

Mantelwellensperren: Aufbau, Test und Anwendung

Wilhelm-Hartmut Weishaupt, DL6DCA und Dr. Patrick Piastowski, DL6PI

16.11.2021

Anlässlich eines Gespräches über Störungen elektronischer Geräte, welche durch den Betrieb einer Amateurfunkstation innerhalb desselben oder benachbarten Gebäudes hervorgerufen werden können, kam uns der Gedanke, unsere bisher in Einzelarbeit erstellten Erkenntnisse zusammenzufügen und zu ergänzen. Im Internet findet man zahlreiche Abhandlungen über Mantelwellensperren, deren Studium aufwändig sein kann. Wir möchten in diesem Zusammenhang hier eine Essenz unserer persönlichen Erfahrungen weitergeben und laden den Leser ein, uns seine Erkenntnisse gegebenenfalls mitzuteilen. Soweit möglich und sinnvoll, werden wir diesen Bericht weiter ergänzen.

1. Wie entstehen Mantelwellen oder was sind Mantelwellen?

Zunächst wollen wir den Begriff der Mantelwellen von dem der Stehwellen abgrenzen, damit es nicht zu Verwechslungen kommt.

Stehwellen entstehen, wenn die Impedanz des Generators / der Zuleitung nicht exakt mit der Impedanz der Antenne übereinstimmt. Die leitungsgebundene HF-Leistung kann nicht optimal durch die Antenne in das sogenannte Freifeld abgegeben werden und ein Teil der Leistung wird reflektiert. Die reflektierte und die zugeführte Leistung treffen auf dem Kabel aufeinander und bilden dann die sogenannte Stehwelle; beim Koaxialkabel entsprechend auf dem Innenleiter und der inneren Schicht der Ummantelung, bei Parallelleitungen (Hühnerleiter) auf den beiden Leitungsdrähten.

Mantelwellen entstehen hingegen hauptsächlich, wenn die Einspeisung an der Antenne nicht ausreichend symmetriert wurde. In diesem Falle fließt ein Teil der Leistung über den Koaxial-Außenmantel zum Generator (Funkgerät) zurück, wodurch die Zuleitung neben der Antenne abstrahlt und zu den bekannten Störungen anderer Geräte und den sogenannten „heißen Fingern“ am Funkgerät führt. Ein Sonderfall ist die Einkopplung der von der Antenne abgestrahlten Leistung in das Koaxialkabel, weil dieses z.B. nicht ideal im 90°-Winkel von der Antenne weggeführt wird, sondern parallel dazu verläuft. Wer sich mit der Theorie vertraut machen möchte, findet im Internet zahlreiche Beiträge. Beispielhaft seien aufgeführt:

Peter Bogner, DK1RP: „Häufig gestellte Fragen (FAQ) zu Mantelwellensperren“;
<http://www.dl0shg.de/afu/016/AFU-612.PDF>

Ludger Schlotmann, DF1BT: „Mantelwellensperren im Einsatz“; http://www.baeckerei-heitmann.de/DF1BT/A5_Mantelwellensperren_im_Einsatz_DF1BT.pdf

Ludger Schlotmann, DF1BT: „Mantelwellen“; http://www.baeckerei-heitmann.de/DF1BT/A4_Dokumentation_Mantelwellen_von_DF1BT.pdf

Wolfgang Wippermann, DG0SA (sk): „Sende- und Empfangsstörungen beseitigen“;
<https://www.dg0sa.de/stoerungen.pdf>

Günter Fred Mandel, DL4ZAO: „Balun-Workshop“; https://www.dl4zao.de/downloads/Balun_dl4zao.pdf

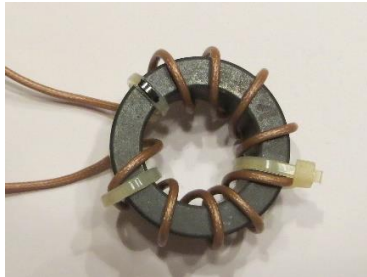
2. Aufbaumöglichkeiten von Mantelwellensperren

Mantelwellen gilt es grundsätzlich zu bedämpfen und im übertragenen Sinne in schadlose Wärme umzuwandeln. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten:

1. Möglichkeit: Einbringen eines Ringkernes, der mit dem Zuleitungskabel umwickelt wird. Dies gilt sowohl für Koaxialleitungen als auch für Parallelleitungen. Diese Konstruktion wirkt wie ein Strombalun, der gleichzeitig symmetriert.



Ringkern mit Paralleldraht



mit Koaxialkabel



koaxial nach W1JR

2. Möglichkeit: Aufwickeln einer Spule aus der Koaxial-Zuleitung.



auf Kunststoffrohr



frei aufgewickelt

3. Möglichkeit: Aufschieben von Ferrithülsen bzw. Klappferriten auf die Koaxialleitung.



Ferrithülsen zum Aufschieben



Klappferrite

3. Welche Parameter können wie gemessen werden?

Bei einer Mantelwellensperre interessiert in erster Linie, wie stark die Mantelwellen unterdrückt werden. Dabei soll sie natürlich das Sende- / Empfangssignal als Nutzsignal geringstmöglich abschwächen. Da Mantelwellensperren als Balun (balanced / unbalanced) arbeiten, also von der unsymmetrischen Koaxialleitung auf einen symmetrischen Antennenausgang transformieren, ist ebenfalls von Interesse, inwieweit dies symmetrisch geschieht. Unsymmetrie würde wieder zur Mantelwellenbildung beitragen.

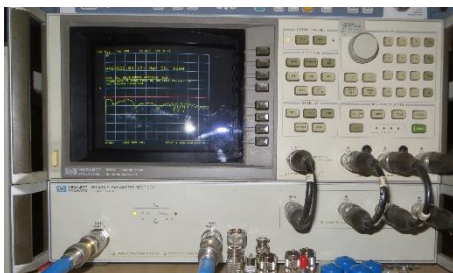
Alle drei Messungen können mithilfe eines Signalgenerators, einer Messbrücke und einem Messempfänger / Oszillografen recht umständlich durchgeführt werden. Wesentlich einfacher ist es, hierzu einen Vector-Analyzer einzusetzen, der mittlerweile in vielen Shaks zu finden ist. Dabei ist es egal, ob es sich um einen einfachen NanoVNA, einen NWT, einen miniVNA (PRO) oder gar um einen professionellen Messplatz von Agilent / R&S usw. handelt. Der Messaufbau ist immer gleich und hat als Basis den Messeingang (auch als Port 2 bezeichnet), sowie den eingebauten Wobbelgenerator als Ausgang (auch als Port 1 bezeichnet). Dazwischen wird die zu testende Mantelwellensperre als DUT (device under test) eingefügt, um die S21 Parameter bestimmen zu können.



NanoVNA V2



NWT500



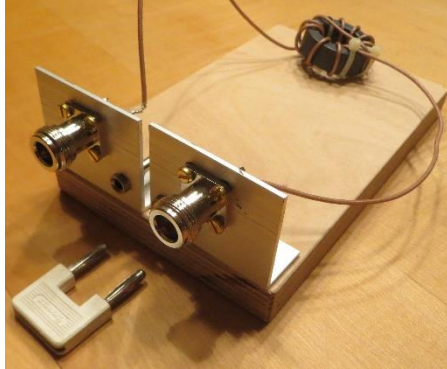
hp NWA



miniVNA PRO

Um die zu prüfenden Teile (DUT) schnell und einfach anlöten zu können, wurde ein kleines Holzbrett mit zwei Metallwinkeln versehen, in denen jeweils eine N-Buchse befestigt wurde. Beide Metallwinkel können über eine Kurzschlussbrücke massenmäßig verbunden werden, was bei der Ermittlung der Dämpfung der Mantelwellen erforderlich ist.

Bei allen anderen Messungen muss die Brücke entfernt sein, da ansonsten der Massepfad des Baluns kurzgeschlossen und unwirksam wäre.

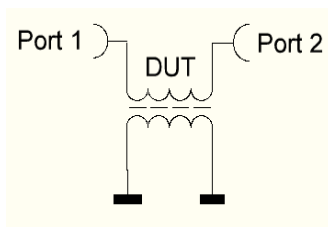


Messhilfe

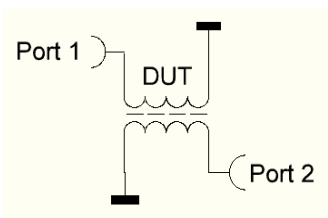


Hier nun die Messmöglichkeiten:

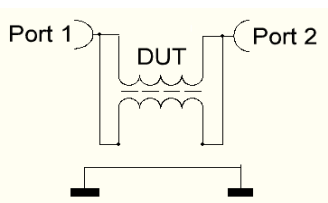
Ein Anschluss des DUT wird entsprechend der folgenden Abbildungen mit dem Generatorausgang des Analyzers (Port 1) verbunden. Ein weiterer Anschluss am DUT wird mit dem Messeingang des Analyzers (Port 2) verbunden. Die beiden verbleibenden Anschlüsse sind mit Masse zu verbinden.



Messaufbau zur Ermittlung der **Durchgangsdämpfung**
„S21 Parameter“
(ohne Brücke auf Testbrett)



Messaufbau zur Ermittlung der **Symmetrie**
(ohne Brücke auf Testbrett)



Messaufbau zur Ermittlung der **Mantelwellendämpfung**
(mit Brücke auf Testbrett)

4. Welche Ferrite sind geeignet?

Mantelwellensperren dienen dazu, sogenannte Gleichtaktströme wirkungsvoll zu unterdrücken. Dazu ist es erforderlich, dass sie diesen in Form einer Induktivität quasi einen möglichst großen Widerstand entgegensetzen. Wenn die Induktivität von einfachen Spulen – hierzu gehören auch die aufgewickelten Koaxialkabel-Mantelwellensperren – erhöht werden soll, bietet sich der Einsatz von Ringkernen an.

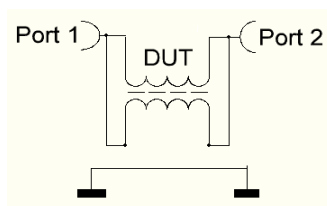
Solche gibt es in Form von Eisenpulver- und Ferritmischungen. Um die Induktivität effektiv zu erhöhen, bedarf es einer großen Permeabilität und somit eines großen A_L -Wertes.

Sowohl Eisenpulver als auch Ferrit gibt es in unterschiedlichen Mischungen des Ausgangsmaterials, was die Wirksamkeit in verschiedenen Frequenzbereichen beeinflusst. Eisenpulverkerne eignen sich eher für schmalbandige HF-Anwendungen, Ferrite dagegen für breitbandigeren Einsatz. Ferrite haben im Regelfall eine wesentlich höhere Permeabilität und somit einen größeren A_L -Wert.

Somit kommen bei breitbandigen Mantelwellensperren tendenziell nur Ferrite infrage. Aus der großen Amidon-Produktreihe sind es insbesondere die Ausführungen FT xxx – 43, FT xxx – 61 und FT xxx – 77. xxx steht für den Durchmesser; hier sind verschiedene Größen verfügbar. 43, 61 und 77 kennzeichnen das Material. Die Unterschiede können den folgenden Messergebnissen entnommen werden. Neben der Firma Amidon gibt es zahlreiche andere Hersteller und Anbieter, deren Angebote man nach den genannten Kriterien beurteilen kann.

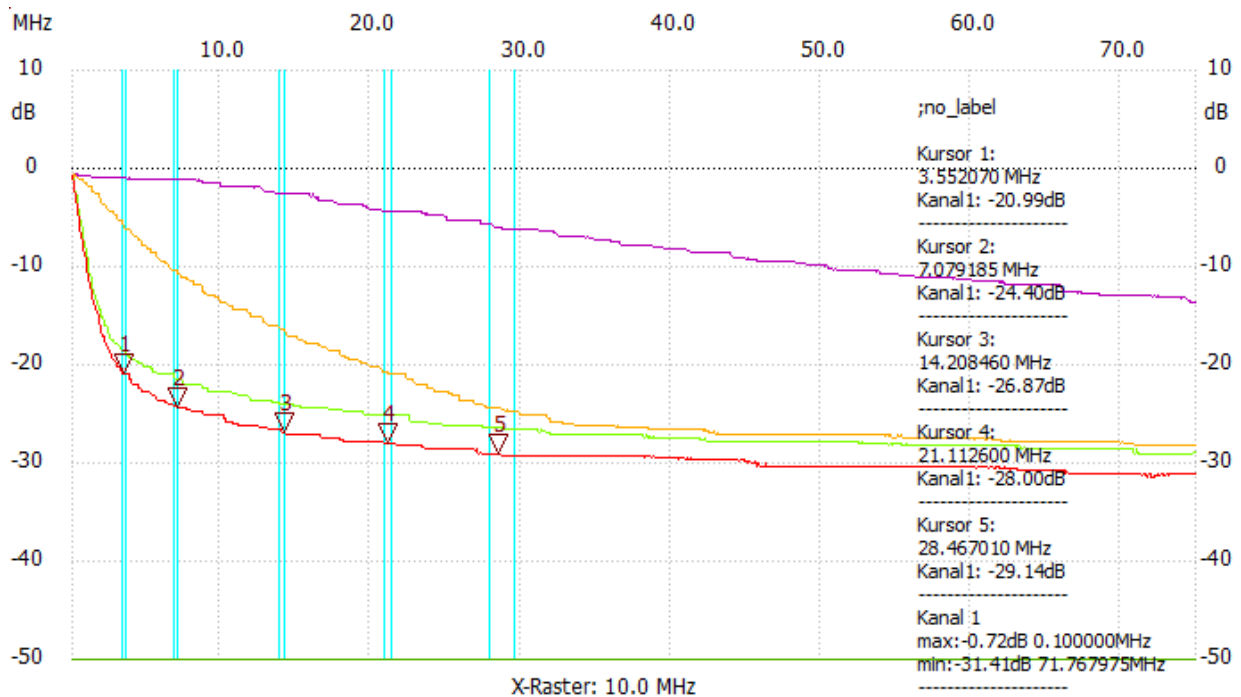
Im Folgenden abgebildet sind Vergleichsmessungen unterschiedlicher vorliegender Ferrite, zur Vergleichbarkeit jeweils mit 6 Windungen Draht versehen.

Die dargestellte Messmethode ist geeignet um unbekannte Ringkerne aus der Bastelkiste hinsichtlich der Eignung zur Dämpfung von Mantelwellen zu untersuchen. Die Messungen wurden mit dem NWT500 und der Software von DL4JAL durchgeführt, da hiermit mehrere Messlinien gleichzeitig dargestellt werden können. Es geht hier bei den Messwerten nur um den direkten Vergleich der eingesetzten Materialien.



Messschema, Port 1: Generator, Port 2: Messem Empfänger

DL6DCA & DL6PI - Mantelwellensperren: Aufbau, Test und Anwendung



Violette Linie: Eisenpulvermaterial T130-2

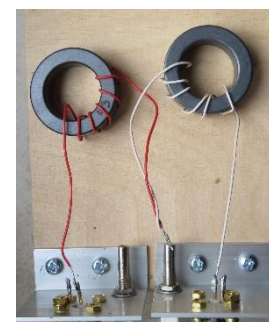
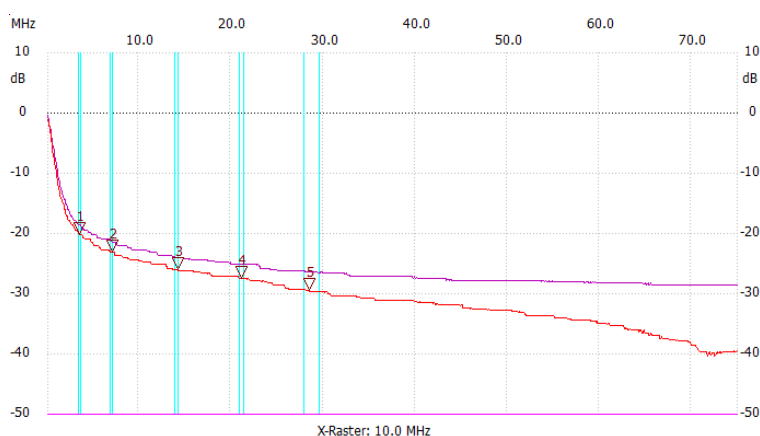
Gelbe Linie: FT140-61

Grüne Linie: FT140-43

Rote Linie: RK1

Es ist ersichtlich, dass der Eisenpulverkern insbesondere bei tiefen Frequenzen nur eine geringe Dämpfung ergibt. Das 61er und 43er Ferrit-Material zeigen deutliche Unterschiede in den tieferen Frequenzen. Im Vergleich schneidet hier der RK1 von Würth am besten ab, der u.a. beim DARC erhältlich ist. Um den üblichen KW-Bereich abzudecken, können basierend auf den Messungen Ringkerne mit 43er Material und der RK1 eingesetzt werden.

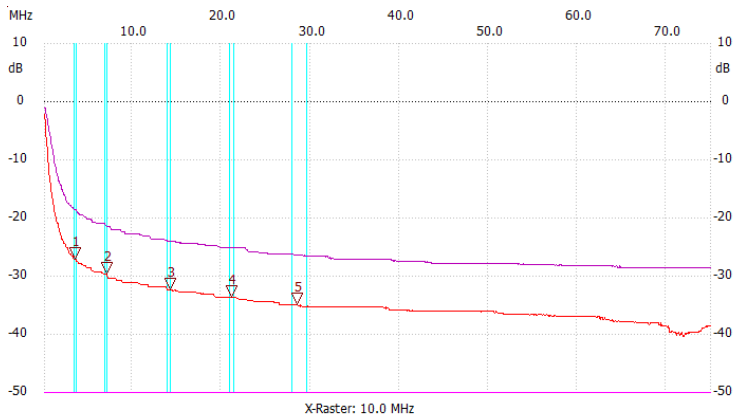
Untersucht wurde auch, was passiert, wenn unterschiedliche Ringkerne hintereinander angeordnet werden, um potenziell die Fähigkeiten beider Materialien nutzen zu können. Hier wurden als Beispiel ein 43er und ein 61er Ringkern in Reihe geschaltet:



Violette Linie: 43 alleine zum Vergleich
Orange Linie: 43 und 61 hintereinander

Es ist erkennbar, dass es gegenüber dem 43er Material im relevanten Frequenzbereich keine wesentliche Verbesserung gibt.

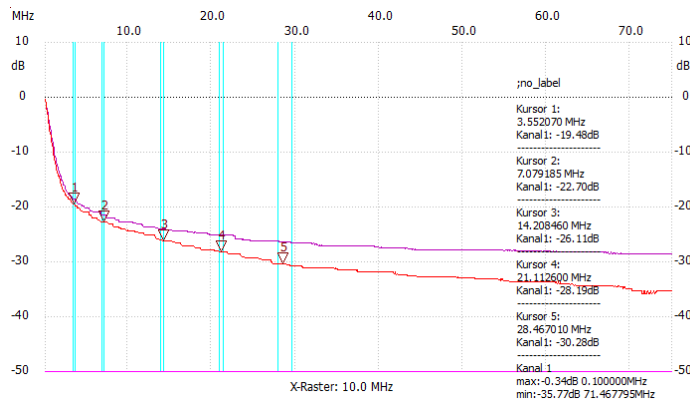
Hier nun zwei gestapelte 43er Kerne:



Violette Linie: einzelner 43er Kern
Orange Linie: 2 x 43er gestapelt

Es kann der Abbildung entnommen werden, dass die Dämpfung um ca. 10 dB zunimmt.

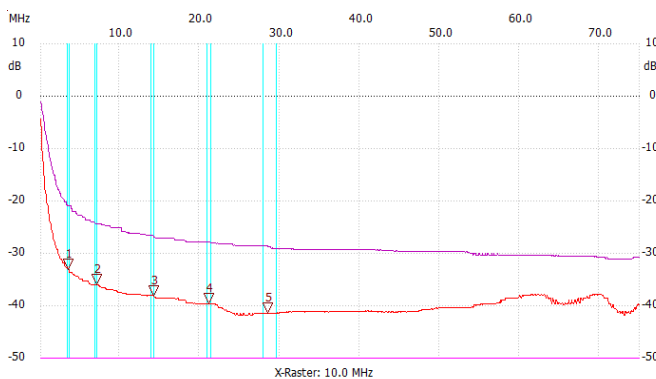
Im Folgenden ein 43er und ein 61er Kern, ebenfalls gestapelt:



Violette Linie: 43er Einzel zum Vergleich
Orange Linie: 43er und 61er gestapelt

Es ergibt sich gegenüber zwei gestapelten 43er Kernen kein nutzbarer Vorteil.

Zuletzt soll noch untersucht werden, was passiert, wenn die Windungszahl verdoppelt wird. Hier als Beispiel RK1 Ringkerne mit 6 und 12 Windungen:



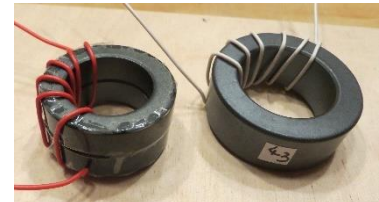
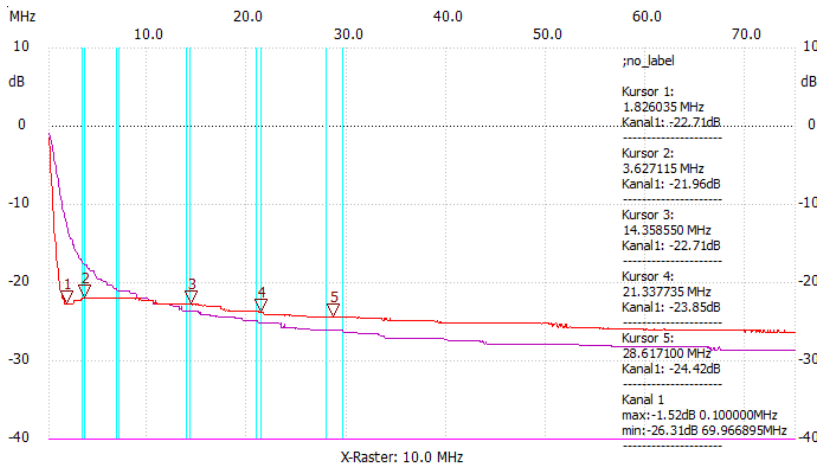
Kursor 1:	3.552070 MHz	Kanal 1: -33.12dB
Kursor 2:	7.079185 MHz	Kanal 1: -35.96dB
Kursor 3:	14.208460 MHz	Kanal 1: -38.61dB
Kursor 4:	21.112600 MHz	Kanal 1: -39.56dB
Kursor 5:	28.467010 MHz	Kanal 1: -42.40dB



Violette Linie: 6 Wdg.
Orange Linie: 12 Wdg.

Es ist deutlich zu sehen, dass sich die Dämpfung zwischen 6 und 12 Windungen um ca. 10 dB unterscheidet. Dies war zu erwarten, da sich mit jeder Windung die Induktivität erhöht. Bei den folgenden Aufbauten und Messungen wurde aber festgestellt, dass sich dieser Effekt bei dickeren Kabeln, im Gegensatz zu der dünnen Leitung, relativiert.

Kurz vor Fertigstellung dieses Berichtes konnten noch zwei FT114-77 Ringkerne beschafft werden. Da die FT114 Ringkerne wesentlich schmaler sind und eine geringere Höhe aufweisen, wurden zwei Stück gestapelt und mit einem FT140-43 Kern verglichen.

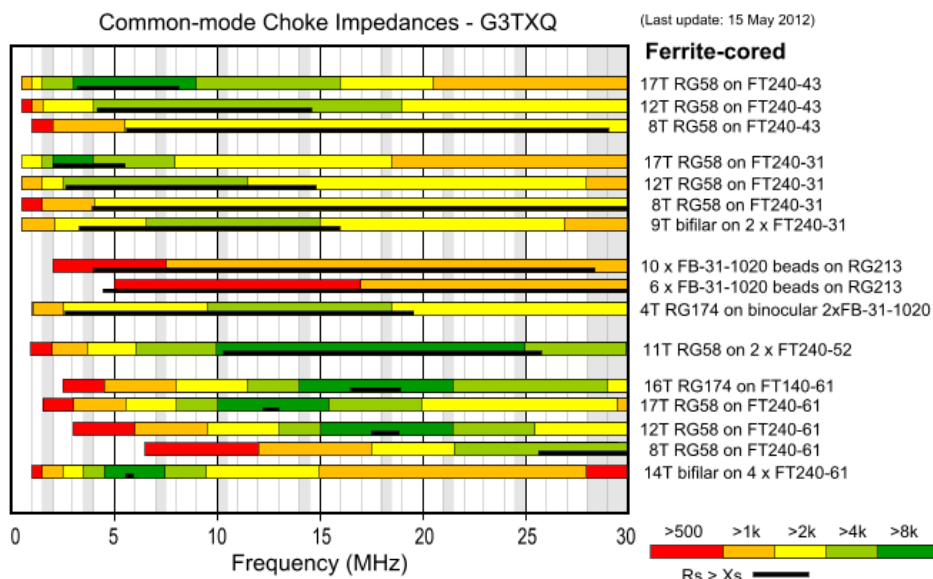


Anhand der Messkurve ist erkennbar, dass das 77er Material (rote Messkurve) im tieferen Frequenzbereich in Bezug auf die Dämpfung von Mantelwellen besser gegenüber dem 43er Material (violette Messkurve) abschneidet.

Als Ergebnis der Testreihe ist festzuhalten, dass sich FTxxx-43 und RK1 Ringkerne hervorragend für Mantelwellensperren eignen und den gesamten Kurzwellenbereich abdecken. Soll auf 1,8 MHz noch eine Verbesserung erzielt werden, kann auch 77er Material in Betracht gezogen werden.

Sofern Leser über Messdaten anderer Ringkerne, z.B. von anderen Herstellern, verfügen, wären wir an einem Datenaustausch interessiert.

Zum Abschluss dieses Kapitels ist als Referenz eine Auflistung von Steve Hunt, G3TXQ, dargestellt, in der Mantelwellensperren aus Koaxialkabel auf unterschiedlichen Ferritkernen und mit verschiedenen Wicklungsanzahlen miteinander verglichen werden (Quelle: <http://www.karinya.net/g3txq/chokes/>). Es sei angemerkt, dass der Betrieb von Mantelwellensperren in den „grünen Bereichen“ angeraten ist, für Details sei allerdings auf die Quelle verwiesen.



5. Untersuchung der Wirksamkeit unterschiedlicher Mantelwellensperren

In diesem Abschnitt sollen unterschiedliche im Fundus vorhandene Varianten von Mantelwellensperren messtechnisch untersucht und miteinander verglichen werden. Der Fokus liegt dabei auf der Dämpfung der Mantelwellen.

5.1 Mantelwellensperren mit Ferritkern

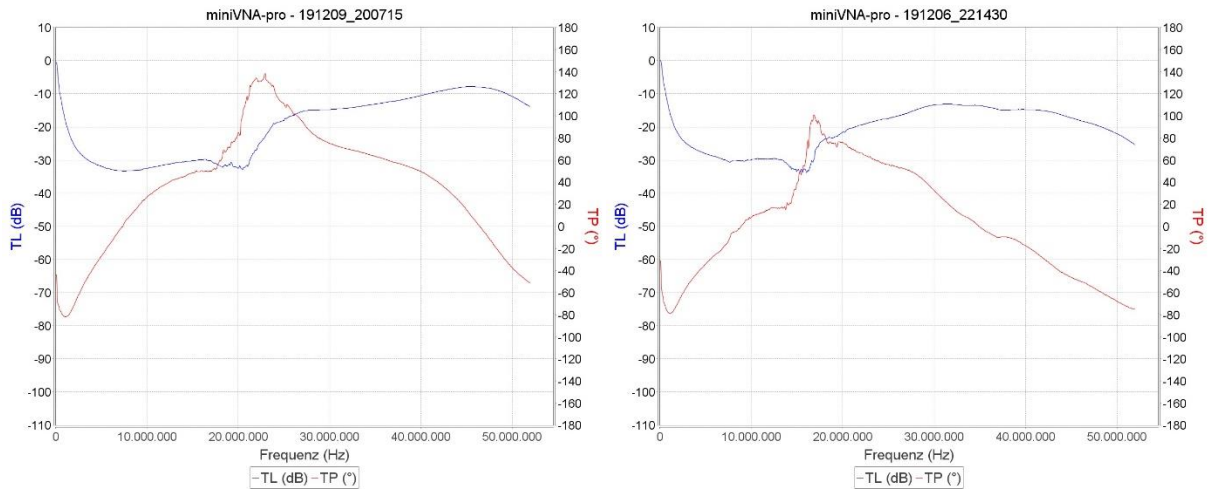
Es sei vorweggenommen, dass die in diesem Abschnitt betrachteten Mantelwellensperren mindestens im Kurzwellenbereich Vorteile gegenüber den im Handel zahlreich angebotenen Sperren auf Basis von auf Koaxialkabel aufgeschobenen Ferrithülsen aufweisen. Die Dämpfung von Mantelwellen ist üblicherweise signifikant größer, während sich – ein wenig bastlerisches Geschick vorausgesetzt – auch preislich keine Nachteile ergeben. Einzig die Bauform kann als Nachteil angesehen werden, wird man einen bewickelten Ringkern doch tendenziell in ein kleines Gehäuse zum Wetterschutz einbauen müssen. Weitere Details zu den Sperren auf Basis von Ferrithülsen finden sich weiter unten in diesem Bericht.

Die folgende Abbildung zeigt eine Mantelwellensperre nach W1JR (Reisert Balun), welche aus 2*5,5 Windungen RG58 Koaxialkabel auf einem FT140-43 Ferritkern besteht. Die exakte Art der Bewicklung wird weiter unten in diesem Beitrag beschrieben. Insgesamt 11 Windungen RG58 Kabel stellen das Maximum dar, das bei Verwendung eines FT140-Kerns aus Platzgründen realisierbar ist. Grundsätzlich könnte auch ein FT240-Kern verwendet und gegebenenfalls mit mehr Windungen bewickelt werden.

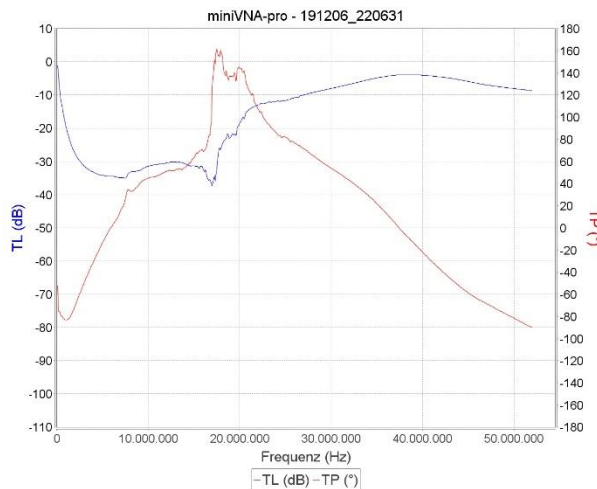


Die folgende Abbildung zeigt auf der linken Seite die Dämpfungseigenschaften für Mantelwellen einer derartigen Mantelwellensperre. Es ist erkennbar, dass bis zu einer Frequenz von ca. 22 MHz eine Dämpfung von 30 dB oder mehr erreicht wird (niedrige Frequenzen ausgenommen). Darüber nimmt die Dämpfung bis zum Ende des Kurzwellenbereiches stetig ab. Dies ist in der Praxis oft nicht kritisch, da Probleme, welche durch Mantelwellen ausgelöst werden, tendenziell in den unteren Bändern auftreten.

Auf der rechten Seite derselben Abbildung finden sich die Messergebnisse für eine Sperre, welche nur 2*4,5 Windungen RG58 aufweist. Es sind eine etwas geringere Dämpfung sowie ein früherer Abfall der Dämpfung zu hohen Frequenzen hin offensichtlich. Ansonsten sind die Eigenschaften denen der zuerst betrachteten Sperre ähnlich.



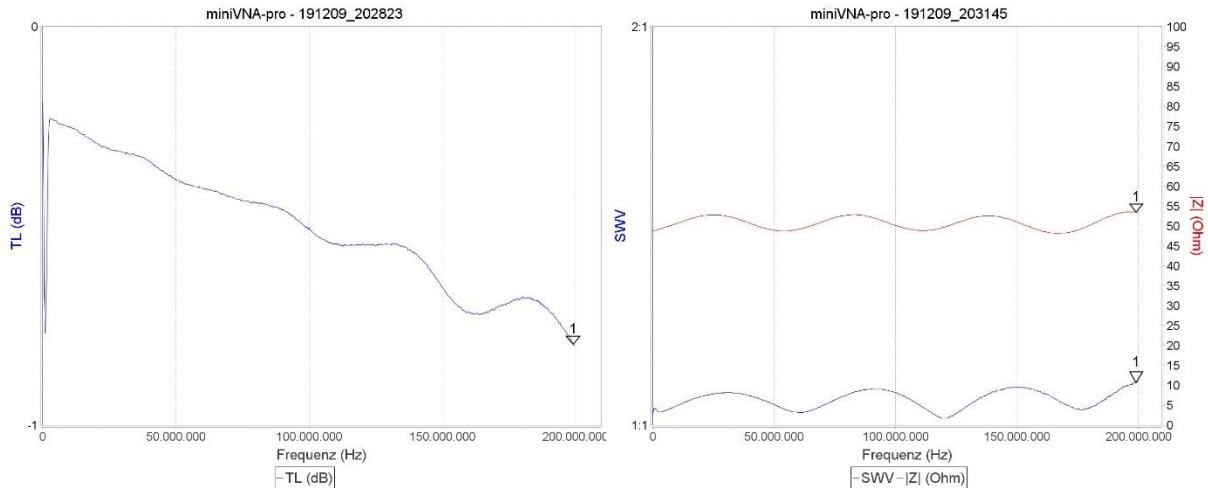
In der folgenden Abbildung finden sich die Messwerte einer Mantelwellensperre, bei der drei FT140-43 Kerne übereinandergestapelt und mit 2*4,5 Windungen bewickelt wurden. Die Dämpfung lässt sich gegenüber der Variante auf Basis von nur einem Kern bis ca. 15 MHz um wenige dB erhöhen, letztlich rechnet sich der erhöhte Materialaufwand – außer in Grenzfällen – allerdings kaum. Zumal zu höheren Frequenzen hin die Dämpfung von Mantelwellen sogar abnimmt. Die Diskrepanz zu den in Abschnitt 4 vorgenommenen Messungen dürfte darin begründet sein, dass mit dem dickeren RG58 Kabel größere kapazitive Kopplungen der einzelnen Windungen auftreten, die bei höheren Frequenzen deutlicher in die Wirkweise eingehen.



Ergänzend sind in der folgenden Abbildung weitere Messwerte dargestellt. Zum Einsatz kam nun wieder die Mantelwellensperre mit 2*5,5 Windungen auf einem FT140 Kern. Links ist die Durchlassdämpfung in einem weiten Frequenzbereich von 0 bis 200 MHz dargestellt. Es ist erkennbar, dass diese erwartungsgemäß mit der Frequenz ansteigt, aber bis ca. 100 MHz bei weniger als 0,5 dB liegt. Man kann sie im relevanten Kurzwellenbereich als vernachlässigbar betrachten.

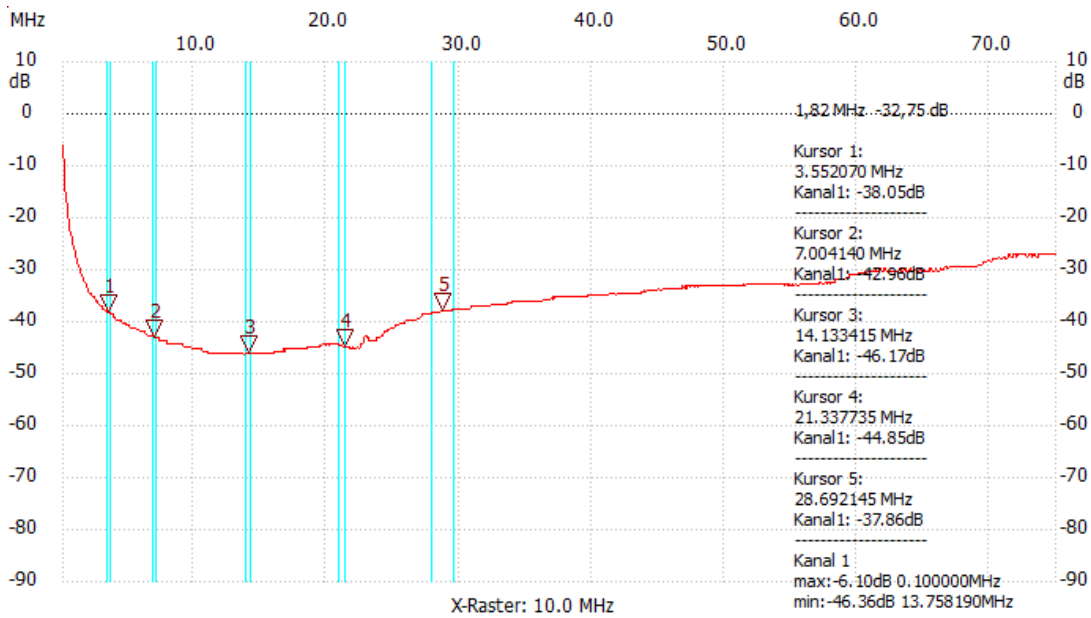
Rechts in der Abbildung sind Impedanz und SWR der Mantelwellensperre dargestellt. Im weiten Frequenzbereich von 0 bis 200 MHz weicht das Stehwellenverhältnis nur wenig vom idealen Wert 1:1 ab. Die Impedanz beträgt stets zwischen 50 und 55 Ohm, ist also an die im Amateurfunk

üblichen 50 Ohm Wellenwiderstand bzw. Impedanz gut angepasst. Die leichte Welligkeit beider Kurven deutet darauf hin, dass die Anpassung noch Verbesserungspotential hat; allerdings besteht hier kein Handlungsbedarf.



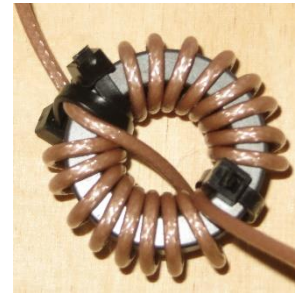
Die in diesem Abschnitt gezeigten Messwerte stehen letztlich für die individuellen Mantelwellensperren-Exemplare. Grundsätzlich ist es aber nicht ersichtlich, warum eine Verallgemeinerung unzulässig sein sollte. Zumindest von der Variante mit 2*5,5 Windungen wurden mehrere Exemplare aufgebaut, die sich messtechnisch sehr vergleichbar verhielten.

Bei einem weiteren Aufbau wurden auf einem FT140-43 Ringkern 16 Windungen RG 316 U nach W1JR aufgebracht und vermessen. Die folgende Abbildung und die Tabelle zeigen die Ergebnisse:



Mantelwellendämpfung

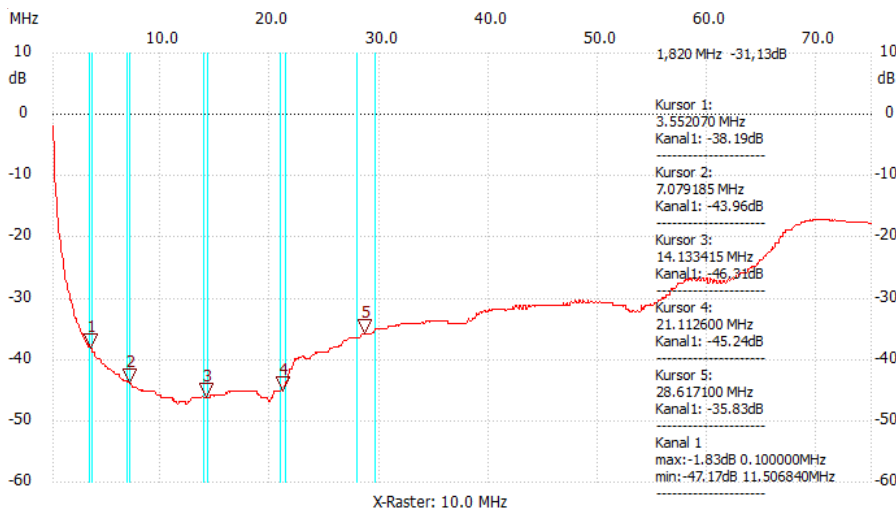
MHz	MW Dämpfung.	Durchg.-Dämpfung.	Symmetrie
1,8	-32,70	-0,11	-0,20
3,5	-38,05	-0,23	-0,25
7	-39,60	-0,31	0,02
14	-46,17	-0,50	-0,14
21	-43,72	-0,69	-0,14
28	-37,10	-0,86	-0,14



Die Dämpfung von Mantelwellen ist im Kurzwellenbereich insgesamt groß und Durchgangsdämpfung sowie Symmetrie sind stimmig. Die Durchgangsdämpfung steigt zum oberen Frequenzbereich an, was durchaus durch das dünne Kabel begünstigt wird.

Der Aufbau ist für 100 Watt Sendeleistung geeignet und wird ab sofort an der Station DO4DY / DL6DCA als Standard-Mantelwellensperre für Antennenversuche eingesetzt. Dazu wird er noch in ein Wetterschutzgehäuse eingebaut.

Um auch größere Leistungen verarbeiten zu können, wurde ein RK1 Ringkern mit insgesamt 15 Windungen RG58 C/U nach Reisert bewickelt. Folgende Abbildung und Tabelle zeigen die ermittelten Messwerte.



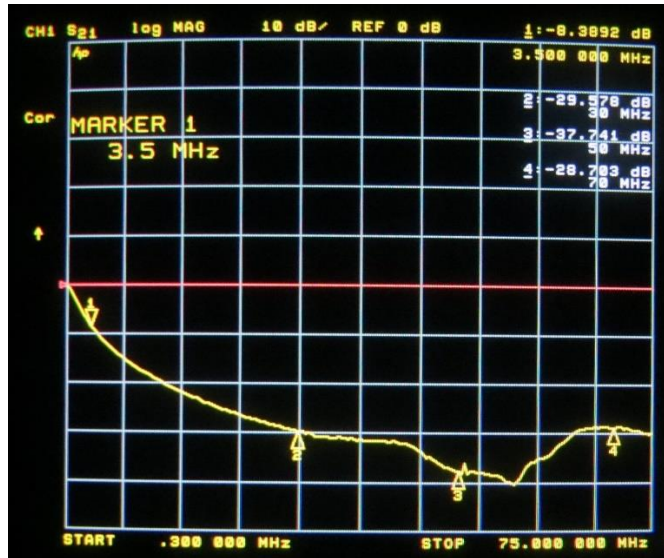
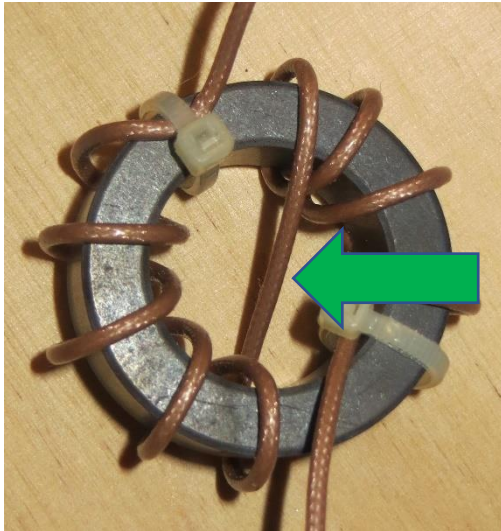
MHz	MW Dämpfung.	Durchg.-Dämpfung.	Symmetrie
1,8	-31,13	-0,20	-0,31
3,5	-38,19	-0,19	-0,30
7	-43,96	-0,19	-0,27
14	-46,31	-0,19	-0,19
21	-45,24	-0,19	-0,19
28	-35,83	-0,19	-0,19

In allen Bändern wird das Ziel >30 dB Mantelwellendämpfung erreicht. Die Durchgangsdämpfung ist sehr gering und die Symmetrie ist hinreichend.

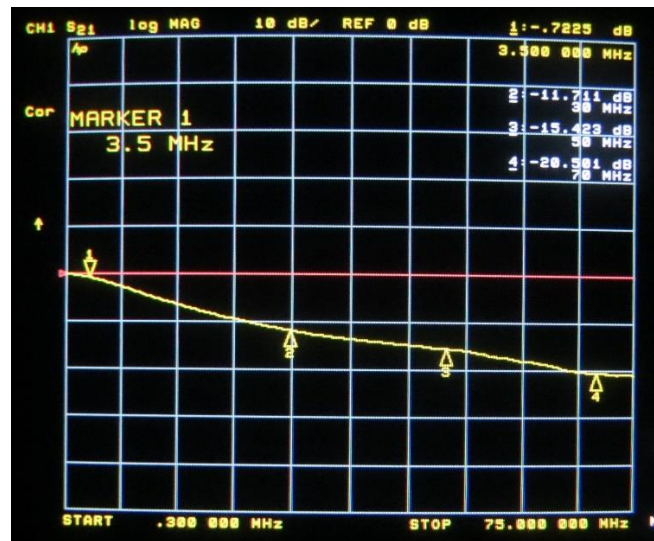
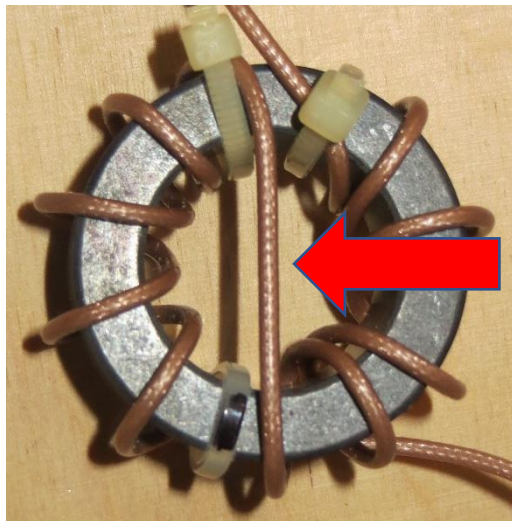
Hinweis zum Bewickeln einer Mantelwellensperre nach W1JR (Reisert Balun)

Bei der Umwicklung des Ringkerns nach W1JR ist darauf zu achten, dass der Wickelsinn bei der mittigen Umkehr beibehalten wird. Die falsche Bewicklung führt zu einem nicht brauchbaren Ergebnis, wie man den nachfolgenden Abbildungen, insbesondere den Messergebnissen, entnehmen kann:

Korrekt aufgebaute Mantelwellensperre auf Ringkern FT 140-61 mit 8 Windungen RG 178 BU:



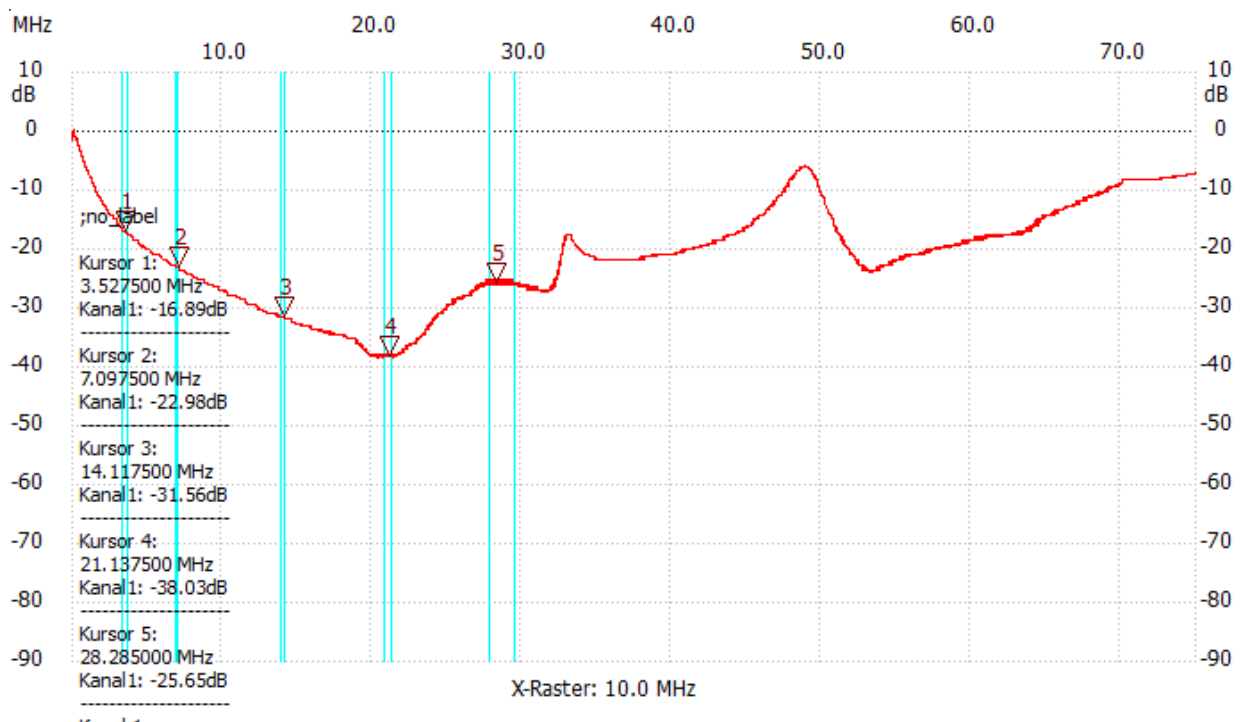
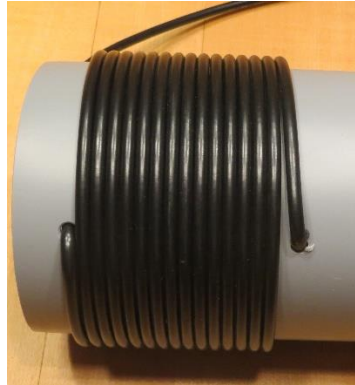
Falsch aufgebaute Mantelwellensperre mit gleichem Ringkern und Kabel:



Wie den Messergebnissen entnommen werden kann, ergibt sich nur eine geringe Dämpfung, wenn der Wickelsinn nicht richtig ist.

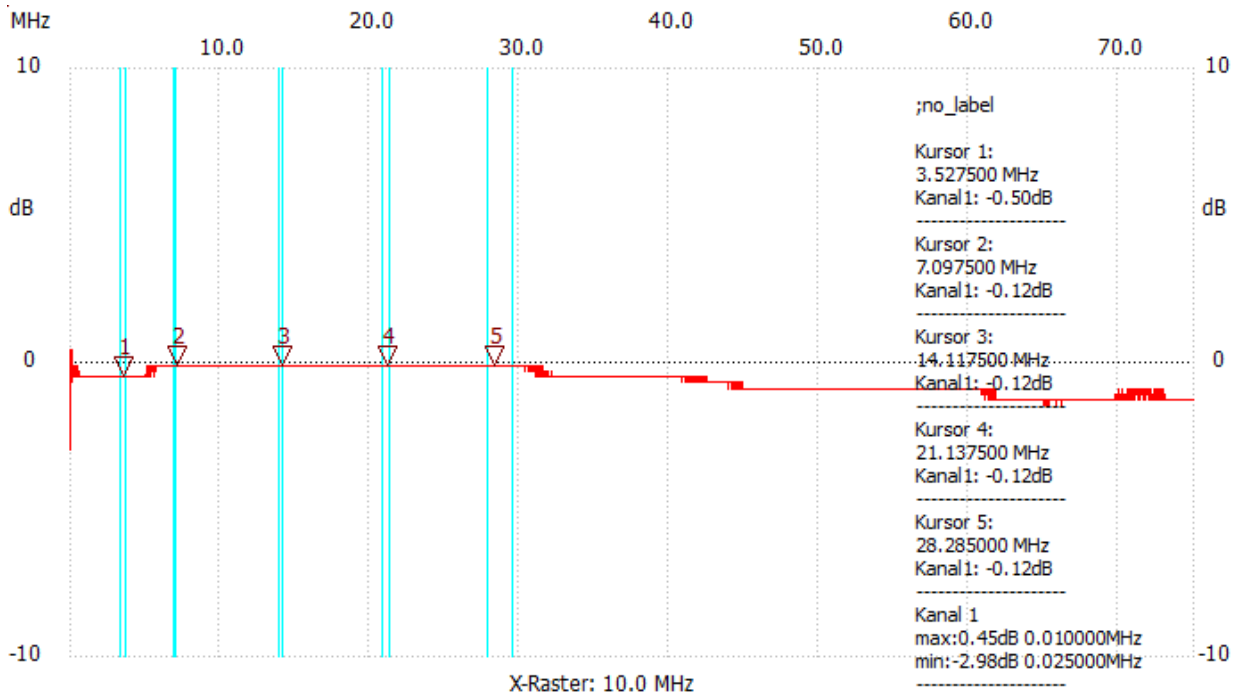
5.2 Mantelwellensperren aus aufgewickeltem Koaxialkabel

15 Windungen RG58 auf einem Kunststoffrohr mit 105 mm Durchmesser:

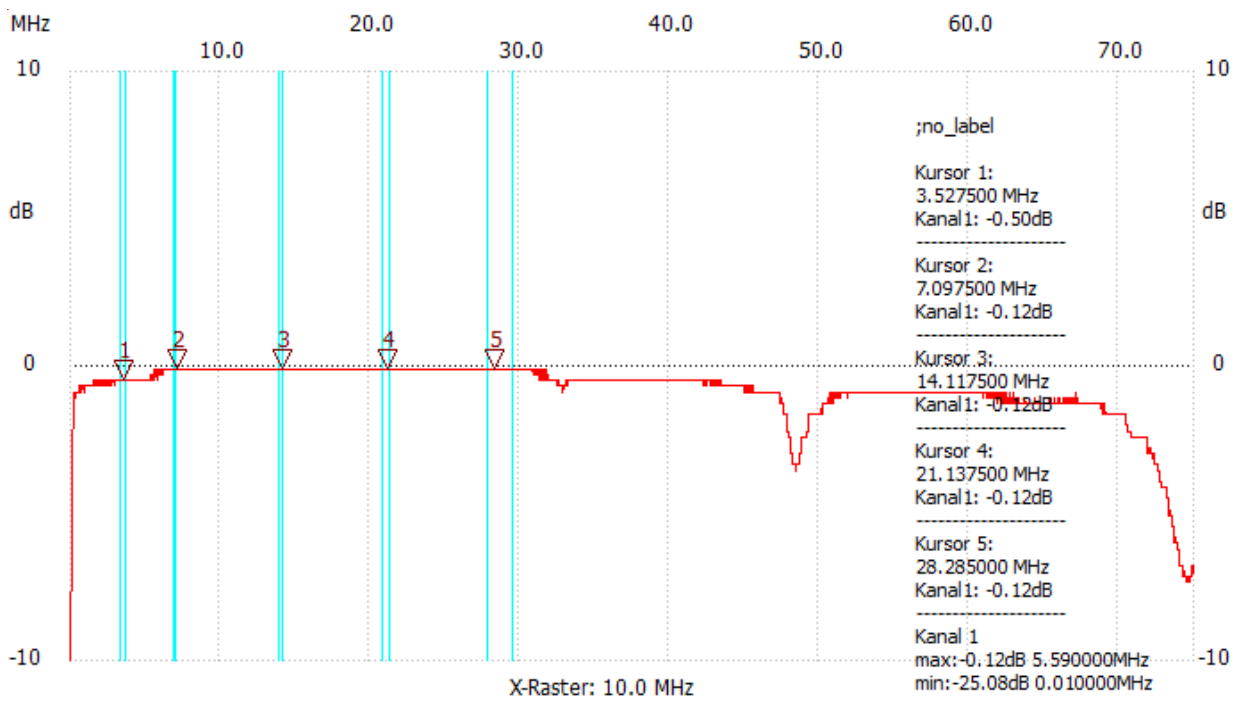


NWT500 SW DL4JAL

Dämpfung der Mantelwellen

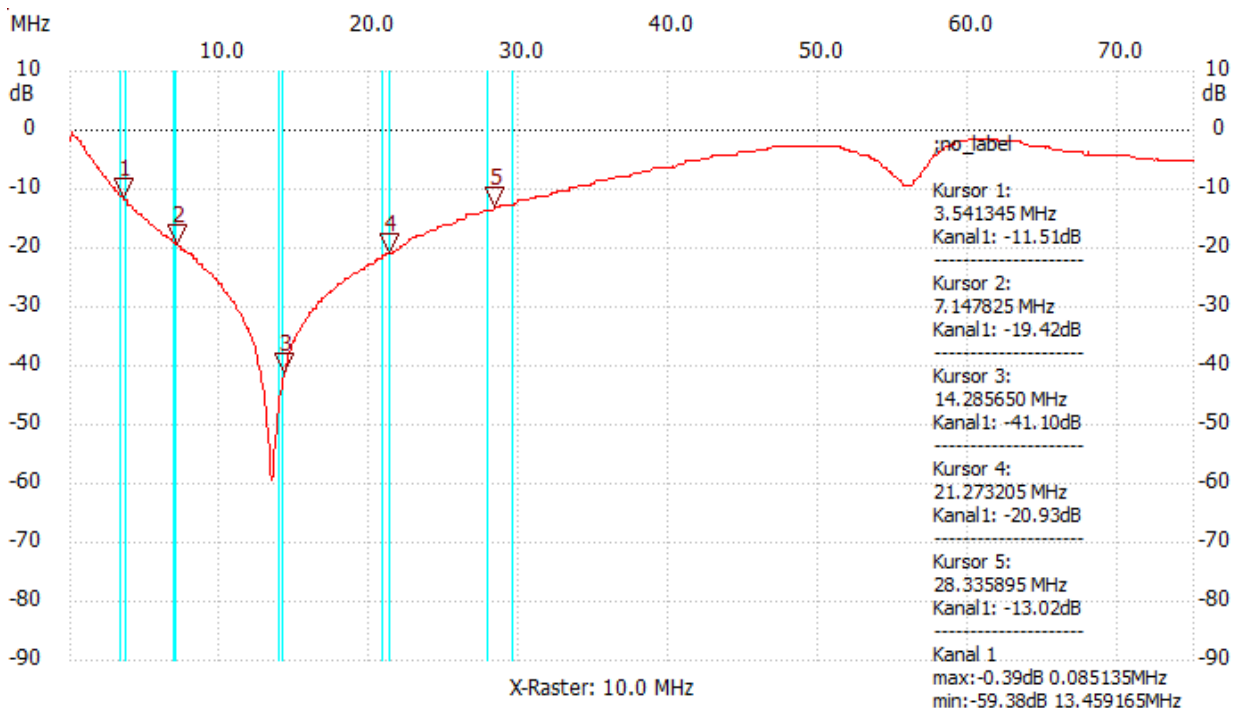


Durchgangsdämpfung



Symmetrie

8 Windungen, frei gewickelt aus RG58, ca. 12 cm Durchmesser:



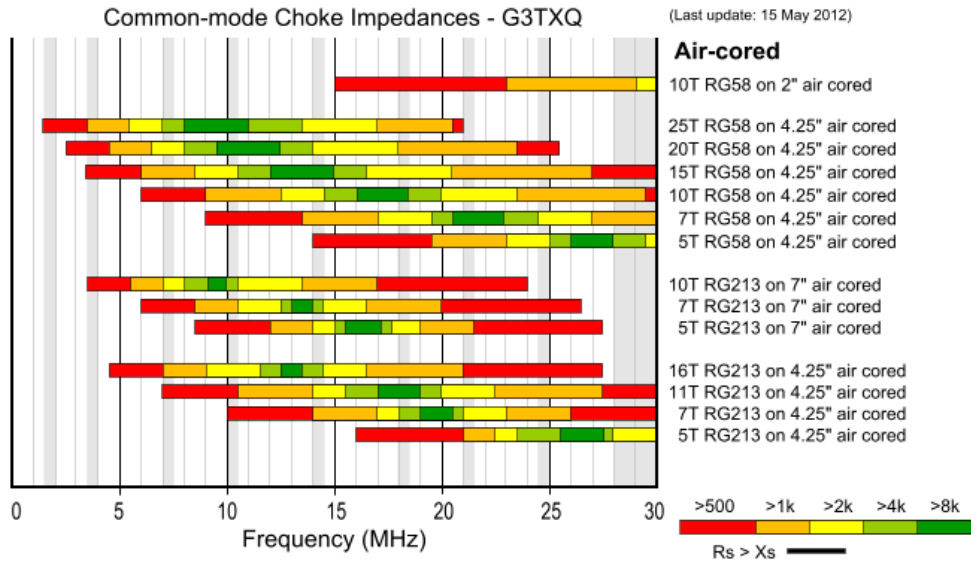
Dämpfung der Mantelwellen

Basierend auf den Messergebnissen in den obigen Abbildungen wird für beide Ausführungen deutlich, dass diese Art der Mantelwellensperre tendenziell nur zum Einsatz in einem Teilbereich der Kurzwellen-Amateurfunkbänder geeignet ist. Unter dieser Einschränkung sind passable Dämpfungswerte erreichbar. Ein breitbandiger Einsatz ist nicht angeraten.

Als Vorteil ist die sehr preisgünstige Herstellung mit wenig Materialaufwand zu nennen. Bei der Wicklung auf dem Kunststoffrohr wird schnell eine Größe erreicht, die sowohl in Bezug auf Gewicht als auch in Bezug auf die Abmessungen ungünstig für den Einsatz bei frei gespannten Antennendrähten am Einspeisepunkt ist.

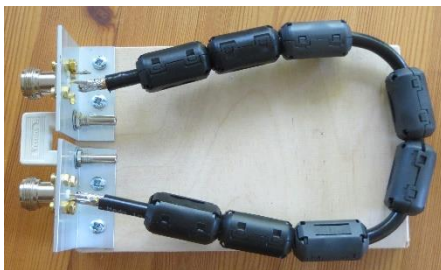
Es ist bei Verwendung dieser Variante notwendig, durch Variation der Windungszahl oder des Durchmessers die für das Band optimale Dimensionierung zu finden.

Steve Hunt, G3TXQ, hat hierzu viele Experimente durchgeführt und dokumentiert. Im Folgenden eine Übersicht, die für eigene Projekte als Orientierung dienen kann (Quelle: <http://www.karinya.net/g3txq/chokes/>). Auch hier ist wieder ein Betrieb in den grünen Bereichen anzustreben.

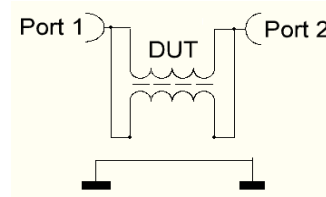


5.3 Mantelwellensperren mit Klappferriten bzw. Ferrithülsen auf Koaxialkabel

Vor längerer Zeit wurde ein Konvolut an Klappferriten (KF) auf einem Flohmarkt erworben, von dem keinerlei Daten der verwendeten Ferrite bekannt sind. Für den Messaufbau wurde ein Stück Highflex-7 Kabel eingesetzt. Es erfolgten Messungen mit 1 bis 4 und abschließend 8 aufgesetzten Klappferriten, welche in den folgenden Abbildungen nachvollzogen werden können. Um die Vergleichbarkeit der Messungen zu vereinfachen, wurden die ermittelten Werte darüber hinaus in einer Tabelle zusammengefasst.



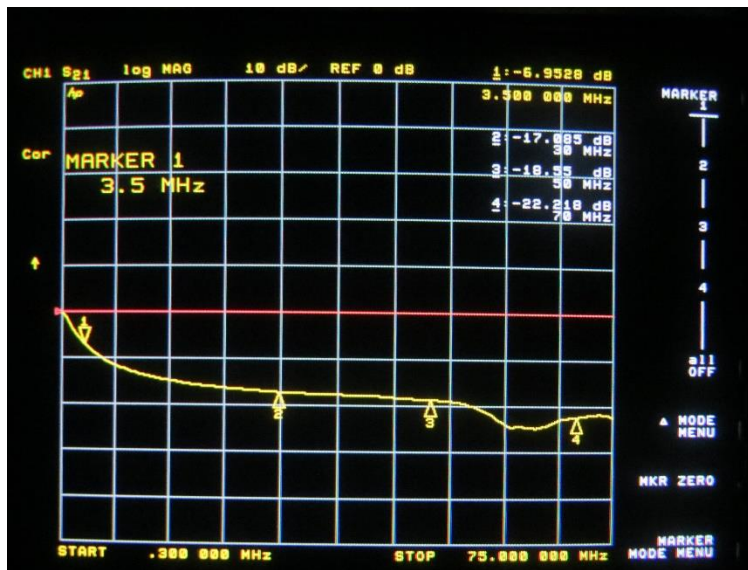
Messaufbau



Messschema



S21 mit einem Klappferrit, verwendeter Analyser: HP 8753c/85046A



S21 mit acht Klappferriten

Anzahl KF	3,5 MHz	30 MHz	50 MHz	70 MHz
1	0,3490	5,4702	7,0065	8,6767
2	0,7809	8,3372	10,0290	11,9480
3	1,3582	10,4280	12,1080	14,2670
4	1,9597	12,0590	13,7940	16,2690
8	6,9528	17,0850	18,5500	22,2180

Dämpfung der Mantelwellen in dB in Abhängigkeit von der Anzahl an Ferriten und der Frequenz

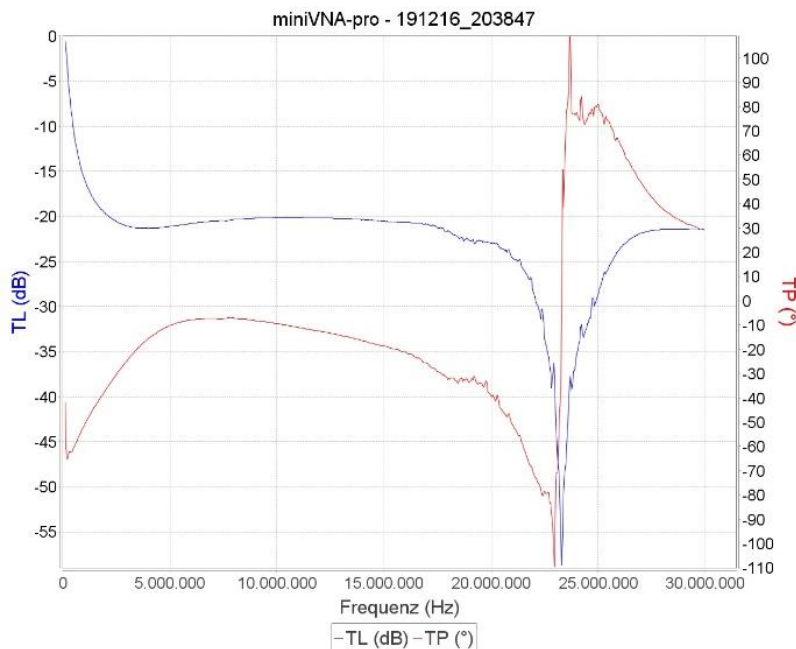
Üblicherweise wird von Fachkundigen empfohlen, in Bezug auf Mantelwellen eine Dämpfung von nicht weniger als 20 dB, besser mehr als 30 dB zu erreichen. Dieses Ziel kann mit den vorliegenden Klappferriten nur bedingt erreicht werden. Ob es besser geeignete Varianten gibt, entzieht

sich unserer Kenntnis. In einigen Berichten wird eine Mischung aus verschiedenen Materialien empfohlen, um eine höhere Bandbreite bzw. größere Frequenzunabhängigkeit zu erzielen.

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch eine kommerzielle Mantelwellensperre, welche aus zahlreichen über ein Koaxialkabel geschobenen Ferrithülsen besteht. Derartige Sperren sind im Fachhandel betriebsfertig zu beziehen.



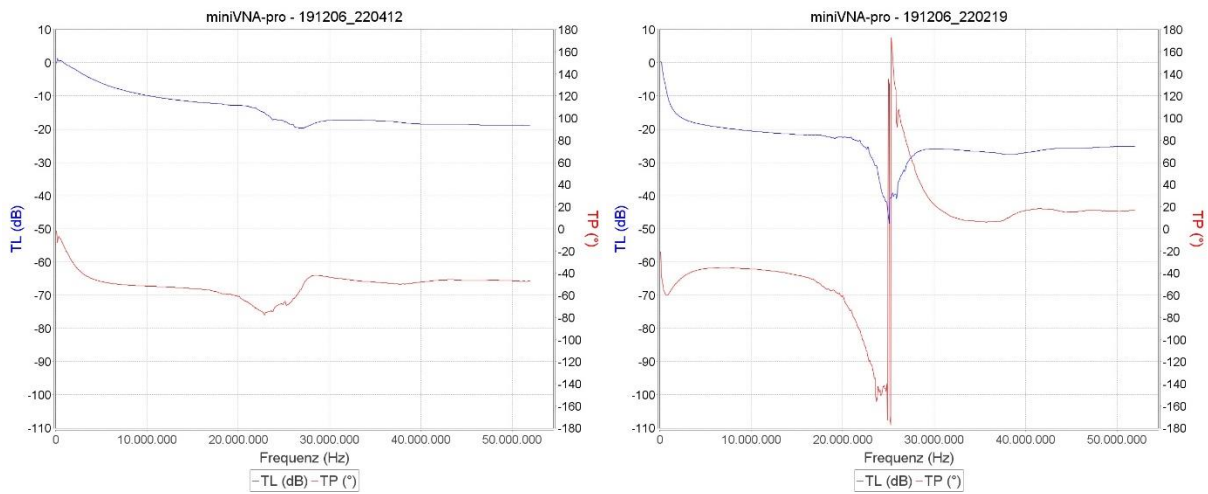
Die gezeigte Mantelwellensperre wurde unter Verwendung eines Mini-VNA Vector-Analyzers untersucht. Im Folgenden abgebildet ist die Dämpfung der Mantelwellen in Dezibel über der Frequenz in Hz (blaue Kurve). Außer bei niedrigen Frequenzen beträgt diese Dämpfung im relevanten Kurzwellenbereich mindestens 20 dB.



In der Clubstation DL0GY des DARC Ortsverbands O38 (Herne) waren weitere Mantelwellensperren dieser Bauart verfügbar. Sie wurden ebenfalls untersucht. In der folgenden Abbildung finden sich die Messergebnisse des ersten Exemplars (schwarzer Schrumpfschlauch) auf der linken Seite. Es ist erkennbar, dass auch diese Sperre eine Dämpfung von bis zu 20 dB erreicht, allerdings beträgt sie in weiten Teilen des relevanten Kurzwellenbereichs weit weniger als 20 dB. Auf der rechten Seite finden sich die Messergebnisse des zweiten Exemplars (blauer

DL6DCA & DL6PI - Mantelwellensperren: Aufbau, Test und Anwendung

Schrumpfschlauch). Es zeigt sich im Bereich über 10 MHz eine Dämpfung von 20 dB bis 25 dB; zu niedrigeren Frequenzen hin nimmt die Dämpfung ab.



Zu den aus aufgeschobenen Ferritringen bestehenden Mantelwellensperren sei auf Basis der drei untersuchten Exemplare gesagt, dass offenbar eine recht große Streuung der Dämpfungseigenschaften besteht und dass im für Funkamateure relevanten Kurzwellenbereich eine Dämpfung von Mantelwellen von grob 20 dB erwartet werden kann – teils einige dB mehr oder weniger.

6. Korrektes Platzieren von Mantelwellensperren im Antennensystem

Mantelwellensperren wirken als Strombalun 1: 1 und gleichzeitig als Symmetrierglied. Somit sind sie direkt am Antenneneinspeisepunkt anzubringen, da dort die Mantelwellen beginnen. Sofern ein transformierender Spannungsbalun, z.B. 1:4, 1:49 o.ä. eingesetzt wird, ist dieser direkt an der Antenne und der Strombalun als Mantelwellensperre unmittelbar dahinter zu platzieren. Bei endgespeisten Antennen kommt es allerdings darauf an, ob die Koaxialzuleitung als Gegengewicht dienen soll. Dann ist der Strombalun als Mantelwellensperre erst $0,05 \lambda$ (der tiefsten Frequenz) von der Antenne entfernt in die Zuleitung einzufügen.

Sofern das Zuleitungskabel nicht im 90° Winkel von der Antenne abgeführt werden kann, ist es möglich, dass durch Parallelführung von Antennendraht und Zuleitungskabel Sendeleistung auf das Kabel gelangt und Mantelwellen entstehen. Wenn dadurch Störungen auftreten, kann es sinnvoll sein, eine weitere Mantelwellensperre zusätzlich einzufügen. Hier den geeigneten Ort zu finden, hängt wesentlich von den örtlichen Rahmenbedingungen ab und ist somit eine Einzelfallentscheidung.

7. Abschließende Anmerkungen

Der aufmerksame Leser mag sich fragen, warum sich hier keine Angaben zu der maximalen Belastbarkeit der vorgestellten Mantelwellensperren finden lassen. Hierzu wurden keine Versuche durchgeführt. Aber andere Autoren (siehe Literaturempfehlungen in Kapitel 1) sind zu folgender Erkenntnis gekommen:

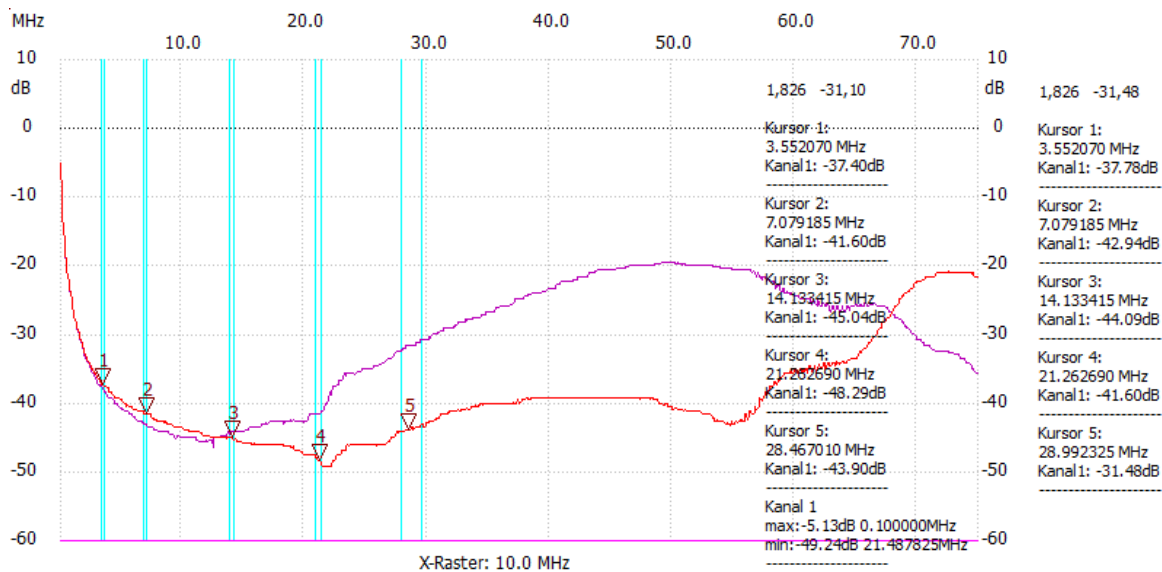
Ringkerne der Größe FT140-xx (35,5 x 12,7 mm) sind bis 100 Watt Sendeleistung und etwas darüber hinaus einsetzbar. Bei 200 Watt sollte man zwei Ringkerne stapeln, da sich dann die Leistung auf beide Ringkerne verteilt und somit eine magnetische Sättigung ausgeschlossen wird.

Ringkerne der Größe FT240-xx (61 x 12,7 mm) eignen sich bis 750 Watt, ebenso wie der maßlich etwas abweichende RK1. Wer sicher gehen will, stapelt auch hier zwei Ringkerne oder greift auf Formate mit einer größeren Dicke (> 12,7 mm) zurück.

Als Koaxialkabel zur Bewicklung von Ringkernen ist es vorteilhaft, PTFE-Kabel zu nehmen, da diese sehr temperatur- und spannungsfest sind. Bei der Auswahl muss allerdings auf den maximalen Biegedurchmesser geachtet werden. RG316 U sollte für 100 W und RG142 BU für 750 Watt Sendeleistung die richtige Wahl sein. Beim Umwickeln der Ringkerne darf das PTFE-Koaxialkabel nicht scharfkantig geknickt werden, um innere Verformungen zu vermeiden, welche sich auf die Impedanz des Kabels auswirken können.

Bei den Mantelwellensperren auf Basis von Ringkernen war auffällig, dass insbesondere bei Verwendung kleiner Kerne und dicker Kabel in Kombination mit zu enger Bewicklung der Sperreffekt rückläufig ist. Es kam die Vermutung auf, dass es die kapazitiven Kopplungen der Einzelwindungen untereinander sein könnten, die sich hier negativ auswirken. Um den Effekt genauer zu untersuchen, wurden Messungen an zwei RK1 Ringkernen mit identischer Anzahl an Windungen durchgeführt. Ein Ringkern wurde mit 5 mm dickem RG58 Kabel, der andere mit 2,5 mm dickem RG316 U Kabel bewickelt. Wie im folgenden Bild nachvollzogen werden kann, liegen die einzelnen Windungen bei dem dünnen Kabel nicht direkt, sondern mit Abstand, nebeneinander. Bei beiden Exemplaren ist die Windungszahl und damit die Induktivität annähernd gleich groß. Mit einem RCL-Meter wurden 228 μH (RG58) bzw. 225 μH (RG316) gemessen.





Die violette Messkurve stammt von dem mit RG58 bewickelten Ringkern, die rote von dem mit RG316 bewickelten. Bis ca. 14 MHz sind beide Messkurven dicht nebeneinander, um dann bis 28 MHz um 12 dB auseinander zu driften. Damit wurde im Experiment gezeigt, dass zu dichte Bewicklung zumindest bei den höheren Frequenzen zu einer Verschlechterung der Dämpfung von Mantelwellen führen kann – vermutlich aufgrund kapazitiver Kopplung. Viel hilft also in Bezug auf die Bewicklung nicht zwangsläufig viel und es sollten gegebenenfalls bei knappen Platzverhältnissen auf dem Kern besser weniger Windungen aufgebracht werden.

Zuletzt sei erwähnt, dass bei Mantelwellensperren aus aufgewickeltem Koaxialkabel durchaus beträchtliche Kabellängen zusammenkommen, die der Gesamtdämpfung der Antennenzuleitung zugerechnet werden müssen. Daher sollte ein hochwertiges und unter Umständen dickeres Kabel mit entsprechend kleiner Dämpfung gewählt werden. Kabel mit Schaumstoff-Innenleben ist in relativ leichter und hochwertiger Form erhältlich.

Unsere Beschreibungen und Auswertungen sind nicht als perfektes Rezept für den Nachbau von Mantelwellensperren anzusehen. Vielmehr sollte aufgezeigt werden, welche Möglichkeiten zur Lösung eines konkreten Problems bestehen und welche Parameter zu beachten sind. Wenn im eigenen Shack keine Messmöglichkeiten vorhanden sind, so findet sich bestimmt Hilfe im Ortsverband.

Über Rückfragen, Anmerkungen, Verbesserungsvorschläge etc. würden wir uns freuen.

Kontakt bitte per Mail an dl6pi@piastowski.info oder dl6dca@darc.de oder über die Ortsfrequenz 144,575 MHz.

vy 73 de Patrick, DL6PI / Wilhelm, DL6DCA