

# Einführung in die Netzwerkanalyse

am Beispiel des DG8SAQ-Netzwerkanalyzers

Horst Germann  
DL6NDW

DARC OV München-Nord, C12

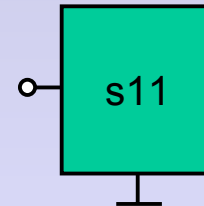
3. Mai 2011

# Was kann man messen?

Eintore (Zweipole):

Antennen

Antennen mit Anschlußkabeln...

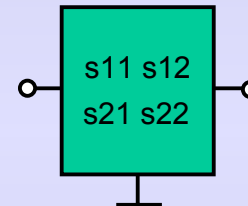


Zweitore (Vierpole):

Koaxkabel

Filter

Verstärker...

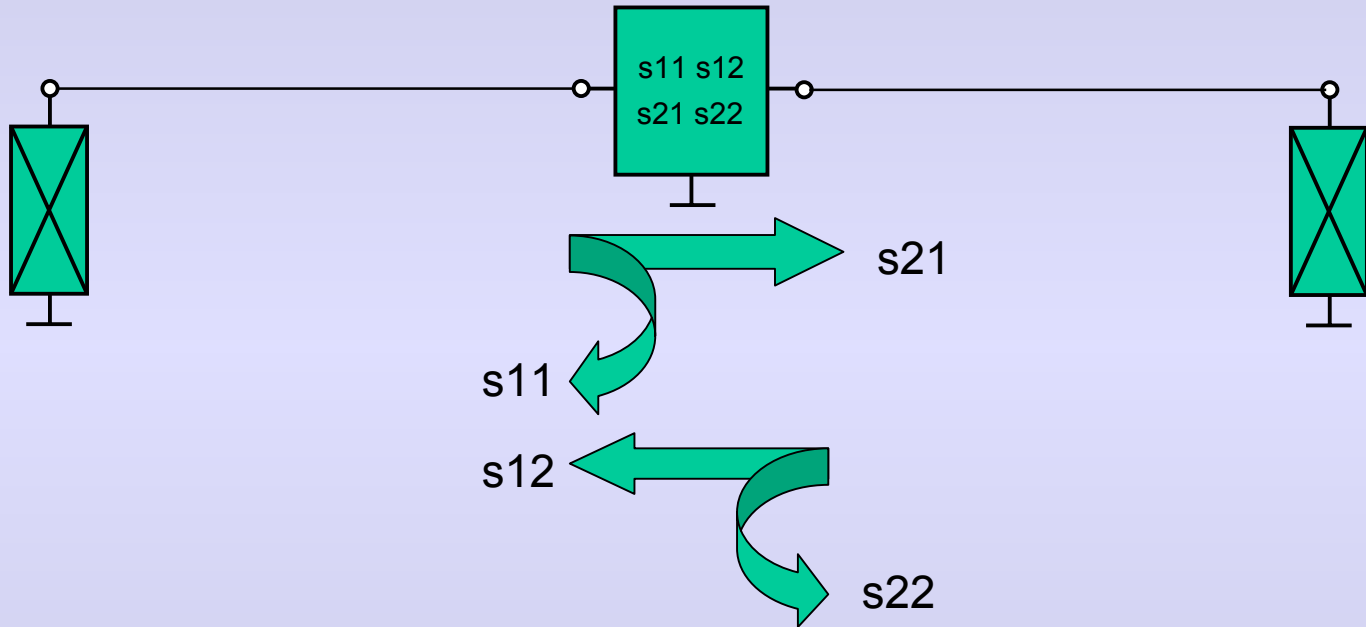


**Aber Vorsicht: hohe Eingangsleistungen  
beschädigen den NWA-Empfänger**

Mehrtore (z.B. Diplexer)...

Eigentlich „alles“, aber nur in einem linearen Arbeitspunkt.  
Ein NWA mißt nicht die erzeugten Oberwellen von Verstärkern.

*Ein lineares Zweitor wird beschrieben durch seine S-Parameter (Streuparameter)*

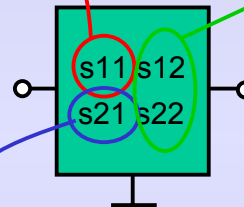


Hat man die S-Parameter ermittelt, kann man die Eigenschaften des linearen Zweitors vollständig – das Bauteil ist komplett vermessen (zumindest in seinem Arbeitspunkt).

# Reflektionsfaktor und Verstärkung

$s_{11}$  ( $s_{22}$ ) kann man auch als Reflektionsfaktor  $r$  bezeichnen

Das gleiche noch mal, nur in Rückwärtsrichtung (beim DG8SAQ NWA muß man umschrauben)



$s_{21}$  ist die Verstärkung oder, wenn negativ in dB, der Verlust der Schaltung

*S-Parameter sind für den Funkamateurler eigentlich nichts neues...*

## **Stehwellenverhältnis**

(Voltage **S**tanding **W**ave **R**atio):

$$\text{VSWR} = \frac{1+|r|}{1-|r|}$$

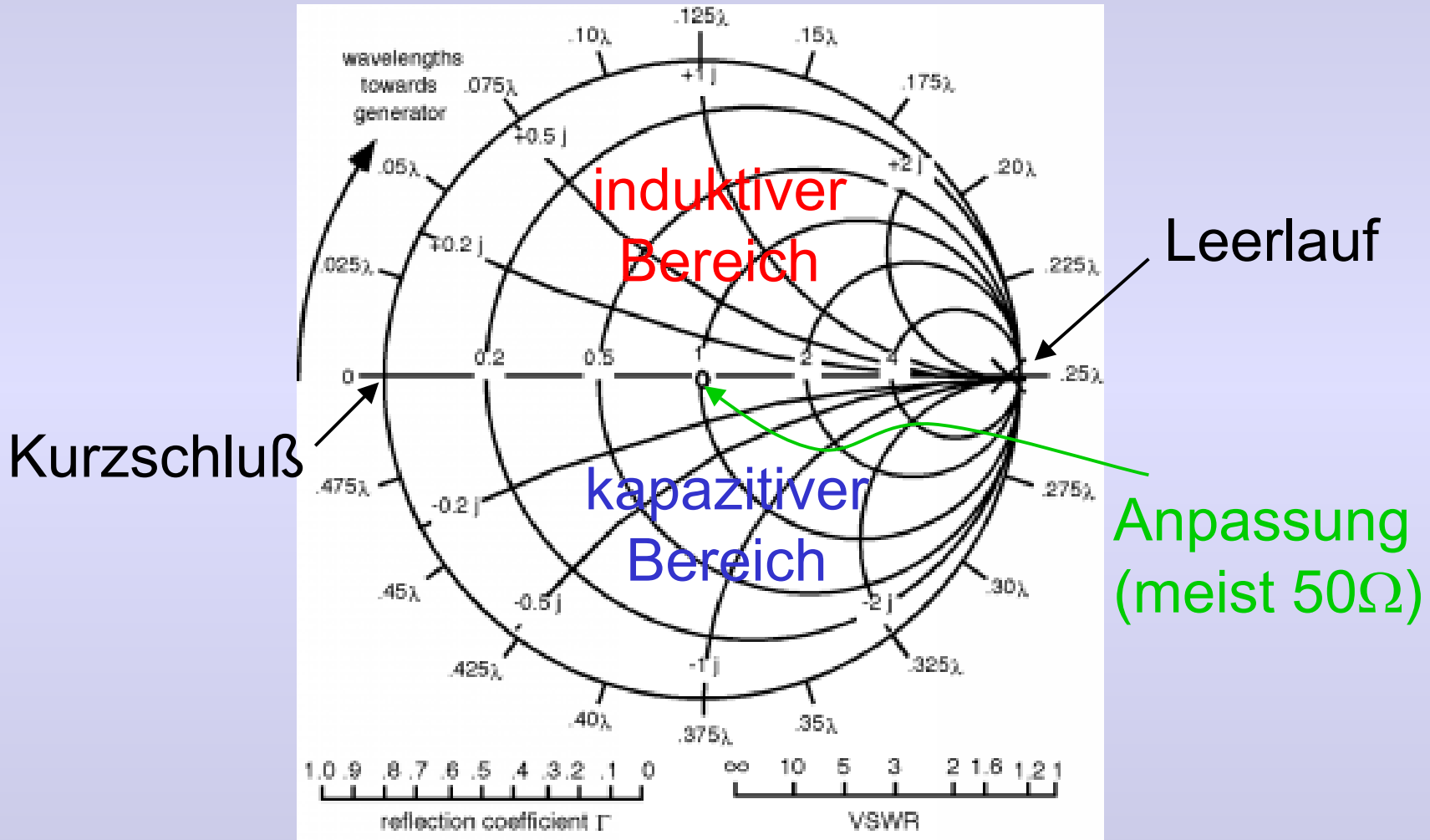
Beispiele:  $r=0 \rightarrow \text{VSWR}=1:1$

$r=0.5 \rightarrow \text{VSWR}=3:1$

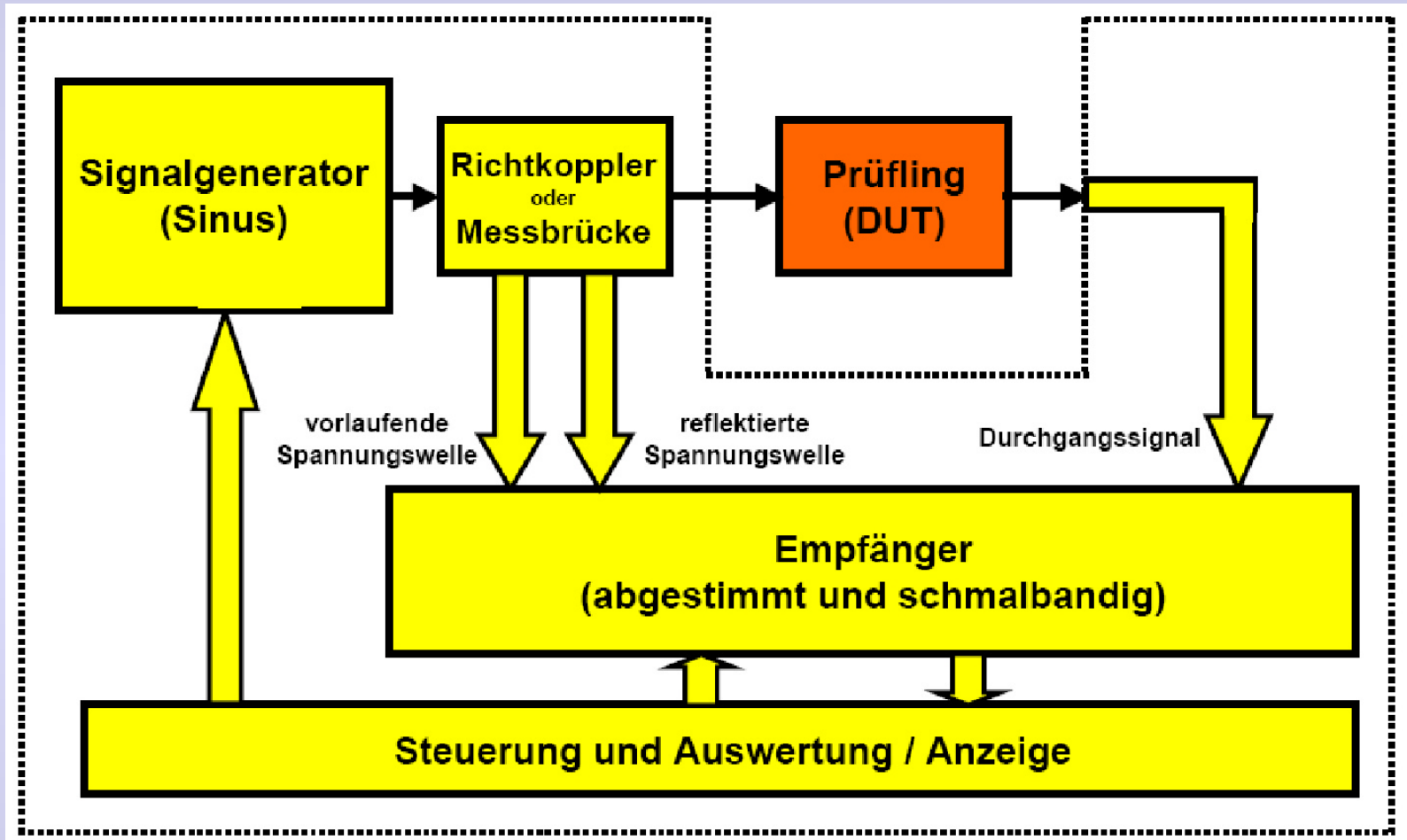
$r=1 \rightarrow \text{VSWR}=\text{unendlich}:1$

Vorteile von  $r$ : leichter darstellbar (1 statt unendlich)  
die Phaseninformation geht nicht verloren

Mit dem Smith-Chart stellt man die Phase von  $r$  dar:

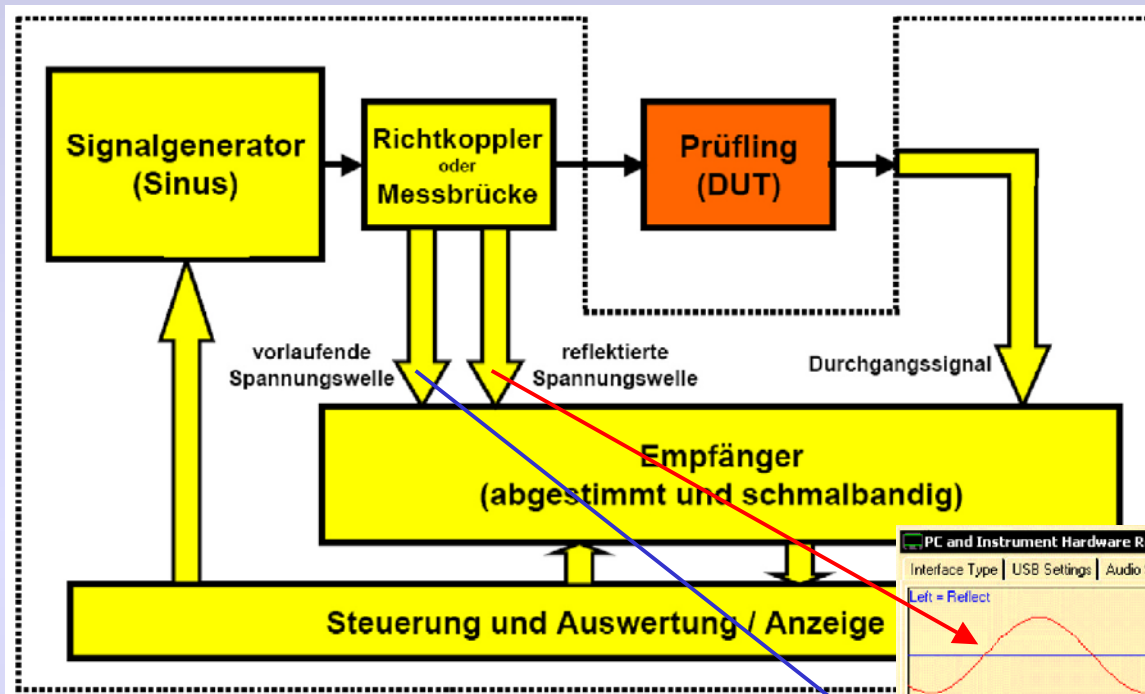


*Und wie mißt der NWA nun:*



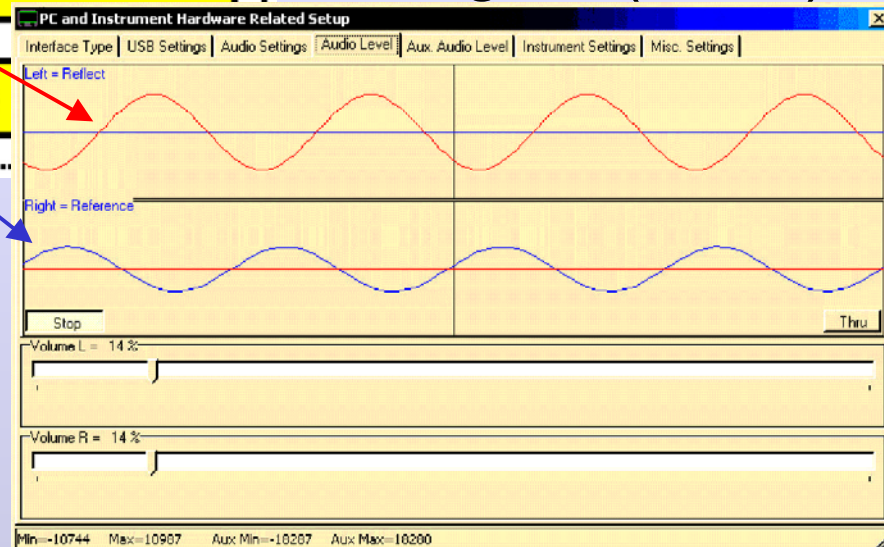
Sender und Empfänger werden synchron durchgestimmt

*Und wie mißt der NWA nun:*

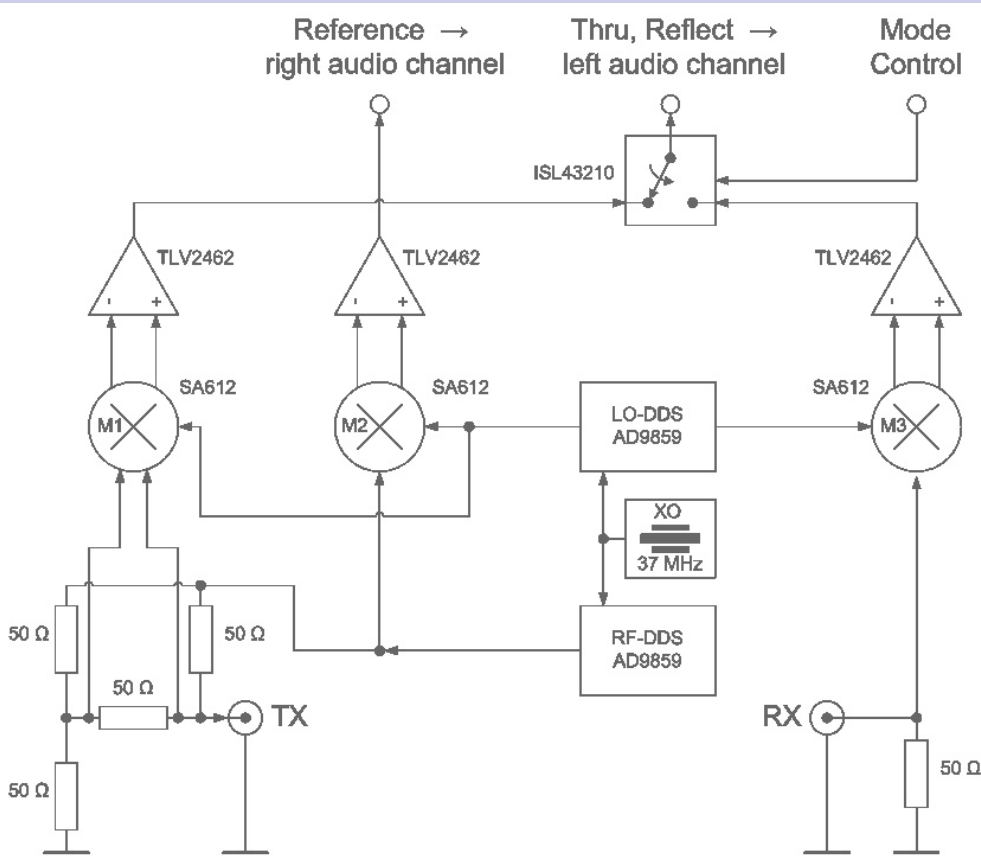


ZF Signal (1kHz):

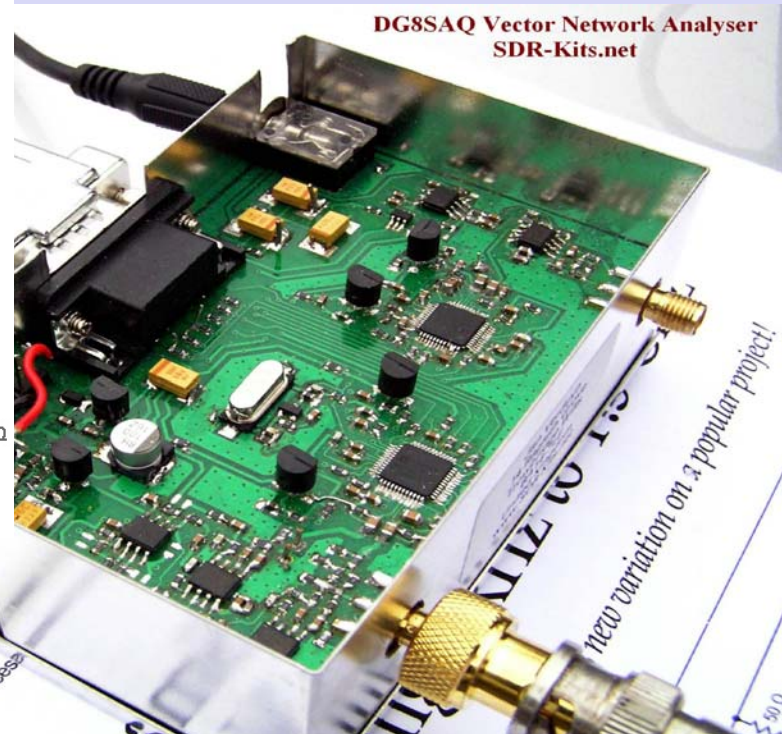
**Skalarer NWA:** nur die Amplitude wird ausgewertet  
**Vektorieller NWA:** Phase und Amplitude werden ausgewertet



# Was ist drin im NWA von DG8SAQ:

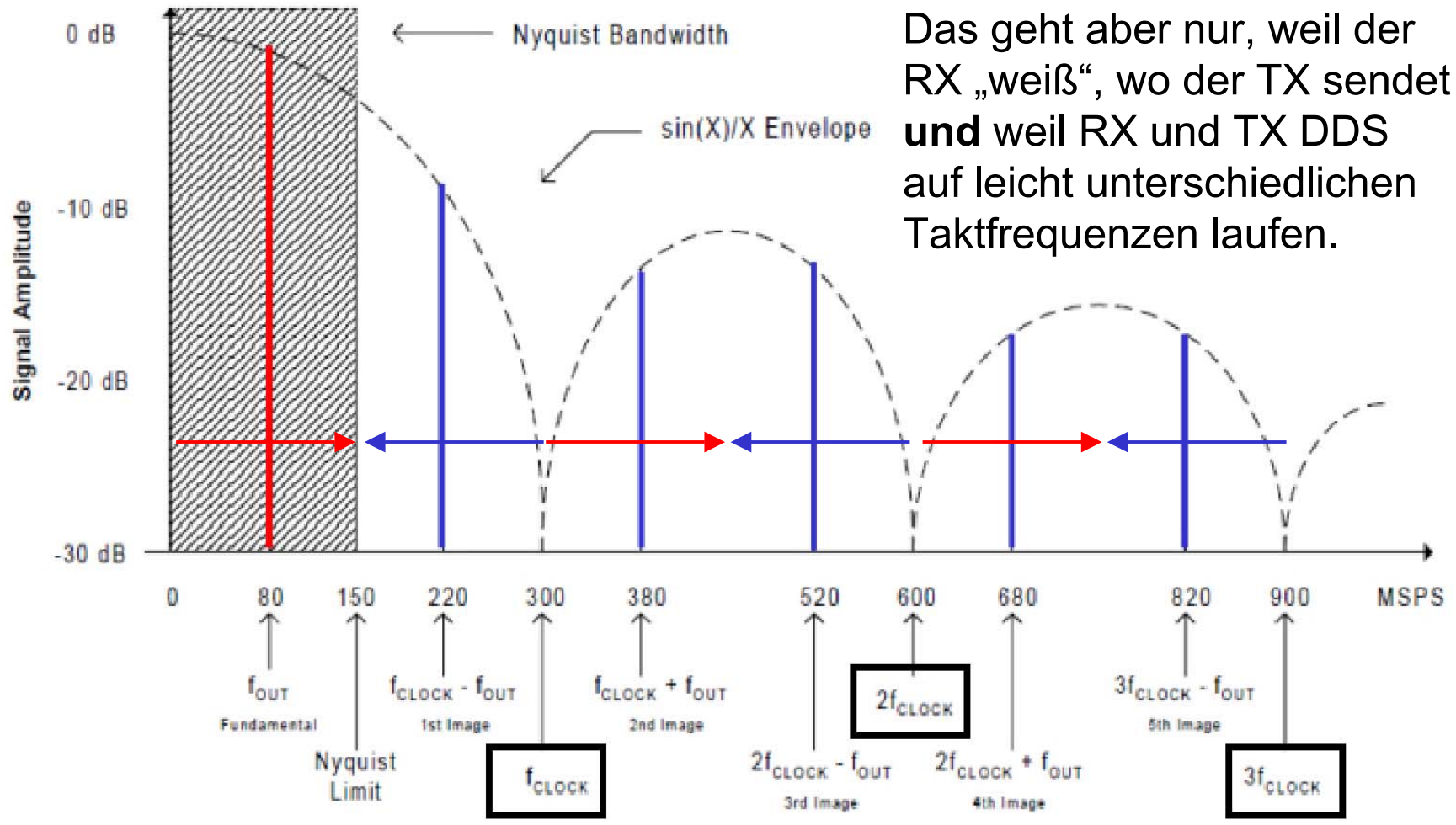


- 2 DDS Generatoren
- 1 Meßbrücke
- 3 Mischer
- (fast) fertig!



...die neuere Version arbeitet mit einer USB Soundkarte

# Der besondere Trick: Nutzung der Oberwellen



Das geht aber nur, weil der RX „weiß“, wo der TX sendet **und** weil RX und TX DDS auf leicht unterschiedlichen Taktfrequenzen laufen.

...damit wird der Frequenzbereich des NWA's erheblich erweitert

# Rechenbeispiele zum Frequenzkonzept

Diese Frequenzen sind fest aus einem 37 MHz Quarz abgeleitet:

DDS-Generator:  $f_{\text{CLOCK}}(\text{TX})=703 \text{ MHz}$ ,  $f_{\text{CLOCK}}(\text{RX})=740 \text{ MHz}$

Meßfrequenz: 28MHz

$f_{\text{OUT}}(\text{TX})=28 \text{ MHz}$ ,  $f_{\text{OUT}}(\text{RX})=28,001 \text{ MHz}$   
→ 1 kHz

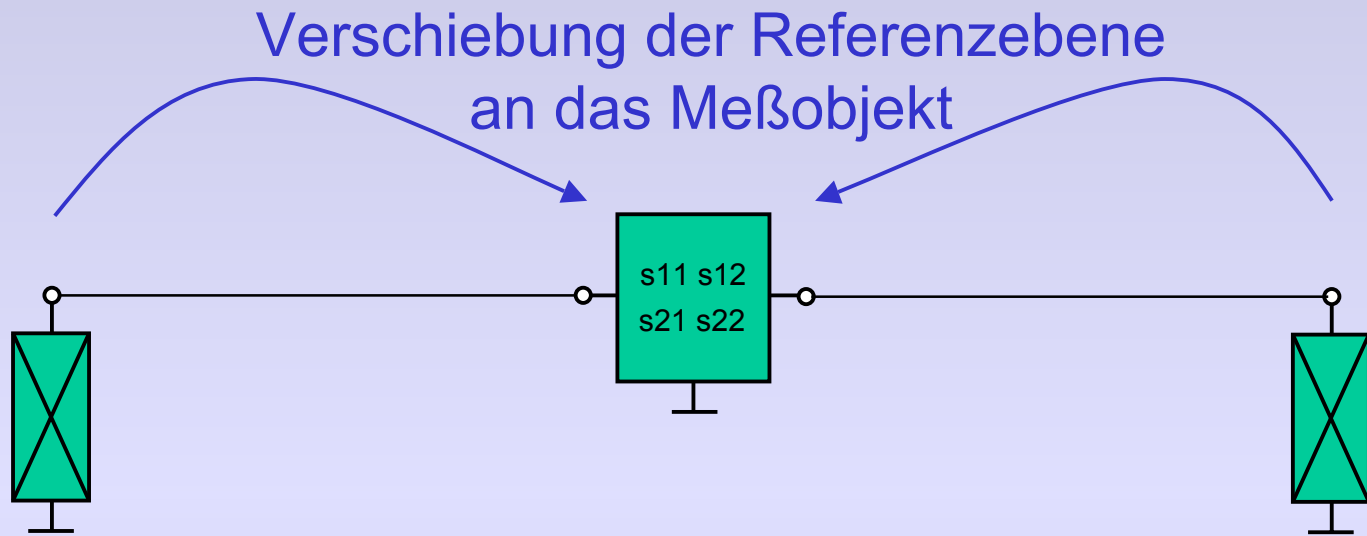
$f_{\text{IMAGE}}(\text{TX})=675 \text{ MHz}$ ,  $f_{\text{IMAGE}}(\text{RX})=711,999 \text{ MHz}$   
→ 36,999 MHz

Meßfrequenz 432MHz

$f_{\text{OUT}}(\text{TX})=271 \text{ MHz}$ ,  $f_{\text{OUT}}(\text{RX})=308,001 \text{ MHz}$   
→ 37,001 MHz

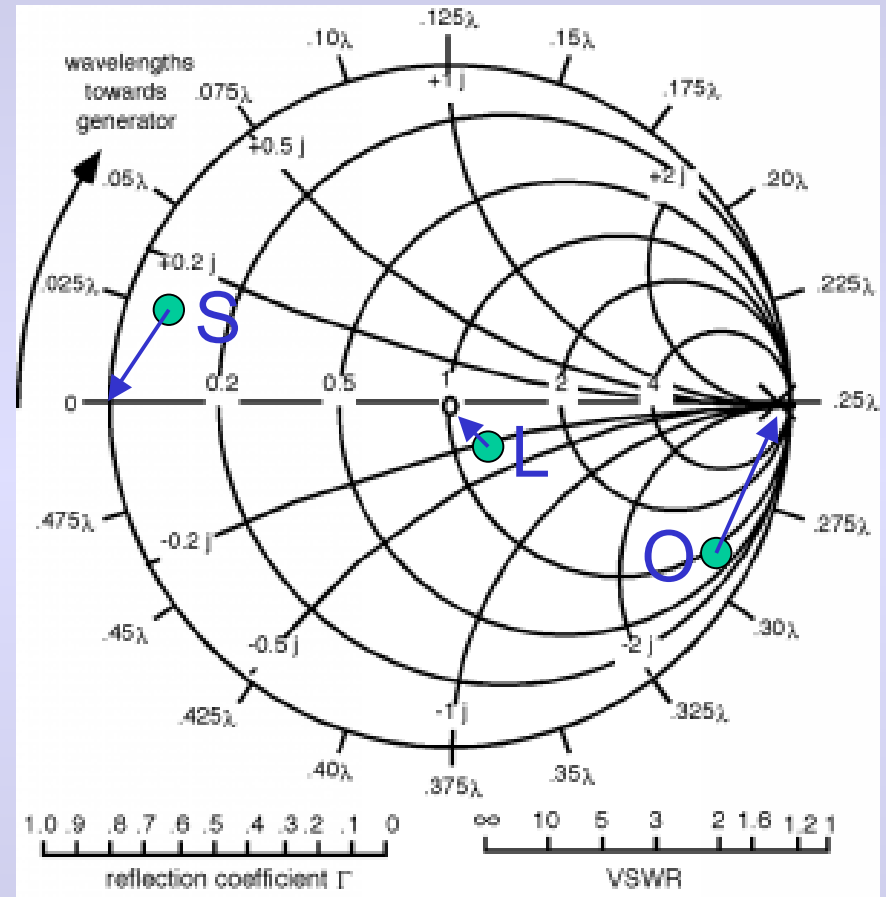
$f_{\text{IMAGE}}(\text{TX})=432 \text{ MHz}$ ,  $f_{\text{IMAGE}}(\text{RX})=431,999 \text{ MHz}$   
→ 1 kHz

## Jetzt noch kalibrieren:



- Kompensation von Ungenauigkeiten, Frequenzgang und Übersprechen im NWA (TX, RX und in der Meßbrücke)
- Kompensation der Dämpfung und der Phasenverschiebung der Meßkabel
- Beim DG8SAQ NWA ist immer eine Kalibrierung vorgesehen

# Die häufigste Methode: **Short Open Load (Through)**

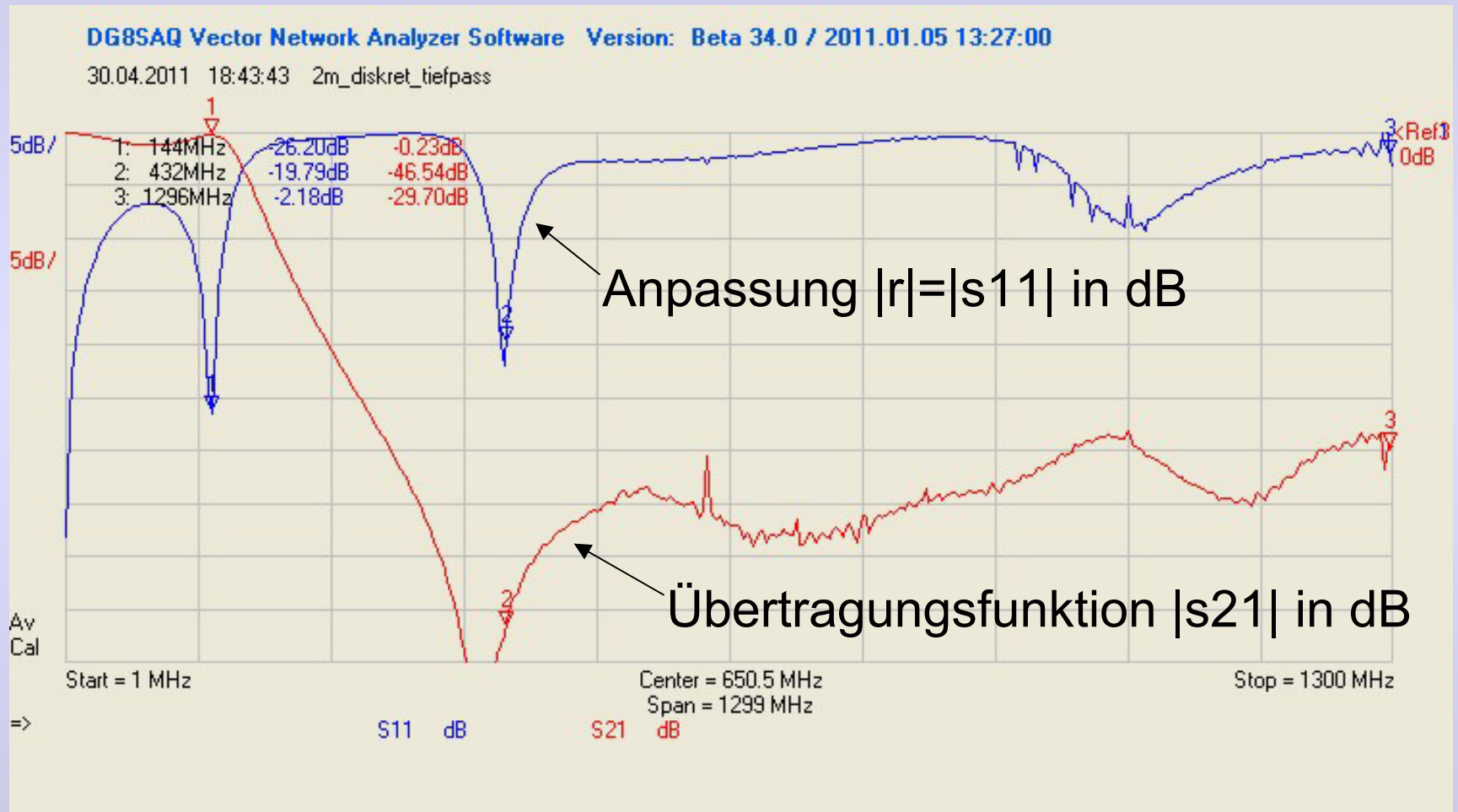


Die Genauigkeit der Kalibrierstandards bestimmt die Genauigkeit der Messung

Das Rückrechnen erledigt die Software

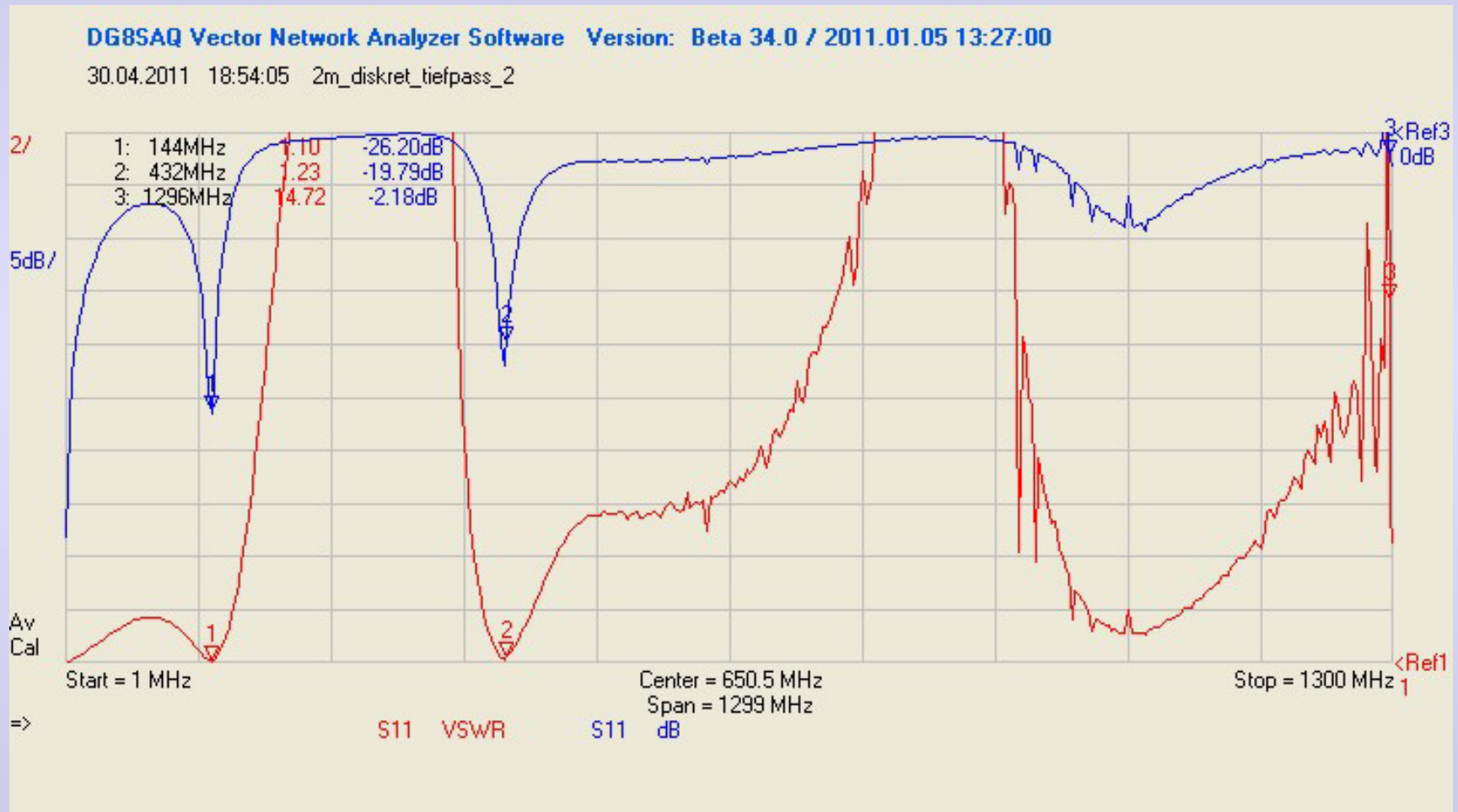
# Nun können wir endlich messen:

Ein 2m Tiefpaß mit Saugkreis bei 70cm:

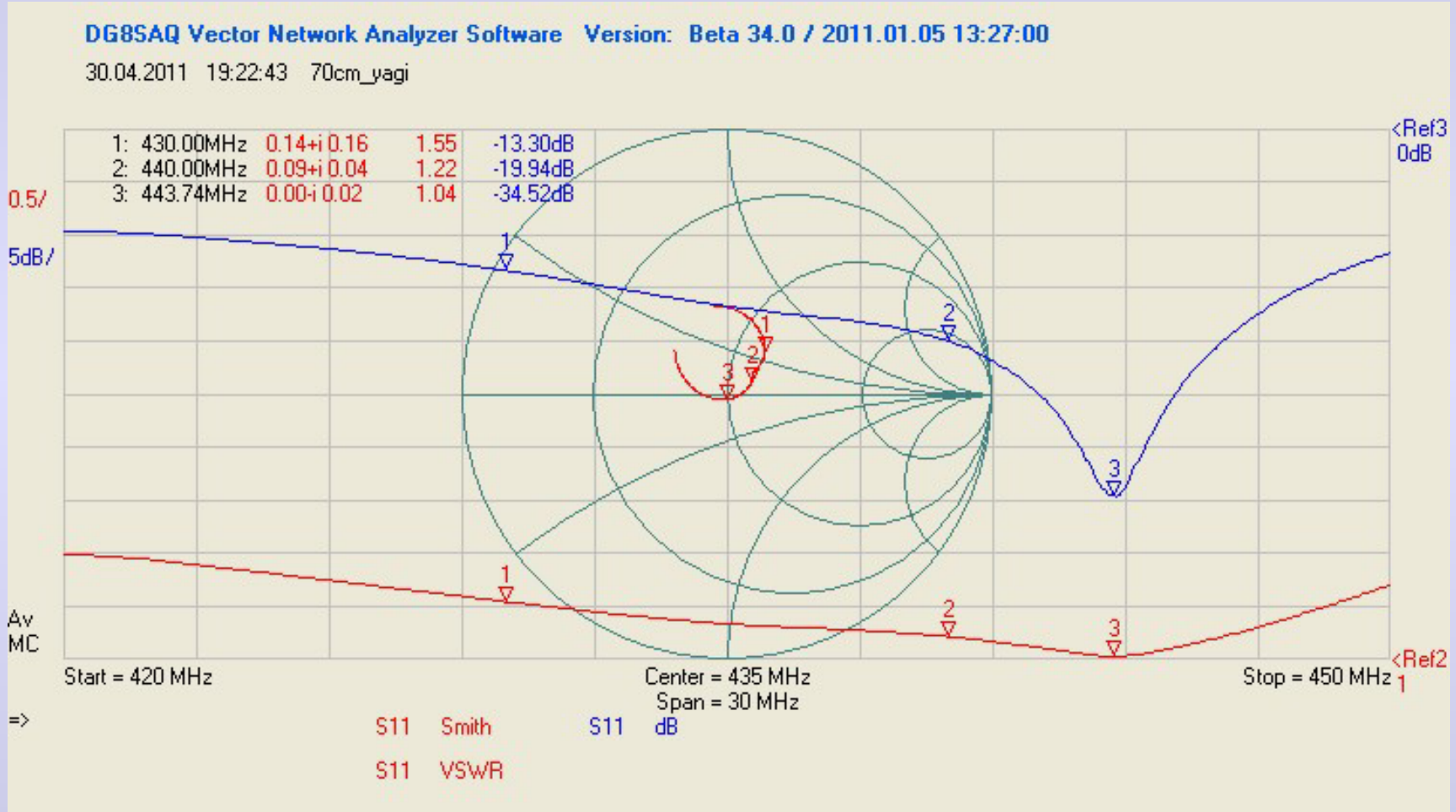


# Nun können wir endlich messen:

Stehwellenverhältnis VSWR und Reflexionsfaktor  $|s_{11}|$  im Vergleich



# Nun können wir endlich messen: Antennenanpassung Yagi für 70cm



# Der Empfänger als Spektrumanalyzer:

2m FM-Handfunke mit 1750kHz Ton moduliert

DG8SAQ Vector Network Analyzer Software Version: Beta 34.0 / 2011.01.05 13:27:00

30.04.2011 19:34:11 2m\_1750Hz



# *Literatur und Bilderquellen*

SDR-Kits homepage mit allen Infos zum NWA (in englisch):

<http://www.sdr-kits.net>

2 Vorträge zum DG8SAQ-NWA:

Messungen mit dem Vektor Netzwerkanalysator VNWA von Bodo Scholz, DJ9CS, gehalten auf der HAM Radio 2010

<http://sdr-kits.net/DG8SAQ/VNWA/DJ9CS-VNWA-PresentationHamRadio2010.pdf>

VNWA2+ von DG8SAQ, vektorielle Messungen bis 1.3GHz auf dem Küchentisch, Mario Rößler, DH5YM, 09.10.2009

[http://dh5ym.ath.cx/download/VNWA\\_Vortrag\\_20100420\\_PN.pdf](http://dh5ym.ath.cx/download/VNWA_Vortrag_20100420_PN.pdf)

Weitere Literatur zur NWA Funktionsweise (in englisch):

Agilent Network Analyzer Basics, ohne Autor, 2004

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7917E.pdf>