Prüfung der Stromsymmetrie auf Paralleldraht-Speiseleitungen

Von Rolf Schick, DL3AO

Die Arbeit war getan. Eigentümer und Helfer blickten zufrieden auf den hoch und frei hängenden, 40 m lange Dipol. Die “Hühnerleiter” ging senkrecht vom Antennendraht weg und führte dann in einem weiten Bogen zu dem symmetrischen Antennenkoppler in der Funkbude. Von dort ertönte in regelmäßigen Abständen Jubel, wenn beim Abstimmen der einzelnen Kurzwellenbänder der Rücklauf auf Null ging. Niemand war mehr an meinen zur Prüfung der Stromsymmetrie auf der Speiseleitung mitgebrachten Messutensilien interessiert. Woher sollte die Unsymmetrie auch stammen?

Ich stand auf dem Balkon und hörte den begeisternden Signalrapporten eines 40 m QSO’s zu. Um etwas zu tun, zog ich aus meiner Tasche eine kleine Glimmlampe heraus, einst die wichtigste Abstimmhilfe jeder Antennenanpassung. Das von der HF erzeugte, blau leuchtende Plasma fasziniert mich noch heute. Ich hielt die Glimmlampe an die Drähte der Speiseleitung und war verblüfft. An einem der Drähte brannte die Lampe deutlich heller als am anderen. Der Ursache musste nachgegangen werden. Ich packte meine diversen Messgeräte aus und begann, meinen Freunden die verschiedenen Möglichkeiten zur Prüfung der gegenphasigen Stromsymmetrie auf einer Paralleldraht-Speiseleitung zu erklären und vorzuführen.

Stromdetektor mit Messbügelsystem

Bild 1 zeigt die Schaltung eines einfachen, aber sehr nützlichen Stromdetektors. Das Konzept geht u.a. auf Les Moxon. G6XN, zurück [1].

Im Gegensatz zur oft benutzten Stromzange muss der Draht nicht durch einen Ringkern durchgefädelt werden. Die Ankopplung an den stromführenden Leiter erfolgt über zwei Bügel, welche parallel zum Leiter gehalten werden. Die Diodengleichrichtung und das Messinstrument sind so geschaltet, dass die vom Magnetfeld des zu prüfenden Stroms in den Messschleifen induzierte Spannung in der Instrumentenanzeige verstärkt, während die durch die kapazitive Ankopplung in den zwei Messbügeln erzeugte Spannung unterdrückt wird.

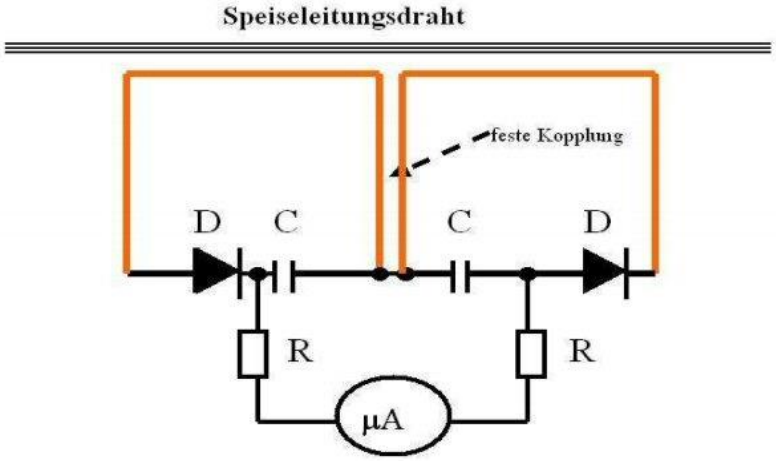

Bild 1: Schaltbild des Symmetrieprüfers

Bild 2 zeigt die zwei Messbügel und das Instrument des kleinen Gerätes, angekoppelt an einen der Leiter von Wireman-Twinlead.

Wichtig ist, dass die Drähte der Messbügel in der Mitte elektrisch gut gekoppelt sind. Ein Drehspulinstrument mit Nullpunktmitte ist nicht erforderlich, der Zeigerausschlag ist stets

positiv. Für genauere Messungen wird ein digitales Voltmeter parallel geschaltet. Allerdings ist darauf zu achten, dass die Verbindung zum digitalen Messinstrument gut gegen HF-Einstreuung verdrosselt und abgeschirmt ist. Digitalmeter reagieren oft mit Störungen, wenn sie HF-Feldern ausgesetzt sind.

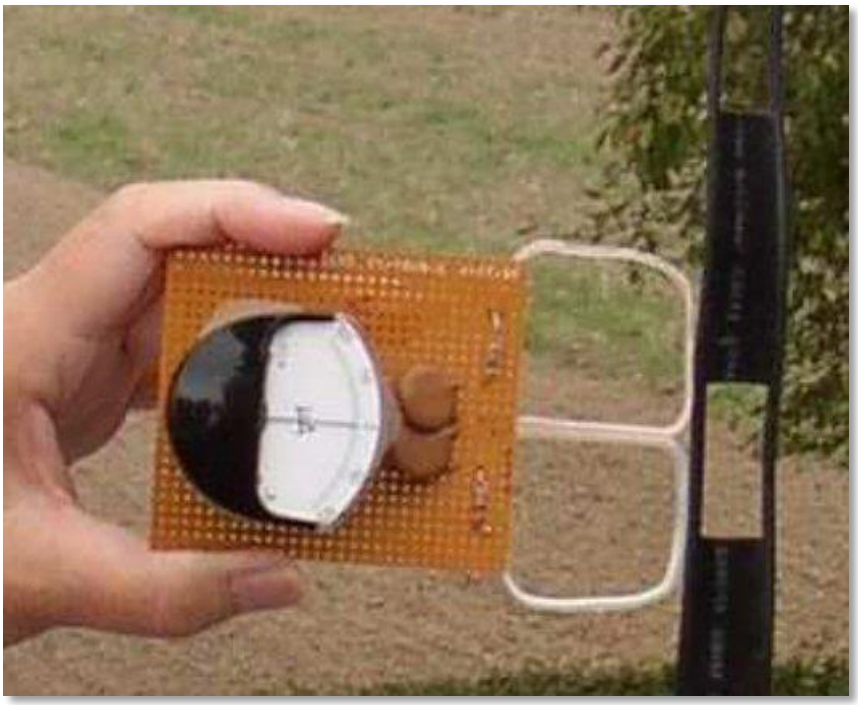

Bild 2: Der Symmetrieprüfer (Es muss nicht unbedingt ein Instrument mit Nullpunkt in der Mitte sein!)

Eine einfache Eichung des Skalenausschlages in Bezug zur relativen Stromstärke kann leicht durch verändern und messen der Senderausgangsleistung erfolgen (Stromstärke ist proportional zur Wurzel der Ausgangsleistung). Da häufig Vergleichsmessungen ausreichen, genügt diese Eichung.

So lässt sich z.B. mit dem Instrument bei einer Groundplane Antenne die Verteilung der Stromstärken in den Gegengewichtsdrähten überprüfen. Bei der Überprüfung einer Speiseleitung aus Paralleldrähten auf Symmetrie wird man als erstes den Drahtbügel des Detektors wechselseitig an die beiden Drähte der Speiseleitung halten. Eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für eine Stromsymmetrie in der Speiseleitung ist ein gleicher Messwert.

Eine nicht strahlende Speiseleitung erfordert jedoch nicht nur einen gleichen Betrag der Ströme in den parallelen Drähten, sondern auch eine Phasenverschiebung um 180 Grad. Hier erweist sich der Stromdetektor als äußerst sensitives Messgerät. Bei gegenphasiger Stromsymmetrie muss das Instrument in der geometrischen Mitte der Speiseleitung einen minimalen Wert anzeigen. Bei einer Hühnerleiter mit einigen Zentimeter Leiterabstand kann mit einem Maßstab leicht die Mitte der Speiseleitung fixiert werden.

Besteht die Speiseleitung aus schmalem Bandkabel, z.B. aus Wireman-Twinlead, so wird die Positionsangabe des Messbügels zwischen den Paralleldrähten fehlerhaft. Man kann sich aber leicht behelfen. In das Bandkabel wird ein kurzes, etwa 50cm langes Speiseleitungssegment eingeschleift, welches bei vergleichbarem Wellenwiderstand einen genügenden Leiterabstand besitzt und exaktes Messen erlaubt.

Bild 3 zeigt ein derartiges Leitungssegment. Die Leiter bestehen aus Kupferrohr von 5 mm Durchmesser, der Leiterabstand beträgt 10 cm. Daraus ergibt sich ein Wellenwiderstand von

etwa 450 Ohm, womit das Segment ohne Stoßstelle in das üblich benutzte Wireman-Twinlead eingesetzt werden kann. Vergleichbare Leitungsimpedanzen sind jedoch keine Voraussetzung für die Messung, da die Impedanzsprünge die Leitungssymmetrie nicht verändern.

Nachdem bei einer Antennenspeisung über Paralleldrähte notwendigerweise ein Antennenkoppler eingesetzt ist, können die durch das temporär eingesetzte Messsegment verursachte Änderungen des Speisewiderstandes leicht ausgeglichen werden. Weitgehend unkritisch ist auch, an welcher Stelle der Speiseleitung das Messsegment eingesetzt wird. Bei höherem Stehwellenverhältnis auf der Leitung sollten jedoch die Stellen eines Stromminimums vermieden werden.

Bild 3: Ein in das Twinlead eingeschleiftes Speiseleitungssegment mit größerem Leiterabstand erhöht die Messgenauigkeit.

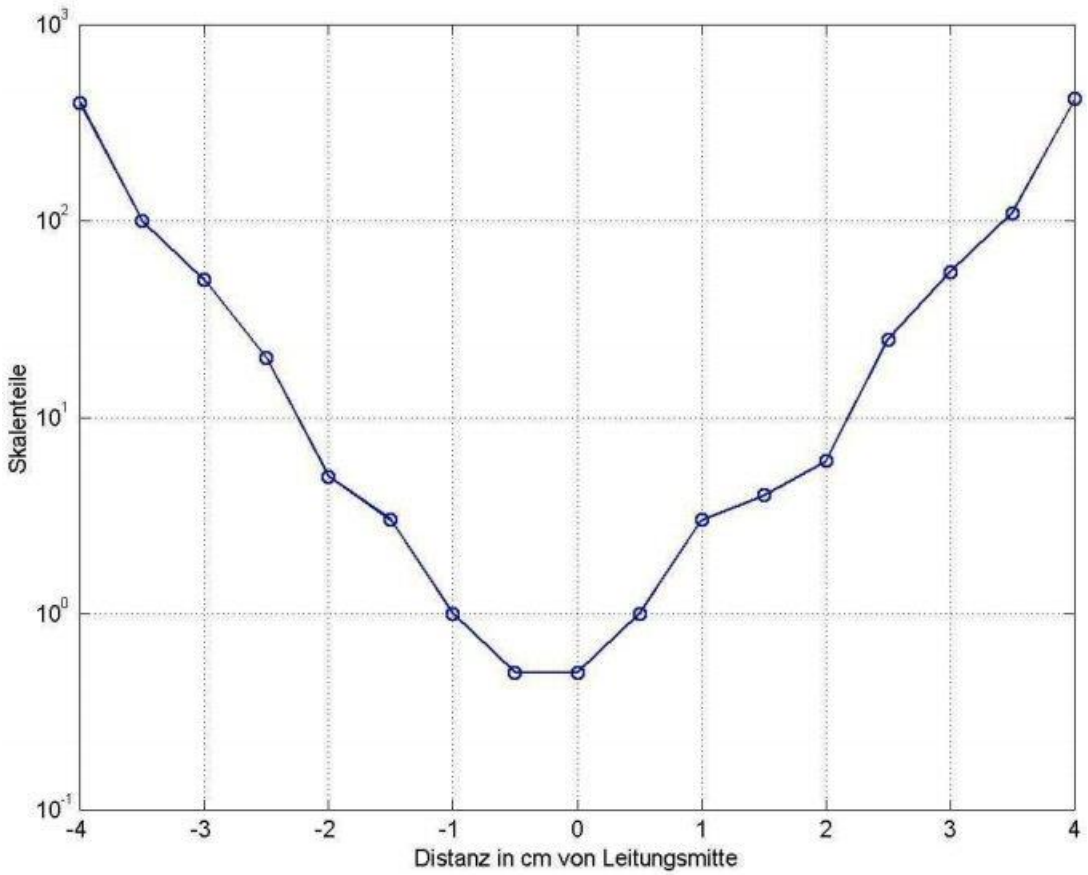

Bild 4: Messbeispiel

Bild 4 zeigt als Beispiel das Ergebnis einer Messung, wie sie mit der in Bild 3 gezeigten Anordnung gewonnen wurde. Das scharfe, in der Mitte der Speiseleitung liegende Minimum zeigt die hervorragende Gegenphasigkeit der Ströme auf der Speiseleitung.

Symmetriemessung mit Stromzangen

Die Prüfung auf Stromsymmetrie mit Hilfe der Messbügelmethode empfiehlt sich besonders für schnell durchzuführende Untersuchungen.

Für größere Experimente, bei denen Veränderungen an der Antennenanlage oder auch die Wirksamkeit verschiedener “Balun” getestet werden soll, hat sich ein Verfahren unter Verwendung von drei Stromzangen gut bewährt. Während bei der Messbügelmethode ein möglichst breiter Abstand der Speiseleitungsdrähte wünschenswert ist, ist es bei der Methode mit den Stromzangen umgekehrt. Die gesamte Speiseleitung muss mindestens durch einen der für die Stromzangen verwendeten Ringkerne durchgehen (Bild 5). Zusätzlich soll im Kernloch der Abstand der Leiterdrähte zum Kern mindestens dem Abstand der Leiterdrähte zueinander entsprechen.

Nachdem Ferritkerne mit einem Innendurchmesser größer etwa 35 mm (FT243-Kern) teuer sind, ist man aus praktischen Gründen auf Parallelleitungen mit einem Wellenwiderstand kleiner als ca. 300 Ohm angewiesen. Es spricht aber nichts dagegen, in eine breite Speiseleitung, z.B. Wireman450 Ohm Twinlead, oder auch in eine “Hühnerleiter”, ein kurzes Messsegment einer genügend schmalen Parallelleitung (240 Ohm Twinlead oder auch Lautsprecherleitung) einzufügen.

Die Unsymmetrie auf der Leitung, also das Verhältnis zwischen gegenphasigen und gleichphasigen Strömen, ergibt sich aus den mit den drei Stromzangen ermittelten Werten. Je eine Stromzange misst den Strom in den Einzeldrähten der Speiseleitung, die dritte

Stromzange misst über die gesamte Parallelleitung den gleichphasigen Strom auf der Speiseleitung. Das Verhältnis zwischen diesem Wert und dem Mittel aus den Einzelströmen kann als Maß für die Unsymmetrie auf der Leitung verwendet werden. Die Eichung des Systems in relativen Einheiten kann wie beschrieben erfolgen.

Bild 5: Stromzange

Die Lösung des Antennenrätsels

Mit diesen Überlegungen begannen wir nun mit Messungen zur Ursache der unerwarteten Unsymmetrie auf der Speiseleitung des neuen Dipols. Schnell stellte sich heraus, dass nur auf dem 40 m Band eine deutliche Abweichung vorlag.

Mit dem Verlängern der Hühnerleiter um etwa 1 m war die Unsymmetrie eliminiert.

Der Einspeisepunkt war vorher in einem ausgeprägten, hochohmigen Spannungsmaximum. Folge ist ein labiles Stromgleichgewicht, in welchem schon kleine Unterschiede in den Streukapazitäten unerwünschte Stromverteilungen verursachen können.

Literatur:

[1] Moxon, Les, G6XN: HF Antennas for all Locations. RSGB Verlag, 322 S., 1993

Quelle:

Skript: *Prüfung der Stromsymmetrie auf Paralleldraht-Speiseleitungen (Rolf, DL3AO)*