

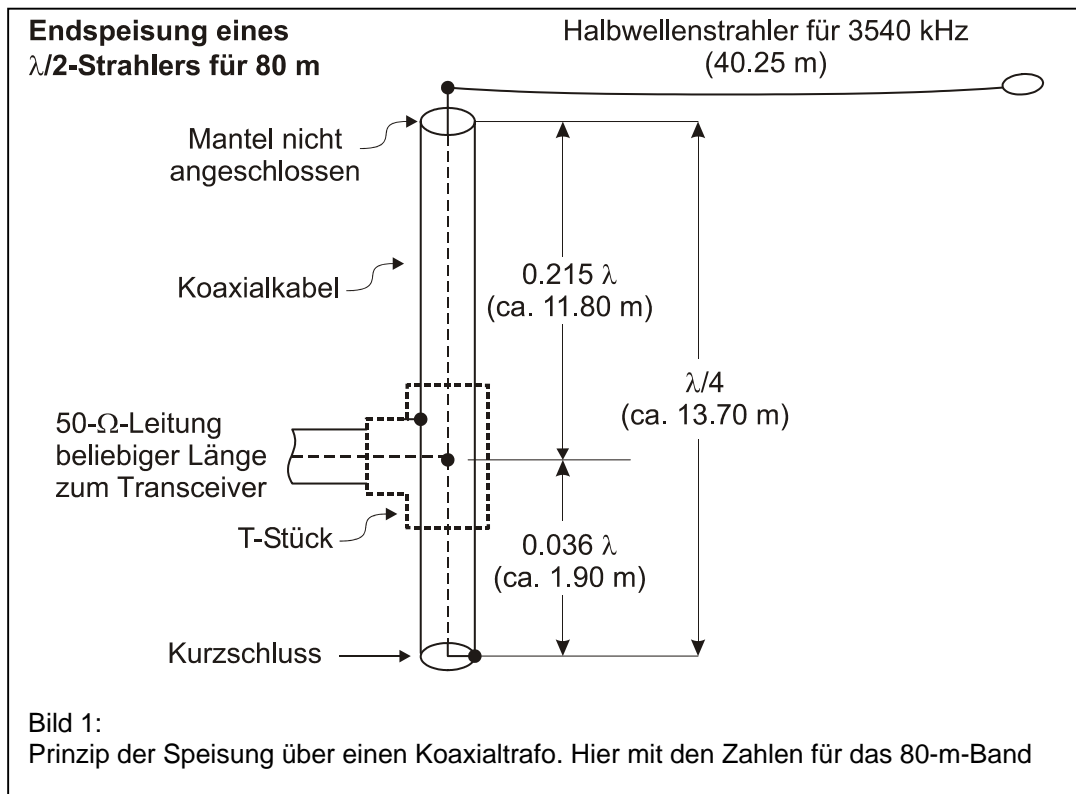
Ein Praxisbericht zum $\lambda/4$ -Koaxialtransformator

Urs Hadorn, HB9ABO (hb9abo@uska.ch)

In seinem Beitrag Resonante endgespeiste Antennen in [1] erwähnt HB9ACC unter anderem die Speisung über eine koaxiale Stichleitung. Da ich 2004 für die Wettbewerbe H26, NFD und Mountain Day mit dieser Art von Speisung Versuche gemacht habe, seien deren Resultate im Folgenden als Ergänzung aus der Praxis vorgestellt.

Prinzip

Ein Halbwellenstrahler wird an einem Ende über einen Viertelwellentransformator aus Koaxialkabel gespeist. Der Mittelleiter ist mit dem Strahlerende verbunden; antennenseitig ist der Mantel nicht angeschlossen. Am andern Ende des Koaxtrafos sind Mantel und Seele kurzgeschlossen. Bei etwa 13.6 % vom Kurzschlussende ist ein T-Stück. An diesem Punkt beträgt die Impedanz 50Ω . Hier wird ein Koaxkabel beliebiger Länge zum Transceiver angeschlossen. Bild 1 zeigt das Prinzip mit Zahlenwerten für 80 m. (Siehe auch Bilder 10 und 11 in [1])



Praktische Ausführung

Am traditionellen Standort von HB9HC im H26-Wettbewerb kann kein 160-m-Dipol aufgehängt werden. Für einen endgespeisten Draht von 80 m Länge sind die Bedingungen hingegen günstig. Eine Anordnung nach dem oben angegebenen Prinzip drängte sich daher auf. Mit Hilfe der Angaben in [2] wurde ein Viertelwellentrafo aus RG-213-Koaxialkabel angefertigt: Der Einspeisepunkt besteht aus einem Koax-T-Stück. Die gegenüberliegenden Anschlüsse des T-Stücks wurden mit selbstvulkanisierendem Isolierband verschlossen, da sie nicht mehr gelöst werden müssen. Bild 2 zeigt eine Contest-Ausführung des Verbindungsstücks zur Antenne des Koaxtrafos: Eine 6 mm dicke Plexiglasscheibe (ca. 165 x 100 mm) nimmt die grossen Zugkräfte von Antennendraht, Abspannung und Kabelgewicht auf und bietet Zugentlastung für das Kabel und für den Strahler. Dieser ist über einen Bananenstecker mit dem Koax-Mittelleiter verbunden (Bild 3). Bei der Anordnung der Verbindungen muss man sich bewusst sein, dass an diesem Punkt HF-Spannungen von weit über 1000 Volt auftreten. Der Koaxmantel wird an dieser Stelle nicht angeschlossen. Weil es sich aber um erste Versuche mit dieser Speisung handelte, habe ich den Mantel für allfällige Messungen und Versuche auf eine Flügelmutterklemme geführt.

Betriebserfahrungen



Bild 2
Verbindungsstück zwischen Antenne und Koaxtrafo,
Seite Koaxkabel. Zugentlastung für Antenne und Kabel

Am H26-Contest zeigte es sich, dass der nach Standardmassen aus RG-213 gefertigte Viertelwellentrafo eine zu tiefe Resonanzfrequenz und ein unbefriedigendes SWR aufwies. Korrekturen an der Strahlerlänge blieben fast wirkungslos; Änderungen am RG-213 waren sur place nicht möglich. Trotz der Bedenken wegen der Endstufe benutzten wir die Anordnung am Contest. Die betrieblichen Resultate schienen sich nicht von jenen zu unterscheiden, die wir früher mit einem 100-m-Draht an einem abgesetzten Antennenabstimmgerät erzielt hatten.

Zuhause konnte ich später den Viertelwellentrafo mit einem Impedanzmeter genauer untersuchen: Durch zentimeterweises Abschneiden am antennen-

seitigen Ende und durch Kurzschliessen mit einer Nadel am Kurzschlussende brachte ich die Resonanzfrequenz auf die gewünschten 1825 kHz. Das SWR kam dabei auf 1.5 herunter. Der Trafo wurde mit den ermittelten Massen definitiv konfektioniert und für den Field Day bereit gemacht. Auch nach diesem Contest konnten wir indessen nicht eindeutig sagen, ob der endgespeiste Halbwellenstrahler besser oder schlechter war als der Halbwel-

lendipol der vergangenen Jahre. Beim Fachsimpeln am Field-Day-Grill tauchten Fragen auf: Wieso verändern sich Resonanzfrequenz und SWR so wenig, wenn man die Antenne anschliesst bzw. abklemmt? Wieviel Leistung gelangt noch in die Antenne? Wie gross sind die in [2] erwähnten zusätzlichen Verluste infolge stehender Wellen? (Auch wenn zwischen Sender und T-Stück Anpassung herrscht, so ist die Welligkeit auf der Viertelwellenleitung doch sehr hoch).

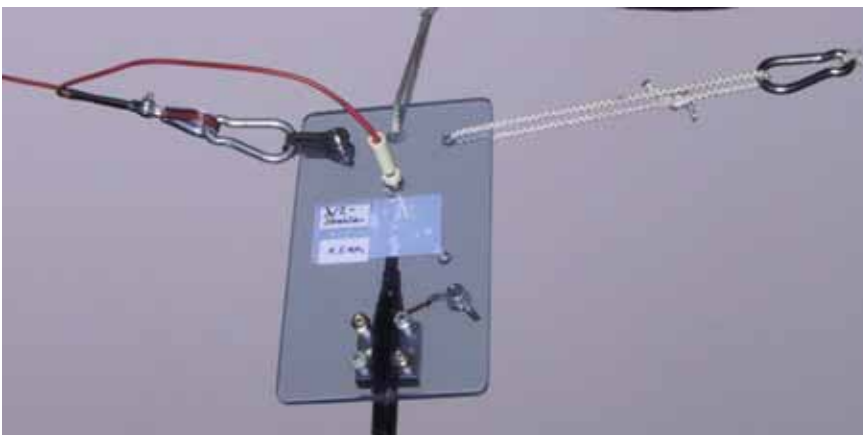


Bild 3:
Verbindungsstück Seite Antennenanschluss. Verbindung der Antenne mit dem Innenleiter; der Koaxmantel endet im Leeren. (Hier zu Prüfzwecken auf einer Flügelmutterklemme.)

Erfahrungen mit einer Leichtbauvarianten für den NMD

Wegen der für den Mountain Day geltenden Gewichtsbeschränkungen wurde für diesen Contest eine Leichtbauausführung des Koaxtransformators aus RG-58 angefertigt. (Bilder 4 und 5). Das Anschlussstück besteht aus 2-mm-Pertinax. Die Verbindungsstellen sind hier mit Siliconvergussmasse versiegelt, und der Strahler wird über einen Flachstecker mit dem Koax-Mittelleiter verbunden. Der Einspeisepunkt wurde als "y-Stück" ausgeführt (Bild 6). Das Kabel zum Transceiver wird über einen Cinch-Stecker angeschlossen; das kurzgeschlossene Ende des Koaxtransformators endet in einem Kabelschuh. Wenn diese Stelle geerdet wird, ist die ganze Station inklusive Antenne gegen statische Aufladungen geschützt. (Man erinnere sich an den Gewitter-Mountain-Day von 2002!) Die Erd-

leitung an sich sollte möglichst kurz sein; auf das Funktionieren der Viertelwellenanpassung wirkt sich Länge der Erdleitung jedoch nicht aus.

Für diesen Viertelwellenkoaxtrafo verwendete ich keine vorgegebenen Längen mehr, sondern ermittelte die nötigen Dimensionen durch Messungen und Versuche mit Verlängerungsstücken. Als optimaler Wert für den Speisepunkt ergab sich ein Verhältnis von 12.8 bis 14.0 % der Gesamtlänge des Viertelwellentrafos. In diesem Bereich war das SWR unter 1:1.05. Die Gesamtlänge für Resonanz auf 3545 kHz betrug 13.7 m.

Bei den Versuchen mit Antenne verschob sich die Resonanz auf die gewünschte Frequenz von 3535 kHz, und es zeigte sich erneut, dass sich Änderungen der Strahlerlänge kaum auswirken. (Bild 7). Wurde die Antenne aus 12 m Höhe so weit gesenkt, dass die Mitte den Boden berührte und die Enden nur noch 4 m hoch waren, verschob sich die Resonanz auf 3518 kHz, und das SWR stieg auf 1.42.

Zusammenfassung: Resonanz auf der Sollfrequenz, daselbst SWR 1:1.0, weitgehende Unabhängigkeit von Strahlerlänge und Aufspannungsart der Antenne, SWR kleiner als 1.4 im ganzen Contest-Bandsegment, dazu kompakt und leicht. - Was will man mehr? -

Man möchte zum Beispiel, dass bei all diesen Vorteilen das Ding auch funktioniert!



Bild 4
Leichtbauausführung des Verbindungsstücks, Seite Koaxkabel. Zugentlastung mit Kabelbindern, Versiegelung mit Silikon-Veraussmasse.



Bild 5
Leichtbauausführung des Verbindungsstücks, Seite Antennenanschluss. Die Antenne wird über einen Flachstecker angeschlossen.

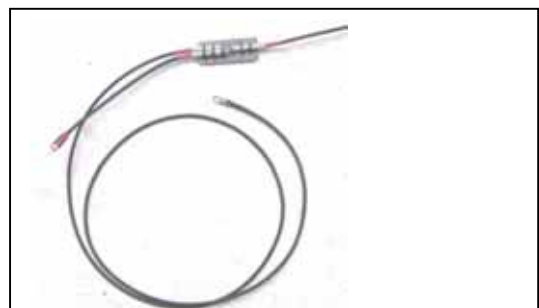


Bild 6
In der Leichtbauausführung des 50-Ohm-Einspeisepunkts ersetzt eine Pertinaxplatte den UHF-T-Adapter: Mantel und Innenleiter sind verlötet; die Kabel sind versiegelt und in y-Anordnung fixiert.

Nachdem HB9DEO/P am NMD 04 mit dieser Speisung nur mässige Signalstärken produziert hatte, machte ich mich erneut ans Messen. Dabei standen die Fragen im Vordergrund: Wieviel Energie gelangt vom Viertelwellentransformator in die Antenne? Wieso ändert sich die Resonanzkurve beim Messen mit Antenne und ohne Antenne so wenig? Mit einer Messanordnung nach Bild 8 verglich ich die HF-Spannung am Speisepunkt und an der Last und rechnete aus den so erhaltenen Leistungen die Dämpfung aus. Die erhaltenen Werte zeigten grosse Dämpfungen, die um so grösser waren, je kleiner der gewählte Lastwiderstand war (1500 bis 4700 Ω), und sie waren beim RG-58 grösser als beim RG-213. Ich verzichte auf Zahlenangaben, da es sich aus verschiedenen Gründen eher um Schätzungen als um Messungen handelt: Zum einen hat die Messsonde am hochohmigen Ende mit ihren 13 pF selbst auf 160 m einen sehr grossen Einfluss; zum anderen war mir die Eingangsimpedanz eines endgespeisten $\lambda/2$ -Strahlers nicht bekannt. Sie ist laut [2] "mehr als 1000 Ohm", [3] gibt 5000 Ohm an, eine andere US-Quelle nennt gar 10 Kiloohm!

Messungen

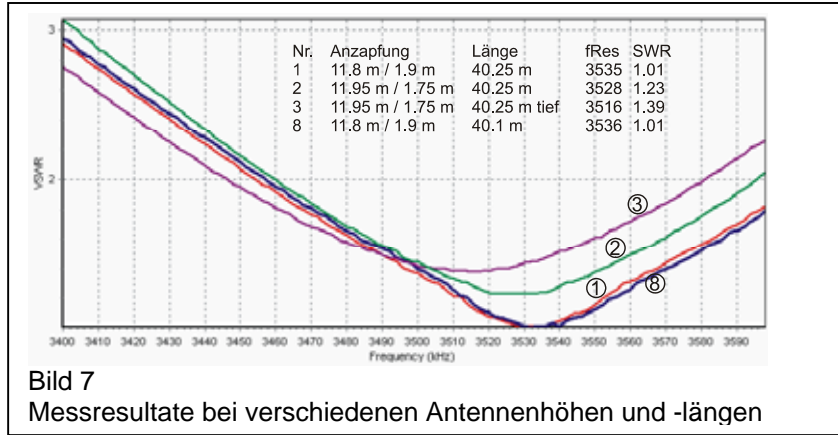


Bild 7
Messresultate bei verschiedenen Antennenhöhen und -längen

Die Messanordnung nach Bild 9 schliesslich kommt ohne die oben angegebenen Unwägbarkeiten aus: Der Lastwiderstand wurde weggelassen, die Leistung am Eingang des Viertelwellen-Koaxtransformators beträgt 100 Watt, gemessen bei einem SWR von 1:1.0 auf 3545 kHz. Da der Lastwiderstand fehlt, ist klar, dass die gesamte Leistung im Viertelwellen-Koaxtrafo (RG-58) verbraucht wird! Die Endstufe ist zufrieden, der Koaxtrafo wurde entsprechend warm!

Die gesamte Leistung im Viertelwellen-Koaxtrafo (RG-58) verbraucht wird! Die Endstufe ist zufrieden, der Koaxtrafo wurde entsprechend warm!

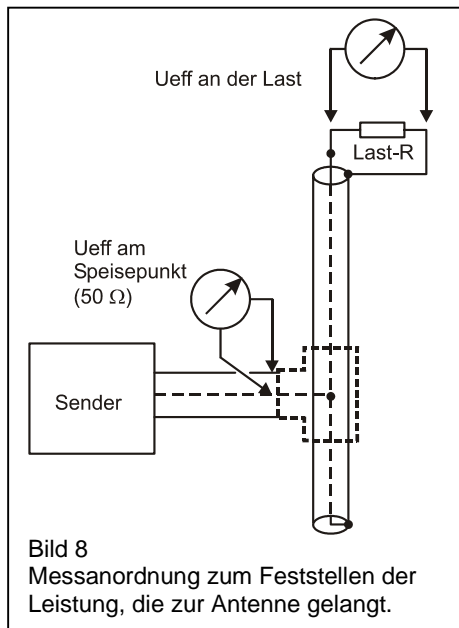


Bild 8
Messanordnung zum Feststellen der Leistung, die zur Antenne gelangt.

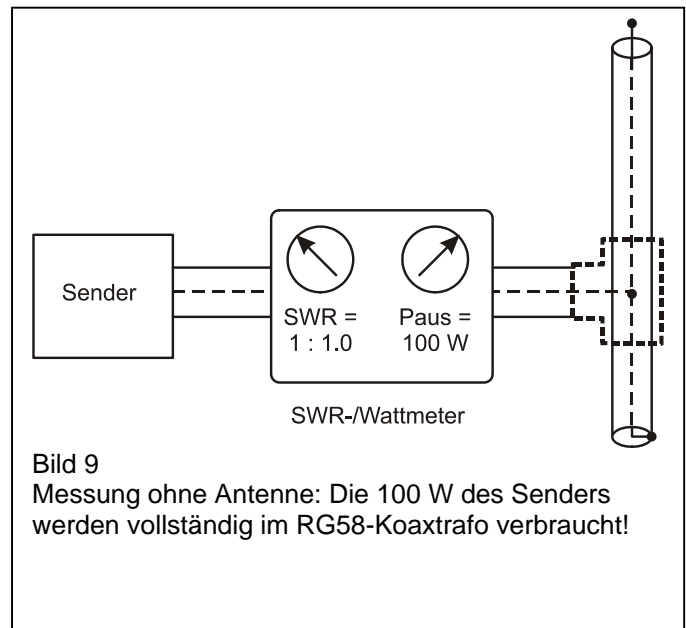


Bild 9
Messung ohne Antenne: Die 100 W des Senders werden vollständig im RG58-Koaxtrafo verbraucht!

Um näheren Aufschluss darüber zu erhalten, welche Arten von Koaxkabel für die Viertelwellenspeisung geeignet sind, ist eine Messanordnung denkbar, bei der zwei solcher Transformatoren am hochohmigen Ende miteinander verbunden sind. (Bild 10 oben). Die elektrisch gleichwertige Anordnung für die praktische Messung ist im unteren Teil von Bild 10 dargestellt.

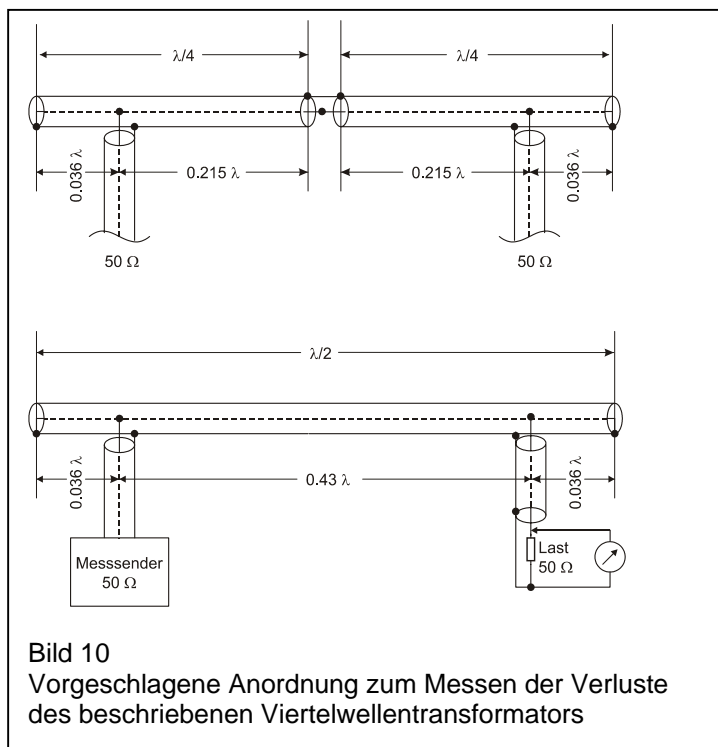


Bild 10
Vorgeschlagene Anordnung zum Messen der Verluste des beschriebenen Viertelwellentransformators

Um den Kabelverbrauch in Grenzen zu halten, kann man die Messfrequenz nach dem grössten vorrätigen Stück richten: Ist z.B. ein 18 m langes Stück vorhanden, so wird dieses als das 0.43-λ-Segment bestimmt. Mit einem Verkürzungsfaktor von 0.66 ergibt dies eine Messfrequenz von 4.73 MHz. Erst die beiden Kurzschlussstummel müssen dann nach Mass zugeschnitten werden für die Messung. (Im Beispiel auf je 1.51 m + Toleranz). Die so erhaltene Dämpfung muss halbiert werden, weil ja zwei solcher Transformatoren in Serie gemessen wurden. Von den Messwerten für das

zwei solcher Transformatoren in Serie gemessen wurden. Von den Messwerten für das

angeführte Beispiel von 4.73 MHz kann auf das Verhalten des Kabels auf 80 m geschlossen werden.

Besitzer von geeigneten Koaxialkabeln seien hiermit eingeladen, entsprechende Versuche durchzuführen und ihre Ergebnisse im Old Man zu veröffentlichen!

Die Impedanz des für den Viertelwellentransformator verwendeten Kabels ist übrigens unwichtig: Auch ein Viertelwellentrafo aus 75-Ohm-Kabel hat bei 0.036λ einen 50-Ohm-Speisepunkt.

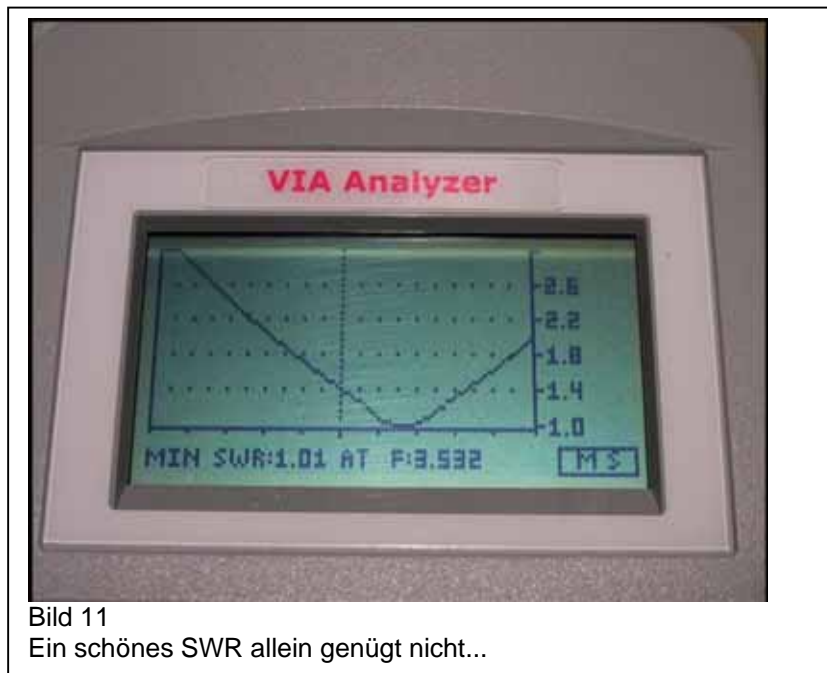


Bild 11

Ein schönes SWR allein genügt nicht...

Schlussfolgerungen

- Ein Viertelwellen-Koaxtransformator aus RG-58 ist auf 80 m absolut ungenügend; nur ein Bruchteil der Leistung gelangt in die Antenne! Wer mit einer solchen Anordnung experimentieren möchte, kann die Einrichtung inklusive Strahler bei mir ausleihen. Ein tolles SWR (Bild 11) ist garantiert - mehr nicht!
- Ein 14 m langes Kabel RG-58 hat auf 10 MHz bei exakter Anpassung eine Dämpfung von ca. 0.7 dB. Daraus lässt sich schliessen, dass die festgestellten Verluste auf die hohe Welligkeit zurückzuführen sind. ([2] Kap. 5.2.2)
- Ein Kabel der Qualität RG-213 stellt vermutlich für 160 m das absolute Minimum dar.
- Es genügt nicht, den Viertelwellentrafo genau nach den Massen 0.036λ und 0.215λ anzufertigen; die mechanischen Abmessungen müssen nach SWR und Resonanzfrequenz justiert werden. Wie die Kabelimpedanz hat auch der Verkürzungsfaktor eine Toleranz. Wieviel er vom Nennwert abweicht, ist daher durch Versuche zu ermitteln.
Bereits auf 80 m geschieht dieses wechselseitige Abschneiden und Kurzschliessen in Zentimeterschritten! – Verlängern kann man nicht!
- Dort wo die Verhältnisse es erlauben, ist die klassische Zweidrahtspeiseleitung mit Luftisolation wohl die bessere Alternative für diese Art von Speisung.

Literatur:

[1] HB9ACC: *Resonante endgespeiste Antennen* Old Man 12/04

[2] Rothammels Antennenbuch, 11. Aufl., Kap. 5.2.2 Leitungsverluste, Kap. 6.5 Die Viertelwellenanpassung

[3] <http://www.qsl.net/aa5tb/efha.html>