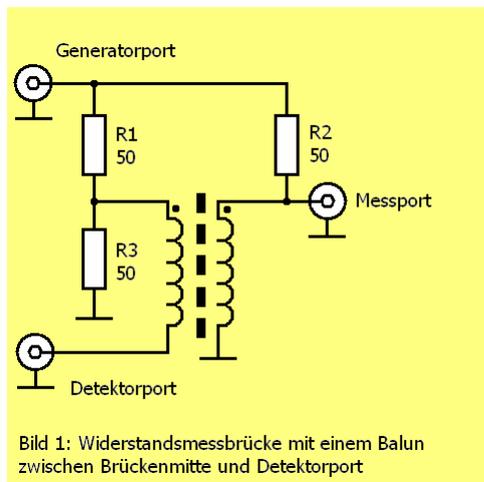


Besserer Balun für Stehwellen-Messbrücke

Wolfgang Wippermann – DG0SA

Für Reflexionsmessungen mit dem FA-NWT [1], dem SYN 500 [2] und anderen Netzwerktestern können auch Stehwellen-Messbrücken eingesetzt werden. Durch Einsatz eines besseren Baluns arbeiten die Messbrücken auch bei tieferen Frequenzen genauer.

In den Messbrücken kommt ein Balun zum Einsatz, dessen eine Seite an der symmetrischen Brücke und an der anderen Seite an dem unsymmetrischen Detektorausgang anliegt (**Bild 1**).



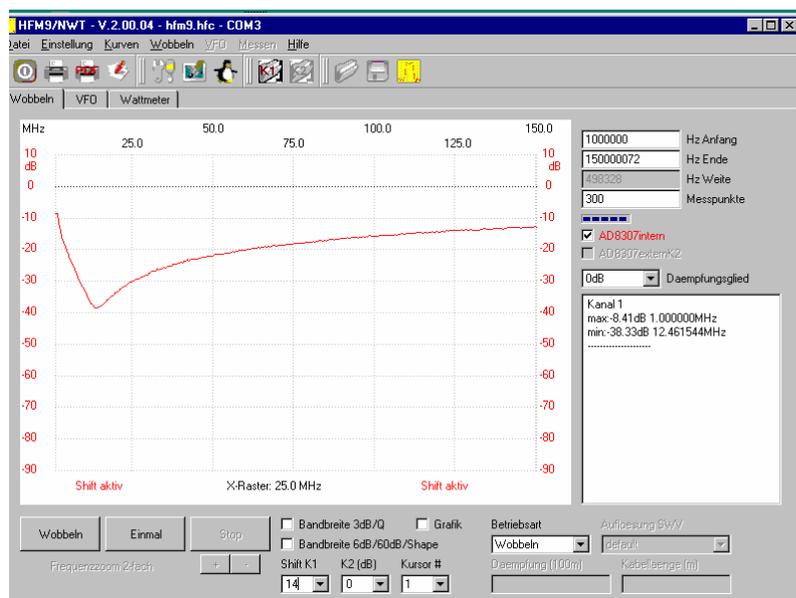
Von der Brückenmitte zum Detektorausgang erfolgt der Energietransport über die auf dem Kern aufgewickelte Leitung, wobei viel mehr die Impedanz der Leitung als die Kerneigenschaften zu beachten ist. Wie bei jedem Übergang von einem symmetrischen zu einem unsymmetrischen System kommt es auch hier zu Ausgleichströmen, Gleichtaktströmen, die mit dem Balun unterdrückt werden sollen. Die aufgewickelten Drähte der Leitung wirken gegenüber Gleichtaktströmen wie Drosseln. Bei höheren Frequenzen ist der Gleichtaktstrom so gering, dass er die Brückensymmetrie nicht stören kann.

Bei tieferen Frequenzen wächst der Gleichtaktstrom durch die nachlassende Drosselwirkung und erfährt

zunehmend eine ungleiche Aufteilung auf beide Drähte der Leitung, denn an der unsymmetrischen Seite des Baluns ist der eine Draht der Leitung geerdet und der andere

Draht nicht. Durch die zunehmende „einseitige Erdung“ der Brückenmitte gerät die Brücke aus dem Gleichgewicht und ihre Richtdämpfung wird schlecht (**Bild 2**)

Es liegt aber nicht am „zu kleinen“ Übertrager [3]. Es ist sicher möglich, durch eine Vergrößerung der Windungszahl und durch besseres Ferritmaterial eine kleine Verbesserung zu erreichen. Es gibt aber noch eine andere Möglichkeit.



Der dritte Draht

Zunächst muss festgestellt werden, dass es sich bei den eingesetzten Bauteilen nicht um Übertrager sondern um Baluns handelt, sie

- unterbinden Gleichtaktströme
- lassen Gegentaktströme ungehindert hindurch

Fehlt eine dieser Eigenschaften, so handelt es sich nicht um einen Balun. L.C. Ruthroff [4] entwickelte einen Balun mit drei Drähten. Er fügte zu der aufgewickelten Zweidrahtleitung einen weiteren Draht hinzu (**Bild 3**). Damit könnte das Problem der bei tieferen Frequenzen langsam aus dem Gleichgewicht kommenden Brücke gelöst werden. Die Idee besteht darin, dass nunmehr auch die andere Seite der Brückenmitte zunehmend „geerdet“ wird. Dadurch bleibt die Brücke zu viel tieferen Frequenzen hin im Gleichgewicht.

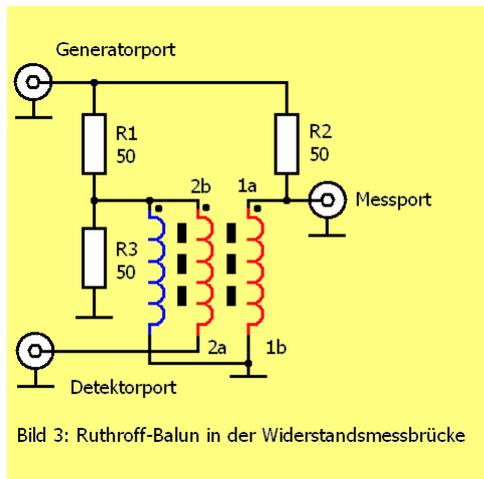


Bild 3: Ruthroff-Balun in der Widerstandsmessbrücke

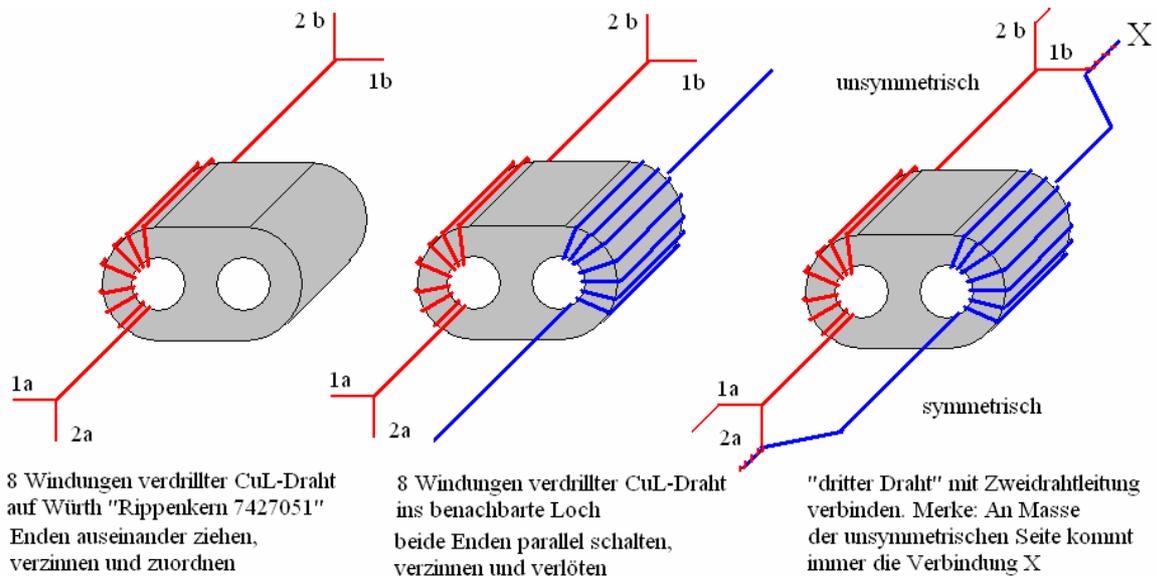
Ruthroff und auch Turrin [5] machten beide einen entscheidenden Fehler: sie wickelten den „dritten Draht“ magnetisch parallel zu der Zweidrahtleitung. Nun kann man es sich aussuchen: Je nach magnetischer Ausrichtung des „dritten Drahtes“ werden entweder die Gleichtaktströme nicht mehr unterbunden oder es werden die Gegentaktströme nicht mehr ungehindert hindurch gelassen. Der Balun als „Einkernlösung“ nach Ruthroff oder Turrin funktioniert nicht. Eine der beiden Eigenschaften eines Baluns fehlt nämlich immer.

Zwei so bekannte Balunentwickler können sich doch nicht geirrt haben, wo doch schon seit Jahrzehnten ihre patentierten Ideen in die Praxis umgesetzt werden? Messungen beweisen, es ist tatsächlich so, die richtige Idee wurde in der Praxis falsch umgesetzt.

Der Ausweg besteht in der magnetischen Trennung des „dritten Drahtes“ von der aufgewickelten Zweidrahtleitung, so dass für die Teilströme des Gleichtaktstromes auf Zweidrahtleitung und „drittem Draht“ getrennte magnetische Felder entstehen können. Entweder es werden für die Zweidrahtleitung und für den „dritten Draht“ getrennte Kerne genutzt oder Doppellochkerne, die jedoch auf andere Weise als in [2] und [3] gezeigt zu bewickeln sind. Dann wirkt der Doppellochkern wie zwei nebeneinander liegende Ringkerne mit fast identischen Eigenschaften, was der Verwendung in einer Brücke sehr entgegenkommt.

Aufbauhinweise

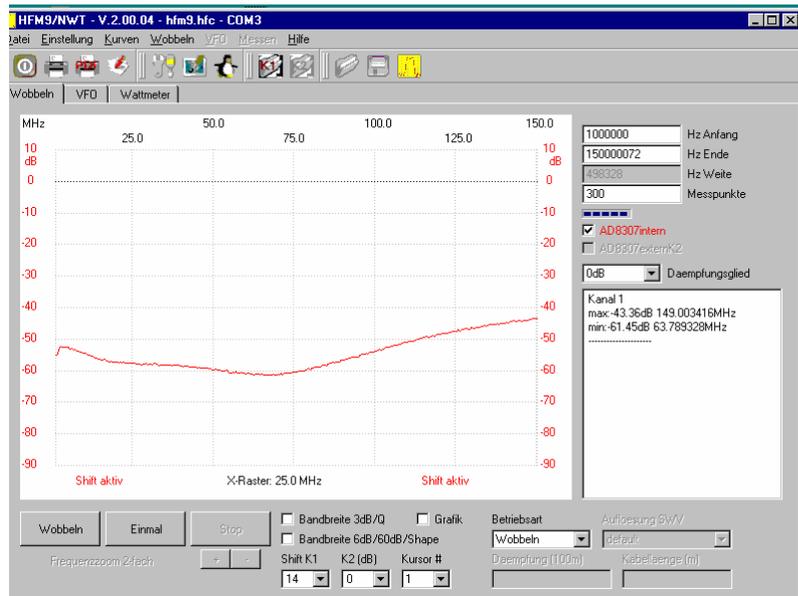
Der verwendete Doppellochkern ist ein „Rippenkern 7427051“ der Fa. Würth 3,5 mm x 6,4 mm x 5,0 mm mit 1,8 mm Löchern [6]. Da in jedem Loch 8 Windungen verdrillten Kupferlackdraht unterzubringen sind, muss ein sehr dünner Draht gewählt werden. Bewickelt werden die beiden Außenstege des Doppellochkerns, wobei die Wickel identisch sein sollten. Die beiden Drähte eines Wickels werden am Anfang zusammen gelötet und am Ende ebenfalls. Sie bilden den „dritten Draht“.



Die beiden Drähte des zweiten Wickels werden mit dem „dritten Draht“ verbunden (**Bild 4**). Wichtig ist, dass eine dieser Verbindungsstellen am Detektorausgang an Masse kommt, Welcher Anschluss an des Baluns an die Referenz und welcher an den Messport kommt, ist egal. Der Anschluss „X“ auf der gegenüberliegenden Seite gehört jedoch immer an Masse. Es hat sich bewährt, alle Anschlüsse bis auf Anschluss „X“ anzuschließen und ihn dann mit der Pinzette zu fassen und jene Massestelle auf dem Gehäuse zu suchen, wo bei 150 MHz die Richtdämpfung am größten wird. Bei ungünstiger Lage des Anschlusses „X“ an Masse kann die Richtdämpfung schon mal nur 15 dB werden. Vom Lötten während des Betriebs des NWT an der Messbrücke rate ich ab, besonders der kleine lineare Detektor im NWT lässt sich schwer wechseln, wie ich leidvoll bemerken musste.

Ergebnisse

Die in [3] untersuchte Brücke erreichte bei 1 MHz eine Richtschärfe gerade mal 22 dB. Für Amateurzwecke sollten es aber schon 35 dB sein. Für mich war wichtig, dass meine Brücke im Bereich 1 MHz bis 150 MHz gut funktioniert, Messungen unter 1 MHz lagen nicht in meinem Interesse. Um so erfreulicher war das Ergebnis (**Bild 5**).



Um auch bei höheren Frequenzen sehr gute Ergebnisse zu erzielen, bieten sich mechanisch anders ausgeführte Baluns an, die aber ebenfalls mit dem „dritten Draht“ arbeiten. Die Ergebnisse einer praktisch ausgeführten Messbrücke mit einem „gestreckten Balun“, die ich auf Anregung des Forums [7] baute, sind in Tabelle 1 enthalten. Die Herstellung dieser Brücke verlangt dann eher feinmechanische, als elektrische Kenntnisse und

Fertigkeiten. Zum Vergleich die Werte der Richtdämpfung der beiden Brücken, die ich in Vergleich zum Richtkopplers BX-066 [8] mit dem industriell gefertigten TDC-10-1 setzen möchte. Das zeigt, dass mit geeigneten Baluns und sorgfältig aufgebauten, sehr symmetrischen Brücken auch unter Amateurbedingungen gute Werte erreichbar sind.

Messkopf	1 MHz	25 MHz	75 MHz	150 MHz
BX-066	57	53	46	37
Brücke 1 DLK	54	58	60	44
Brücke gestreckt	64	67	67	62

Bild 1: Widerstandsmessbrücke mit einem Balun zwischen Brückenmitte und Detektorport

Bild 2: Anzeigebild Zweidraht-Balun bei Abschluss des Messports mit 50 Ω

Bild 3: Ruthroff-Balun in der Widerstandsmessbrücke

Bild 4: korrekt ausgeführter Balun mit „drittem Draht“

Bild 5: Anzeigebild Dreidraht-Balun bei Abschluss des Messports mit 50 Ω

[1] Graubner, N., DL1SNG; Borchert, G., DF5FC: Bausatz Netzwerktester FA-NWT, FUNKAMATEUR 55 (2006) H 10, S. 1154-1157; H11, S. 1278-1282

[2] Kaa, B., DG4RBF: Stehwellen-Messbrücke für den 500-MHz-Netzwerkanalysator, FUNKAMATEUR 54 (2005) H. 8, S. 792-793

[3] Hans Nussbaum, DJ1UGA: Messung der Reflexionsdämpfung mit dem FA-Netzwerktester, FUNKAMATEUR 55 (2006), H. 12, S. 1398-1401

[4] C.L.Ruthroff, „Some Broad-Band Transformers“, Proceedings of the IRE, Volume 47, August 1952, pages 1337-1342

[5] Richard H. Turrin, W2IMU, „Broad-Band Balun Transformers“, QST, August 1964, pages 33-35

[6] <http://www.we-online.de/website/emc/eisos/layout/frameset.php?lan=0§or=1>

[7] <http://www.qrpforum.de/thread.php?threadid=2005>

[8] <http://www.box73.de/catalog/>