

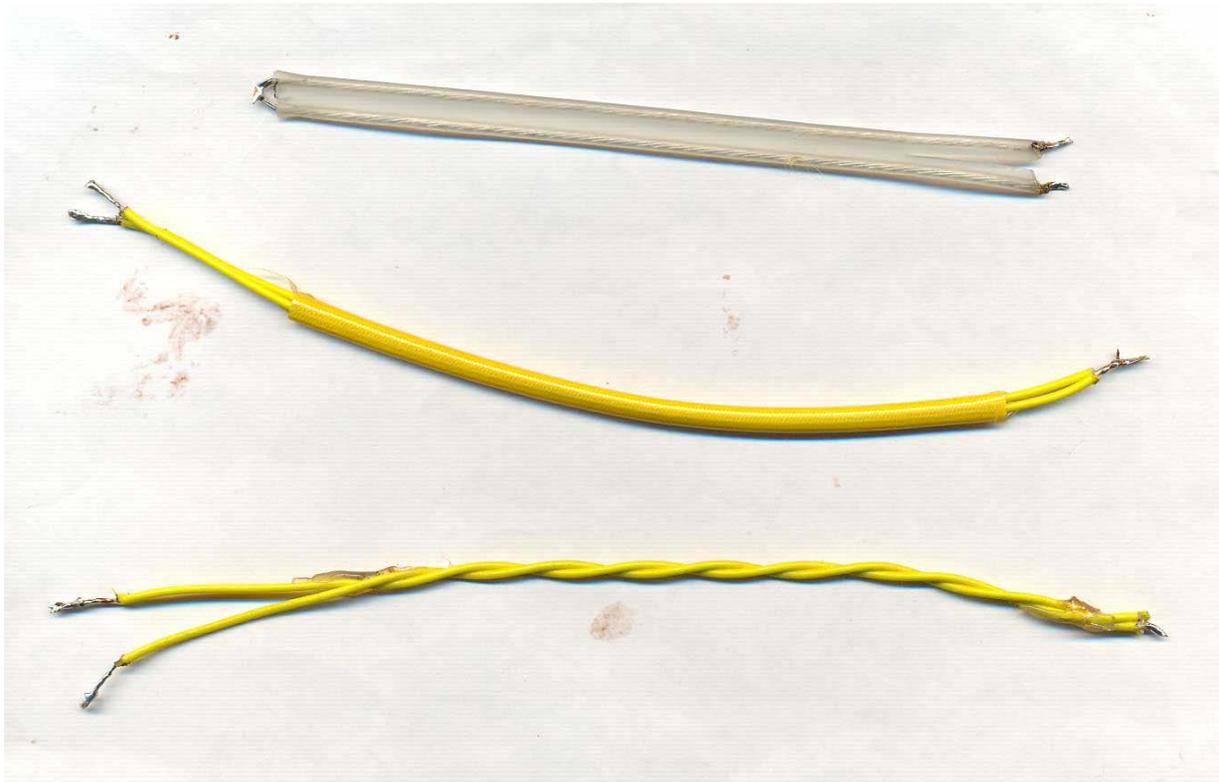
## Der Wellenwiderstand von Zweidraht-Leitungen

Hier wird eine einfache aber nicht ueberall bekannte Methode gezeigt wie man den Wellenwiderstand ohne teure Messmittel bestimmen kann. Man muss dazu Kapazitaeten im pF - Bereich und Induktivitaeten im  $\mu\text{H}$  - Bereich messen koennen.

Unter Zweidraht-Leitung kann man sowohl eine Anordnung von zwei geraden Leitungen die parallel nebeneinander laufen, mit Dielektrikum LUFT oder ein beliebiger Isolierstoff. Das gilt auch fuer zwei verdrehte Leitungen.

Der Durchschnitts-Techniker liest dazu: Z- Diagraph, Smith-Diagramm Network-Analizer usw. Also was ganz hochwertiges. Ein Fachmann der zur Schaltungsbeschreibung des GRUNDIG Spitzensuper 5040W 3D doch ein ziemliches Wissen erkennen laesst, in dem er auf praktische Arbeiten hinweist die er gemacht hat, fragt dort an, wie ich mit so einfachen Mitteln und bei 4 Mhz kurze Leitungen auf den Z-Wert messen konnte.

Bild 309



Ich meine daher, es wird mehr Leute geben die das gerne wissen moechten.

Um den Frager nicht bloss zu stellen, sei mir eine kleine Story aus dem Berufsalltag gestattet, die zeigt, er ist da nicht alleine, dass er zwar alle professionellen Methoden kennt, aber das einfachste vielleicht nicht.

*Die Geschichte: In einer bekannten Radiofirma, gab es eine Material Pruefstelle, die vom Isolierband bis zum IC alles was der Einkauf vorlegte pruefte und die auch mit der laufenden Ueberwachung der Lieferanten, befasst war.*

*Dass dort alles was gut und teuer an Messtechnik stand wird wohl jeder einsehen. Mein Ressort war damals das Entwickeln von HF- Teilen zum Rundfunkempfang.*

*Der Einkauf brachte eine Leitung aus Fernost zur Freigabe fuer die Fertigung zu dieser Dienststelle. Die prueften nun alles was sich messen und beurteilen laesst.*

*Von den Giftstoffen bis zur Loetfaehigkeit.*

*Es war aber eine symmetrische Bandleitung mit 240 Ohm Wellenwiderstand.*

*Wegen der nicht zu oft vorkommenden Messung eines Wellenwiderstandes, gab es nichts was den Wert angezeigt haette.*

*Kurzum, man schickte eine Probe in meine Abteilung „Tunerentwicklung“ mit der Bitte, das „Z“ zu messen, Da sind die Kollegen aber zu kurz gesprungen. Weil das Verhaeltniss zwischen uns nicht gestoert war, sandte ich das umgehend zurueck mit einem Hinweis: das geht doch ganz einfach!*

Ab hier weiter im eigentlichen Text.

Diesen Kollegen gab ich den gleichen Rat oder Hinweis den ich hier ablegen will.

Im Jahre 1955 brachte der Franzis Verlag im Rahmen der „radio PRAKTIKER buecherei“

Unter der Nummer 68-70 eine Formelsammlung fuer den Radio-Praktiker heraus.

*Der Autor ein Fachmann erster Klasse Herr Dipl.- Ing. Georg Rose*

*Rundfunkmechanikermeister heraus.*

*In dem Labor zu dem ich damals zaehlte wurde eine Sammelbestellung gemacht mit der jeder der meinte nicht Alles zu wissen (es gab da tatsaechlich welche) das Buechlein kaufen konnte.*

*Nun dieses Buch brachte es bei mir bis zur 14. Auflage.*

In diesem Buechlein findet man auf der Seite 133 bis 135 alles was man ueber Kabel und Wellenwiderstand wissen sollte. Das legte ich den Kollegen ans Herz und prompt, die hatten den Wellenwiderstand als richtigen Wert im Messprotokoll.

Hier nun zwei Quellen. „Der ROSE“ und ein EUROPA LEHRMITTEL fuer Berufsschulen

## 14.06 Wellenwiderstand von Kabeln

Der Wellenwiderstand ist das Verhältnis von Spannung zu Strom einer auf der Leitung fortschreitenden Welle.

$$\mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{R_1 + j \omega L_1}{G_1 + j \omega C_1}} = \frac{U}{I}$$

$\mathfrak{Z}, Z$  = Wellenwiderstand in  $\Omega$

$R_1$  = Längswiderstand in  $\Omega$

$G_1$  = Querleitwert in S

$L_1$  = Leitungsinduktivität in H

$C_1$  = Leitungskapazität in F

Für dämpfungsarme Leitungen wird  $R$  und  $G = 0$ . Dann ist

$$Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = \frac{U}{I}$$

$$Z = 1000 \sqrt{\frac{L'}{C'}} \text{ in } \Omega; \quad L' \text{ in } \frac{\mu\text{H}}{\text{m}} \quad C' \text{ in } \frac{\text{pF}}{\text{m}}$$

$$L' = \frac{Z^2 \cdot C'}{10^6} \quad C' = \frac{L' \cdot 10^6}{Z^2} \quad Z' \text{ in } \Omega, \quad L' \text{ in } \frac{\mu\text{H}}{\text{m}}, \quad C' \text{ in } \frac{\text{pF}}{\text{m}}$$

$L'$  = Induktivität je Längeneinheit

$C'$  = Leitungskapazität je Längeneinheit

Aus ROSE RPB Band 68 Franzis-Verlag 159  
1971 14. Aufl. Hans M. Knoll

**Der Wellenwiderstand gibt den Abschlußwiderstand einer Leitung an, bei dem keine stehenden Wellen auftreten.**

Der Wellenwiderstand hängt bei Frequenzen über 10 kHz nur von der Induktivität und der Kapazität der Leitung ab.

Z Wellenwiderstand  
L Leitungsinduktivität  
C Leitungskapazität

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Der Wellenwiderstand ist unabhängig von der Länge der Leitung. Die Leitungsinduktivität und die Leitungskapazität können deshalb an einem kurzen Leitungsstück gemessen werden. Bei der Kapazitätsmessung muß die Leitung offen, bei der Induktivitätsmessung kurzgeschlossen sein.

**Beispiel:** Wie groß ist der Wellenwiderstand einer Leitung, die je Meter Leitungslänge eine Kapazität von 28 pF und eine Induktivität von 1,6 µH hat?

Lösung:  $Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{1,6 \mu\text{H}}{28 \text{ pF}}} = 240 \Omega$

Bei richtigem Abschluß verhält sich eine verlustfreie Leitung so, als ob sie nicht vorhanden und der Abschlußwiderstand direkt mit dem Spannungserzeuger verbunden wäre (**Bild 8/2**).

Der Wellenwiderstand wird auch als Widerstand der unendlich langen Leitung bezeichnet. Bei dieser Leitung gelangt die Energie nicht bis zum Ende und wird deshalb auch nicht reflektiert. Es können sich keine stehenden Wellen ausbilden.

In der Übertragungstechnik sind die Leitungen meist länger als die Wellenlängen der übertragenen elektrischen Schwingungen. Der Spannungserzeuger liefert in diesem Fall zunächst Energie in die Leitung. Ist die Leitung am Ende offen, so kann die Energie nicht umgewandelt werden und wird reflektiert. Auf der Leitung überlagern sich hinlaufende und rücklaufende Wellen zu stehenden Wellen.

8

Aus ELEKTRONIK "Nachrichtenelektronik" EUROPA LEHRMITTEL  
Hans M. Knoll 16.03.2007

**Um da jetzt Ergebnisse zu erhalten, muss man die Kapazitaet der offenen Zwillingsleitung messen, dann an einem Ende die beiden Leitungen verbinden und die Induktivitaet messen und den Wert ausrechnen. Eine ganz einfache Sache.**

In dem erwaehten Thread habe ich eine handelsuebliche 240 Ohm Bandleitung mitgemessen um zu zeigen es geht.

Jetzt kann ich nur noch sagen, Danke Herr Georg Rose. Dieses Buechlein ist bei mir trotz einer Fuelle von Fachbuechern, das „zerlesenste“ Buch das ich habe.

Hans M. Knoll