Mantelwellensperren unter der Lupe

Teil III

Mitteilungen aus dem
Institut für Umwelttechnik
Nonnweiler - Saar
Dr. Schau
DL3LH

Allgemeines:

In Teil 1 und Teil 2 wurden aus Draht gewickelte Mantelwellensperren beleuchtet und die Methode der Berechnung der Verluste ausführlich behandelt. In Teil 3 wollen wir Mantelwellensperren aus aufgewickeltem Koaxkabel näher betrachten.

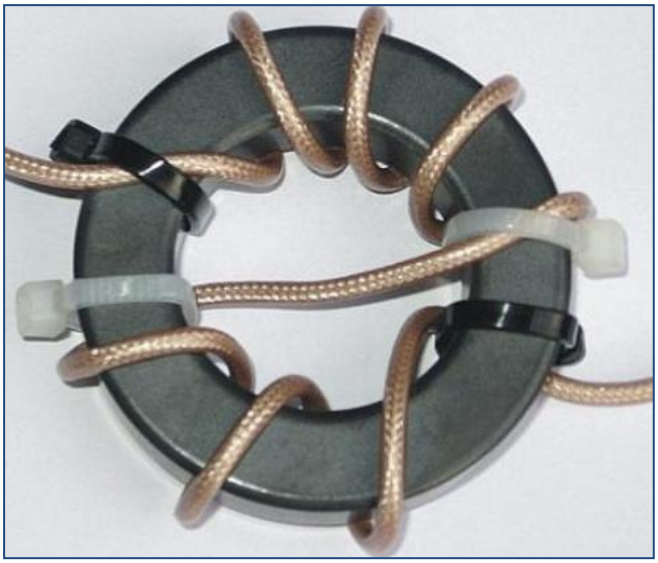


Bild 1.1: Mantelwellensperre mit Koaxkabel, Ringkern FT240-43, Bild: DF1BT, Ludger, OE8WHK,

Im Netz findet man auf Amateurseiten einfachste Anweisungen: Man nehme einen Ringkern z.B. Typ FT 140 – 43 und bewickle diesen mit 9 oder mehr Windungen Koaxkabel Typ RG 58, schon ist die MWS fertig. Diese einfach herzustellende MWS kann dann, so wird behauptet, oben an der Antenne, am Ende der Zuleitung oder direkt am Senderausgang als Übergang von symmetrisch zu asymmetrisch ohne Probleme eingesetzt werden. Die beim Übergang auftretenden HF-Probleme sind damit gelöst und die MWS hat nahezu keine Verluste. Jedenfalls wird das so behauptet und Videos auf YouTube erläutern sogar die einfache Herstellung solch einer MWS. Damit sich der Ein- und Ausgang des Kabels nicht „sehen“, wird vorgeschlagen nach der Hälfte der Windungen das Kabel durch den Ringkern zu führen und dann mit gleicher Wickelrichtung die restlichen Windungen aufzubringen. Diese oft gelobte Wickeltechnik hat nur den Vorteil, dass bei Einbau in ein Gehäuse die Anschlüsse gegenüber liegen.

Nur, stimmt das eigentlich was immer wieder behauptet wird? Um diese Frage zu beantworten ist es notwendig verschiedene Leitungen über leitender Erde zu betrachten.

1. Die einfach Leitung über leitender Erde
2. Die Doppelleitung über leitender Erde.
3. Die koaxiale Leitung über leitender Erde.

Bei der einfachen Leitung über leitender Erde ist der Betriebszustand eindeutig. In einem Leiter fließt der Strom zum Verbraucher hin, während die Erde die Rückleitung bildet. Diese einfache Leitung hat eine Kapazität gegen Erde, woraus sich mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellenwiderstand der Leitung berechnet.

Bei der Doppelleitung über leitender Erde ist der Gegentaktbetrieb (symmetrischer Betrieb) der gewünschte Betriebszustand. Durch Asymmetrien der Ansteuerung, der Antenne oder der Zuleitung entstehen Gleichtaktanteile auf der Antennenzuleitung. Unter der Voraussetzung, dass die Doppelleitung symmetrisch über der Erde aufgebaut ist, ist das Ersatzbild ein Pi-Glied mit den Erdkapazitäten C_{10} und C_{20} sowie der Koppel-Kapazität zwischen den beiden Leitern C_{12}.

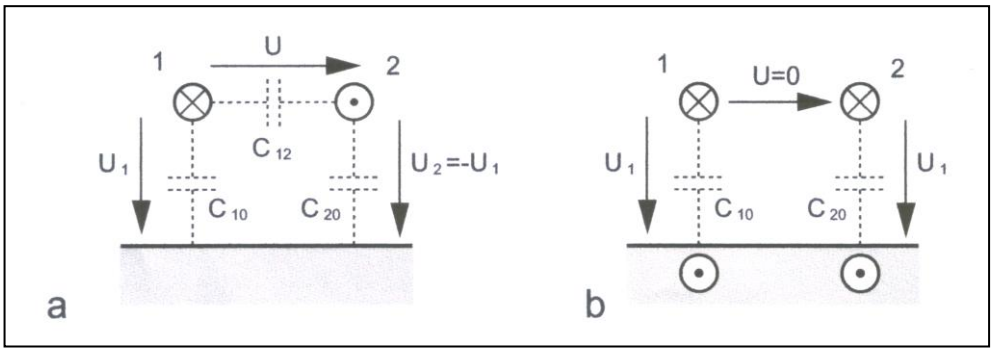


Bild 1.2: zeigt das vereinfachte Ersatzbild einer symmetrischen Leitung über leitender Erde. Darstellung a gilt für den Gegentakt-, Darstellung b für den Gleichtaktbetrieb

Bei Gegentaktbetrieb erfolgt die Anregung gegenphasig ($\underline{U}_1 = - \underline{U}_2$) und der Leiter 2 führt den Rückstrom von Leiter 1. Dieser Betrieb stellt sich dann ein, wenn eine symmetrische Ansteuerung durch den Generator erfolgt, die Symmetrie nicht durch die Lastimpedanz gestört wird und die Doppelleitung über Erde symmetrisch geführt wird. Sind diese Bedingungen verletzt, ergibt sich eine Mischform von Gleich- und Gegentaktmodus verbunden mit entsprechenden Verlusten.
Bei Gleichtaktbetrieb erfolgt die Ansteuerung der beiden Leiter gleichphasig und der **Rückstrom** erfolgt über die Erde. Die Spannungen $\underline{U}_1$ und $\underline{U}_2$ sind gleich. Die Ströme haben die eingezeichnete Richtung.

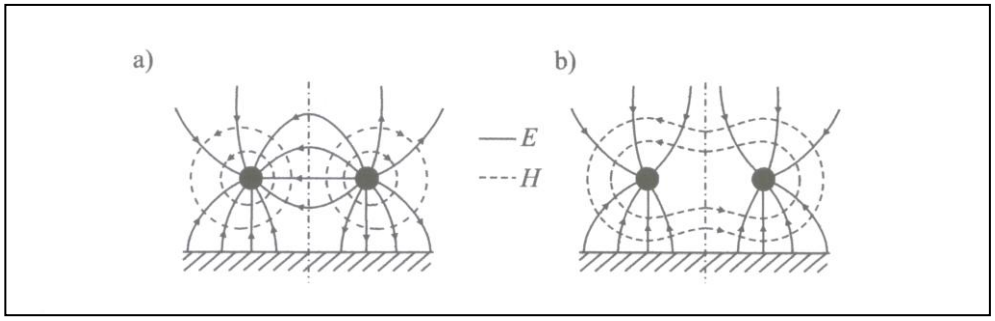
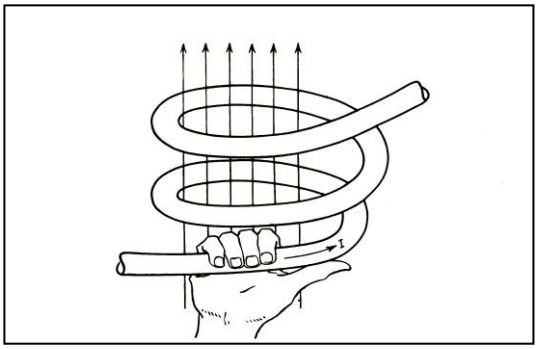


Bild 1.3 zeigt in der Darstellung a) das Feldbild für den Gegentakt- und Darstellung b) das Feldbild für den Gleichtaktbetrieb.

Für den Gegentaktbetrieb kann mittels der „Rechte-Hand-Regel“ leicht nachvollzogen werden, dass sich die magnetischen Feldlinien in der Mitte zwischen den Leitern addieren. Für den Gleichtaktbetrieb hebt sich die magnetische Feldstärke H in der Symmetrieebene (Spiegelebene) auf.



Rechte-Hand-Regel: Der Daumen zeigt in Richtung des Stromes. Die Finger zeigen dann in Richtung des magnetischen Feldstärke H oder zeigen die Finger in Richtung der magnetischen Feldstärke H, dann zeigt der Daumen die Richtung des Stromes an. (Diese Zuordnung von der + Richtung der Flächennormalen und der Umlaufrichtung um die Fläche ist eine Vereinbarung aus der Mathematik!) Da die magnetische Induktion $B = \mu H$ und μ ein Skalar ist, gilt die Zuordnung auch für die magnetische Induktion B nicht aber für den magnetischen Fluss $\mathbf{\Phi} = \int \mathbf{B}\, d\mathbf{A}$, weil **B** und d**A** Vektoren sind.

Beim Koaxkabel über leitender Erde ist der Betriebszustand mehrdeutig. Dieses Dreileitersystem ist gegen Erde unsymmetrisch, weil der Innenleiter zwar eine Kapazität gegen die Innenseite des Kabels hat, aber keine oder nur geringe Erdkapazität besitzt.

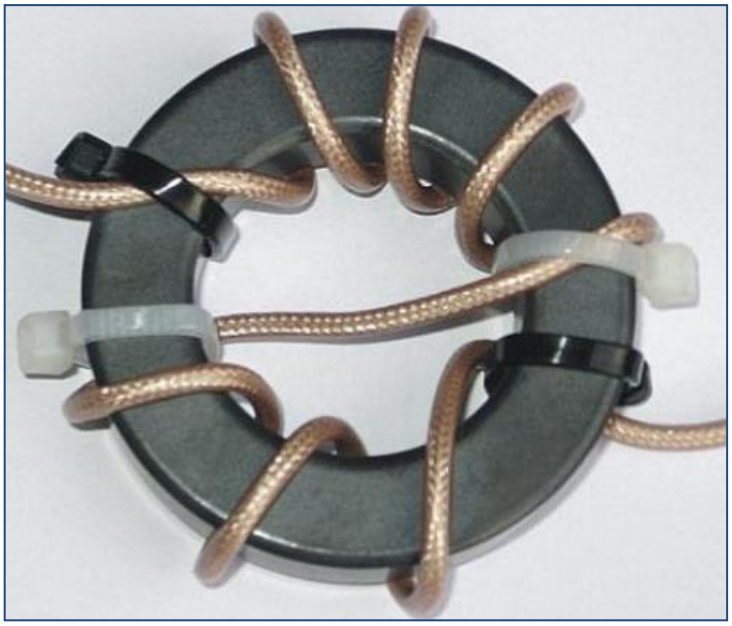


Bild 1.4: Balun mit Koaxkabel RG142 auf FT240 – 43, Bild DF1BT, Ludger u.OE8WHK, Walter

Wird eine symmetrische Leitung unmittelbar mit einer gegen Erde unsymmetrischen Leitung verbunden, so tritt der Strom des Innenleiters ungestört in eine Ader der Doppelleitung ein. Im Koaxkabel muss der Strom auf der Innenhaut des Kabelmantels entgegengesetzt gleich dem Strom des Innenleiters sein.
An der Übergangsstelle tritt eine Stromverzweigung auf. Der auf der Innenhaut des Kabelmantels fließende Strom setzt sich aus dem Teilstrom der zweiten Ader der Doppelleitung und dem Erdstrom zusammen. Die Aufteilung der Ströme hängt von der Länge der Leitung und von den unterschiedlichen Abschlusswiderständen ab, die die Gleich- und Gegentaktwelle an der Übergangsstelle vorfinden. Bei der direkten Verbindung von symmetrischen zu unsymmetrischen Leitungen sind die Widerstandsverhältnis daher undefiniert. Es treten unzulässige Reflexionen auf, auch wenn auf der symmetrischen Leitung ein VSWR = 1 herrscht. Speist eine solche Anordnung eine symmetrische Antenne, so kann zusätzlich das Strahlungsdiagramm von der Gleichtaktwelle erzeugter Strahlung stark verfälscht werden.

Der tatsächliche Betriebszustand ist daher fast immer die Überlagerung eines Gegentakt- und Gleichtaktanteils. Nur der Gegentaktanteil führt in der Antennenimpedanz zu einem Strom und damit zu einer Abstrahlung. Der Gleichtaktstrom erwärmt die Leitung und fließt als Verschiebungsstrom über die Erde oder auf der Außenhaut eines Koaxkabel zum Sender zurück. (Hochfrequenz auf der Gehäuse Oberfläche mit Verbrennungen beim Berühren der Gehäuseteile). Die Gesamtleistung muss natürlich vom HF-Generator aufgebracht werden.

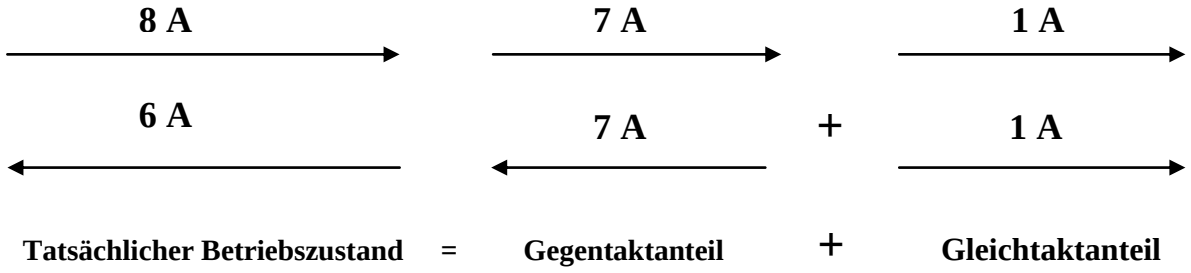


Bild 1.5: Aufteilung in Gleichtakt- und Gegentaktanteil auf einer Zweidrahtleitung

Bei der Mantelwellensperre mit aufgewickeltem Koaxkabel stellt die aufgewickelte Leitung auf dem Ringkern für den Gleichtaktanteil eine Sperrinduktivität dar, die sich aus dem AL-Wert des Ringkernes und der Anzahl der Windungen berechnet. Zusätzlich zu der Dämpfung durch die Frequenz abhängige Sperrinduktivität ist die Dämpfung abhängig von der Abschlussimpedanz, die die Gleichtaktwelle an der Übergangsstelle vorfindet und dem Verlustwiderstand der Sperrinduktivität. Je hochohmiger die Abschlussimpedanz umso geringer ist die Gleichtaktunterdrückung. Durch das Einfügen der koaxialen MWS in ein symmetrisches System entstehen Gleichtaktströme, die vorher nicht vorhanden waren und sich ihren Weg zum Sender auf beliebigen Wegen suchen und finden.

Die folgende Tab.1.1 zeigt bspw. die Gleichtaktdämpfung, also das logarithmische Verhältnis von Eingangsspannung zur Spannung am Realteil der Last für eine MWS FT140 – 43 mit 14 Wdg. Koaxkabel RG 58 CU.

Frequenz MHz	Lastimpedanz MWS 173 µH Ω	Gleichtakt-Dämpfung -20 log(U2/U1) dB
1,900	50	32
	100	26
	200	20
	300	17
	400	16
	500	13
14,000	50	50
	100	43
	200	37
	300	34
	400	31
	500	29

Tab. 1.1 Gleichtaktdämpfung einer MWS mit FT140 – 43 als Funktion einer reellen Abschlussimpedanz

Wdg	FT 140 – 43 Induktivität µH
9	71,68
10	88,50
11	107,08
12	127,44
13	149,50
14	173,46
15	199,13

Wdg	FT 240 – 43 Induktivität µH
9	87,07
10	107,50
11	130,07
12	154,80
13	181,60
14	210,70
15	241,87

Tab. 1.2, Tab. 1.3 zeigt den Induktivitätswert als Funktion der Windungszahl N für Ringkern FT140-43 und FT240-43

Beispiel:
N = 14 erzeugt bei dem Kernmaterial FT140-43 eine Induktivität L=173,46 µH, beim Kernmaterial FT240-43, L = 210,70 µH.

Wie oben schon gesagt, erwärmt der Gleichtaktstrom die Leitung und fließt als Verschiebungsstrom über die Erde oder auf der Außenhaut eines Koaxkabel zum Sender zurück. Geht man davon aus, dass die Mantelwellensperre ihre Aufgabe meistert und den Gleichtaktanteil ausreichend dämpft, dann fließt der

HF-Strom als Verschiebungsstrom über Erde zurück zum Generator und nicht über den Außenmantel des Kabels.
Um die Größenordnung der Gleichtaktunterdrückung zu bestimmen gehen wir von einer Kapazität von C = 50 pF gegen Erde aus und berechnen mit einem Erdwiderstand von 200 Ω die Dämpfung des Gleichtaktanteils. In Serie zum Erdwiderstand, der hier als konstant angenommen werden soll, liegt der Verlustwiderstand der Sperrinduktivität, der sich aus der Güte Q_L des auf dem Ringkern aufgebrachten Koaxkabel ergibt.

Frequenz MHz	L_{sperr} µH FT 140	R_2 Ω	C_2 pF	X_{C2} Ω	Verlust Widerstand Induktivität QL = 200 Ω	Rin Ω	Xin Ω	Gleichtakt Absenkung 20 log(U_2/U_1) dB
1,9	173	200	50	1675,315	10,33	210,33	389,97	-6,91
3,6	173	200	50	872,082	19,84	219,84	3095,44	-23,82
7,15	173	200	50	445,189	38,86	238,86	7326,80	-31,28
14,15	173	200	50	225,752	76,63	276,63	15100,82	-37,56
21,2	173	200	50	150,146	115,22	315,22	22894,06	-41,17
29,5	173	200	50	107,902	160,33	360,33	31958,33	-44,07

Tab.1.4 zeigt die Werte der Gleichtaktunterdrückung für einen Ringkern FT140-43 mit N = 14 Wdg. Angenommen ist eine Kapazität gegen Erde von C = 50pF und ein konstanter Erdverlustwiderstand von R= 200 Ω (der im realen Fall keinesfalls konstant ist) R_{in} und X_{in} stellen die Eingangsimpedanz des Ersatzvierpols für den Gleichtaktanteil dar.

Wie man Tab.1.4. entnehmen kann, ist bei tiefen Frequenzen die Gleichtaktdämpfung geringer als bei den hohen. Das gilt nur für den Idealfall, wenn keine unbekannten Streukapazitäten die Sperrdämpfung verringern.

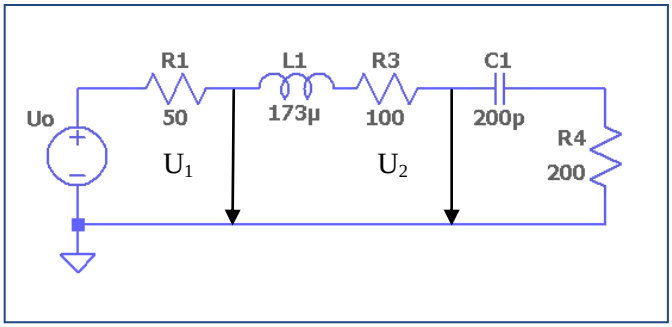


Bild 1.6: Schema für die Berechnung der Gleichtaktunterdrückung

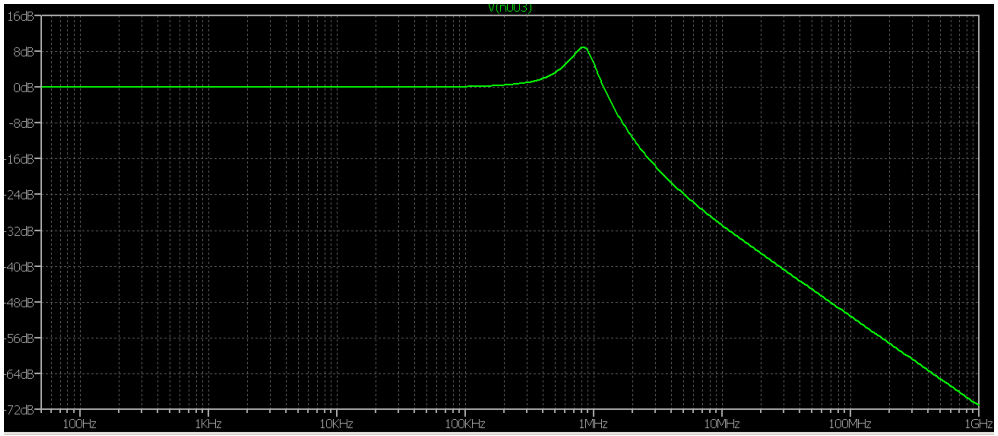


Bild 1.7: Übertragungsfunktion (U_2/U_1) mit einer ausgeprägten Resonanzstelle bei 838 KHz

2. Berechnung der Verluste der koaxialen MWS am Eingang der Hühnerleiter für zwei verschiedene Antennenanlagen

Für die Berechnung der Verluste der Mantelwellensperre mit aufgewickeltem Koaxkabel betrachten wir 2 unterschiedliche **Antennenanlagen** mit der MWS direkt am Eingang der Hühnerleiter. Um die Verluste berechnen zu können müssen wir die Leitungsgleichungen mit Verlusten und komplexem Argument bemühen. Diese Leitungsgleichungen sind äußerst unübersichtlich und für eine „von Hand“ Berechnung mühselig händelbar, für den Rechner allerdings eine leichte Übung. Auf die mathematische Darstellung der Leitungsgleichungen wird daher hier verzichtet, wir betrachten nur die Ergebnisse. Interessierte verweise ich auf /1/, /9/.

2.1 Antennenanlage mit Dipol und Hühnerleiter 600 Ω

Um einen Vergleich der Verluste zu haben, berechnen wir eine Antennenanlage: Dipol 2 x 27 m und einer Hühnerleiter der Länge l = 15 m, Wellenwiderstand Z_o = 600 Ω. Da in diesem ersten Fall die Mantelwellensperre direkt an der Hühnerleiter betrieben wird, sind die Lastimpedanzen der MWS beliebig komplex, wie Tab.2.1 zeigt.

.

Frequenz MHz	Impedanz Eingang Hühnerleiter Ω	Verlust Hühner-leiter dB
1,9	530 + j 752	0,024
3,6	446 – j 1622	0,018
7,15	5650 – j 302	0,133
14,15	596 – j 795	0,056
21,2	283 – j 586	0.091
29,5	110 – j 37	0,152

Tab.2.1

Mit den Leitungsgleichungen berechnen wir für eine Leitung RG58CU der Länge l = 550 mm die Verluste. Die Länge der aufgewickelten Leitung ergibt sich aus der Anzahl der Wdg. auf dem Ringkern FT140 – 43.

Frequenz MHz	Impedanz Eingang Hühnerleiter Ω	Verlust Hühner-leiter dB	Verlust der MWS FT140-43 dB	Eingangs Impedanz MWS Ω	LC- Netzwerk Q = 100 dB	Gesamt Verlust dB
1,9	530 + j 752	0,024	0,005	1386 + j 541,8	0,29	0,319
3,6	446 – j 1622	0,018	0,036	49,1 – j 551,6	0,54	0,594
7,15	5650 – j 302	0,133	0,062	30,2 – j 406,5	0,69	0,885
14,15	596 – j 795	0,056	0,054	19,76 – j 171,4	0,49	0,600
21,2	283 – j 586	0,091	0,100	9,83 – j 108,2	0,63	0,821
29,5	110 – j 37	0,152	0,030	42,4 – j 41,9	0,03	0,212

Tab. 2.2

Wie Tab. 2.2 zeigt sind die Leitungsverluste auf Grund der Impedanzen und geringen Länge von l = 55 cm vernachlässigbar, was nicht grundsätzlich gilt, wie das nachfolgende Beispiel der MWS an einer ZS6BKW Antennenanlage zeigt.

Bemerkenswert in Tab.2.2 ist, dass selbst ein kurzes Stück Koaxkabel transformiert.

2.2 Antennenanlage ZS5BKW

Thilo, DL9NBJ hat mir die Messdaten an seiner ZS6BKW Anlage zur Verfügung gestellt. Gemessen wurde mit einem VNA direkt in die 450 Ω - Wireman-Hühnerleiter. Die Messwerte sind:

Frequenz MHz	Impedanz der Antenne Ω	Impedanz Eingang Hühnerleiter Ω	Verlust Hühner-leiter dB
1,810	16 – j 668	6,6 – j 230	0,579
1,900	11,5 – j 653	4,9 – j 212	0,801
2,000	11,2 – j 651	4,7 – j 197	0,847
3,500	52 – j 519	20,9 + j 29,2	0,283
3,650	62 – j 465	29,4 + j 67,5	0,209
3,800	81 – j 360	53,3 + j 142,4	0,146
7,000	316 + j 786	61 – j 12,5	0,074
7,100	284 + j 740	61 – j 12,6	0,074
7,200	257 + j 698	67,6 + j 7,6	0,073
14,000	1189 – j 4677	17 – j 339	0,795
14,100	2575 – j 6626	16 – j 335	0,789
14,350	11586 + j 9634	14,8 – j 330	0,773

Tab.2.3

Für die Messwerte nach Tab.2.3 Spalte 3, berechnen wir jetzt nach obigem Schema die Verluste in der Mantelwellensperre am Eingang der Hühnerleiter mit FT140 – 43, L = 173 µH entspr. 14 Wdg. RG 58CU und fassen die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen. Mehr als 14 Wdg. sind auf dem Kern meist nicht unterzubringen.

Frequenz MHz	Verlust Hühner-leiter dB	Verlust MWS L = 173 µH dB	Eingangs Impedanz Ω	Verluste LC Netzwerk dB	Gesamt Verlust dB	Bemerkung
1,900	0,801	0,123	3,90 – j 185,0	1,86	2,784	Unbrauchbar
3,650	0,209	0,020	35,25 + j 75,8	0,11	0,339	Sehr gut
7,100	0,074	0,015	57,3 – j 14,2	0,02	0.109	Sehr gut
14,100	0,789	0,355	2,70 – j 122,2	1,96	3,104	Unbrauchbar

Tab. 2.3: MWS aus Koaxkabel an einer ZS6BKW Antennenanlage, Ringkern FT140 – 43, 14 Wdg. RG58. Länge der Koaxleitung l = 550 mm, Ort: direkt am unteren Ende der Hühnerleiter

Berechnen wir noch mit den Antennendaten aus Tab. 2.3 Spalte 2 die Daten der MWS direkt am **Einspeisepunkt** der ZS6BKW Antenne - wie so oft vorgeschlagen.

Frequenz MHz	Verlust Hühnerleiter dB	Verlust MWS L = 173 µH dB	Eingangs Impedanz Ω	Verlust 12 m Koax RG 213 dB	Verluste LC-Netzwerk dB	Gesamt Verlust dB	Bemerkung
1,900	0,801	0,146	5,89 – j 458,4	6,98	2,75	10,67	Unbrauchbar
3,650	0,209	0,030	25,2 – j 294,1	3,68	0,31	4,22	Unbrauchbar
7,100	0,074	0,022	263,7 – j 714,7	3,49	0,27	3,85	Unbrauchbar
14,100	0,789	0,516	2,43 – j 199,2	11,75	0,29	13,45	Unbrauchbar

Tab.2.4: MWS aus Koaxkabel an einer ZS6BKW Antennenanlage, Ringkern FT140 – 43, 14 Wdg. RG58. Länge der Koaxleitung l = 550 mm, Ort: direkt oben an der Antenne

Tab.2.4 braucht kaum kommentiert werden. Eine MWS mit Koaxkabel RG 58 auf Ringkern FT140-43 mit einer Länge von l = 555 mm direkt an der Antenne ist die schlechteste Lösung überhaupt.

2.3 Mantelwellensperre direkt am Sender Ausgang, also auf der 50 Ω Seite.

Frequenz MHz	Verlust dB
1	0,006
2	0,009
3	0,010
4	0,013
5	0,015
6	0,016
7	0,017
8	0,018
9	0,020
10	0.021
15	0,026
20	0,030
25	0,033
30	0,037
35	0,040
40	0,042

Tab. 2.5: MWS aus Koaxkabel auf Ringkern FT140 – 43, 14 Wdg. RG58. Länge der Koaxleitung l = 550 mm direkt am Sender Ausgang

Wie zu erwarten, gehört die MWS an den Ausgang des Senders mit der Folge geringer, vernachlässigbarer Verluste.

Anmerkung:
Werte der Ringkerne findet man beim Hersteller – bspw. Amidon. Will man sich die Arbeit erleichtern, kann der „Ringkern Rechner“ von DL5SWB† verwendet werden.

3. Der „Kellermann“ Balun

Der „Kellermann“ Balun ist eine Mantelwellensperre, bestehend aus koaxialer Leitung, die mehrfach durch Ringkerne gefädelt wurde und eine Sperrinduktivität für den Gleichtaktanteil von L = 530 µH hat. Als Koaxkabel wird RG58 oder das Teflonkabel RG141 mit der Länge von rund l = 9 m verwendet. Das Teflon isolierte Kabel RG141 hat ungefähr die gleichen Werte wie RG58 allerdings mit einer Stahl Innenseele, Kupfer platiniert und versilbert.

Bild 3.1: Original Kellermann Balun KB 1000, Kabel RG 58. Bild: DF1BT, Ludger

Berücksichtigt man die unter Abschnitt 2 gemachten Berechnungen einer Mantelwellensperre mit einer Koaxlänge von l = 55 cm, dann kann sich leicht vorstellen, dass 9 m aufgewickeltes Kabel an von 50 Ω abweichenden Impedanzen erhebliche Verluste hat.

Der „Kellermann“ Balun kann daher nur direkt am Sender Ausgang, mit nachfolgendem LC-Netzwerk betrieben werden, will man hohe Verluste vermeiden. Die hohe Sperrinduktivität für Gleichtaktanteile dämpft diese für den Sender/Empfänger/Transceiver ausreichend. Damit sind aber die Gleichtaktanteile auf der Antennenzuleitung und im Anpassnetzwerk nicht beseitigt, was ja eigentlich Sinn des Themas „Mantelwellensperre“ sein sollte. Der Hersteller des Kellermann gibt für einen Frequenzbereich 1 bis 54 MHz an: Gleichtaktunterdrückung 60 dB bei 2 MHz, 50 dB bei 10 MHz, 40 dB bei 30 MHz und 40 dB bei 50 MHz. Es fehlt der Hinweis auf die Art der Anwendung und es stellt sich die Frage wie die Gleichtaktdämpfungswerte ermittelt wurden, vermutlich durch Messung an einem 50 Ω Lastwiderstand?

Angenommen aus Unkenntnis der Zusammenhänge wird der K-Balun am Eingang der Hühnerleiter einer ZS6BKW Antennenanlage eingesetzt um die Gleichtaktanteile von der Station fern zu halten. Dazu berechnen wir die Verluste der 9 m langen Koaxleitung Typ RG58, mit den Impedanzen nach Tab. 2.3 Spalte 3.
Für die Berechnung müssen wir wieder die unübersichtlichen Leitungsgleichungen mit Verlusten und komplexem Argument durch die mathematische Mühle drehen. Wegen der Unübersichtlichkeit der Leitungsgleichungen sei auf /9/ verwiesen, wo das Thema ausführlich behandelt wird.

Frequenz MHz	Verlust Hühnerleiter dB	Verlust MWS L = 530 µH dB	Eingangs Impedanz Ω	Verluste LC-Netzwerk QL = 100 dB	Gesamt Verlust dB	Bemerkung
1,900	0,801	4,125	1,42 – j 51,9	1,61	6,536	Unbrauchbar
3,650	0,209	0,124	46,44 – j 88,0	0,09	0,423	Sehr gut
7,100	0,074	0,315	51,6 + j 12,3	0,09	0,479	Sehr gut
14,100	0,789	8,418	3,43 – j30,1	0,55	9,757	Unbrauchbar

Tab. 3.1: Kellermann Balun direkt am Eingang der Hühnerleiter einer ZS6BKW Antennenanlage

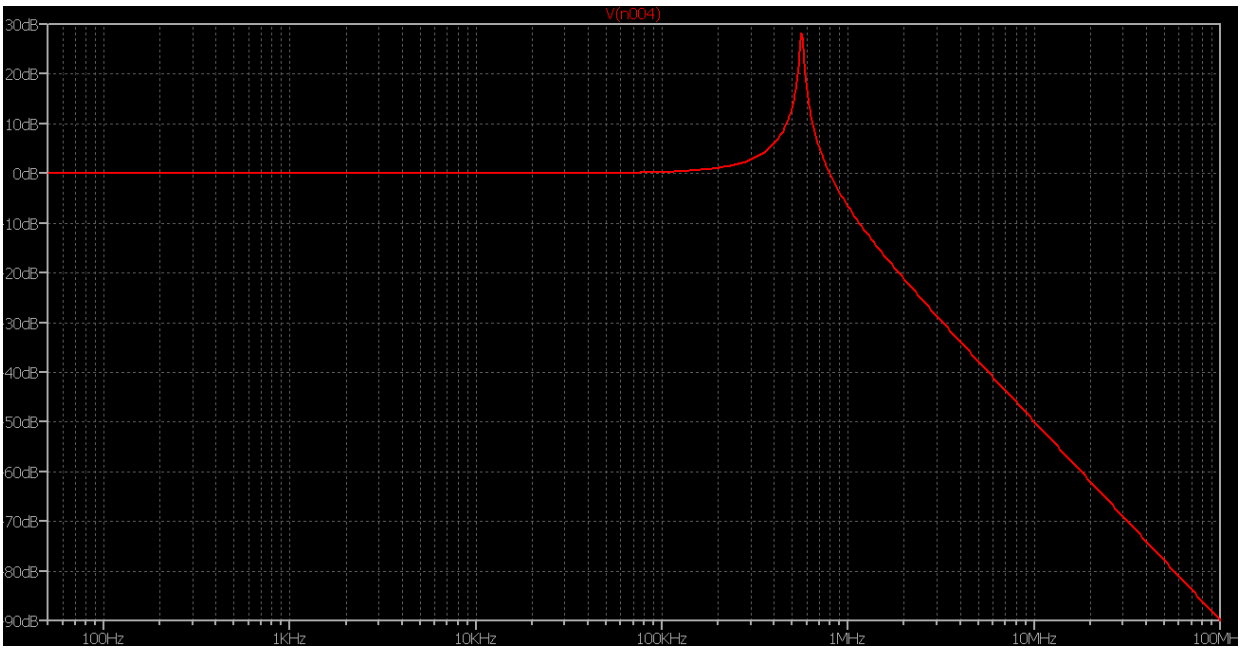


Bild 3.2: Übertragungsfunktion der Gleichtaktwelle für den o.g. „Kellermann“ Balun mit einer Resonanz bei 560 KHz. Oberhalb dieser Frequenz steigt die Dämpfung mit 13 dB pro Dekade. Das ist der Idealfall, ohne schädliche Streukapazitäten.

Zusammenfassung:

Mantelwellensperren mit auf Ringkern aufgewickelten Koax-Leitungen erfüllen ihre Aufgabe der Unterdrückung von Gleichtaktströmen nur mäßig, weil die erreichbare Sperrinduktivität viel zu gering ist. Ausnahme macht der Kellermann „Balun“ mit der Einschränkung, dass dieser nur direkt am Senderausgang betrieben werden darf und niemals hinter einem Koppler, weil die Länge der aufgewickelten Leitung zu einer ungewollten Impedanz-Transformation führt. Die weit verbreitete Annahme, dass mit diesem Kellermann die Zusammenschaltung einer symmetrischen Antennenanlage mit einem unsymmetrischen LC-Anpassgerät möglich macht, ist irreführend und falsch. „Sinnvoll“ ist es eine Mantelwellensperre mit koaxialen Leitungen auf Ringkern, egal welcher Art, nur direkt am asymmetrischen Senderausgang. Damit sind aber die Gleichtaktanteile auf der Speiseleitung zur Antenne nicht behoben, was ja Sinn der MWS sein sollte. Wie die Berechnungen gezeigt haben, hat eine MWS u.U. hohe Verluste, die den Ringkern aufheizen, zum Platzen bringen können oder in die Sättigung fahren.
Gut konzipierte Antennenanlagen mit Zweidrahtspeisung benötigen am unteren Ende der Hühnerleiter einen Übergang von symmetrisch zu asymmetrisch. Wird hier eine Mantelwellensperre mit Koaxleitung eingesetzt entstehen Gleichtaktanteile, die vorher überhaupt nicht vorhanden waren, weil die koaxiale Übergangsbedingung, Summe der Ströme, erfüllt sein muss. Zwar dämpft die geringe Sperrinduktivität die Gleichtaktanteile in Richtung Sender, dafür bahnen sich die produzierten Gleichtaktströme immer ihren Weg über Erde zum Sender, der die Gesamtleistung für Gegentakt- und Gleichtaktwellen aufbringen muss. Eine koaxiale Mantelwellensperre direkt am Fußpunkt der Antenne – wie so oft ohne Begründung gedankenlos vorgeschlagen – bringt nur zusätzliche Verluste, weil die MWS immer auch die unterschiedlichen Antennen-Impedanzen transformiert und dann stehende Wellen auf der Koaxzuleitung die Verluste unnötig erhöhen. Im Vergleich dazu erzeugt eine gewickelte MWS keine zusätzlichen Mantelwellen, fügt aber zusätzlich hohe Verlustwiderstände ein, die steigender Frequenz zunehmen.
Die HF-technisch sauberste Lösung ist ein optimierter 1:1 Luft-Übertrager am unteren Ende der Hühnerleiter als Übergang von symmetrisch zu asymmetrisch und gleichzeitig zur Unterdrückung von Gleichanteilen. Erdet man den HF-Übertrager auf der Sekundärseite in der Mitte über einen 150 Ω Widerstand oder eine entsprechende HF-Drossel, können die Gleichtaktströme sich zu Null addieren oder kompensieren und gegen Masse abfließen.
Selbst Amateure haben inzwischen bemerkt, dass einfache koaxiale oder gewickelte Mantelwellensperren zusätzliche Verluste, aber nicht den gewünschten Erfolg bringen. Sie kamen daher auf die glorreiche Idee zwei verlustbehaftete Vierpole in Reihe zu schalten in der Hoffnung, dass dann die Gesamtverluste geringer werden. Auch sieht man aufwändige Kombinationen von 1:1 Balun in der Reihenschaltung mit einer MWS oder auch die Reihenschaltung von 2 und mehr koaxialen MWS mit entsprechender Anzahl von Ringkernen. Solche sinnlosen Anordnungen erzeugen nur zusätzliche Verluste oder ungewollte Impedanz-Transformationen. Weitaus bessere Lösungen des Übergangs von symmetrisch zu asymmetrisch zeigt auch der Tuner KW107, mit symmetrischem Ausgang und optimalen 1:1 Luft-Balun.

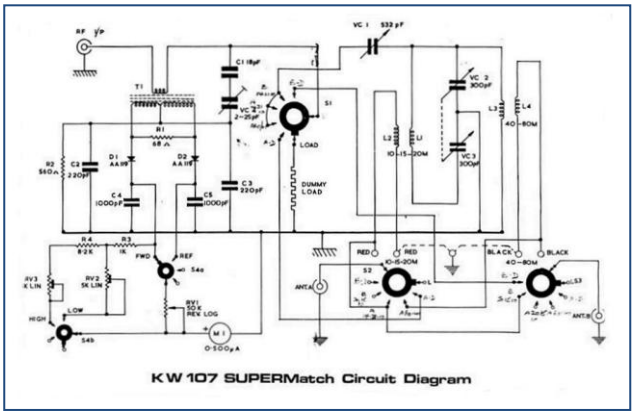


Bild: Schaltung des KW 107 Supermatch Kopplers für symmetrische Speiseleitungen

DL3LH, Walter
wa-schau@t-online.de
www.heide-holst.de

Literatur:

/1/ Die Antenne macht die Musik, DL3LH

/2/ Gekoppelte Kreise und Spulen, DL3LH

/3/ Hochfrequenzübertrager unter der Lupe, Teil 1 bis 6, DL3LH

/4/ Blitzschutz für Amateure, DL3LH

/5/ Sinn und Unsinn symmetrischer Anordnungen, DL3LH

/6/ http://www.baeckerei-heitmann.de/DF1BT/A5_Mantelwellensperren_im_Einsatz_DF1BT.pdf

/7/ Der Skin Effekt, DL3LH

/8/ Mantelwellensperren unter der Lupe Teil 1, Beitrag No. 53

/9/ Zinke/Brunswig, Lehrbuch der Hochfrequenztechnik, Springer Verlag

/10/ http://www.karinya.net/g3txq/chokes/