

# 7



## VSWR von Leitungen

### **Zum Autor Stefan Burger**

erhielt 1986 sein Diplom als Ingenieur (FH) von der University of Applied Science, Offenburg. Bis 1990 blieb er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität und wechselte dann in die Forschungs- und Entwicklungsabteilung von Endress + Hauser in Maulburg.

Dort war er bis 2001 in die Entwicklung der Füllstandmessgeräte auf RADAR Basis eingebunden und unter anderem für die Betreuung der RADAR Module, die Entwicklung von Antennen und druckfesten HF-Durchführungen verantwortlich.

Danach arbeitete er von 2001 bis 2011 bei Panasonic Electronic Devices in Lüneburg an Filtern und Duplexern für Basis Stationen, SAW Filtern und war für die Life Time und Power Durability Simulation zuständig.

Im Jahr 2012 gründete er in Hampton, Australien, sein eigenes Unternehmen Delta Gamma RF-Expert ([www.delta-gamma.com](http://www.delta-gamma.com)). Seit 2014 ist er als exklusiver Berater im Bereich HF- und Mess-Technik für das Unternehmen el-spec GmbH, Geretsried tätig.

# 7

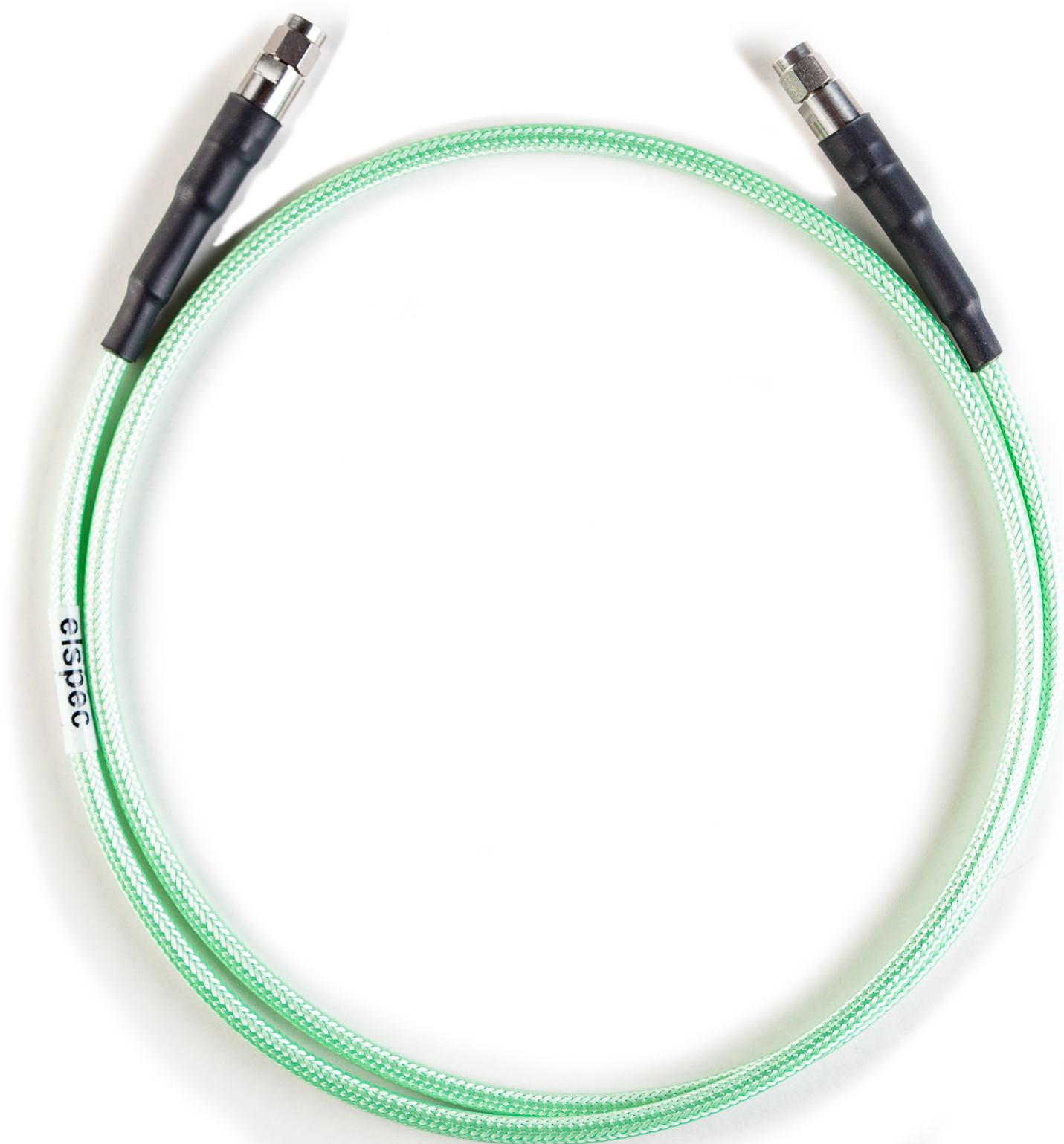
## VSWR von Leitungen

Dipl. Ing. (FH) Stefan Burger | Delta Gamma RF-Expert

### Inhalt

Einführung.....	5
Impressum.....	11

aispec



## Einführung

Wenn konfektionierte Koaxial-Leitungen mit dem Network Analyzer im Frequenzbereich gemessen werden, ist die angezeigte Anpassung die Überlagerung der Reflexion der Stecker an beiden Seiten des Kabels.

Eine Maßeinheit, der wir dabei stets begegnen, sind Dezibel oder kurz dB. Kurz zu „Dezibel“ und wie damit gerechnet wird: Beim Bel – so die ursprüngliche Bezeichnung – werden Leistungs-Verhältnisse im logarithmischen Maß dargestellt. Da das Bel aber etwas unhandlich ist, wurde mit zentel Bel (dB) gerechnet und so hat sich Dezi-“Bel“ als gebräuchliche Maßeinheit eingebürgert:

$$p = 10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) [dB] \quad [1]$$

Die Leistung läßt sich ebenfalls durch die Spannung darstellen:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad [2]$$

$$p = 10 \cdot \log\left(\frac{U_1^2}{R} \cdot \frac{R}{U_2^2}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = 20 \cdot \log\left(\frac{U_1}{U_2}\right) \quad [3]$$

Return Loss ist das Verhältnis von reflektierter zur eingespeisten Leistung. Wenn daher für einen Stecker ein maximaler Return Loss (RL) angegeben wird, errechnet sich die Spannung zu:

$$V = V_{ref} \cdot 10^{\frac{RL}{20}} \quad [4]$$

Diese Spannung hat eine Phase, die von den Eigenschaften des Steckers abhängig ist. Entlang der Leitung dreht sich die Phase nach folgender Gleichung:

$$\phi = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \sqrt{\epsilon_r} \cdot f}{c} \quad [5]$$

Hierbei ist  $c$  die Lichtgeschwindigkeit  $299\,792\,458 \text{ m/s}$  und  $l$  die Länge der Leitung. Wie man sehen kann, dreht sich die Phase mit zunehmender Frequenz. D.h. die reflektierte Spannung des zweiten Steckers überlagert sich mit der reflektierten Spannung des ersten Steckers über der Frequenz mit drehender Phase.

Sie kann *in* oder *entgegen* der Phase des ersten Steckers laufen. In Abbildung (1) ist es sinnbildlich dargestellt. Im schlechtesten Fall überlagert sich der rote und schwarze Spannungszeiger zum blauen, und im besten Fall zum grünen Zeiger.

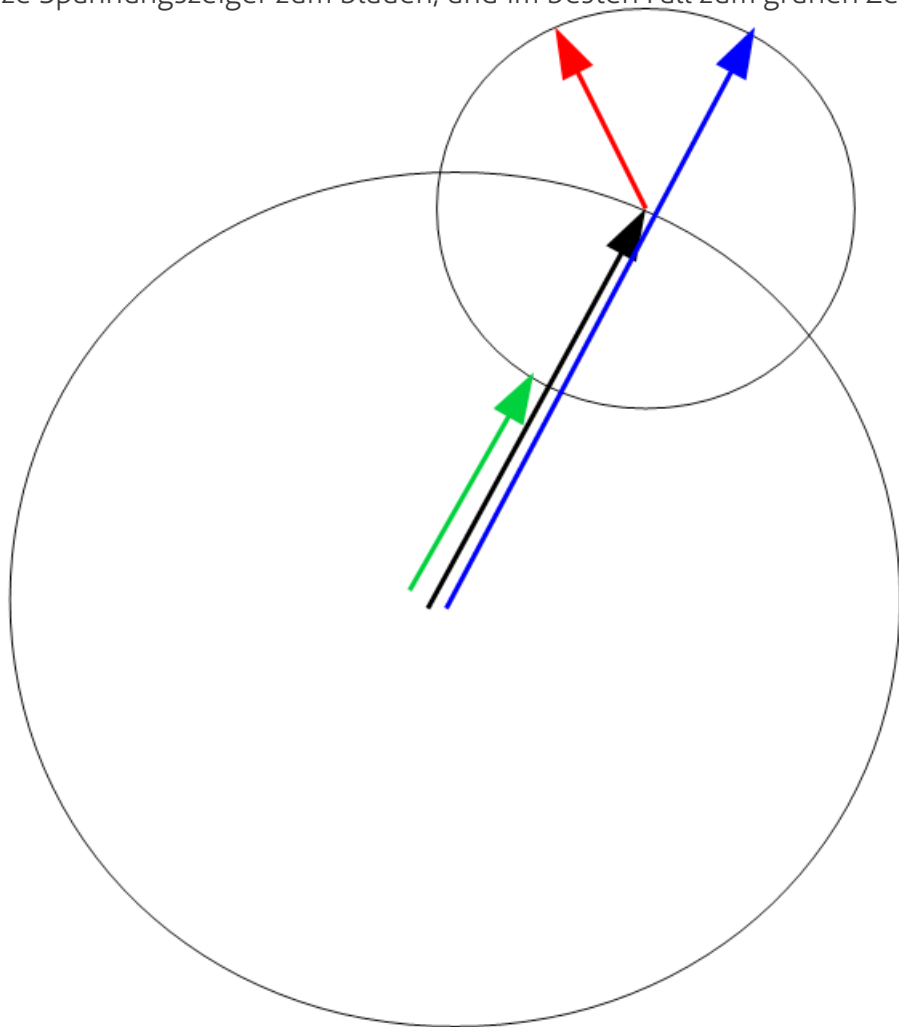


Abbildung 1: Überlagerung von Spannungen mit verschiedener Phase

Nehmen wir an, die Leitung hat an beiden Seiten einen Stecker mit einem Return Loss von -20 dB. Welchen minimalen Return Loss wird man hier messen?

$$U_1 = U_2 = 1V \cdot 10^{\frac{-20}{20}} = 0.1V \quad [6]$$

Im schlechtesten Fall addieren sich also die beiden Spannungen zu 0,2 V.

$$RL = 20 \cdot \log\left(\frac{0.2V}{1V}\right) = -14.0dB \quad [7]$$

Wenn auf der einen Seite -20 dB und an der anderen Seite -30 dB Anpassung gegeben sind, wie groß wird der Return Loss dann sein?

$$U_1 = 1V \cdot 10^{\frac{-20}{20}} = 0.1V \quad [8]$$

$$U_2 = 1V \cdot 10^{\frac{-30}{20}} = 0.0316V \quad [9]$$

$$RL = 20 \cdot \log\left(\frac{0.1316V}{1V}\right) = -17.6dB \quad [10]$$

Wenn wir eine Anpassung des Kabels von -25 dB erreichen wollen, welche Anpassung müssen die Stecker mindestens erreichen?

$$U = 1V \cdot 10^{\frac{-25}{20}} = 0.0562V \quad [11]$$

$$RL = 20 \cdot \log\left(\frac{0.0562V}{2 \cdot 1V}\right) = -31.0dB \quad [12]$$

Die vorhergehenden Ausführungen vernachlässigen allerdings die Dämpfung der Leitung. Die rücklaufende Welle des zweiten Steckers wird entlang der Leitung gedämpft und verbessert damit die Situation, da das Signal hier kleiner ist.

Bei Berücksichtigung der Leitungsdämpfung von z.B. 6 dB und einer Anpassung bei beiden Steckern von -20 dB ergibt sich im schlechtesten Fall ein Wert von:

$$U_1 = 1V \cdot 10^{\frac{-20}{20}} = 0.1V \quad [13]$$

$$U_2 = 1V \cdot 10^{\frac{-26}{20}} = 0.05V \quad [14]$$

$$RL = 20 \cdot \log\left(\frac{0.15V}{1V}\right) = -16.5dB \quad [15]$$

Die 6 dB Leitungsverluste verbessern also die Anpassung um 2,5 dB.

Dies kann allerdings auch zu Fehlinterpretationen führen, wenn man z.B. die Anpassung einer Antenne über eine lange Leitung überwachen will. Scheinbar ist die Antenne noch im Toleranzbereich, wogegen die Werte in Wirklichkeit wie bei unserem Beispiel um 2,5 dB schlechter sind, und sie somit außerhalb des Toleranzbereiches liegt.

---

## Impressum

©copyright 2017 by el-spec GmbH

Konzept, Text, Zeichnungen: Stefan Burger, Delta Gamma RF-Expert, Melbourne Australien

Layout und Gestaltung: Udo Klünsch | kpr kommunikation, Geretsried

Fotos: Udo Klünsch | kpr kommunikation

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung ist ohne Zustimmung der Firma el-spec GmbH unzulässig und strafbar. Insbesondere gilt dies für Vervielfältigungen, Übersetzungen und Einspeicherung in elektronische Systeme.

### el-spec GmbH

Lauterbachstr. 23c

82538 Geretsried-Gelting

T.: +49 8171 4357-21/-22

F.: +49 8171 4357-99

info@elspecgroup.de

Geschäftsführer: Thomas Weber

**www.elspecgroup.de**



## Notes



## Notes



# Notes





el-spec GmbH  
Lauterbachstr. 23c  
82538 Geretsried-Gelting, Germany  
Tel. +49 (0) 8171-4357-23  
Fax +49 (0) 8171-4357-99  
sales@elspecgroup.de  
www.elspecgroup.de