

Impedanzmessung mit Verschiebung der Messbezugsebene

0. Allgemein

Bei vektoriellen Impedanzmessgeräten sind die Ein- u. Ausgangsports als Messbezugsebenen definiert. Das zu messende Objekt DUT (device under test) kann aber bei Meßaufgaben in den seltensten Fällen direkt an die Messports angeschlossen werden, Messleitungen sind meistens erforderlich.

Der Ausweg besteht in der Kalibrierung, die Daten der Messleitungen werden durch das Kalibrierverfahren ermittelt und eingerechnet, s. auch [1].

Bei den Geräten wie HF/VHF-SWR-Analysator SWR-5884B (Vectronics) oder dem miniVNA (im OV11 mit Bausatz mehrfach realisiert und vorhanden) ist keine Möglichkeit zur Kalibrierung vorhanden, eingefügte Adapter oder Messkabel werden mit gemessen.

Deshalb müssen rechnerische oder graphische Verfahren angewendet werden. Es soll gezeigt werden, daß dabei die Anwendung des Smith-Diagramms [2] zweckmäßig ist.

1. Impedanztransformation über Leitungen

Im Bild 1 wird die komplexe Last \check{Z}_0 über die verlustfreie Leitung mit dem Wellenwiderstand Z angeschlossen. Der Reflexionsfaktor σ_0 wird nach $x=1$ (Länge l) als σ_E (Eingang E) transformiert.

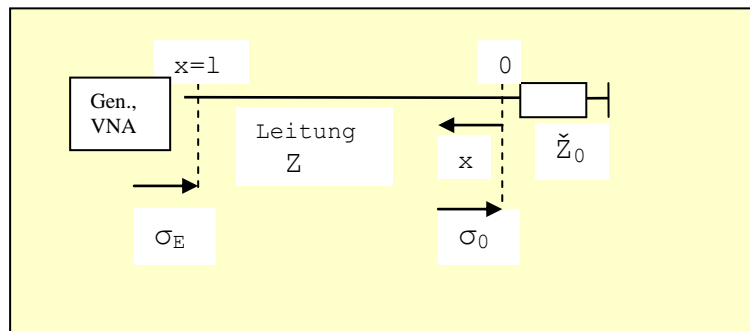


Bild 1

Der Reflexionsfaktor σ_0 wird an jede Stelle x der Leitung mit

$$\sigma_x = \sigma_0 \cdot e^{-j2\beta x} \quad \text{transformiert} \quad (1)$$

an der Stelle $x=1$ dann:

$$\sigma_E = \sigma_0 \cdot e^{-j2\beta l} \quad (2)$$

(σ_0, σ_E : allgemein komplex !)

$$\beta = 2\pi/\lambda$$

Im Bild 2 ist das Beispiel einer solchen Transformation im Smith-Diagramm dargestellt. Die Startimpedanz $\check{Z}_0 = (100 - j100)\text{Ohm}$ wird über die Leitung $l/\lambda = 0.15$ transformiert, das Ergebnis wird in den unteren Ergebnisfeldern für \check{Z}_E (links) bzw. σ_E (drittes Feld v. links) angezeigt.

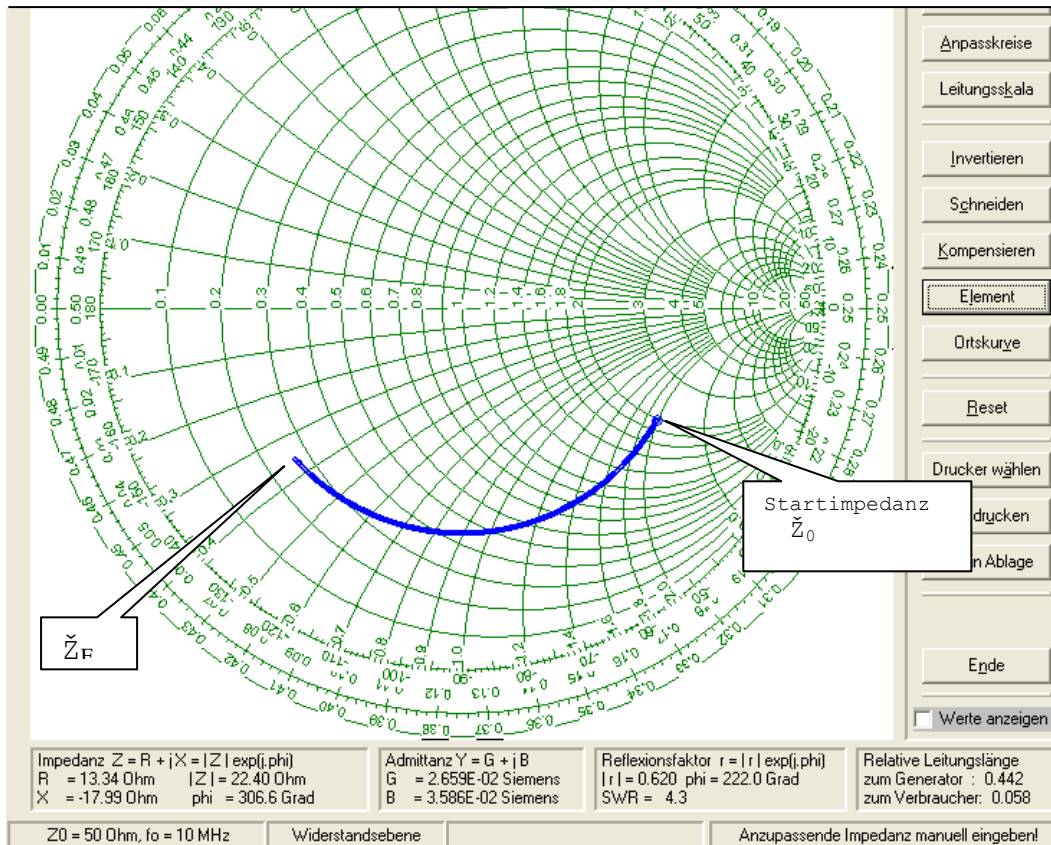


Bild 2

2. Impedanzmessung mit veränderter Messbezugsebene

Bild 2 zeigt allgemein die physikalische Wirkung, wenn eine Messleitung benutzt wird. Im Praxisfall, wenn kein Vektormesser mit Kalibrierfunktion zur Verfügung steht (z.B. lediglich ein miniVNA), ist genau die umgekehrte Prozedur zu (2) oder zu Bild 2 durchzuführen.

Mit der Messung wird \check{Z}_E möglichst genau bestimmt, bekannt ist weiterhin die **elektrische** (!) Länge l der Messleitung/des Anschlusskabels, gesucht sind σ_0, \check{Z}_0 .

Für die weiteren Schritte zwei Möglichkeiten:

2.1 Mathematische Lösung

Nach (2) ist $\sigma_E = \sigma_0 \cdot e^{-j2\beta l}$ und daraus weiterhin $\sigma_0 = \sigma_E \cdot e^{+j2\beta l}$.

σ_E wird ersetzt, damit ergibt sich: $\sigma_0 = [(\check{Z}_E - Z) / (\check{Z}_E + Z)] \cdot e^{+j2\beta l}$ (3)

Diese `kleine` Gln.(3) mit fast durchgehend komplexen Größen ist elementar rechnerisch nur sehr aufwendig zu handhaben. Die graphische Lösung wäre deshalb zu betrachten.

2.2 Smith Diagramm

Es wird das Smith Diagramm im PC-Programm nach [2] verwendet.

Mit einer Messung wird \check{Z}_E bestimmt und im Diagramm markiert. Als Beispiel sei der Messwert $\check{Z}_E = (13,34 -j17,99)\text{Ohm}$.

Bekannt ist auch die **elektrische(!)**Länge l der Messleitung. Über die Schaltfläche <Element> wird wie im Beispiel Bild 2 die relative Leitungslänge $l/\lambda = -0.15$ eingetragen. Und wichtig hier: Minus 0.15, denn es soll eine Verschiebung entgegen der x-Richtung (s. Bild 1) erfolgen.

Das PC-Programm führt diese Verschiebung aus und markiert das Ergebnis für \check{Z}_O im Diagramm als auch unten im Ergebnisfeld.

Der Vergleich der Ergebnisfelder von Bild 2 und Bild 3 zeigt die Richtigkeit der Rechnung für das gewählte Beispiel, die Abweichungen sind < 1 Prozent.

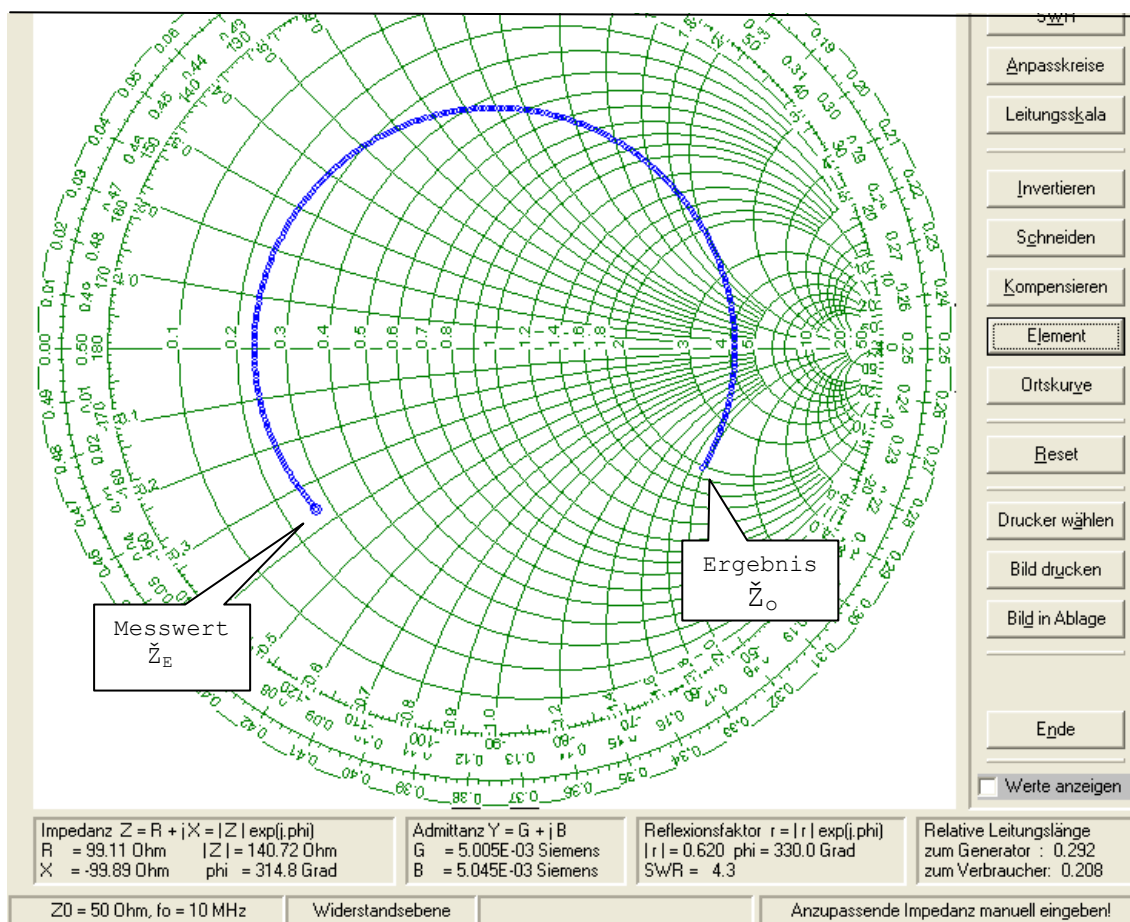


Bild 3

Quellen:

[1] J.Müller, Vektorielle Netzwerkanalyse, beam-Verlag

[2] Dr.D.Glesner DF5VX, PC-Programm WinSmith,