element selbst ist aber von diesem Messpunkt ca. 10 m entfernt. Diese Entfernung beträgt im 40 m-Band genau $\lambda/4$, da der Verkürzungsfaktor auf dieser 10 m Strecke 1 ist. Somit erfolgt im Smith-Chart eine Spiegelung eines jeden einzelnen Wertes um den Anpasspunkt (Mittelpunkt des Smith-Charts). Führt man diese Transformation an den Erwartungswerten eines Dipols durch, so ergibt sich der in Abb. 42 dargestellte Verlauf.

2.5 Zusammenfassung

Die nachfolgende Grafik fasst die unter Kap. 5.2 beschriebenen Messungen noch einmal zusammen. Zu diesem Zweck wird der Verlauf des Stehwellenverhältnisses über den gesamten Frequenzbereich der Antenne aufgezeigt. Die Marker wurden in einzelne

Amateurfunkbänder gesetzt. Es ist zu erkennen, dass dort jeweils eine sehr gute Anpassung vorhanden ist. Außerhalb dieser Bereiche ist das Stehwellenverhältnis sehr groß, um nicht durch dort ansässige Rundfunksender gestört zu werden. Bei der Frequenz 12.45 MHz ist ebenfalls eine gute Anpassung vorhanden, obwohl sich dort kein Amateurfunkband befindet. Die gute Anpassung oberhalb von 14 MHz ist deutlich zu sehen. In diesem Bereich befinden sich eine Vielzahl an Amateurfunkbändern.

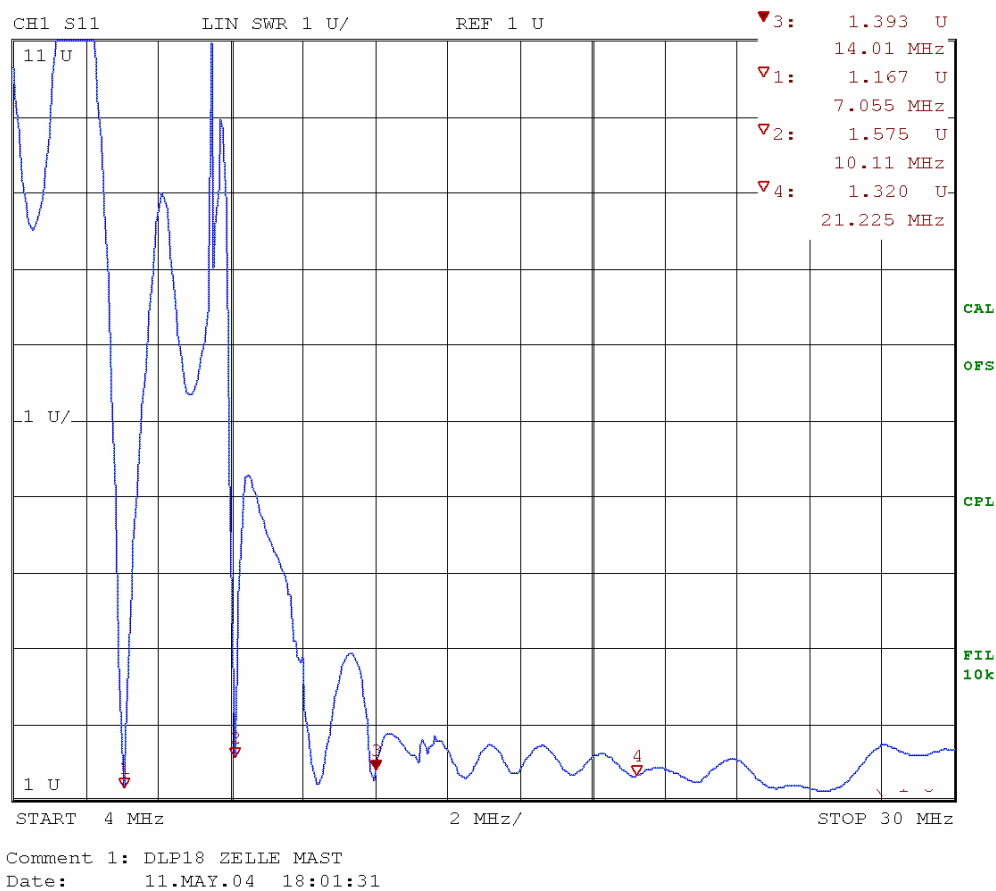


Abb. 6: Verlauf des Stehwellenverhältnisses von 4 MHz bis 30 MHz

3. Messungen zur Strahlungscharakteristik

3.1 Versuchsdurchführung

Bei der Messung des Azimutdiagramms der logarithmisch-periodische Antenne DLP 18 wurde in einer Entfernung von ungefähr 400 m ein $\lambda/2$ -Dipol der Länge 5 m aufgestellt, der als Sendeantenne diente. Der Dipol befand sich in einer Höhe von 4.5 m. Es wurde ein Signal der Leistung 700 mW und der Frequenz 28.15 MHz abgestrahlt (YAESU FT - 817), das von der DLP 18 empfangen wurde. Die hohe Frequenz erlaubt einen einfachen mechanischen Aufbau und ergibt eine große relative Entfernung. Je nach Drehung der DLP

18 erhält man ein mehr oder weniger starkes Empfangssignal. Dieses wurde mit Hilfe des *Spektrum-Analysators FSE B20* von Rohde & Schwarz ausgewertet und die erhaltenen Messwerte mit Hilfe einer Computer-Software (siehe Abb. 44) in einem Text-File abgespeichert. Aus diesen Werten wurde dann das Azimutdiagramm erstellt. Abb. 45 zeigt den gerade beschriebenen Versuchsaufbau:

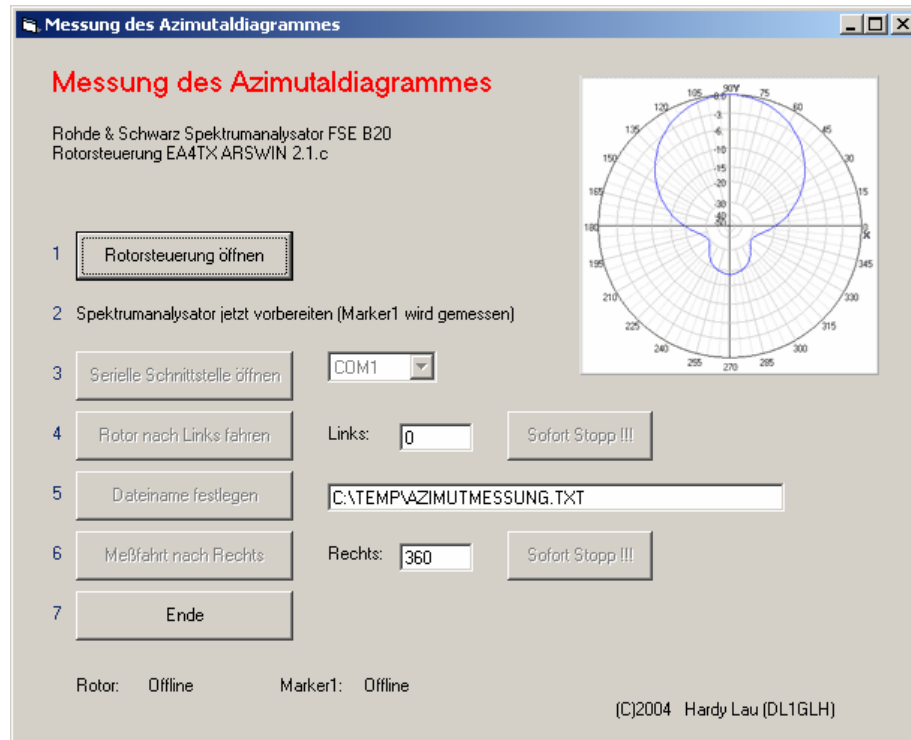


Abb. 7: Versuchsaufbau zur Anpassungsmessung

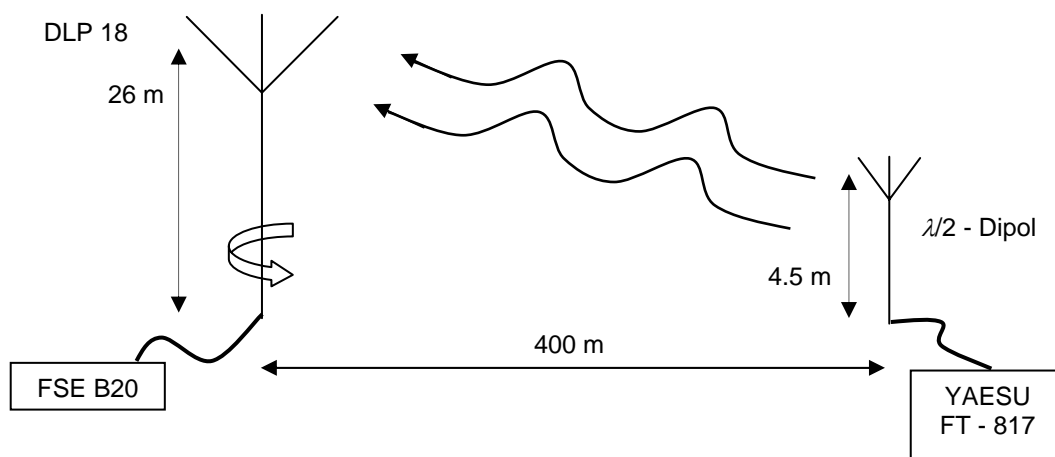


Abb. 8: Versuchsaufbau zur Messung des Azimutdiagramms

3.2 Versuchsergebnisse

Bei der Messung des Azimutdiagramms konnte man aufgrund vorheriger Untersuchungen und Simulationen eine gewisse Erwartungshaltung einnehmen. So war es klar, dass man ein maximales Eingangssignal bekommt, wenn der kleinste Dipol der DLP 18 in Richtung des Sende-Dipols ausgerichtet war. Des Weiteren war eine große Seitendämpfung zu erwarten, da ein Dipol (hier: Dipol der DLP 18) entlang seiner Längsachse nicht strahlt (und somit auch nichts aus dieser Richtung aufnehmen kann). Dreht sich die DLP 18 um 180°, dann erhält man ebenfalls ein geringes Empfangssignal, das dennoch stärker ist als bei der seitlichen Ausrichtung. Abb. 46 zeigt die Messergebnisse:

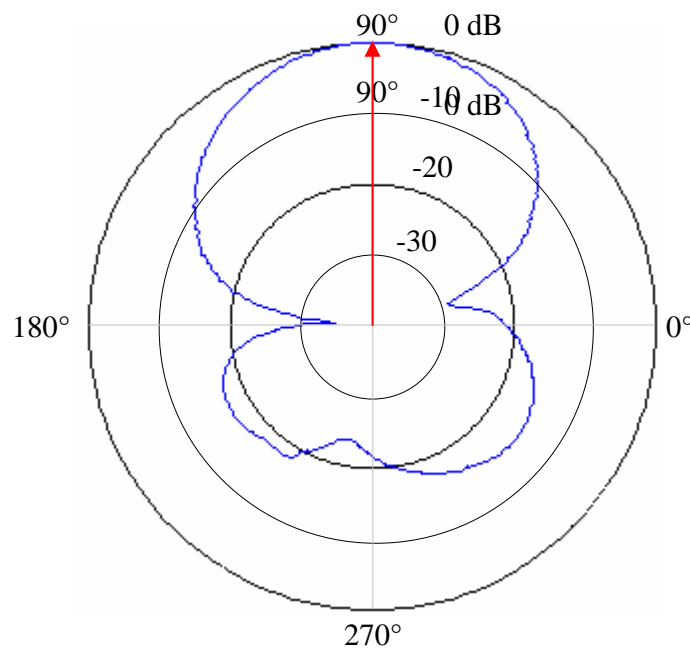


Abb. 9: Azimutdiagramm der DLP 18

4. Vergleich Simulation vs. Messungen

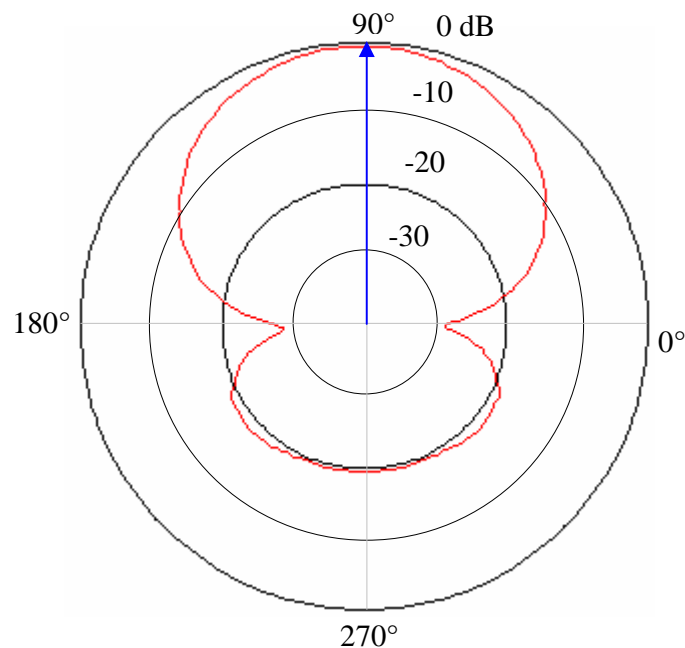
Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der Simulationen und der Messungen gegenüber. Es wird zuerst auf die Anpassungseigenschaften der Antenne bei unterschiedlichen Frequenzen Bezug genommen. Im Anschluss daran wird ein Vergleich bezüglich der Richtcharakteristik vorgenommen.

Die Simulation konnte sehr gut die realen Eigenschaften der Antennenanpassung über den gesamten Frequenzbereich nachbilden. Vor allem bei den „kritischen“ Frequenzen von 14.05 MHz und 10.1 MHz wurden ausgezeichnete Ergebnisse erzielt. Lediglich bei der Anpassung im 40 m-Band konnte nicht der exakte Wert nachgebildet werden. Positiv zeigt sich aber in diesem Bereich, dass die Anpassfrequenz von 7.05 MHz genau getroffen wurde. Die nachfolgende Tabelle zeigt alle Ergebnisse im Überblick (gerundete Werte).

Tab. 1: Stehwellenverhältnis (Simulation und Anpassung)

	Anpassung Simulation	Anpassung Messung
40 m-Band	SWR = 3.5 bei 7.05 MHz	SWR = 1.1 bei 7.05 MHz
30 m-Band	SWR = 1.2 bei 10.2 MHz	SWR = 1.6 bei 10.1 MHz
20 m-Band	SWR = 1.2 bei 14.05 MHz	SWR = 1.4 bei 14.0 MHz

Bei einem Vergleich des Azimutdiagramms ergibt sich die Schwierigkeit, dass bei der Messung der Sendedipol bzgl. Der Höhe *unter* der DLP 18 stand. Dadurch ist es nicht möglich, einfach ein Azimutdiagramm von NEC2 zur Beurteilung heranzuziehen. Ein Ausweg besteht darin, eine Nahfeldanalyse in NEC2 durchzuführen und die Feldstärke zu ermitteln. Dazu ist es zweckmäßig, dass man stets den gleichen Punkt im Nahfeld betrachtet und die Antenne einmal um sich selbst drehen lässt. Hierfür benötigt man in NEC2 die sog. *GM-Card*. Mit dieser Karte ist es möglich, eine Antennenstruktur zu drehen. Die so erhaltenen Simulationsergebnisse zeigt Abb. 47.

**Abb. 10:** Azimutdiagramm der DLP 18 (über Nahfeldsimulation)

Ein Vergleich mit Abb. 46 zeigt, dass die Simulation in guter Näherung mit den Ergebnissen der Messung übereinstimmt. Die Werte für die Seitendämpfung und für das Vor-Rück-Verhältnis liegen ebenfalls in der gleichen Größenordnung: bei beiden ist eine Seitendämpfung von ca. -30 dB und ein Vor-Rück-Verhältnis von etwa -20 dB vorhanden. Es ist zu sehen, dass das Richtdiagramm der DLP 18 nicht exakt symmetrisch ist, sondern leicht nach links geneigt ist (die Antenne „schießt“!).

Ein interessanter Aspekt ergibt sich, wenn man nun das Azimutdiagramm der DLP 18, das sich durch die untere Keule ergibt, ansieht.

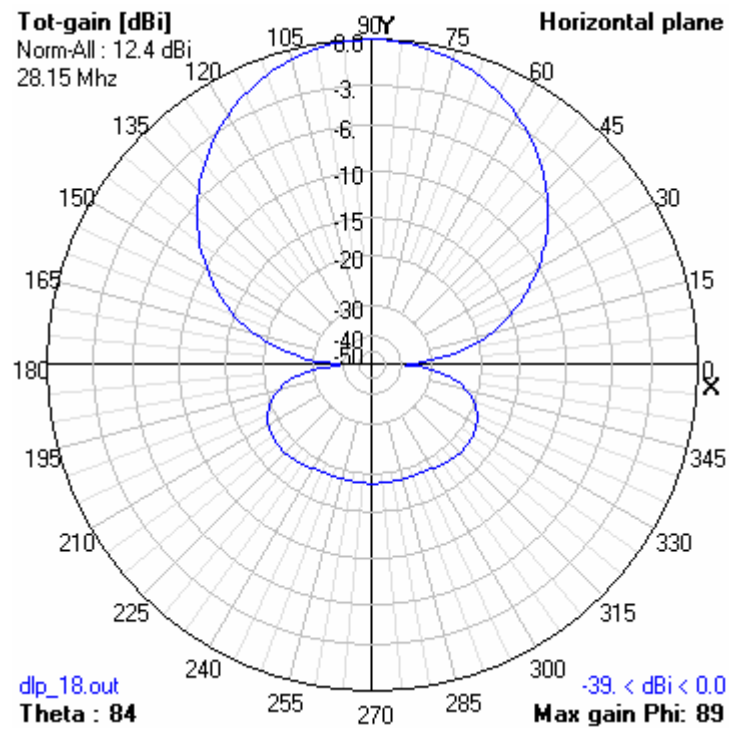


Abb. 11: Azimutdiagramm der DLP 18 (Simulation)

Es ist nahezu mit dem Diagramm, das durch eine Nahfeldsimulation gewonnen wurde, identisch.

Zusammenfassend kann man sagen, dass das erstellte Simulationsmodell der DLP 18 sehr gut die realen Eigenschaften der Antenne nachbildet. Kleine Abweichungen, die sich durch Aufbaumaßnahmen der realen Antenne, Wetterverhältnisse bei der Messung des Azimutdiagramms etc. ergeben, können natürlich nicht in der Simulation hinreichend berücksichtigt werden.