

Vertikalantenne für das 10, 20 und 40 m Band

Reinhard Noll, DF1RN

Ausgelöst durch meinen neuen Transceiver Elecraft KX3 suchte ich eine Mehrbandantenne, die sowohl an meinem QTH als auch unterwegs einsetzbar ist. Nach einigen Vorüberlegungen habe ich schließlich einen Bauvorschlag von PD7MAA aufgegriffen, der eine Vertikalantenne für das 10, 20 und 40 m Band beschreibt [1], auf die mich Stefan, DJ2SEA, von unserem OV G01 hingewiesen hatte. Sie sollte die von mir formulierten Anforderungen erfüllen: a) stationär als auch portabel einsetzbar, b) einfach auf- und abzubauen, c) möglichst optisch unauffällig und d) montierbar ohne große Eingriffe an unserem Haus. Diese Antenne, ihre Abstimmung und Charakterisierung stelle ich im Weiteren vor.

1. Standort und Speiseleitung

Die Entscheidung für die Aufstellung fiel auf die Dachterrasse unseres Hauses oberhalb des zweiten Obergeschoss. An der Südwestecke dieser Terrasse, in einer Höhe von 222 m über NN, könnte die Vertikalantenne am Brüstungsgeländer befestigt werden.

Wie kommt die HF vom Standort meines Transceivers im Dachgeschoss zur Antenne? Vom Shack in meinem Arbeitszimmer führt ein Kriechspeicher bis zur Dachterrasse. Darin habe ich die ca. 15 m lange Speiseleitung, Typ H 2007, verlegt [2]. Die Durchführung vom Kriechspeicher durch die Außenwand auf die Dachterrasse führt über eine modifizierte Außensteckdose mit Abdeckklappe (Hersteller Busch-Jäger; schon an anderer Stelle auf der Terrasse wurde dieser Typ für den gewöhnlichen 220V-Gebrauch verbaut, so dass optisch eine völlig unauffällige Installation vorliegt). Deren Inneres - nämlich die eigentliche 220 V Steckdose - habe ich so umgebaut, dass das Speisekabel mit N-Stecker hindurchgeführt werden kann. Auf diese Weise ist es möglich, das Speisekabel von der Antenne zu trennen und vollständig durch die "HF-Außensteckdose" in den Kriechspeicher zurück zu schieben, so dass am Ende nur eine normale Außensteckdose mit Abdeckplatte übrig bleibt. Bild 1a zeigt den Installationsort und Bild 1b eine Nahaufnahme der installierten "HF-Außensteckdose".



Bild 1a: Bereich der Dachterrasse mit markierter Position (roter Kreis) für die Durchführung des Speisekabels aus dem Kriechspeicher auf die Dachterrasse zum Aufstellort der Vertikalantenne



Bild 1b: Modifizierte Außensteckdose mit Abdeckklappe an der in Bild 1a markierten Position. Zu sehen ist das in den Kriechspeicher zurück geschobene Speisekabel mit dem N-Stecker

Bei der Fa. spider beam habe ich einen 12 m hohen Fiberglasmast bestellt [3] und diesen mit einem Aluminiumwinkel am Brüstungsgeländer der Dachterrasse montiert. Bild 2 zeigt die Ansicht unseres Hauses von Süd-West mit der aufgebauten Antenne.

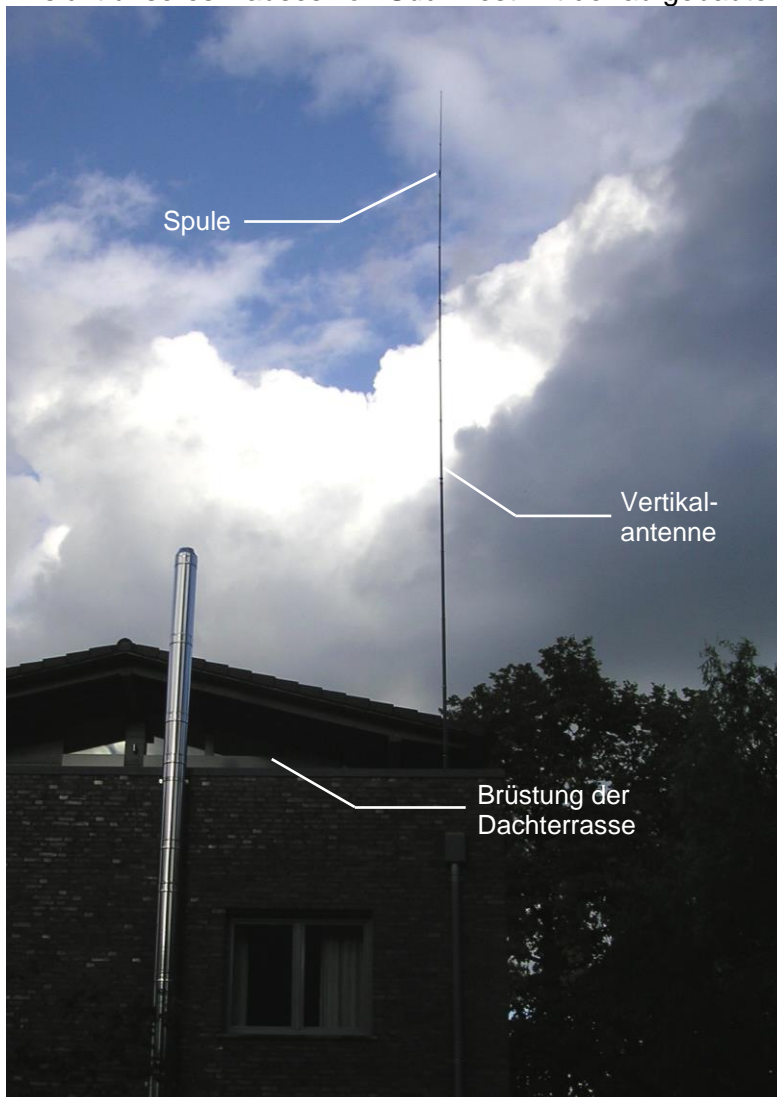


Bild 2: Vertikalantenne an Fiberglasmast

2. Unun und Vertikalantenne

Bild 3 zeigt den Schaltplan mit Speiseleitung, Mantelwellensperre, Unun und Vertikalantenne. An der BNC-Antennenbuchse des KX3 habe ich ein kurzes Stück RG 58 CU MIL angeschlossen, um die mechanische Belastung dieser Buchse durch das schwerere H 2007 Kabel zu verringern. Die Speiseleitung führt von dort in den Kriechspeicher und schließlich über die Außensteckdose zum Unun, den ich in etwa 70 cm Höhe über dem unteren Ende des Fiberglasmastes mit Klettbandern am Mast montiert habe. Der Unun transformiert die Impedanz im Verhältnis von 1 : 64.

Der Unun findet in einer herkömmlichen Verteilerdose Platz, siehe Bild 4. Zwei Kabelhalter fixieren den Ringkern. Zunächst habe ich die Wirkungsweise des Ununs näher untersucht. Statt der Antenne schließen dafür verschiedene ohmsche Widerstände die Sekundärseite zur Masse hin ab. Mit dem vektorialen Netzwerkanalysator VNWA wird das Stehwellenverhältnis VSWR im Frequenzbereich von 0,05 bis 50 MHz gemessen [4]. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Ergebnisse für verschiedene ohmsche Lasten und Kapazitäten (vgl. Kondensator C auf der Primärseite des Unun, Bild 3; für QRP wurde hier eine Spannungsfestigkeit von 100 V verwendet, für HF-Leistungen bis 100 W sind entsprechend höhere Werte zu wählen: > 800 V) bei den Frequenzen 7,1 MHz, 14,2 MHz und 28,9 MHz, die in der Mitte oder in der Nähe der Mitte des jeweiligen Kurzwellenbandes liegen. Die letzte Spalte

zeigt den Mittelwert der drei VSWR-Werte für die drei Bänder an. Für die Messungen Nr. 7 und 8 werden die geringsten Mittelwerte mit ca. 1,3 erreicht, entsprechend der Erwartung, dass eine sekundärseitige Last von 3,2 k Ω theoretisch auf 50 Ω transformiert werden sollte: $50 \Omega = 3200 \Omega/64$.

Bild 5 zeigt den Verlauf der VSWR-Kurve und das Smith-Diagramm zur Messung Nr. 8. Im gesamten Frequenzbereich von 7 bis 30 MHz zeigt der Unun einen in etwa konstanten VSWR-Verlauf mit Werten < 1,5.

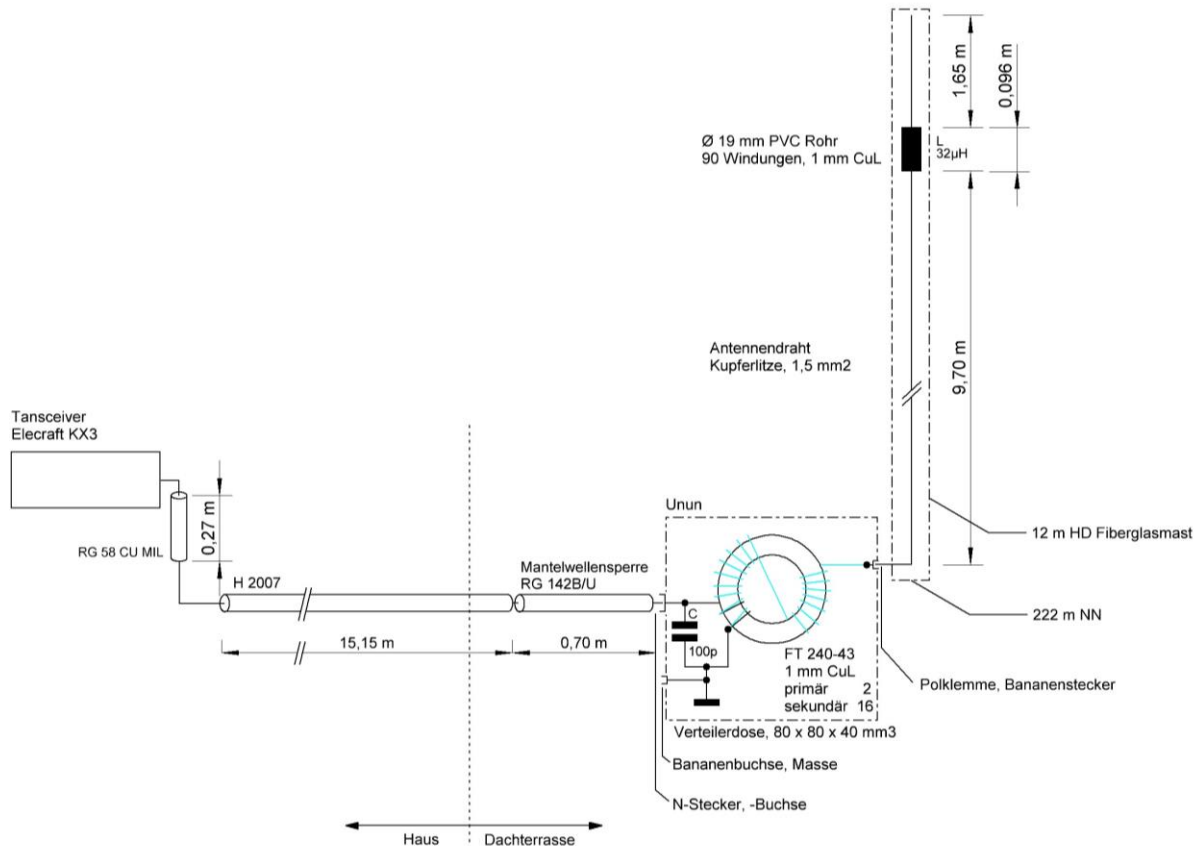


Bild 3: Schaltplan mit Speiseleitung, Mantelwellensperre, Unun und Vertikalantenne

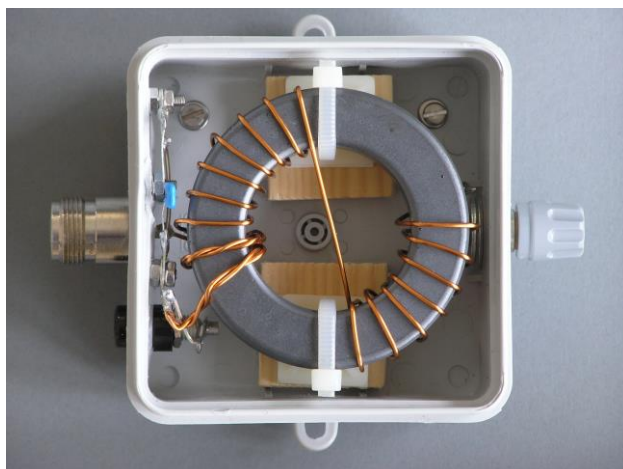


Bild 4: Unun mit Ringkern FT240-43. Die Einspeisung erfolgt von links über die N-Buchse. Die beiden Windungen der Primärwicklung sind mit der Sekundärwicklung verdrillt. Eingangsseitig ist der Primärwicklung ein 100 pF Glimmerkondensator parallel geschaltet. Die Sekundärwicklung führt zu einer Polklemme (rechts, grau) an der über einen Bananenstecker die Vertikalantenne angeschlossen wird. Über die Bananenbuchse links unten (schwarz) wird die Masse zusätzlich herausgeführt

Tab. 1: Übersicht der Messergebnisse für das Stehwellenverhältnis VSWR des Unun in den Bändern 10, 20 und 40 m bei verschiedenen ohmschen Lasten und primärseitigen Kapazitäten

Nr.	Last [kOhm]	C [pF]	VSWR			VSWR Mittelwert
			7.1 MHz	14.2 MHz	28.9 MHz	
1	2	100	1.82	1.70	1.81	1.78
2	2	120	1.79	1.64	1.82	1.75
3	2	150	1.75	1.54	2.57	1.95
4	2	220	1.66	1.44	7.48	3.53
5	2.47	120	1.51	1.48	1.52	1.50
6	3	120	1.30	1.45	1.30	1.35
7	3.2	120	1.23	1.44	1.23	1.30
8	3.2	100	1.24	1.40	1.30	1.31

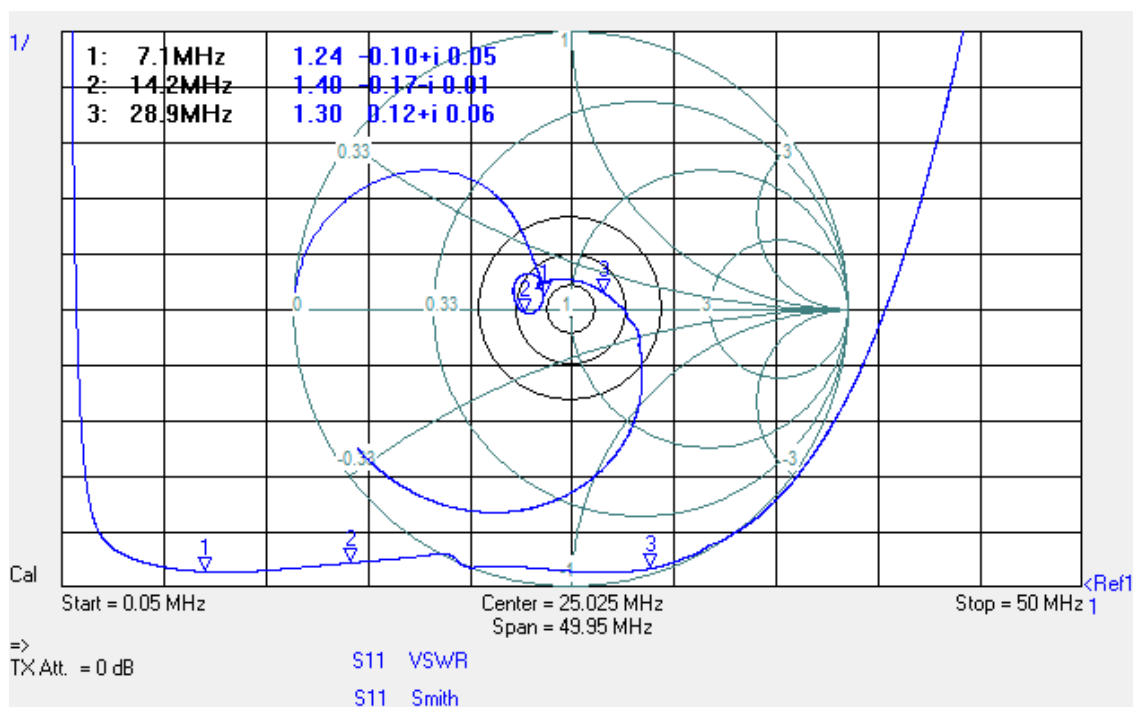


Bild 5: VSWR des Unun zwischen 0,05 MHz und 50 MHz für eine ohmsche Last von 3,2 kΩ und eine Querkapazität von 100 pF (Messung Nr. 8 in Tab. 1)

Die Induktivität der Spule zwischen dem unteren Teil des Vertikalstrahlers (Länge l_1) und dem oberen Teil (l_2) sollte nach [1] 34 μH betragen, wenn 90 Windungen eines 1 mm CuL Drahts auf ein PVC-Rohr mit 19 mm Durchmesser gewickelt werden. Bild 6 zeigt die aufgebaute Spule mit dem noch für Testzwecke per Lüsterklemme angeschlossenen Drahtstück des oberen Teils. Zum Witterungsschutz der Spule habe ich diese später vollständig mit einem Schrumpfschlauch überzogen.



Bild 6: Spule zwischen dem unteren und dem oberen Teilstück der Vertikalantenne. Im PVC-Trägerrohr sind noch Querbohrungen angebracht, um die Spule per Kabelbinder am Mast befestigen zu können

Die elektrischen Eigenschaften der Spule werden ebenfalls mit dem Netzwerkanalysator VNWA gemessen, näheres dazu später in Abschnitt 3. Bei 10,7 MHz liegt die Eigenresonanz der Spule. Für Frequenzen deutlich unter der Resonanz beträgt die Induktivität ca. 32 μH . Im 40 m Band wirkt die Induktivität wie eine Verlängerung der Antenne. In den Bändern 20 m und 10 m liegen die Frequenzen oberhalb der Resonanz, die Spule wirkt dann kapazitiv und verkürzt die Antenne.

Das obere Ende des Antennendrahts habe ich mit einer Schraube an einem Kunststoffröhrchen befestigt, das einfach auf das letzte Fiberglassegment aufgesteckt werden kann, siehe Bild 7. Auch dieses Teil habe ich später mit einem Schrumpfschlauch als Witterungsschutz überzogen.



Bild 7: Oberes Ende des Antennendrahts montiert an einer Kunststoffhülse, die auf das letzte Segment des Fiberglasmastes aufgesteckt wird

Für den Antennendraht wird eine Kupferlitze mit 1,5 mm² Querschnitt verwendet.

3. Abstimmung der Antenne

Als nächstes ging es an die Abstimmung der Längen der beiden Antennendrahte. Bild 8 zeigt für das 10 m und 20 m Band jeweils die Frequenzen mit dem minimalen Stehwellenverhältnis (VSWR_{\min}) als Funktion der Länge l_1 für eine gegebene Länge des oberen Antennendrahts l_2 . Die horizontale Linie markiert das Zweifache oder Vierfache der Bandmitte des 40 m Bands: $2 \times 7,1 \text{ MHz} = 14,2 \text{ MHz}$, $4 \times 7,1 \text{ MHz} = 28,4 \text{ MHz}$ (diese Frequenz liegt im 10 m Band unterhalb der Bandmitte). Ein gemeinsamer Schnittpunkt der Kurvenschar auf der horizontalen Linie ist nicht zu finden. Ein Kompromiß stellte die Länge von $l_1 = 9,70 \text{ m}$ dar – siehe strichlierte vertikale Linie in Bild 8 – bei der beide Kurvenscharen (für 10 m und 20 m Band) der horizontalen Linie möglichst nahe kommen.

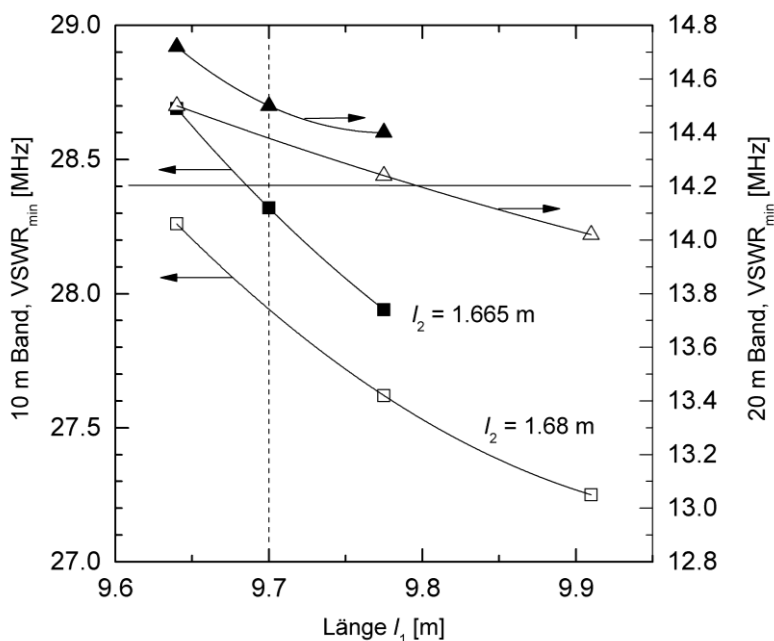


Bild 8: Frequenzlage des Minimums der VSWR Kurve als Funktion der Länge des unteren Antennendrahts l_1 für das 10 m (linke Ordinate) und das 20 m Band (rechte Ordinate), Parameter ist die Länge des oberen Antennendrahts l_2 . Die horizontale Linie gibt die angestrebte Position des VSWR-Minimums bei den Frequenzen 28,4 MHz und 14,2 MHz an

Bild 9 zeigt die Frequenzlage des VSWR Minimums für das 40 m Band als Funktion der Länge l_1 . Bei einer Länge l_1 von 9,70 m zeigt sich, dass l_2 noch etwas kleiner als 1,665 m sein sollte, um der horizontalen Linie – der gewünschten Ziellage des VSWR-Minimums – nahe zu kommen. Ich habe dann anhand der drei Datenpunkte bei $l_1 = 9,64$ m den Zielwert interpoliert: $l_2 = 1,65$ m.

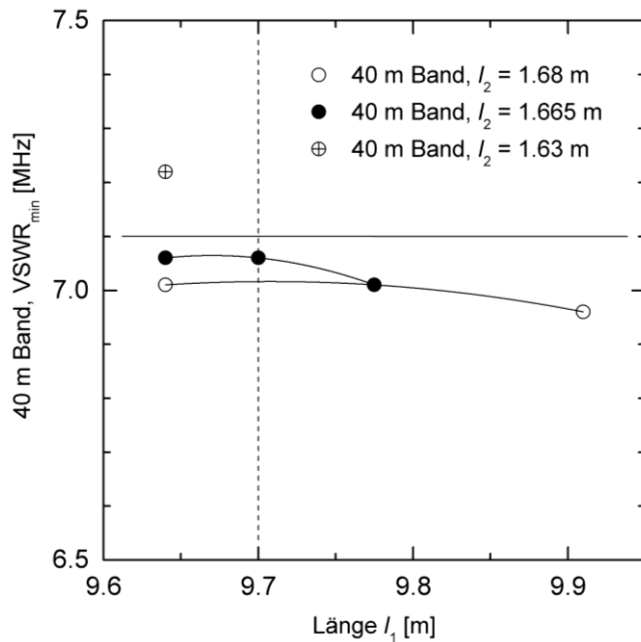


Bild 9: Frequenzlage des Minimums der VSWR Kurve als Funktion der Länge des unteren Antennendrahts l_1 für das 40 m Band, Parameter ist die Länge des oberen Antennendrahts l_2 . Die horizontale Linie gibt die angestrebte Position des VSWR-Minimums bei 7,1 MHz an

Das Ergebnis dieser iterativen Vorgehensweise führt so auf $l_1 = 9,70$ m und $l_2 = 1,65$ m für die gegebene Umgebung am gewählten Aufstellort der Vertikalantenne. Das gemessene Stehwellen-verhältnis VSWR dieser Antenne zeigt Bild 10. Das mittlere VSWR beträgt im 10 m, 20 m und 40 m Band 1,18 und unterschreitet damit den in Tab. 1, Nr. 7 und 8, bei idealisierter ohmscher Last gefundenen Wert von im Mittel ca. 1,30.

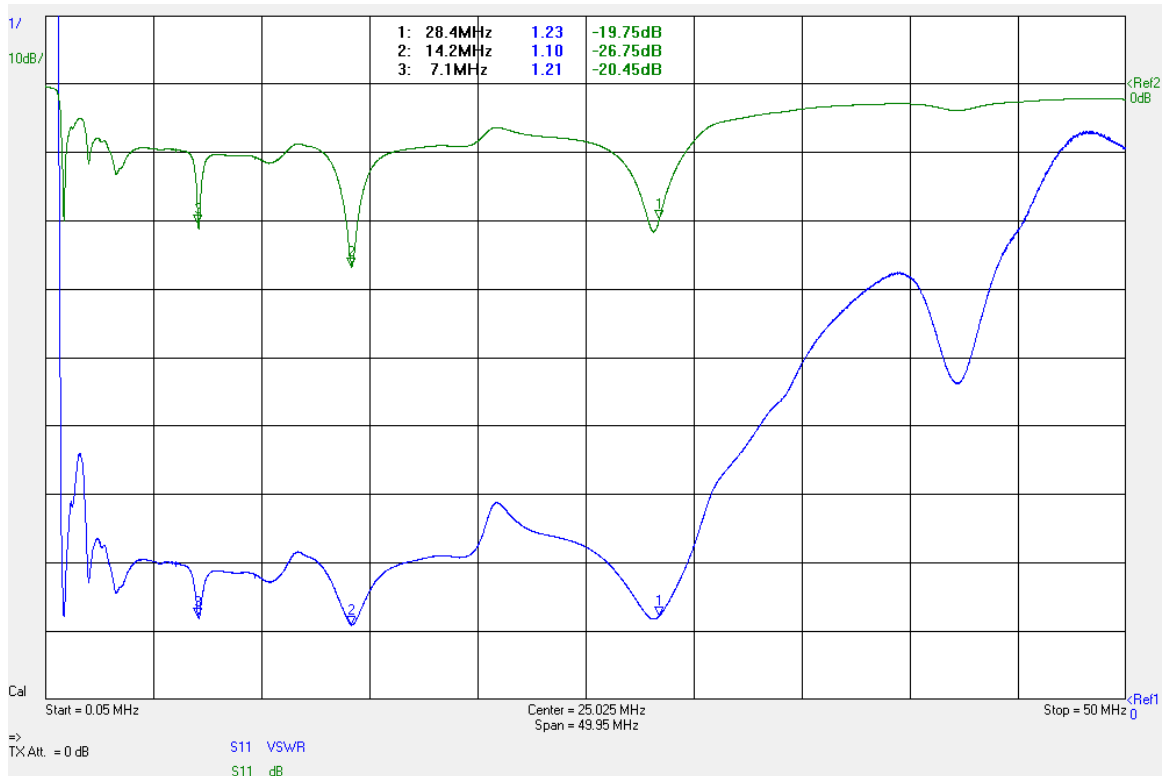


Bild 10: VSWR der Vertikalantenne als Funktion der Frequenz im Bereich 0,05 MHz bis 50 MHz. Die Marker 1 und 2 zeigen den gefundenen Kompromiß: bei 28,4 MHz (Marker 1) liegt das nächste VSWR-Minimum etwas unterhalb von 28,4 MHz, bei 14,2 MHz (Marker 2) jedoch noch geringfügig höher

Gehen wir davon aus, dass im 20 m Band die Vertikalantenne näherungsweise einen endgespeisten $\lambda/2$ -Strahler darstellt (mehr dazu in Abschnitt 4., vgl. Bild 18), so kann dessen Strahlungswiderstand bezogen auf den Strombauch berechnet werden: $R_s \approx 100 \Omega$ [5]. Für den Fußpunktwiderstand gilt [5]:

$$R_F = \frac{Z_a^2}{R_s} \quad (1)$$

wobei Z_a der Leitungswellenwiderstand der Antenne gegen Erde ist. Für diesen gilt [5]:

$$Z_a \approx 60 \Omega \left(\ln \left(\frac{2l}{d} \right) - 0,6 \right) \quad (2)$$

mit l Länge der Antenne und d Durchmesser des Antennenleiters. Mit $l = l_1 \approx 10$ m, $d = 1,38$ mm (entspricht dem Drahtquerschnitt von $1,5$ mm²) folgt aus (2): $Z_a \approx 539 \Omega$. Damit ergibt sich ein Fußpunktwiderstand von $R_F \approx 2900 \Omega$. Dieser abgeschätzte Wert erreicht nahezu die hochtransformierte 50Ω Impedanz von 3200Ω .

3. Eigenschaften der Spule - Messung der S-Parameter und Ersatzschaltbild

Die elektrischen Eigenschaften der Spule für die Vertikalantenne habe ich mit dem vektoriellen Netzwerkanalysator VNWA gemessen [4]. Bild 11 zeigt den Realteil der Impedanz (blaue Kurve, "Real Z") zwischen 0,05 und 50 MHz. Für Frequenzen deutlich oberhalb der Spulenresonanz bei ca. 10,7 MHz wird eine Kapazität von $C_0 = 6,04$ pF (siehe Marker 6) ermittelt.

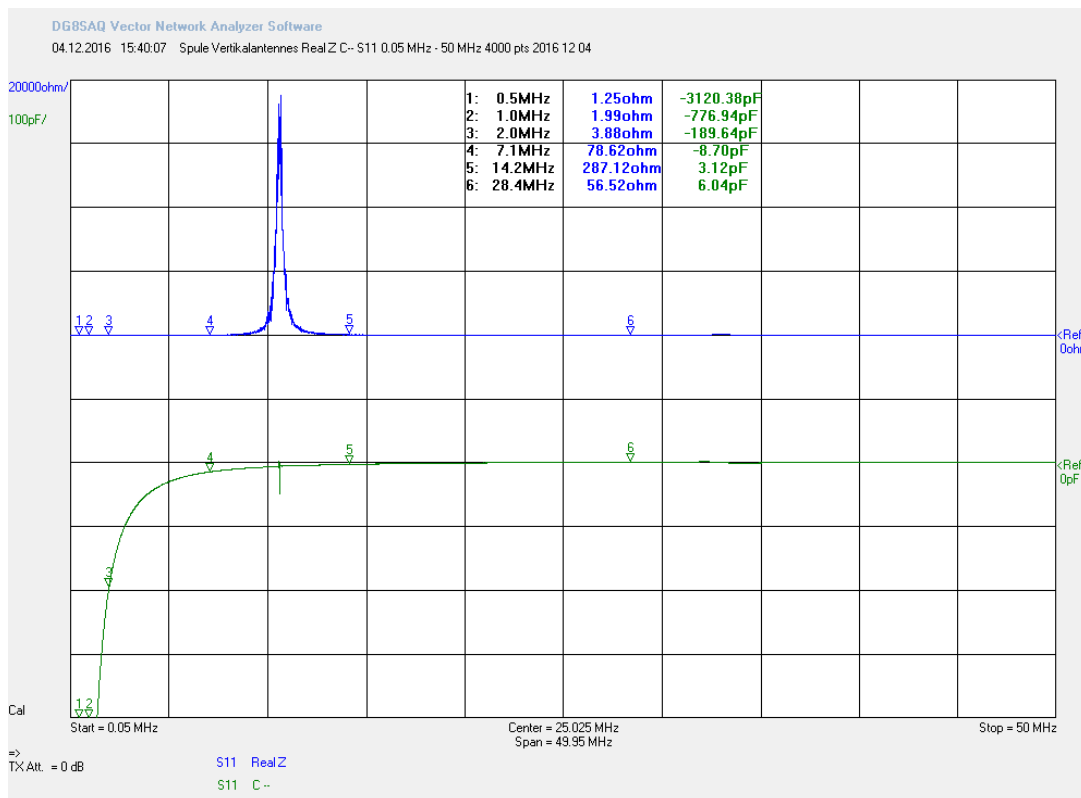


Bild 11: Realteil der Impedanz als Funktion der Frequenz zwischen 0,05 und 50 MHz berechnet aus dem gemessenen Eingangsreflexionsfaktor S_{11} (blaue Kurve, "RealZ"). Die grüne Kurve zeigt die berechnete Kapazität ("C--"), sie erreicht für Frequenzen weit oberhalb der Resonanz Werte von ca. 6 pF (für Frequenzen unterhalb der Spulenresonanz ergeben sich rechnerisch negative Kapazitäten, sie haben keine physikalische Bedeutung)

Bild 12 zeigt eine entsprechende Darstellung für die Induktivität (grüne Kurve, "L II"). Für Frequenzen deutlich unterhalb der Resonanz beträgt diese ca. $L_0 = 32,5$ μ H (siehe Marker 1). Im einfachsten Fall kann die Spule durch einen verlustbehafteten Parallelschwingkreis als

Ersatzschaltbild dargestellt werden bei dem ein ohmscher Widerstand R_0 der Induktivität L_0 und der Kapazität C_0 parallel geschaltet ist. Mit $R_0 = 70 \text{ k}\Omega$ und den ermittelten Werten für C_0 und L_0 kann der Verlauf des Realteils der Impedanz des Parallelschwingkreises als Funktion der Frequenz berechnet werden. Das Maximum des gemessenen Realteils tritt bei einer Frequenz von 10,7 MHz auf. Werden die Werte $32,5 \text{ }\mu\text{H}$ und $6,04 \text{ pF}$ zugrunde gelegt, ergibt sich jedoch eine Resonanzfrequenz, die zu hoch ist (11,4 MHz). Daher habe ich für die weiteren Berechnungen z.B. die Induktivität vorgegeben und diejenige Kapazität gewählt, die gerade eine Parallelresonanz bei 10,7 MHz ergibt. Daraus resultiert das Wertepaar (L_0, C_0) = ($32,5 \text{ }\mu\text{H}, 6,80 \text{ pF}$).

Bild 13 zeigt das Ergebnis der Messung des Realteils der Spulenimpedanz mit dem VNWA (schwarze Kurve; gleiche Daten wie in Bild 1 und Bild 2) sowie die Berechnungen mit dem Ersatzschaltbild für das Wertepaar ($32,5 \text{ }\mu\text{H}, 6,80 \text{ pF}$), siehe blaue Kurve. Umgekehrt kann auch die Kapazität vorgegeben werden, z.B. die oben bestimmten $6,04 \text{ pF}$ und daraus die zugehörige Induktivität ermittelt werden. Die Berechnungen für dieses Wertepaar ($36,6 \text{ }\mu\text{H}, 6,04 \text{ pF}$) sind als rote Kurve in Bild 13 eingetragen. Über nahezu drei Größenordnungen des Realteils der Spulenimpedanz kann das gewählte einfache Ersatzschaltbild den Verlauf der Spulenimpedanz gut beschreiben. Bei Frequenzen oberhalb von 20 MHz ist der gemessene Realteil stets größer als die berechneten Werte und zeigt weitere wesentlich kleinere Maxima, deren Ursprung nur mit einem detaillierteren Ersatzschaltbild zu beschreiben wäre. Das Wertepaar ($36,6 \text{ }\mu\text{H}, 6,04 \text{ pF}$) ergibt an der rechten Flanke des Resonanzmaximums eine bessere Anpassung zu den gemessenen Werten als auf der linken. Für das andere Wertepaar ist es genau umgekehrt.

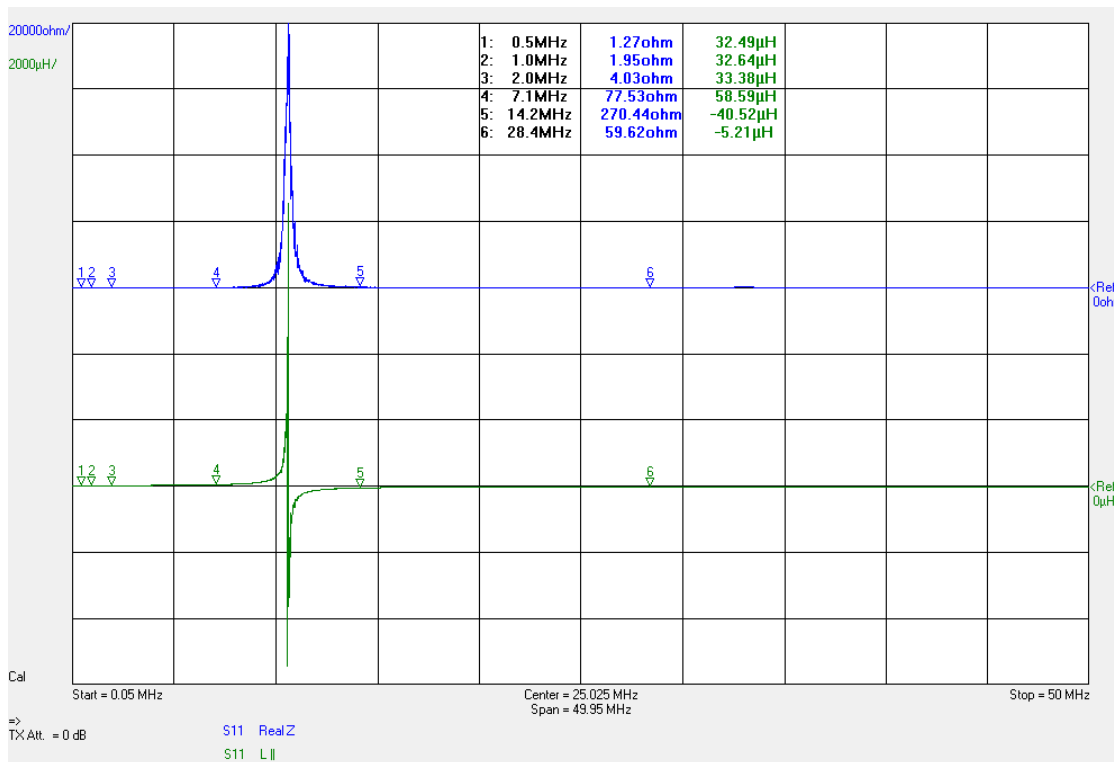


Bild 12: Realteil der Impedanz als Funktion der Frequenz zwischen 0,05 und 50 MHz berechnet aus dem gemessenen Eingang Reflexionsfaktor S_{11} (blaue Kurve, "RealZ"). Die grüne Kurve zeigt die berechnete Kapazität ("L II"), sie erreicht für Frequenzen weit unterhalb der Spulenresonanz Werte von ca. $32,5 \text{ }\mu\text{H}$ (für Frequenzen ober der Spulenresonanz resultieren rechnerisch negative Induktivitäten, sie haben keine physikalische Bedeutung)

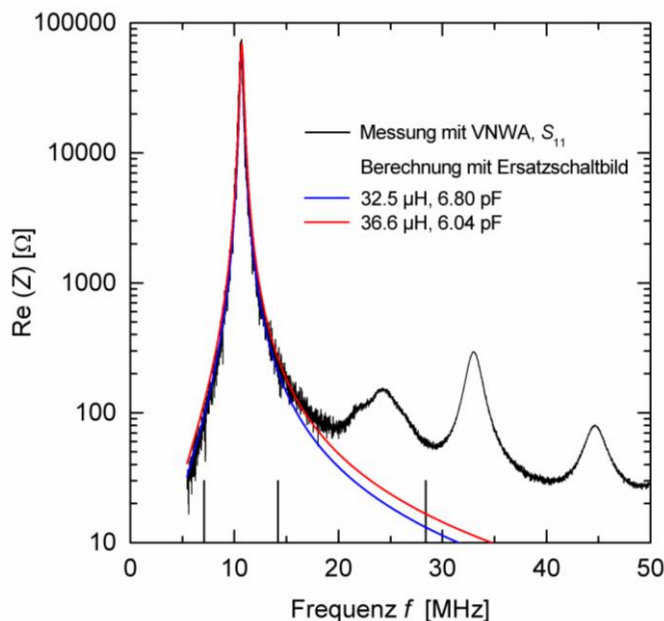
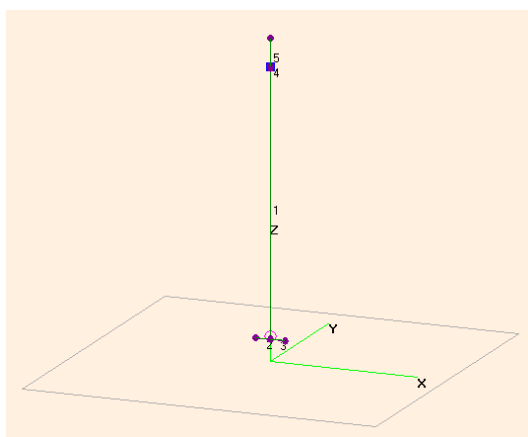


Bild 13: Verlauf des gemessenen Realteils der Spulenimpedanz in halblogarithmischer Darstellung als Funktion der Frequenz und berechneter Realteil der Impedanz für einen verlustbehafteten Parallelschwingkreis mit gleicher Lage der Resonanzfrequenz bei 10,7 MHz.

Die Frequenzen 7,1 MHz, 14,2 MHz und 28,4 MHz sind auf der x-Achse markiert

4. Simulation der Vertikalantenne mit 4NEC2

Im Simulationsprogramm 4NEC2 wird als charakteristische Bezugsimpedanz "CharImpedance" der Wert 3200Ω gewählt. Das entspricht den mit dem Unun um 1 : 64 hochtransformierten Wert von 50 Ohm. Das gewählte Antennenmodell und die geometrischen Daten für die Antenne zeigt Bild 14. Das Element Nr. 1 beschreibt den unteren ca. 10 m langen Draht der Vertikalantenne. Die Nummern 2 und 3 sind zwei Radials am Antennenfußpunkt, die als Gegengewichte der Erregerquelle dienen. Element Nr. 4 gibt die Spule mit eine Länge von 10 cm wieder. Nummer 5 ist schließlich der Antennendraht am oberen Ende. Die Längen der Drähte habe ich angepasst, sodass die berechneten Resonanzen näherungsweise bei 7,1, 14,2 und 28,4 MHz liegen. Diese Werte weichen von den tatsächlichen, experimentell optimierten Drahtlängen ab. Das ist sicherlich eine Folge davon, dass das Antennenmodell nicht die reale Situation vollständig wiedergibt (Speiseleitung mit Mantelwellensperre, Unun, metallische Brüstungsabdeckung auf der Terrasse in der Nähe des Antennenfußpunktes, Edelstahlrohr in ca. 5 m Entfernung von der Antenne, vgl. Bild 2; Masseverhältnisse, ...).



Symbols		Geometry			Source/Load			Freq./Ground		
Geometry (Scaling=Meters)										
Nr	Type	Tag	Segs	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Radius
1	Wire	1	47	0	0	0.8	0	0	10.7	7.e-4
2	Wire	4	3	-0.5	0	0.8	0	0	0.8	7.e-4
3	Wire	5	3	0	0	0.8	0.5	0	0.8	7.e-4
4	Wire	6	1	0	0	10.7	0	0	10.8	7.e-4
5	Wire	7	9	0	0	10.8	0	0	11.8	7.e-4

Bild 14: Antennenstruktur (links) und Eingabedaten für die Geometrie (oben) im Simulationsprogramm 4NEC2

Am Draht Nr. 1 wird die Spannungsquelle ("Voltage-src") angeschlossen und Drahtabschnitt Nr. 4 wird ein Parallelschwingkreis zugeordnet mit dem oben bestimmten Wertepaar ($32,5 \mu\text{H}$, $6,80 \text{ pF}$) sowie dem ohmschen Widerstand von $70 \text{ k}\Omega$, siehe Bild 15.

Standard Voltage source (Peak value)											
Symbols		Geometry			Source/Load			Freq./Ground		Others	Comment
Source(s)											
Nr	Type	Tag	Seg	(opt)	Real	Imag	Magn	Phase	(norm)	comment	
1	Voltage-src	1	1	0	1	0	1	0	0		
Load(s)											
Nr	Type	Tag	First	Last	R(ohm)	L(Henry)	C(Farad)			comment	
1	Parall-RLC	6	1	1	70000	32.5E-6	6.8E-12				

Bild 15: Eingabedaten im Feld "Source/Load"

Mit dem Programm 4NEC2 habe ich nun einen Frequenzsweep von 6 bis 30 MHz, Schrittweite 0,1 MHz, durchgeführt. Bild 16 zeigt das Ergebnis für das Stehwellenverhältnis und den zugehörigen Reflektionsfaktor der simulierten Vertikalantenne.

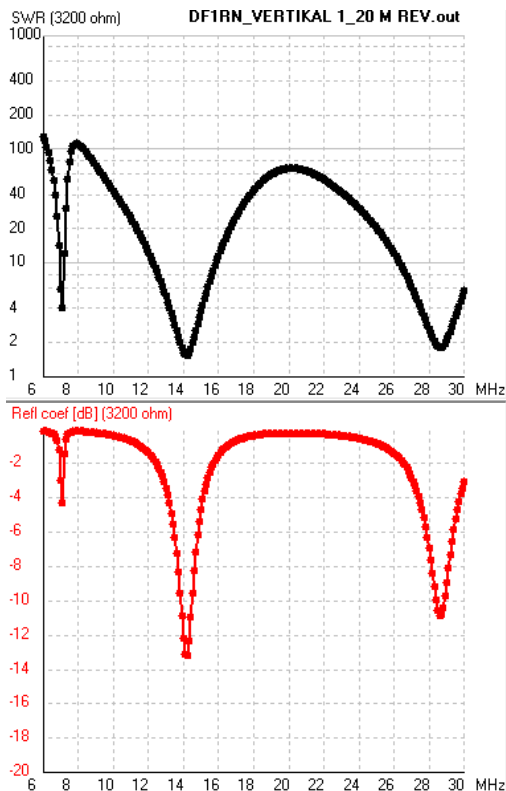


Bild 16: Simulationsergebnis für das Stehwellenverhältnis ("SWR", oben) und den Reflektionsfaktor ("Refl coef", unten) für Frequenzen von 6 bis 30 MHz

Deutlich sind die drei Resonanzen zu erkennen. Dieses Ergebnis wird mit der VNWA-Messung der Reflexionsdämpfung ($10 \log(|S_{11}|^2)$) über die Speiseleitung, die Mantelwellensperre und den Unun verglichen, siehe Bild 17. Im 40 m und 20 m Band stimmen die Lagen der Minima gut überein, im 10 m Band liegt das Minimum in der Simulation bei einer etwas höheren Frequenz. Bei der Messung an der real aufgebauten Antenne werden deutlich bessere Dämpfungswerte erzielt als bei der Simulation. Das ist sicherlich eine Folge des stark vereinfachten Modellierungsansatzes.

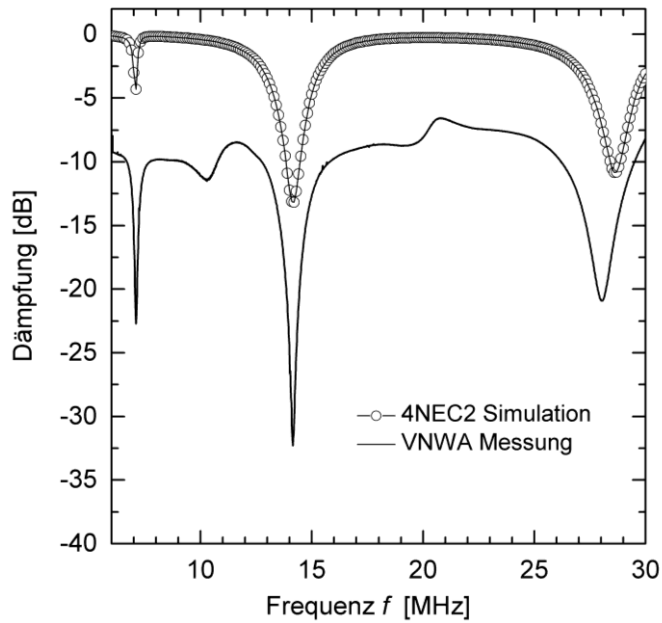
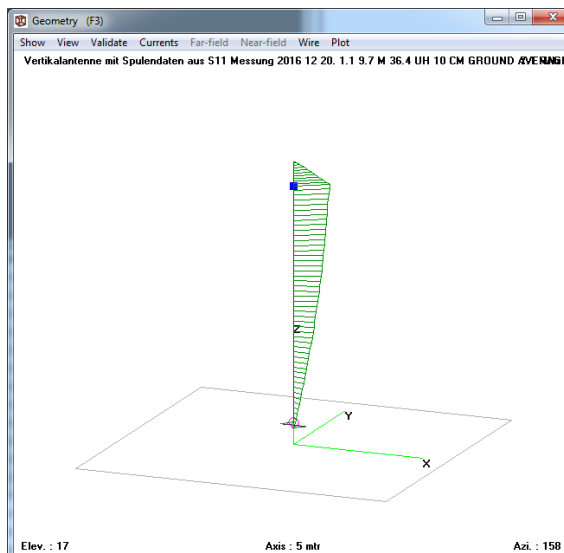
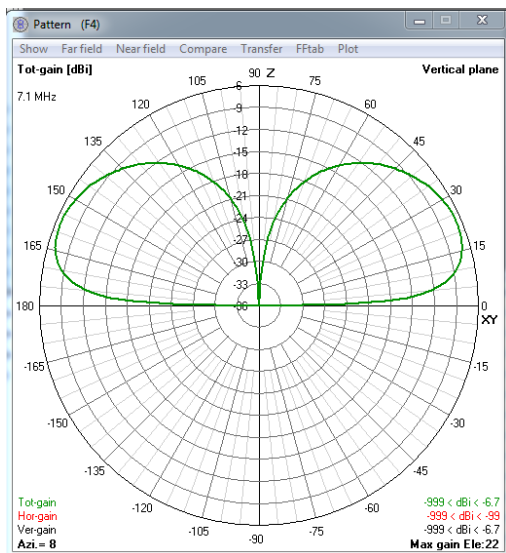
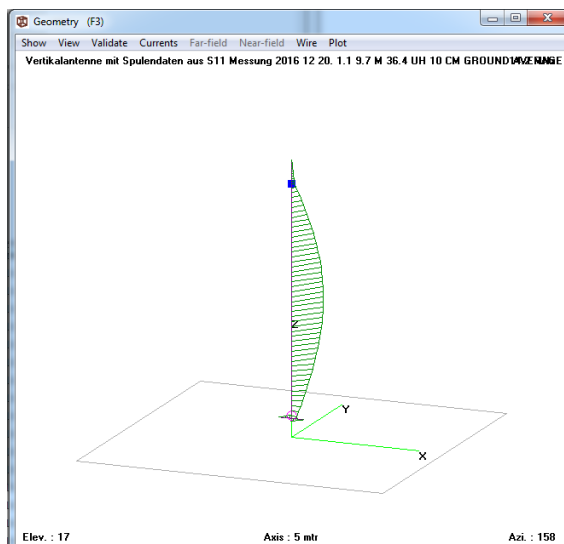
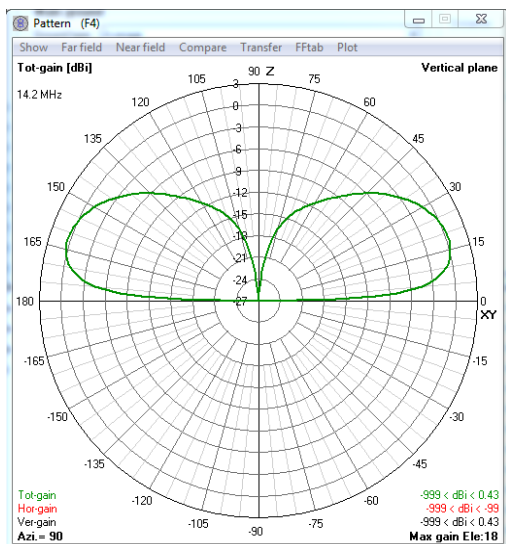


Bild 17: Simulierter und gemessener Verlauf der Reflexionsdämpfung als Funktion der Frequenz für die Vertikalantenne

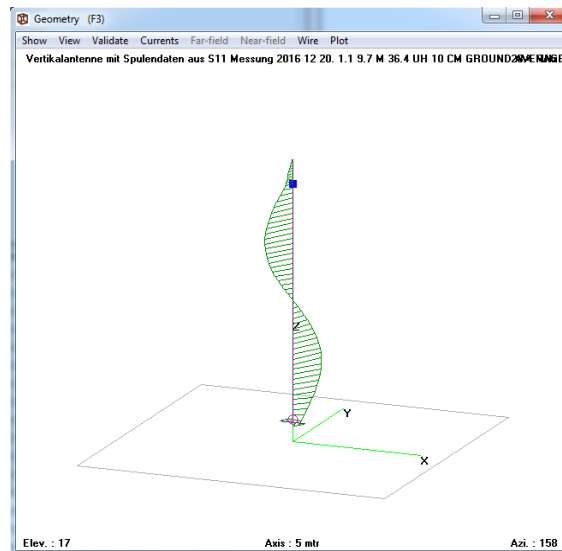
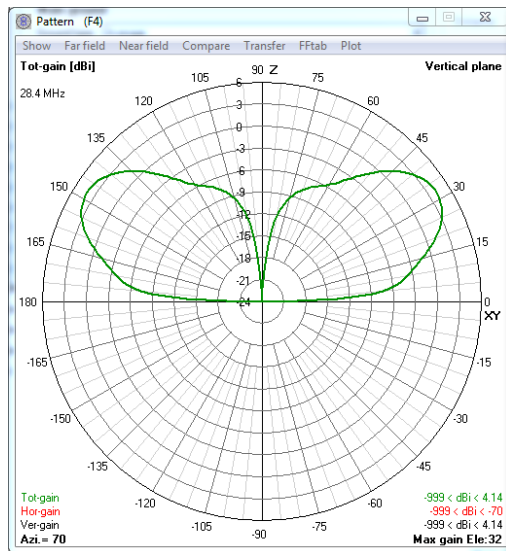
Die mit 4NEC2 ermittelten Vertikaldiagramme und Stromverteilungen bei den Frequenzen 7,1, 14,2 und 28,4 MHz zeigt Bild 18.



7,1 MHz



14,2 MHz



28,4 MHz

Bild 18: Berechnete Vertikaldiagramme und Stromverteilungen für 7,1, 14,2 und 28,4 MHz

Der Elevationswinkel mit dem größten Gewinn liegt im 20 m Band bei 18°, er kommt damit der Angabe aus [6] für einen $\lambda/2$ -Vertikalstrahler von 17° recht nahe. Im 40 m Band tritt das Maximum bei einem Winkel von 22° auf und bei 10 m bei 32°.

Die Stromverteilung bei 7,1 MHz zeigt, dass der Draht oberhalb der Spule noch merkliche Stromanteile trägt. Die Spule wirkt verlängernd, sodass über die Gesamtlänge der Vertikalantenne ein $\lambda/2$ -Strahler vorliegt. Bei 14,2 MHz ist die harmonische $\lambda/2$ -Schwingungsform deutlich zu sehen, sie reicht in etwa bis zur Spule. Bei 28,4 MHz schließlich tritt eine vollständige Periode der Stromverteilung im unteren Teil der Vertikalantenne auf. Die Spule wirkt als Kondensator und "lässt etwas mehr Strom durch" als bei 14,2 MHz.

5. Fazit

Der Vorschlag von PD7MAA ist ein lohnenswertes Projekt für eine einfach aufzubauende unauffällige Vertikalantenne für drei Bänder. Die experimentell gewonnenen Ergebnisse werden ergänzt um eine 4NEC2 Simulation, die unter vereinfachenden Modellannahmen die Eigenschaften dieser Antenne in Bezug auf Vertikaldiagramme und Stromverteilungen beschreibt.

Mein Dank gilt Stefan, DJ2SEA, Manfred, DH0KAI, und Hermann, DJ8TL, für die vielen anregenden Beiträge und Diskussion über die vorgestellte Vertikalantenne anlässlich unserer Treffen an der Clubstation des Aachener OV, G01.

23.12.2016, Reinhard, DF1RN

Bezugsdokumente

- [1] Multiband end-fed antenna, PD7MAA, <http://pa-11019.blogspot.de/2012/04/149-transformer-for-endfed-antennas-35.html>
- [2] Messungen am Koaxialkabel H 2007, DF1RN, 24.4.2016, 8 S.; siehe: <http://www.darc.de/der-club/distrikte/g/ortsverbaende/01/artikel/speisekabel-h2007-gemessen/>
- [3] http://www.spiderbeam.com/product_info.php?info=p3_Spiderbeam%20HD%2012m%20fiberglass%20pole.html
- [4] v2, VNWA 2.6, SDR-Kits, 13312/01-1573
- [5] O. Zinke, H. Brunswig, Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Springer-Verlag, 1965, S. 209/210
- [6] Rothammels Antennenbuch, 12. Aufl., Alois Kruschke, DJ0TR, DARC Verlag, 2001, S. 435, Bild 19.2.3