

EFMD

End Fed Multiband Dipole

Eine QRP – Portabel Version

von DJ8EI OV G09



QRP Portabel Version

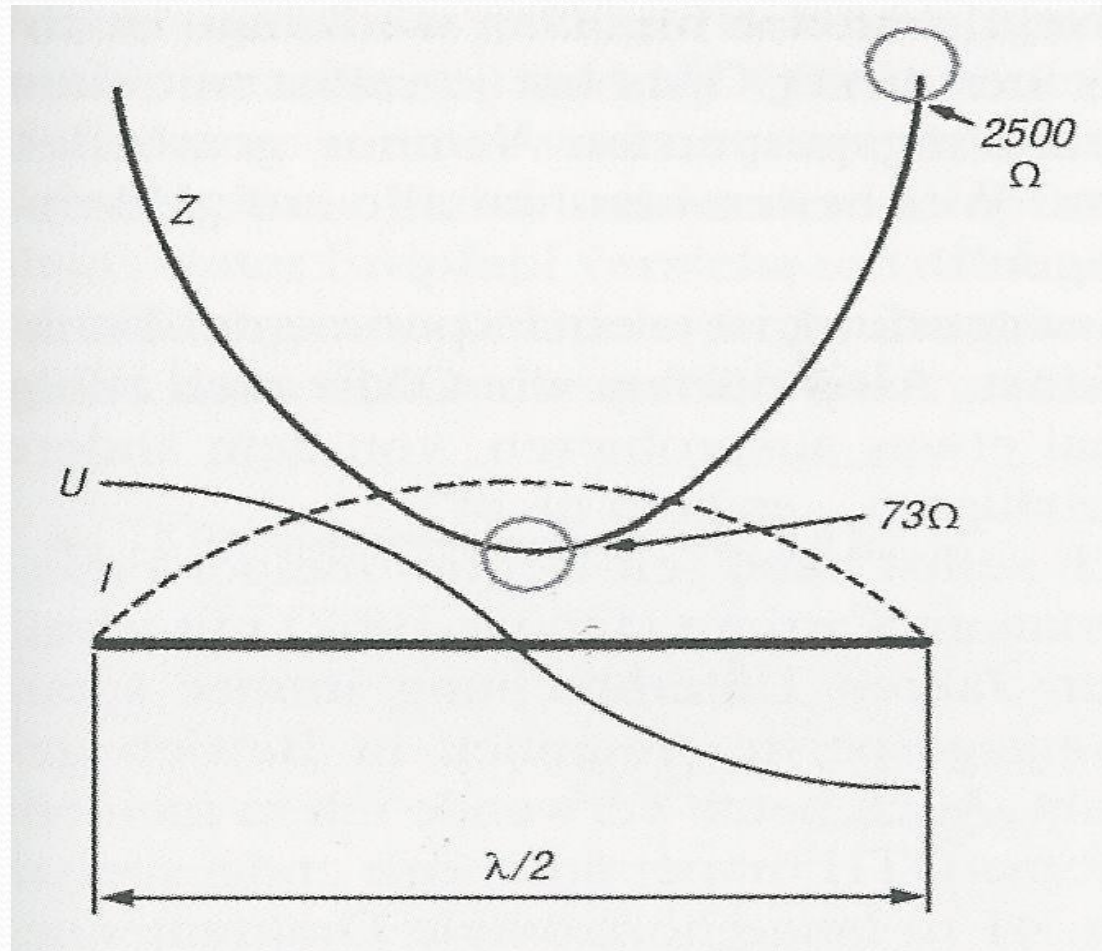
Die QRP oder Portabel Version unterscheidet sich von der Version des EFMD, die in einem Online Seminar bei G09 im April 2022 vorgestellt wurde, wie folgt:

- Gewicht 500 g statt 1100 g
- Antennendraht von DX Wire FL, 30x0,2, 2,1mm Durchmesser, weniger sichtbar
- UnUn Trafo 1: 64 mit Ferritkern FT 140 – 43 anstatt FT 240 – 43
- Belastbarkeit 50 – 100 Watt anstatt 200 Watt
- Trafogehäuse nur 58x83x34 mm (BxLxH)
- 110 u H Verlängerungsspule mit CuL Draht 0,6 mm anstatt 0,8 mm bewickelt
- Spulenlänge 110 anstatt 190 mm
- Sonstige Bauteile, Schrauben, Muttern etc. alles „eine Nummer kleiner“
- Die elektrischen Eigenschaften sind vergleichbar

Grundsätzliches zu EFMD Antennen

„Ein Dipol ist ein Dipol und bleibt ein Dipol, egal ob er in der Mitte oder am Ende eingespeist wird.....“

Speisepunkt Impedanzen von Lambda/2 Dipolen



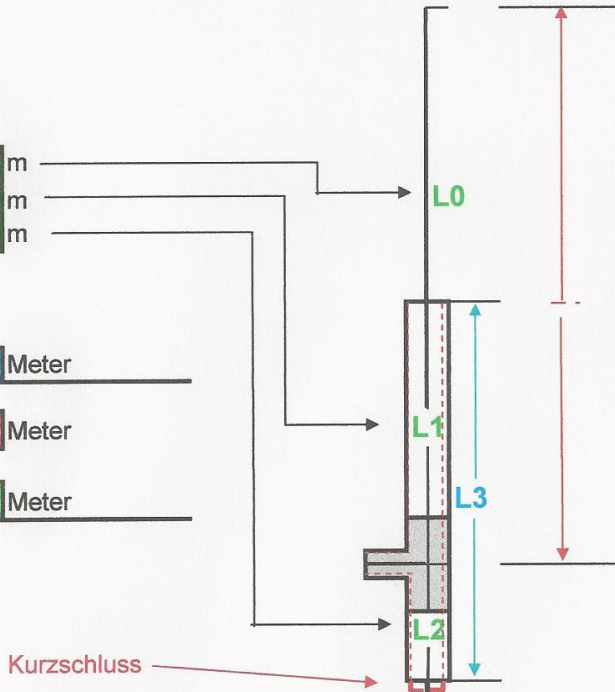
Kurzer Rückblick: G09 Monoband End Fed

Bereits im Jahre 2016 wurde im OV G09 die Bauanleitung einer „LHKA“, Lambda Halbe Koax Antenne, veröffentlicht, und es wurden in einem überregionalen Antennenseminar ca. 30 Antennen dieses Typs gefertigt.

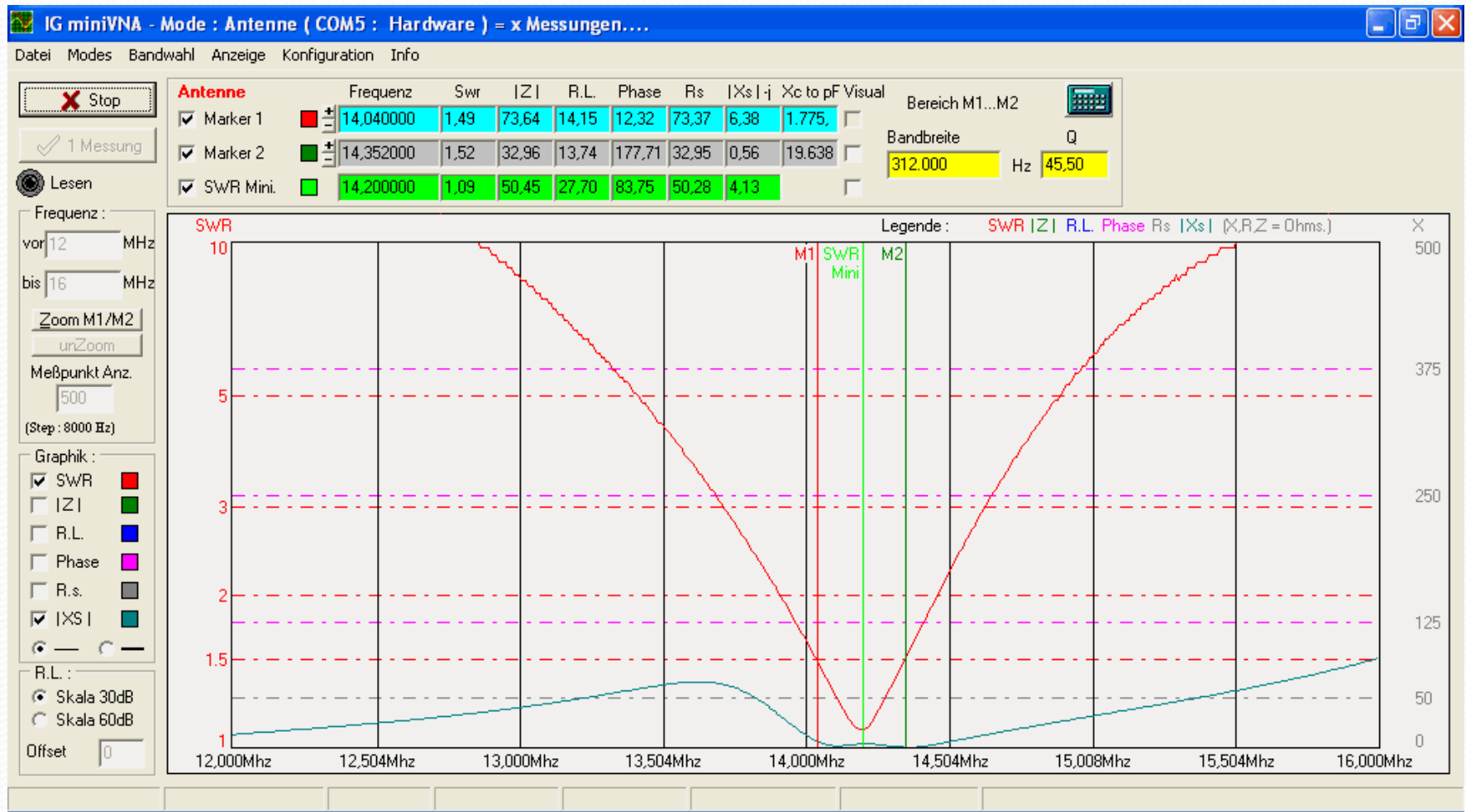
Veröffentlichung erfolgte im CQ DL 6/2014 und auf der Homepage von G09 <https://www.darc.de/der-club/distrikte/g/ortsverbaende/09>

Diese Antenne erfreut sich bis hin zum Einsatz in Afrika großer Beliebtheit, ist jedoch eine Einband Antenne.

G09 Monoband End Fed Antennenrechner

Lambda Halbe Coax Antenne			
Innenleiter RG58	Verkürzungsfaktor L0		0,956
Frequenz 7,100 MHz	Verkürzungsfaktor L1/L2	RG 58	0,66
Lambda <u>42,2535</u> m	Lambda 1/2 <u>21,127</u> m		
Länge L0 =	20,197 m		
L1 = 86,40%	6,024 m		
L2 = 13,60%	0,948 m		
	<u>100%</u>		
Länge L3 = L1 + L2	6,972 Meter		
Länge L4 = L0 + L1	26,221 Meter		
Gesamtlänge =	27,169 Meter		
			

G09 Monoband End Fed SWR



G09 Monoband End Fed 40 m



Der End Fed Multiband Dipol (EFMD)

Die hier beschriebene Antenne erweitert die Vorteile der endgespeisten LHKA Antenne auf Multiband Betrieb 80,40,20,15,10 m. Es ist möglich, sie auf 160 m „anzumatchen“ (DB7INT), allerdings ist der Wirkungsgrad wegen der geringen Länge eingeschränkt

In den Frequenzbereichen, wo die Antenne in Lambda Halbe oder vielfachen davon in Resonanz ist (80,40,20,15,10 m) , wird kein Antennentuner benötigt.

Für den Betrieb über das **gesamte** 80 m Band (da ist die Antenne auf Grund der Verlängerungsinduktivität relativ schmalbandig, SWR 2 Bandbreite = 60 – 80 kHz), empfiehlt sich ein Antennentuner

Die in dieser Bauanleitung beschriebene Version eines EFMD wurde von DJ8EI aus dem OV G09 nach dem Antennenseminar Anfang April 2022 weiterentwickelt zu einer QRP bzw. Portabelversion. Diese Version zeichnet sich dadurch aus, dass sie wesentlich leichter und „unsichtbarer“ ist.

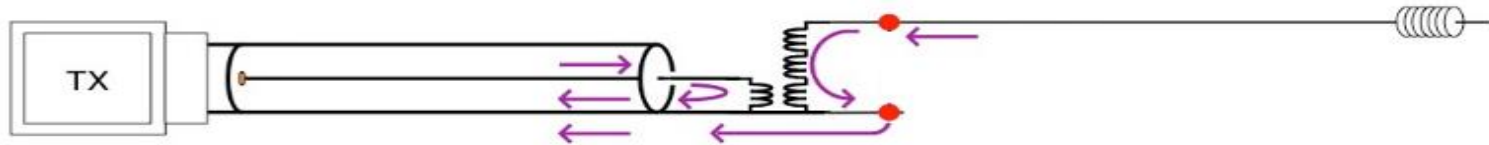
Vorteile End Fed Multiband Dipol

- Einfache Installation, da nur ein Aufhängungspunkt notwendig
- Besonders geeignet für Outdoor - und Portabelbetrieb
- Einfach vertikal polarisiert zu betreiben für flache DX Abstrahlung
- Spielt auf bis zu (6) 5 Bändern (160) 80, 40, 20, 15, 10 m
- Einfacher Selbstbau und Abgleich bei geringen Kosten
- Abstrahlcharakteristik und Gewinn einer Dipolantenne

Nachteile End Fed Dipol

- Je nach Aufbau und Umgebung Interferenzstörungen
- Möglicherweise HF im Shack und erhöhter Rauschpegel im RX
- Ursache sind Mantelwellen (common mode waves)
- Bei Portabel – QRP Betrieb dürfte das aber kaum relevant sein.
- Ohne Maßnahmen:
 - Beim Senden hört man z. B. sein Signal im PC Lautsprecher
 - Beim Empfang Anstieg des Störpegels um bis zu 3 S - Stufen

Ursachen für Mantelwellen beim EFMD

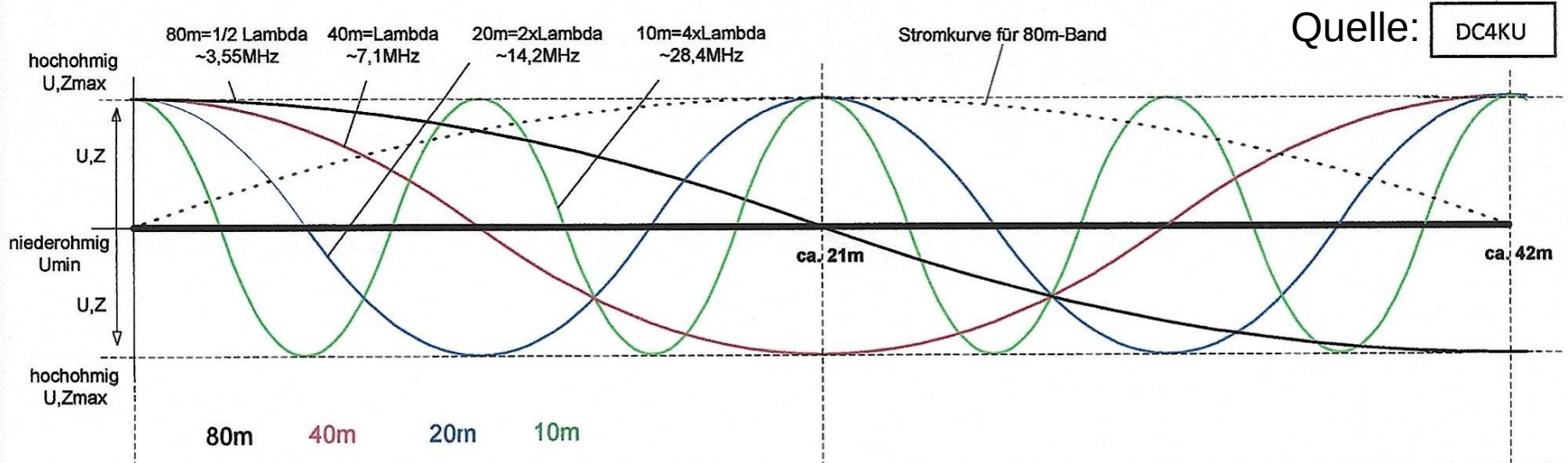


- Mantelwellen können **bei jeder Dipolantenne** entstehen auf Grund fast immer unvermeidlicher Unsymmetrien
- Hier wirkt das Coax Kabel als Gegengewicht zum Dipol und wird Teil der strahlenden Antenne
- Das Koax Kabel wirkt gleichzeitig auch als Empfangsantenne für Störungen wie z.B PLC
- Bei Mantelwellen beeinflusst die Länge des Koax Kabels auch die SWR Messung
- Die Lösung des Mantelwellenproblems wird am Ende des Seminarpapieres unter „Betriebshinweise“ beschrieben.

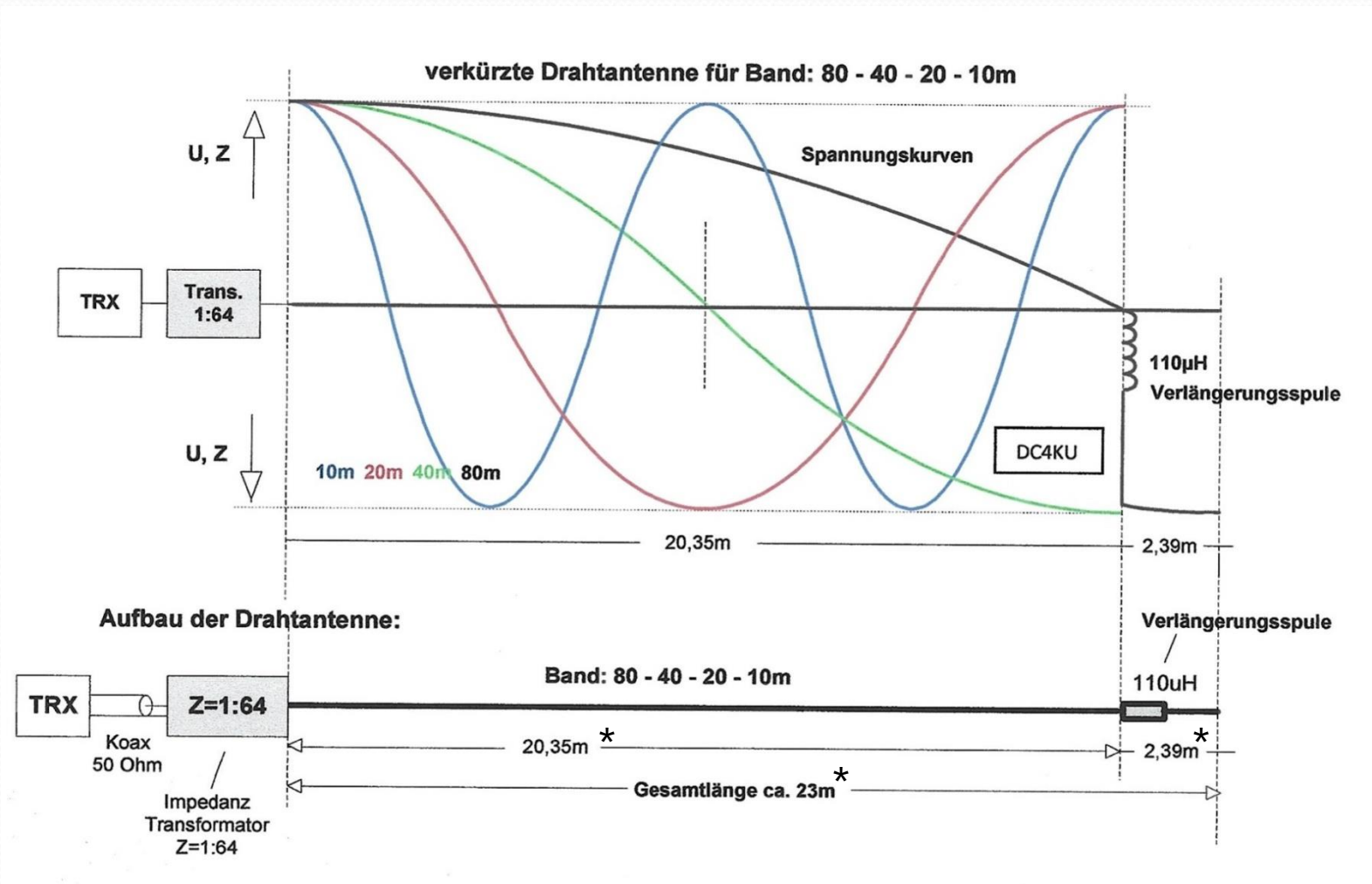
EFMD Full Size (80,40,20,15,10) m Version

Länge 42 m (Congrats wer sie aufhängen kann...)

Wellenausbreitung auf resonanter Antenne, Spannungsverlauf der Wellenlänge 80, 40, 20 und 10m



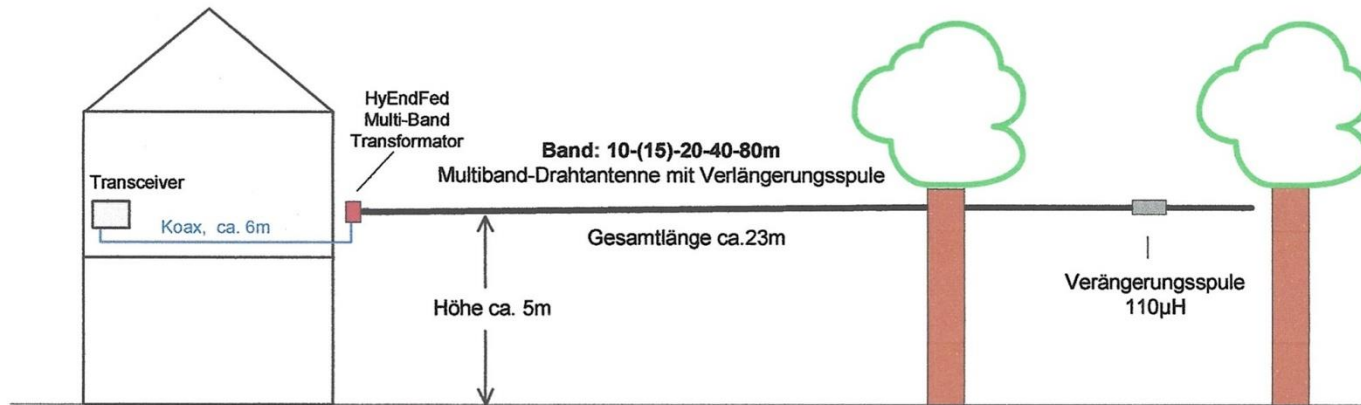
Verkürzte EFMD 80,40,20,15,10m Version, Länge 23 m



* exakte Längen siehe Bauanleitung

Quelle DC4KU

EFMD Prinzip



Quelle DC4KU

Bauelemente „Building Blocks“ der EFMD für Portabel und QRP Betrieb

UnUn Transformator 1 : 64, 50 – 100 W PEP,
Ferritkern FT140 - 43

Strahler (40,20,15,10) 20,00 m

80 m Zusatzstrahler 2,16 m

80 m Verlängerungsspule 110 μH

Prinzip HF - Transformatoren

N	M	Turns ratio	Impedance ratio
2	14	1:7	1:49
2	15	1:7.5	1:56
2	16	1:8	1:64
3	21	1:7	1:49
3	22	1:7.3	1:54
3	23	1:7.7	1:59
3	24	1:8	1:64

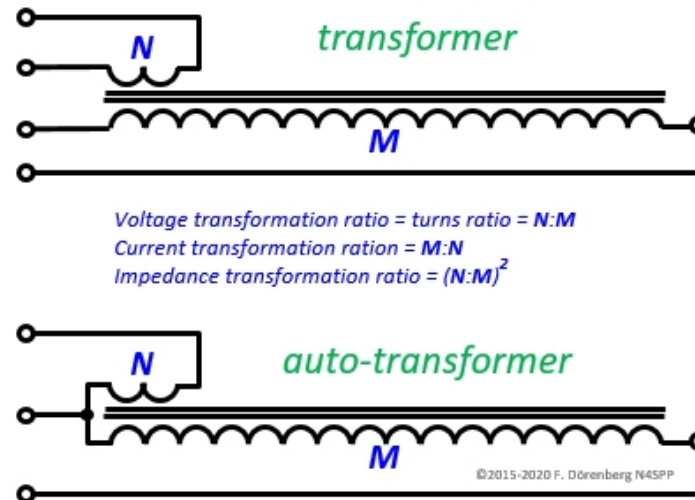
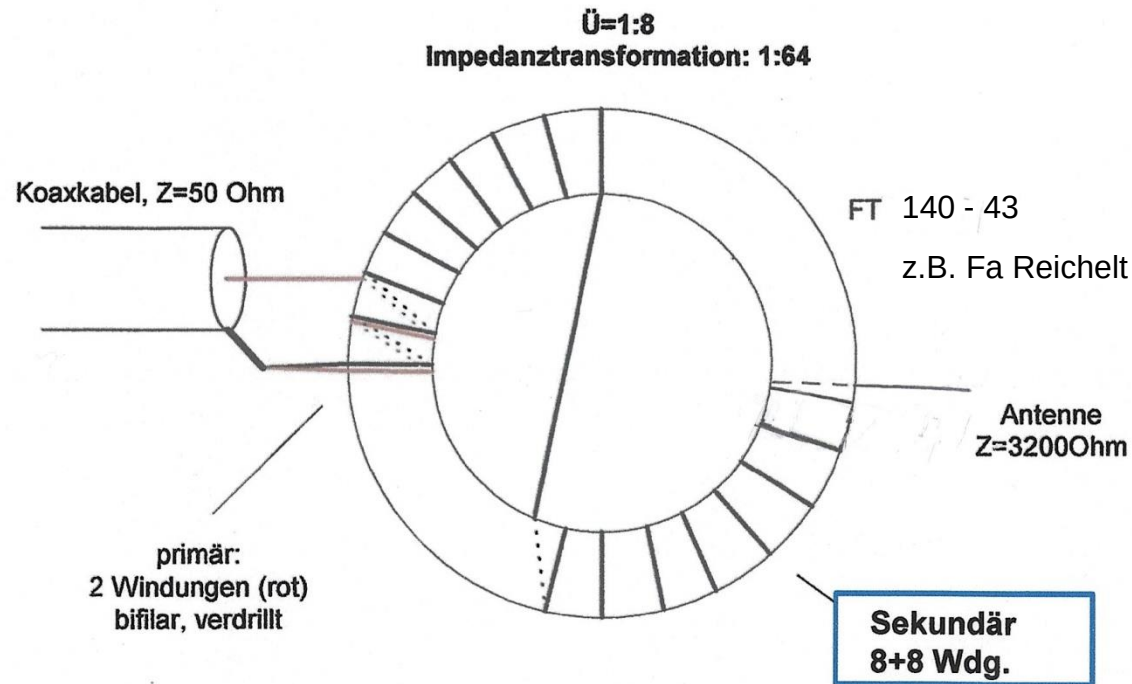


Figure 1: Transformer ratios (N and M are the primary & secondary turns-count)

Quelle: Internet

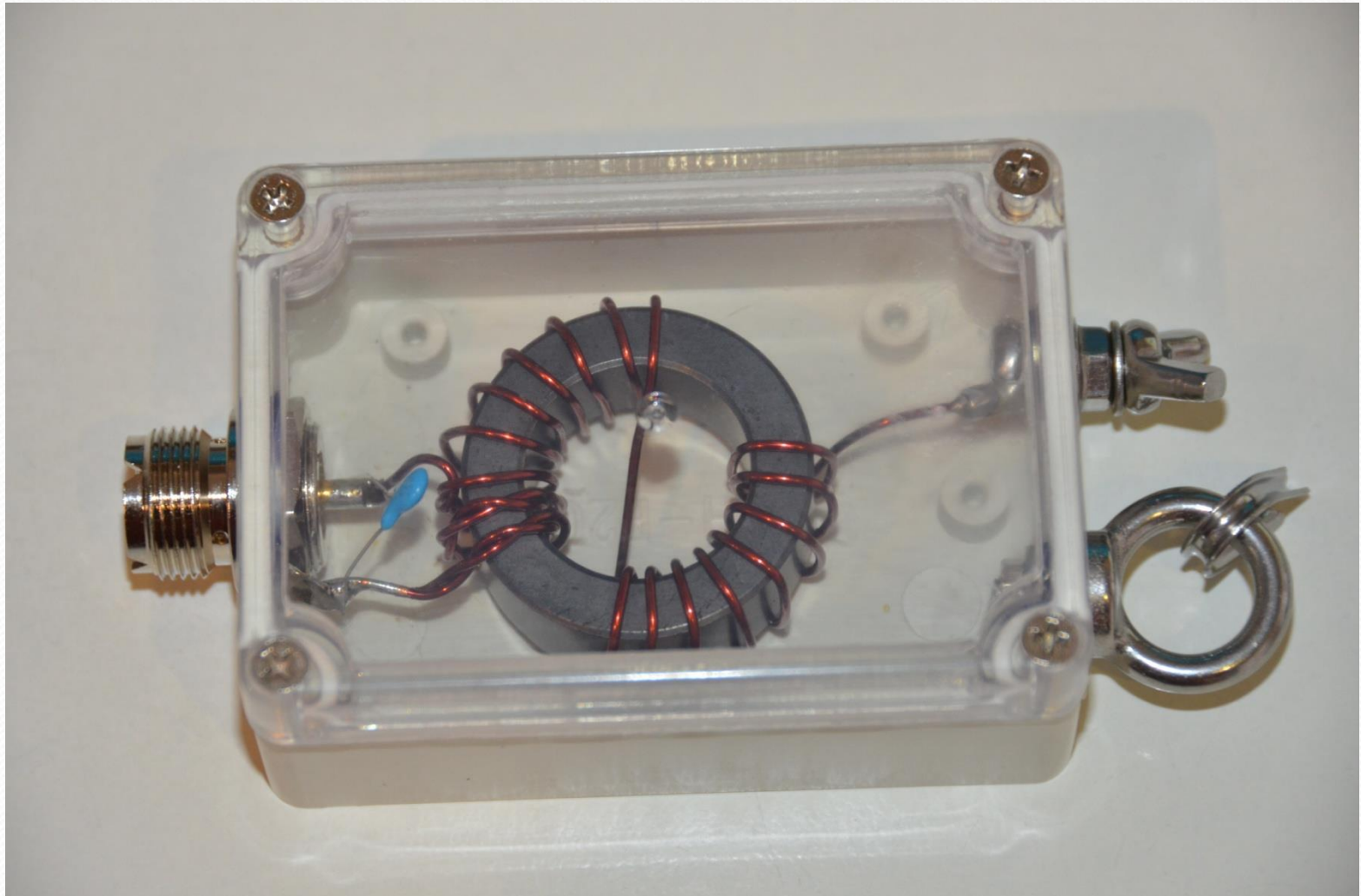
UnUn Transformator EFMD

Aufbau des Ferrit-Ringkernübertragers - "Magic Box"



Quelle DC4KU

UnUn Transformator 1 : 64 mit Ferritkern FT 140 - 43



Bauhinweise Transformator

CuL Draht 1,0 mm, Länge ca. 150 cm

Ein Ende CuL Draht ca. 120 cm, ein Ende ca. 30 cm ablängen

Beide Drähte an einem Ende ca. 1cm abisolieren und verlöten, das wird der Masseanschluss an der SO 239 Buchse

Beide Drähte soweit verdrillen (Drahtende mit Zange halten), dass es für 2 Windungen reicht.

Restliche einlagige Windungen aufbringen nach Skizze auf Kern FT 140 – 43, bemessen für 50 – 100 W PEP

Drahtenden ablängen und abisolieren, Drähte in Lötösen einlöten

Die grundsätzliche Aufbauweise ist unkritisch, ein Beispiel geht aus dem Foto hervor

80 m Verlängerungsspule 110 μH (1)

Die 80m - Verlängerung des Dipols besteht aus einer Luftspule mit 110 μH Induktivität und einer Länge Antennendraht.

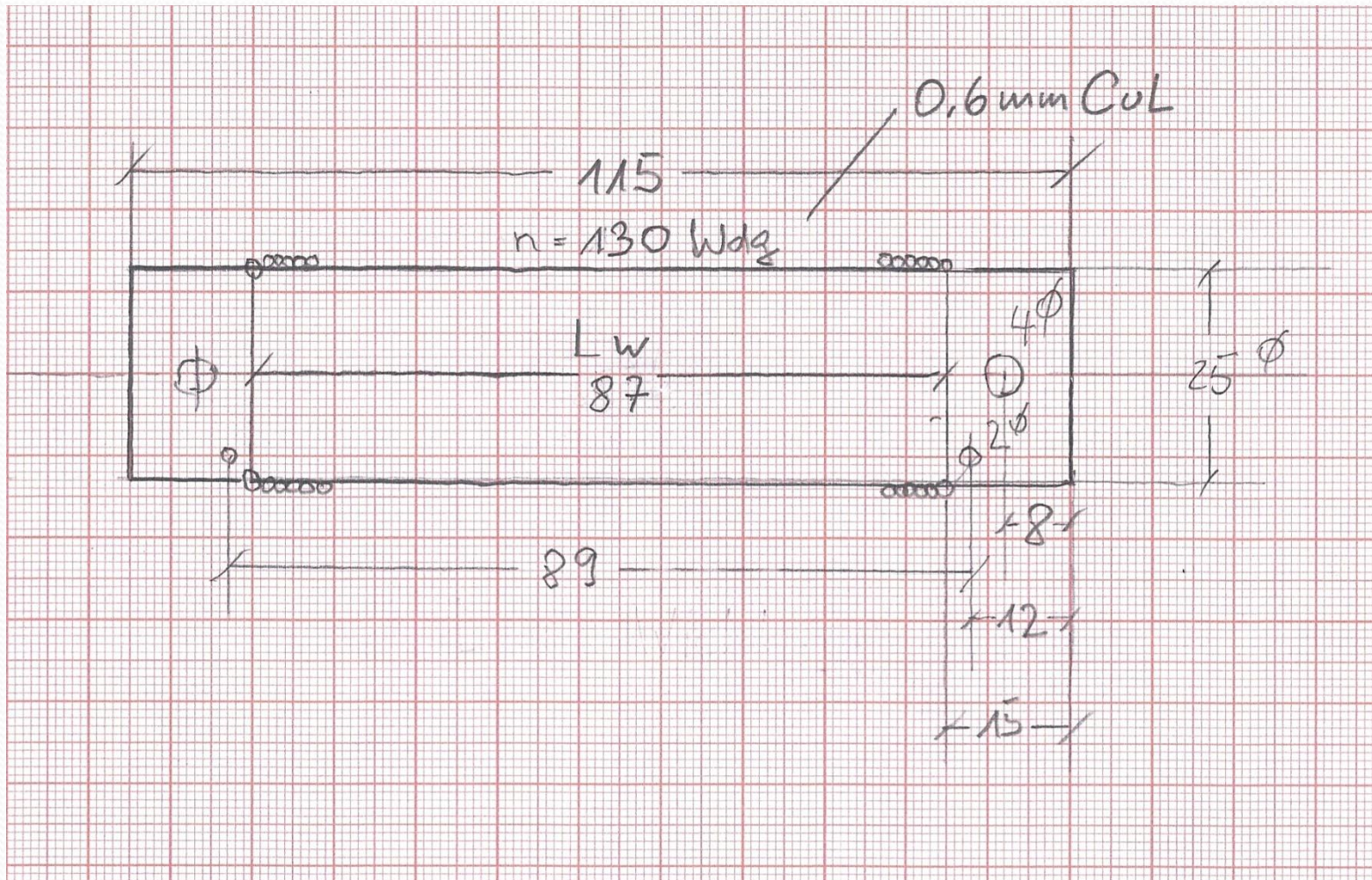
Die Gesamtlänge – Spulenlänge plus Draht – ist 2,16 m. Es ist zweckmäßig, den Antennendraht am Ende ca. 30 cm umzuschlagen zwecks späterem Abgleich.

Der Spulenkörper besteht aus einem 115 mm langen Glasfaserrohr, 25 mm Durchmesser

Der Spulendraht besteht aus CuL Draht mit 0,6 mm Durchmesser

Die Windungszahl beträgt 130 Windungen, eng gewickelt, Draht an Draht. Die Windungslänge beträgt dann ca. 85 - 87 mm

Spulenkörper für Luftspule $110 \mu\text{H}$



Material: GFK Rohr 25 mm Durchmesser

80 m Verlängerungsspule (2)

Man beginnt mit dem Bohren von 5 mm Löchern jeweils 8 mm vom Rohrende, siehe Skizze

Dann werden 4 mm Niro Schrauben mit flachem Kopf eingesetzt.
Reihenfolge von aussen: Schraubenkopf, 4 mm Lötöse für den Anschluss des Antennenkabels, 4 mm Sprengring, 4mm Lötöse für den Spulendraht, GFK Rohr, 4mm Sprengring, 4 mm Niro Mutter, möglichst verdrehsicher festziehen.

Nach Zeichnung wird um ca. 30° versetzt, ca. 12 mm vom Rohrende, jeweils ein Loch durch beide Rohrwandungen mit 2 mm Durchmesser gebohrt.

Der Spulendraht wird an einem Ende durch beide 2mm Löcher gefädelt und in einer Lötöse verlötet.

80 m Verlängerungsspule (3)

Die Gesamtlänge des 0,6 mm CuL Drahtes für 130 Windungen beträgt ca. 11 m

Die erste Windung beginnt 15 mm vom Rohrende, es wird Windung an Windung stramm gewickelt. Empfehlung: alle 40 Windungen den bereits gewickelten Teil mit Panzerband abkleben und das lose Drahtende damit festlegen. Die Drähte eng zusammenschieben. Kleine Pause.....

Dann in Portionen weiterwickeln bis 130 Windungen erreicht sind .Eine Unschärfe von 1-2 Windungen ist kein Problem.

Das Drahtende durch die 2mm Löcher fädeln, stramm ziehen und in der zweiten Lötöse verlöten.

Berechnung der Wickeldaten für eine Luftspule $110 \mu\text{H}$

Hält man sich an die hier vorgegebenen Abmessungen, erreicht man die gewünschte Induktivität mit guter Genauigkeit.

Bei der Entwicklung wurde folgendes (geniales) kleines Gratis-Programm heruntergeladen und verwendet:

http://ekalk.eu/l_de.html

oder <https://www.electronicdeveloper.de/InduktivitaetLuftEinl.aspx>

Es gibt 4 Parameter: Windungszahl n , Spulenkörperdurchmesser D , Drahtdurchmesser d und Induktivität L .

Bei Eingabe von 3 Werten wird der jeweils 4. Wert berechnet.

(Vorsicht, der halbe Durchmesser des Drahtes muss 2x mitgerechnet werden, also bei Spulenkörperdurchmesser von 25 mm und Drahtdurchmesser von 0,6 mm ist $D = 25 + 2 \times 0,3 \text{ mm} = 25,6 \text{ mm}$. Beim Drahtdurchmesser muss man berücksichtigen, dass bei 130 Windungen nicht alle Drähte 100% dicht zusammenliegen. Erfahrungswert sind 10 % hinzufügen, d.h. $d = 0,66 \text{ mm}$. Damit erreicht man sehr gut den gewünschten Wert. Zusätzlich berechnet das Programm die Wicklungslänge, die benötigte Drahtlänge, und bei Angabe der Einsatzfrequenz – hier z.B. 3,7 MHz - erhält man zusätzlich die Werte für Spulengüte und Impedanz).

80 m Verlängerungsspule 110 μH , QRP Version



80 m Verlängerungsspule (4)

Nach der Montage des Spulenkörpers werden die Antennendrähte in den 4mm Lötösen verlötet.

Im letzten Schritt den 120 mm (115 mm Spulenlänge plus etwas Überstand an beiden Enden) langen Schrumpfschlauch mit 40mm Innendurchmesser symmetrisch über die fertige Spule positionieren und schrumpfen.

.

80 m Verlängerungsspule 110 μH



Messung der Induktivität 110 μH

Bei präziser Einhaltung der gegebenen Rohr- und Spulendaten kommt man mit genügender Genauigkeit auf die gewünschte Induktivität von 110 μH

Möchte man eigenes Material verwenden kann folgende Messmöglichkeit empfohlen werden:

Aufbau der Spule mit Kondensator (ca. 50-200 pf) als Parallel- oder Serienschwingkreis und Messung der Resonanzfrequenz z. B. mit einem Mini VNA im Transmissionsmode.

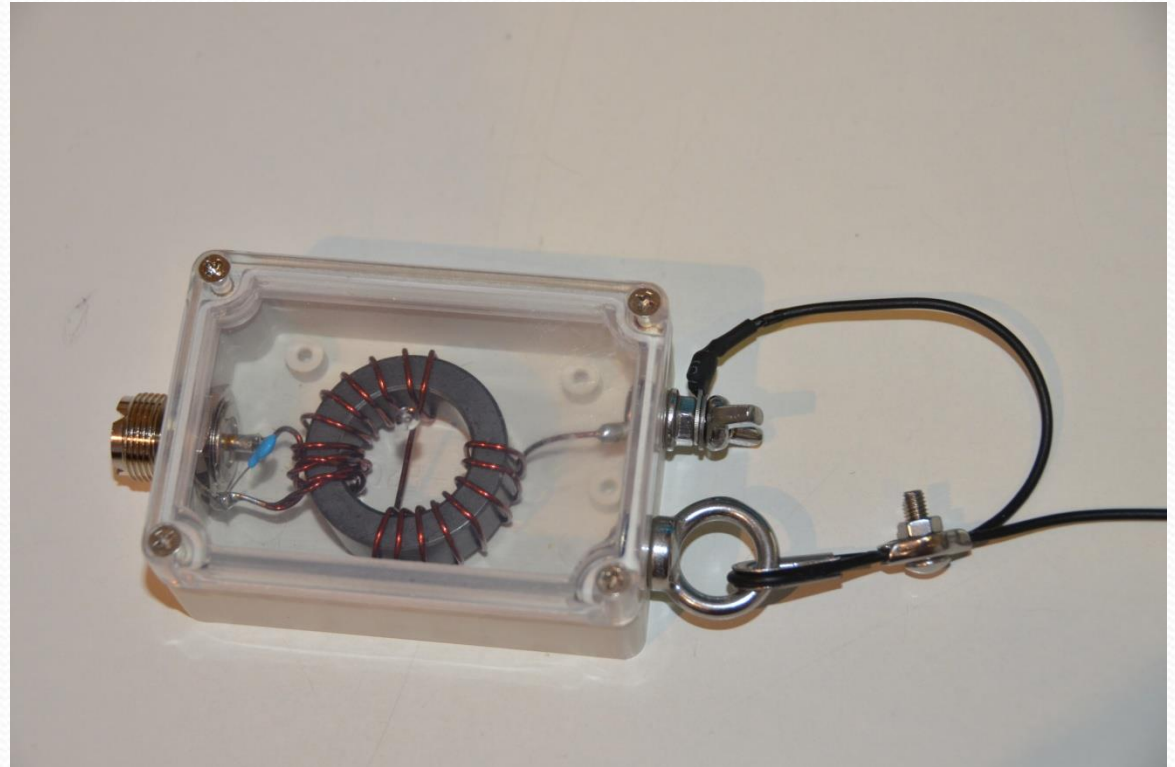
Umrechnung der Resonanzfrequenz in Induktivität mit der Thomsonschen Schwingungsformel (E-Lizenz....!). Dazu gibt es ein kleines geniales Programm:

<https://www.redcrab-software.com/de/Rechner/Elektro/F0>

Bei Eingabe von Resonanzfrequenz in MHz und Schwingkreiskondensator in pf erfolgt jeweils die Ausgabe in μH . Es sollten Kondensatoren mit geringer Toleranz (min. +- 5%) verwendet werden

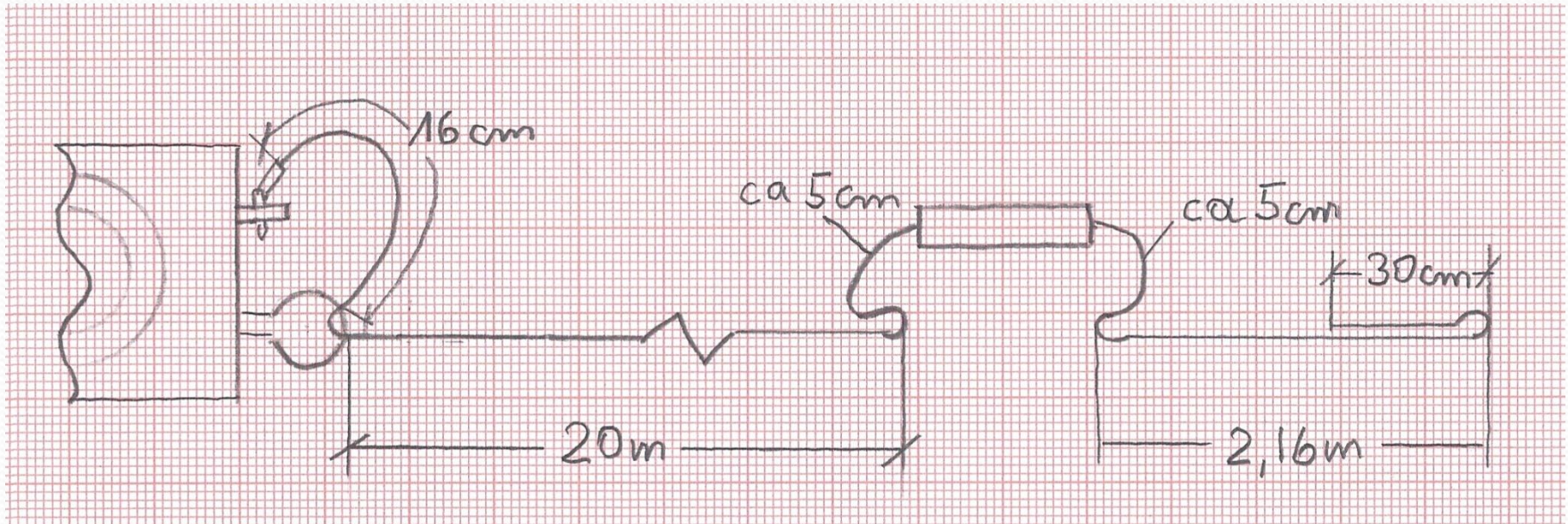
Anschluss des Antennenkabels am 1 : 64 Transformator

Die Ringöse dient der Abspannung des Antennendrahtes und kann zusätzlich zur Aufhängung des UnUns benutzt werden



Die Drahtschleife von ca. 16 cm Länge addiert sich zur wirksamen Drahtlänge von 20,00 m

Drahtlängen EFMD Antenne



Antennendraht: DX – Wire FL, Antennenlitze aus Hartkupfer, $32 \times 0,20\text{ mm}$, PE Isolation, Außendurchmesser $2,0\text{ mm}$

Simplexklemmen 2 mm Edelstahl, DX Wire

Die fertige EFMD QRP Portabel - Antenne



Betriebshinweise (1) EFMD

So, wie auch ein 50 Ohm Balun bei einer mittengespeisten Dipolantenne nicht auf dem gesamten Band eine perfekte Symmetrierung bewirkt – ein Dipol besitzt nur auf seiner Resonanzfrequenz wenn überhaupt eine 50 Ohm Impedanz – kann auch der 1:64 UnUn Transformator nicht für jede Frequenz des EMFD Multiband Dipols eine exakte Transformation des hochohmigen Endes des Dipols auf 50 Ohm bewirken.

Das heißt, es besteht auch hier – auch abhängig von der lokalen Aufbaugeometrie – die Möglichkeit, dass unerwünschte Mantelwellen auftreten. Und so wie bei einem mittengespeisten Dipol empfiehlt sich auch hier der Einsatz einer zusätzlichen Mantelwellensperre.

Hierzu gibt DC4KU in seiner Veröffentlichung einige Tipps:

www.dc4ku.darc.de - KW Multiband Drahtantenne - Download

Mantelwellen

Bei Mantelwellen auf der Koax Versorgungsleitung wirkt das Kabel mit als Empfangsantenne für häusliche und externe Störsignale (QRM,QRN), und der Grundrauschpegel des Empfängers steigt. Eine Mantelwellensperre (MWS) = Strombalun verhindert das.

Der 1 : 64 UnUn ist Teil der Antenne und sollte deshalb nicht in direkter Nähe des Shacks montiert werden.

Mantelwellensperren sind im allgemeinen 50 Ohm – Systeme. Deshalb darf die MWS nicht direkt am hochohmigen Ende des Dipols bzw. UnUn eingeschleift werden sondern in einiger Entfernung

An den Endpunkten der Antenne entstehen sehr hohe Spannungen, die möglicherweise Einstrahlungen verursachen. Also die Enden möglichst frei aufhängen!

Mantelwellen, Mantelstrommessung

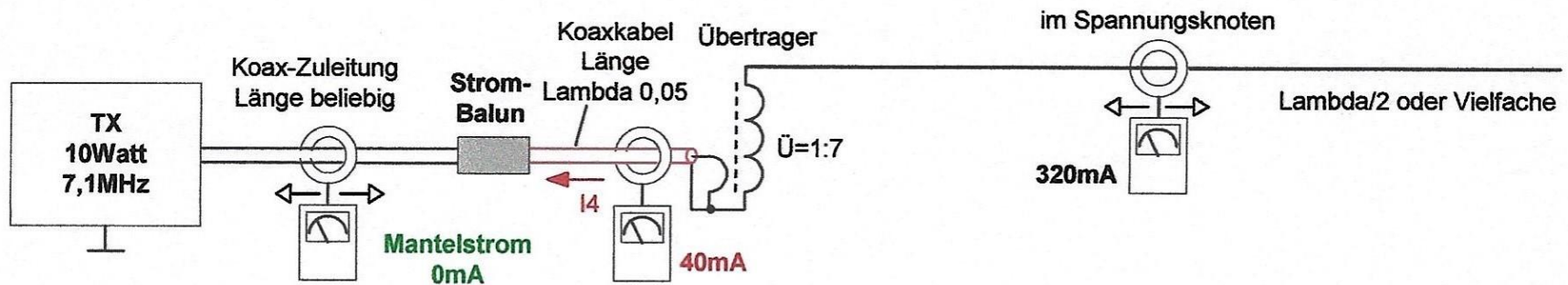
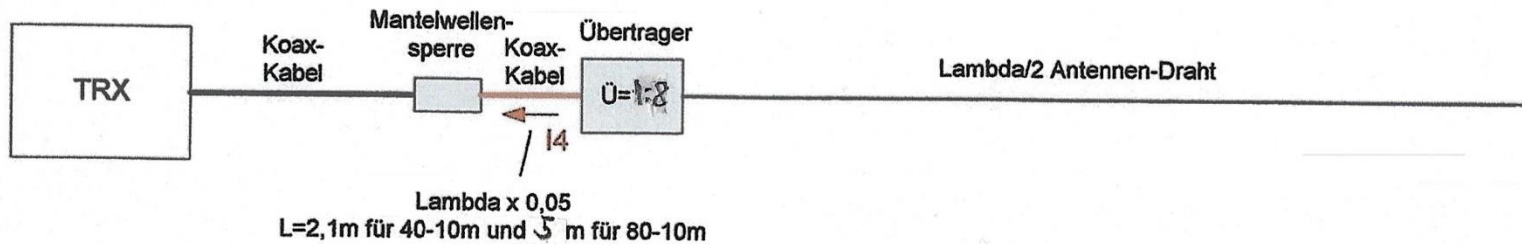
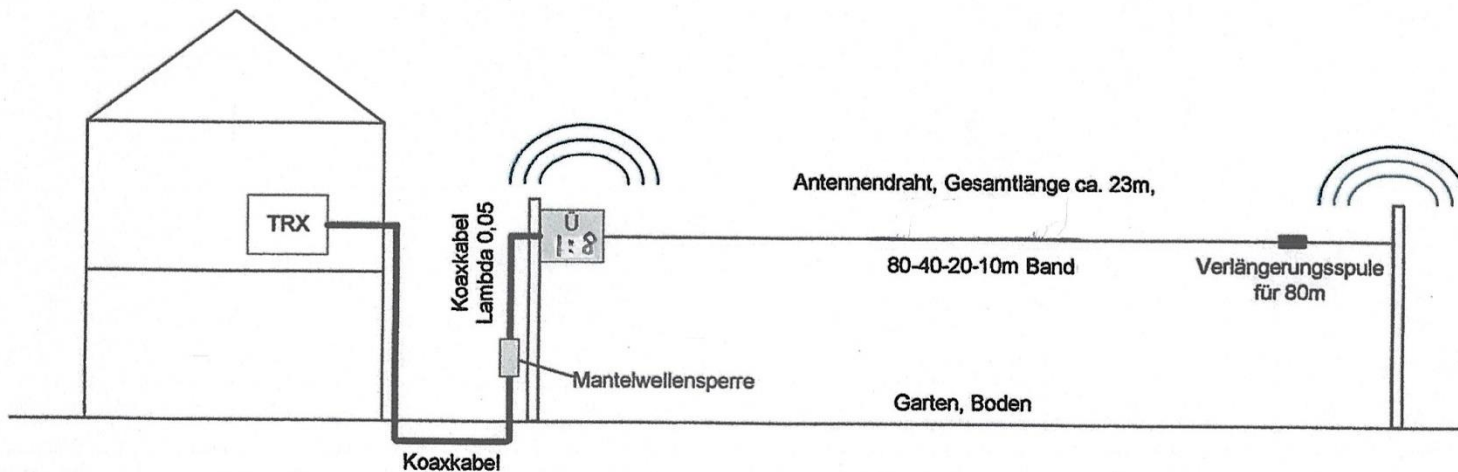


Bild 13: Koaxkabel ($\lambda/50$) als Gegengewicht zwischen Mantelwellensperre und Übertrager

Installation EFMD mit Mantelwellensperre



Gegengewicht durch ein Stück Koaxkabel (rot) zwischen Mantelwellensperre und Übertrager



Installation einer HyEndFed-Antenne mit Strombalun im Abstand $0,05 \lambda$ zum Übertrager

Quelle: DC4KU, DJ8EI

Betriebshinweise (2) EFMD

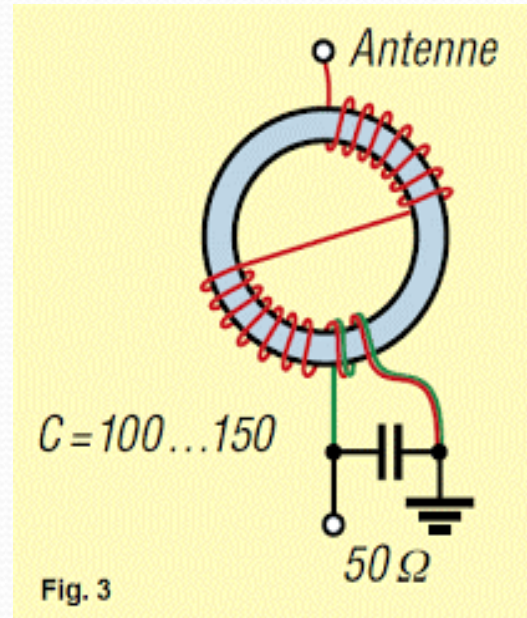
Falls Probleme mit Mantelwellen auftreten, sollte eine Mantelwellensperre im Abstand von ca. $0,05 \lambda$ für das längste Band – hier 80 m, also etwa 4-5m – in die Koax Zuleitung hinter dem UnUn eingeschleift werden.

Es gibt auch einen Hinweis, dass alternativ ein „pigtail“ (Schweineschwänzchen), ein Draht von ca. 5 m, angeschlossen an der Masse der SO239 Koax Buchse des UnUn Transformators, als Gegengewicht zur Reduktion von Mantelwellen beiträgt.

Da all dies von der Aufhängung des EFMD und den Umgebungsbedingungen abhängt, muss man hier experimentieren und versuchen, über das SWR Hinweise zu finden.

Weiterhin gibt es Hinweise, dass ein Parallel C von 100 – 150 pf über dem 50 Ohm Anschluss des 1 : 64 UnUn das SWR möglicherweise verbessert

Betriebshinweise (3) EFMD



Verbesserung des
SWR für die höheren
Bänder mit Zusatz – C
über dem 50 Ohm -
Anschluss

Betriebshinweise (4) EFMD

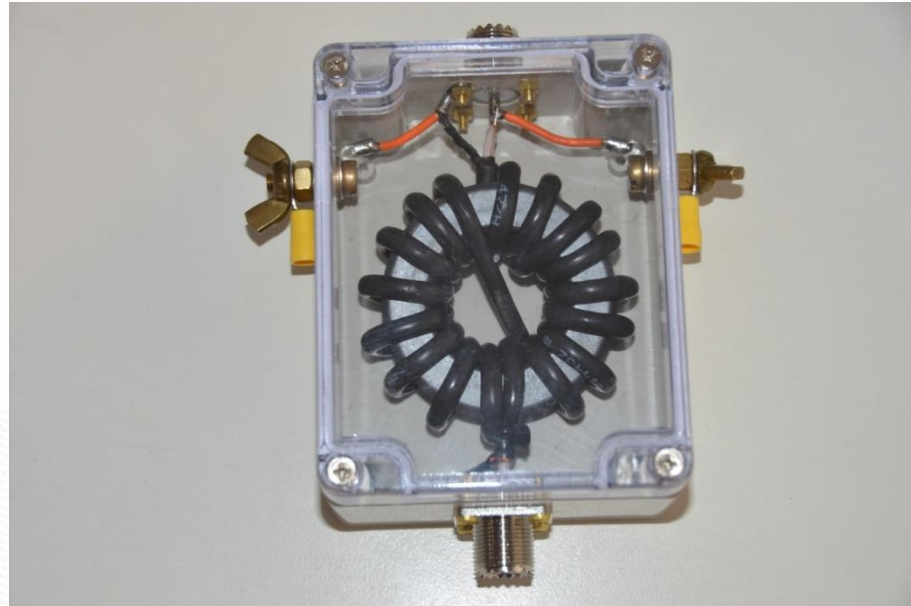
Die Antenne ist an beiden Enden hochohmig, d.h. hohe Spannungen treten auf. (bei 100 Watt bis zu 500 V)

Beide Enden der Antenne sollten deshalb möglichst frei (von z.B. nassen Bäumen oder metallischen Balkongeländern) hängen. Die maximale Abstrahlung erfolgt wie bei jedem Lambda Halbe - Dipol in der Antennenmitte (Strombauch) , die möglichst hoch hängen sollte.

Insbesondere sollte die 110 μH Verlängerungs - Induktivität für 80 m frei hängen.

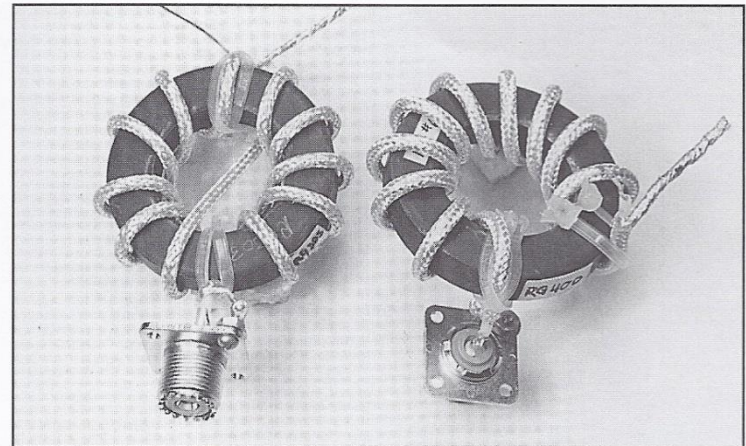
Der 1:64 Trafo sowie ggf. die 5 m Koaxkabel bis zur Mantelwellensperre sind Teil der strahlenden Antenne, sollten deshalb nicht in unmittelbarer Nähe zum Funkshack montiert sein.

Mantelwellensperren - Strombaluns



Ferritkern z.B.
FT 240-43 wie
für UnUn
z.B. Aircell 5
Koaxkabel

Beispiel für Selbstbau von
Mantelwellensperren



Mantelwellensperren

DX Wire 29 €



e-Bay 28 €



Wimo 46 €

Mantelwellensperre - Selbstbauvorschlag



Material: 5 m Aircell 5 von Kabel Kusch
10 Stück LFB095051, Entstörferrit - Ringkern
von DX Wire
2 PL Stecker für 5mm Koax Kabel, z.B. UHF
Spezial 6 von Kabel Kusch



Quelle: DJ8EI

Abgleich der EFMD Antenne (1)

Zunächst wird die 80m Verlängerung des EFMD mit ihren angegebenen Maßen hergestellt.

Zusätzlich wird am Ende der 80m Verlängerung ca. 30 cm Draht parallel zur Leitung umgeschlagen und provisorisch mit Isolierband, Schrumpfschlauch oder Rappband festgelegt. Dies dient zum späteren Abgleich auf die gewünschte 80 m Resonanz. Die SWR 2 Bandbreite auf 80m beträgt 60 – 80 kHz, so dass man sich überlegen sollte, auf welches Bandsegment man durch Verkürzen oder Verlängern abgleicht. Der Rest des Bandes ist dann mit einem Antennentuner nutzbar.

Der ca. 20m lange 40m Halbwellendipol kann ebenfalls zusätzlich zu den angegebenen Abmessungen etwas verlängert werden, das zusätzliche Drahtstück wird dann eng am Antennendraht befestigt. Bei vielen Versuchen (19,50 – 20,20 m Länge) hat sich die Länge von 20,00 m plus 16 cm Zuleitung als optimal ergeben.

Danach wird der komplette EFMD in der vorgegebenen Position montiert.

Die erste orientierende Messung nimmt man dann mit einem Antennenanalysator oder VNA vor, notfalls auch mit einer SWR Brücke Punkt für Punkt. Man startet auf 40 m und stellt dort die Resonanzfrequenz fest. Eine weitere orientierende Messung macht man auf den Bändern 80, 20, 15 und 10 m.

Abgleich der EFMD Antenne (2)

Die angegebenen Abmessungen wurden ermittelt für die normale freie Aufhängung in Höhen zwischen 6 – 12 m als Sloper. Wie bei jeder Antenne kann man den Einfluss der örtlichen Gegebenheiten nur durch individuelle Messungen ermitteln und dann die Antenne durch geringfügige Variation der Strahlerlängen optimieren

Wenn auf 40 m das SWR Minimum durch Verkürzen oder Verlängern des Antennendrahtes eingestellt ist, sollte das SWR auch auf den anderen Bändern 20, 15 und 10 m in einem SWR Bereich < 2 liegen.

Als Anhaltspunkt für den 40m Teil gilt, dass die Verschiebung der Drahtlänge von ca. 30 cm eine Änderung der Resonanzfrequenz um 100 kHz bewirkt. (Längerer Draht, niedrigere Resonanzfrequenz!)

Aber bitte keinen Überperfektionismus versuchen! Es kann nicht gelingen, dass man das SWR Minimum auf allen harmonischen Bändern in die Bandmitte legen kann.
Beispiel $3,65 \text{ MHz} \times 2 = 7,3 \text{ MHz}$, $\times 2 = 14,6 \text{ MHz}$ etc.

Ein SWR unter 2 wird jeder TRX ohne Leistungsminderung akzeptieren, und die Verluste sind vernachlässigbar. Das gilt übrigens für jede Multiband Dipol Antenne.

Abgleich der EFMD Antenne (3)

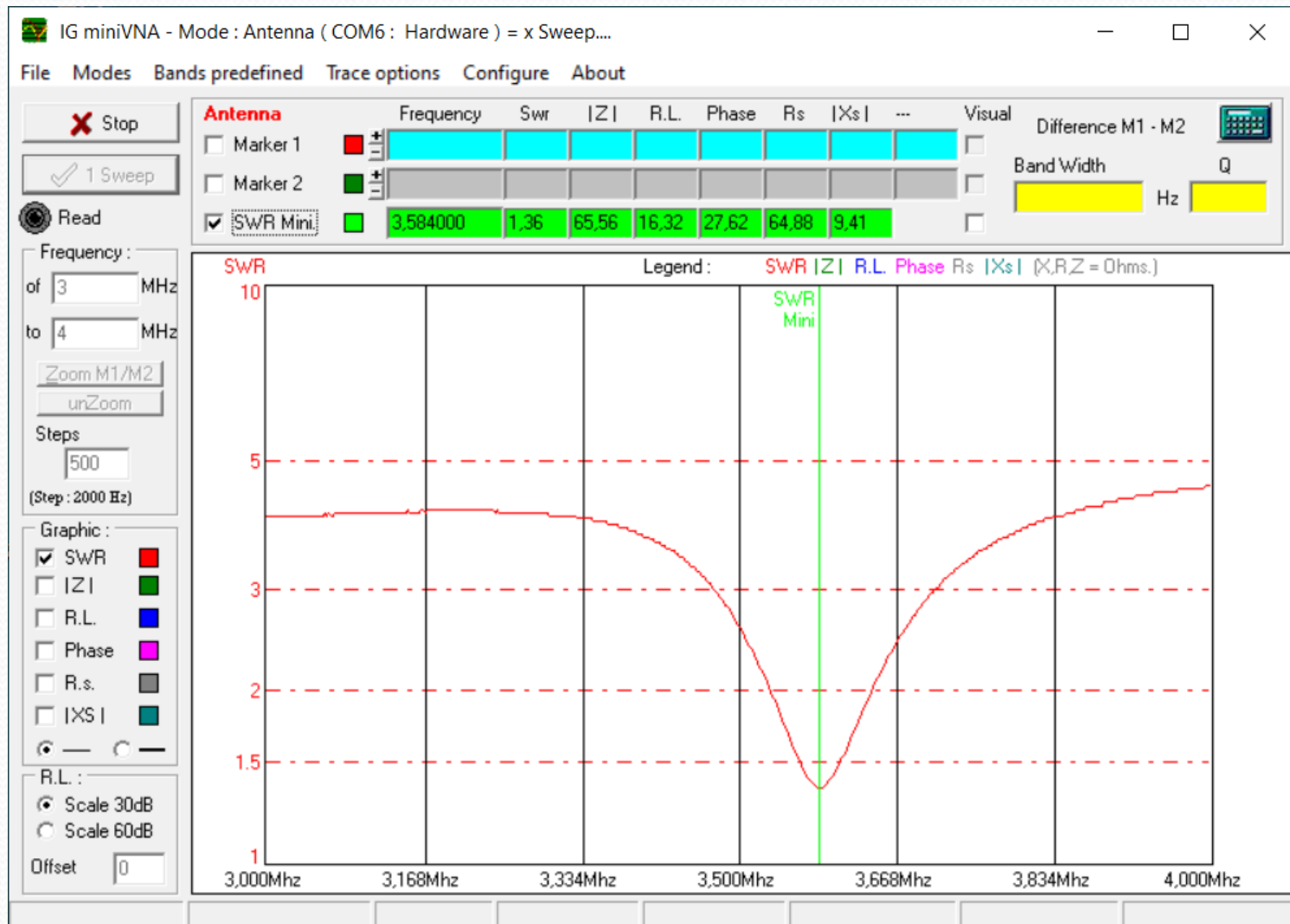
Der Abgleich für das 80 m Band erfolgt durch Variation der Drahtlänge der 80m Verlängerung.

Die nutzbare SWR 2 – Bandbreite auf 80 m liegt bei ca. 60 – 80 kHz. Für den Betrieb auf dem gesamten 80 m Band ist deshalb ein Antennentuner unerlässlich.

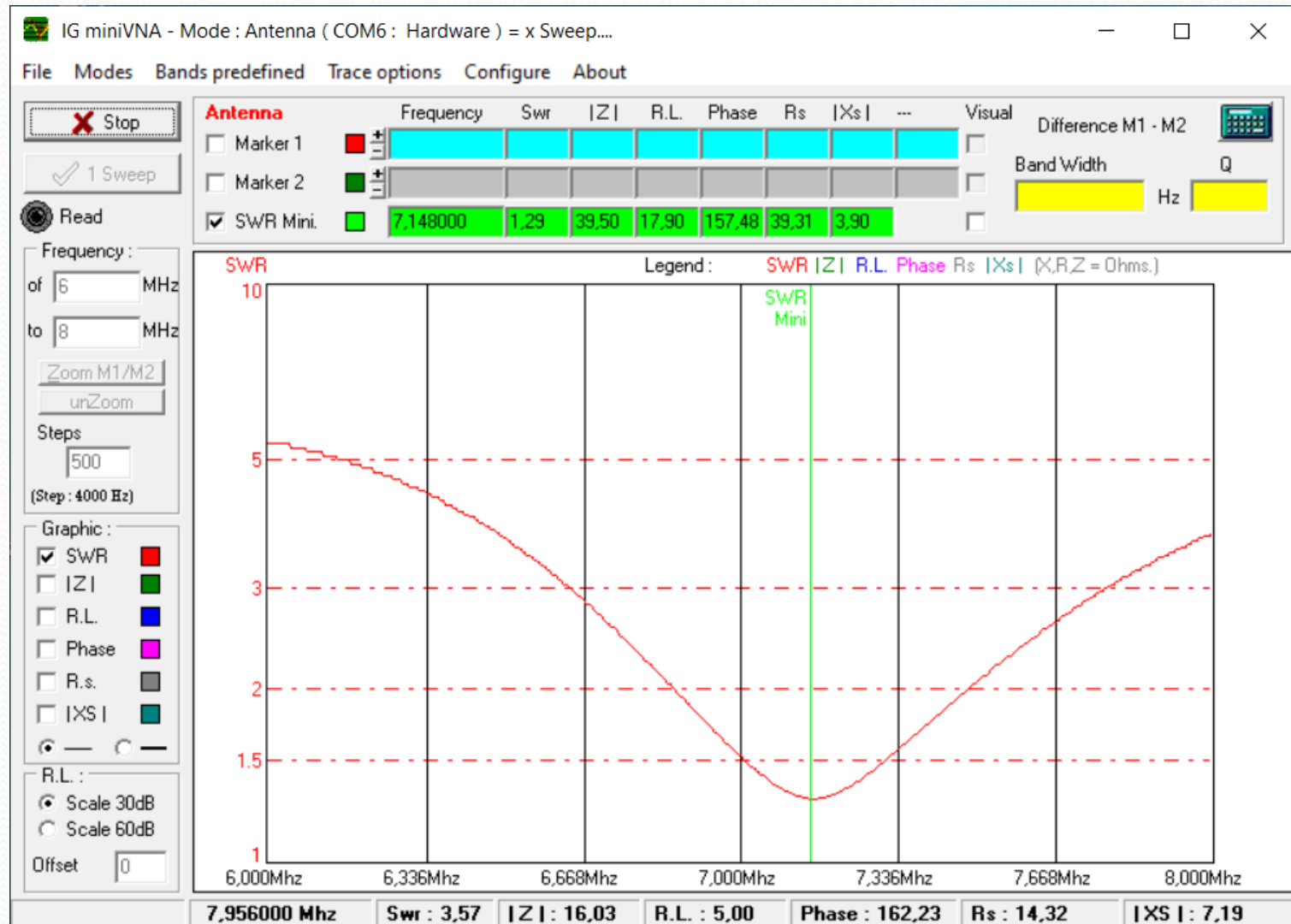
Bei zahlreichen Messungen im OV G09 hat sich herausgestellt, dass die Resonanz im 80 m Band mit SWR 1,3 bei den angegebenen Abmessungen trotz Variation der 40 m Dipollänge zwischen 19,50 und 20,20 m nur minimal variierte.

Will man also die Resonanz in das CW Band oder auf die FT4/FT8 Frequenzen legen, muss man mit der Länge des 80m Verlängerungsteiles „spielen“.

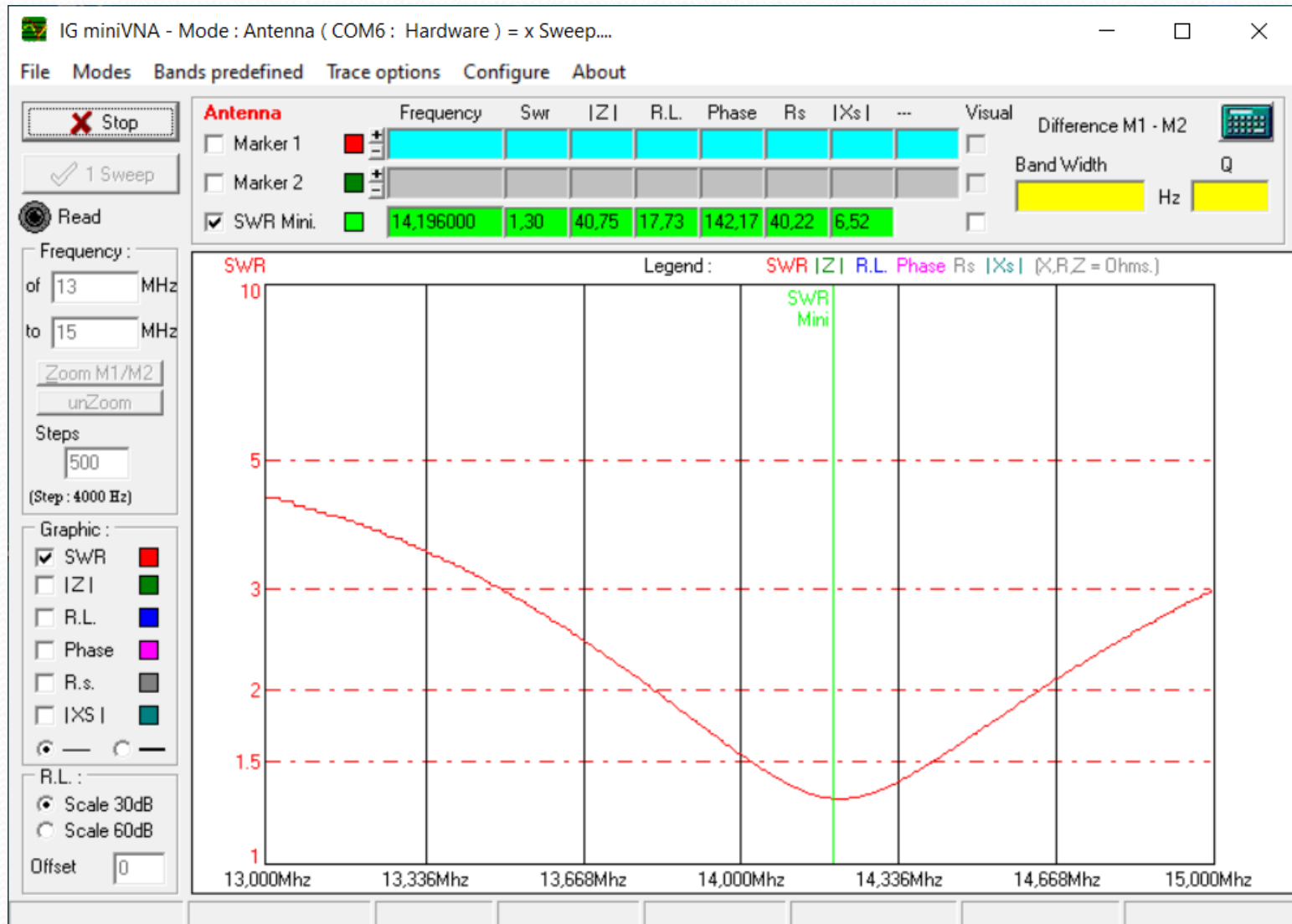
SWR Diagramm EFMD 80 m Band



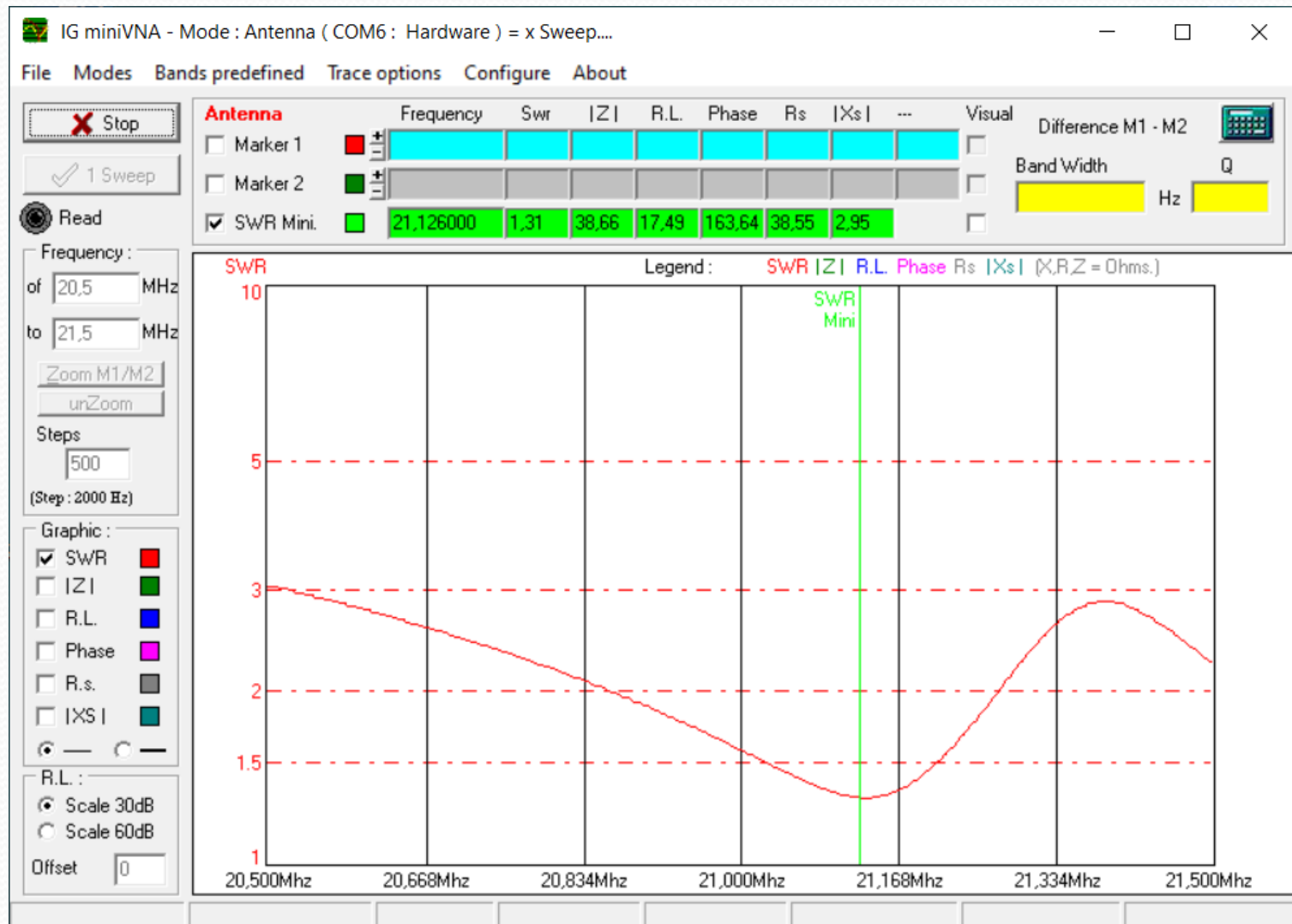
SWR Diagramm EFMD 40 m Band



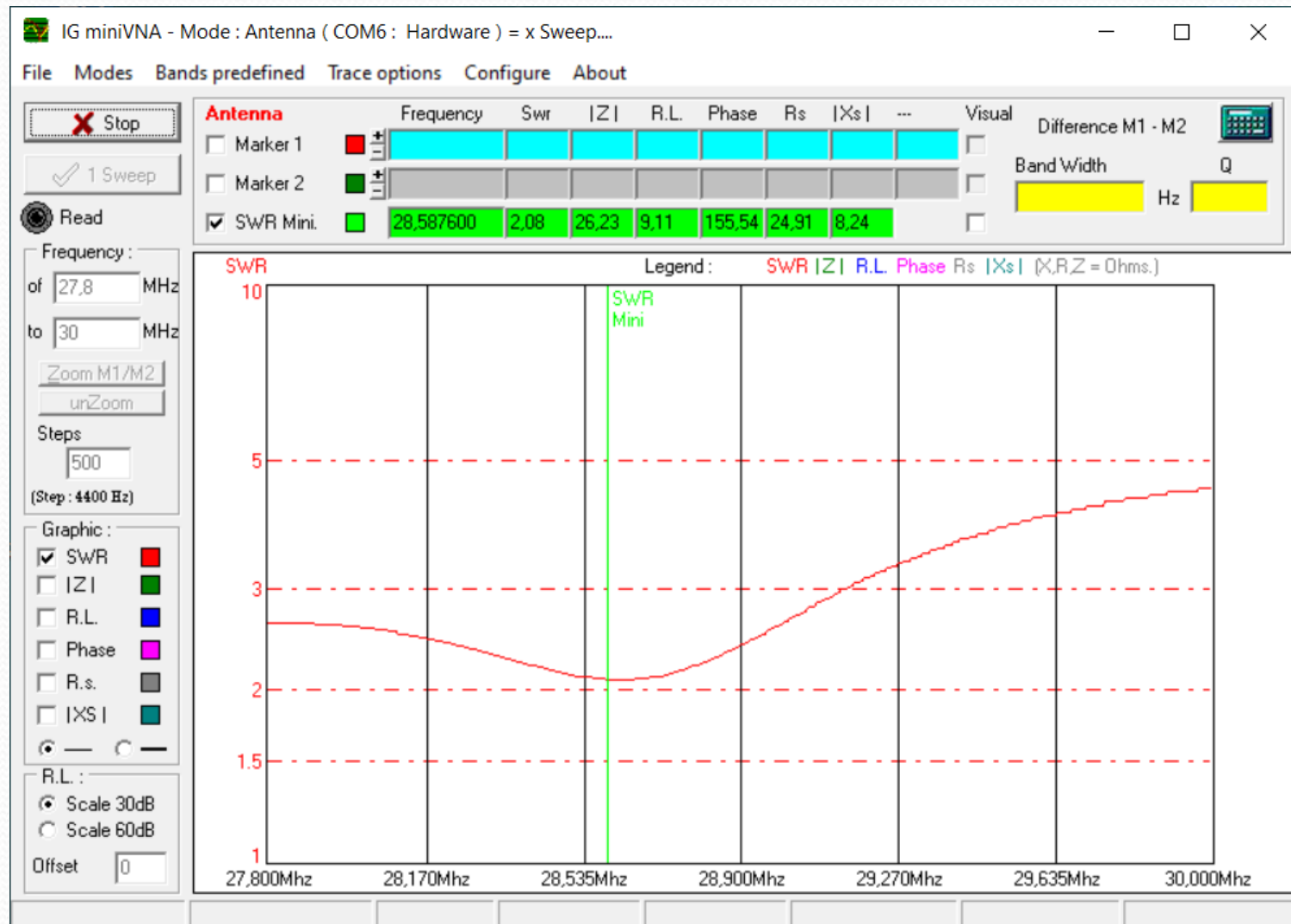
SWR Diagramm EFMD 20 m Band



SWR Diagramm EFMD 15 m Band



SWR Diagramm EFMD 10 m Band



Interessante Literatur zum EFMD

<https://f5npv.wordpress.com/endfed-cmc/>

<https://www.hfkits.com/end-fed-antennas-a-critical-view/>

[https://www.nonstopsystems.com/radio/frank_radio_antenna_multi
band_end-fed.htm](https://www.nonstopsystems.com/radio/frank_radio_antenna_multi_band_end-fed.htm)

[http://sarc.org.au/wp-content/uploads/2015/07/VK4YE-End-Fed-Antenna-
Construction-Project.pdf](http://sarc.org.au/wp-content/uploads/2015/07/VK4YE-End-Fed-Antenna-Construction-Project.pdf)

[http://pa-11019.blogspot.com/2012/04/149-transformer-for-endfed-
antennas-35.html](http://pa-11019.blogspot.com/2012/04/149-transformer-for-endfed-antennas-35.html)

Dank an Sponsoren

Der OV G09 bedankt sich bei den Sponsoren, die bei diesem Projekt Unterstützung geleistet haben:

Fa. Kabel Kusch, Dortmund, www.kabel-kusch.de

Fa. DX Wire, Peter Bogner, www.dx-wire.de

Fa. Bonito, www.hamradioshop.net, Dennis Walter