

# H39-Workshop

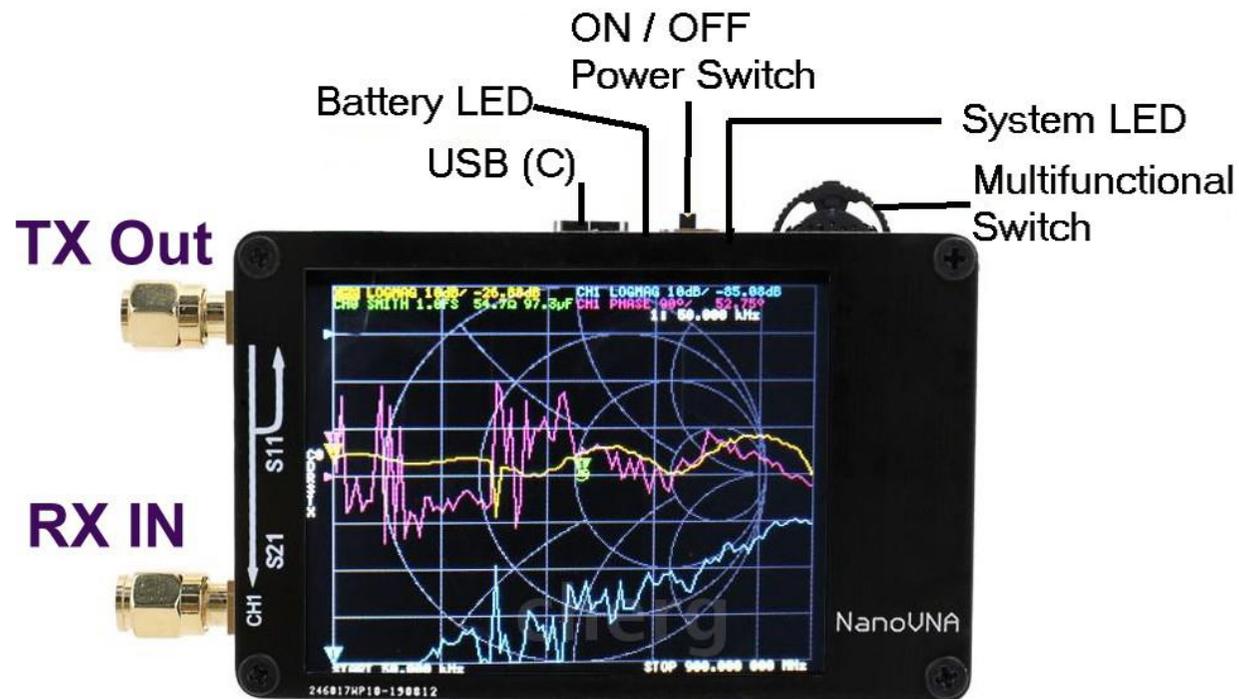
## Vortrag: Rund um den NanoVNA

zusammengestellt von DL6OAA



[https://www.ebay.de/b/Netzwerkanalysatoren/97658/bn\\_16179178](https://www.ebay.de/b/Netzwerkanalysatoren/97658/bn_16179178)

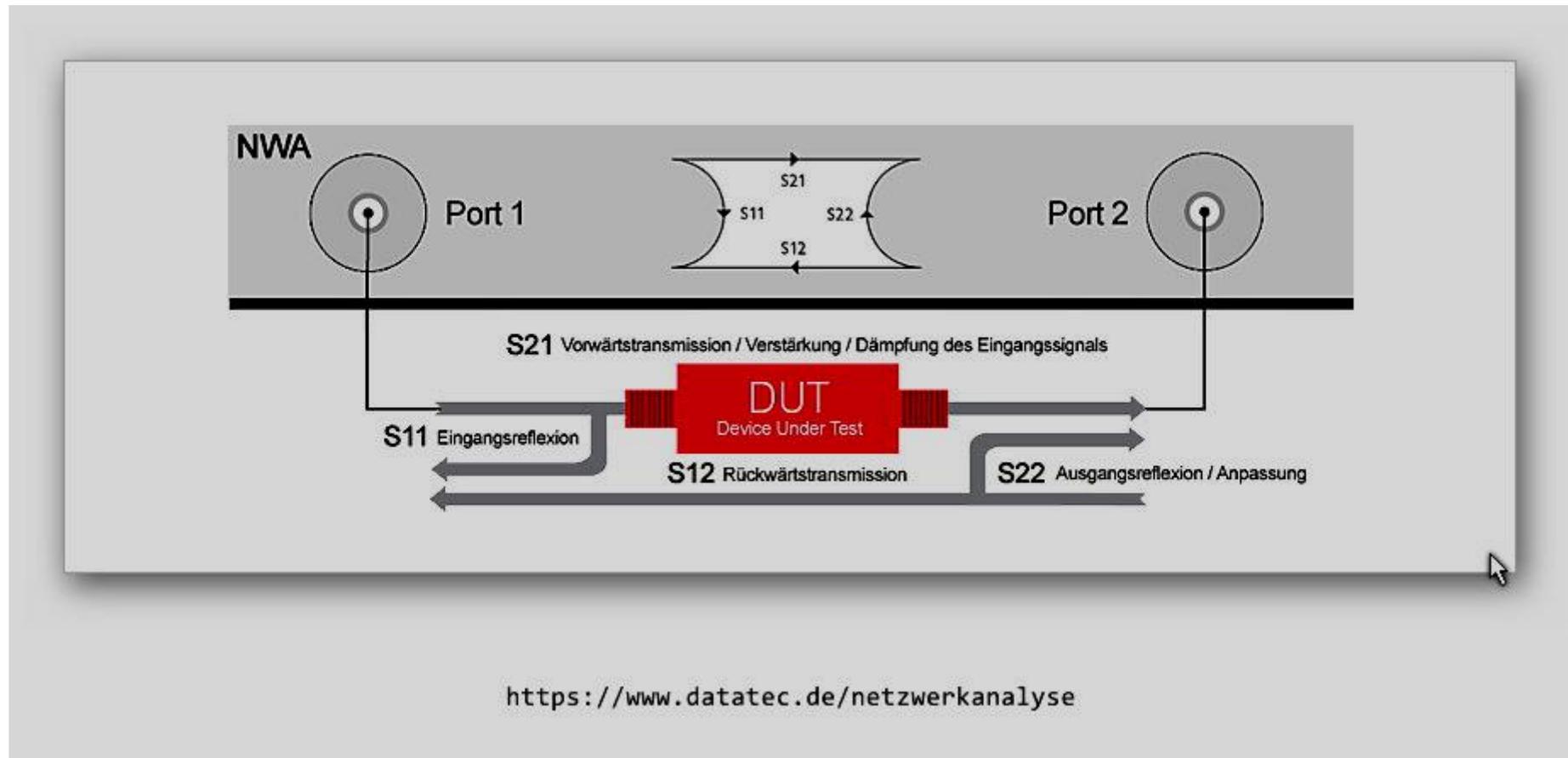
# Der NanoVNA



Info zum NanoVNA: [https://nanovna.com/?page\\_id=21](https://nanovna.com/?page_id=21)

Links haben wir in Form von **zwei SMA-Buchsen** den **HF - Eingang und Ausgang**. Die obere Buchse stellt den Sendeport dar und der bildet gleichzeitig den Kanal für die S11-Messung (= Reflektion). Die untere Buchse ist der Empfänger-Eingang und folglich brauchen wir sie für die Transmissionsmessung (= S21).

Der Netzwerkanalysator mit dem integrierten Signalgenerator sendet ein Signal, dessen Frequenz, Amplitude und Phase bekannt sind, auf ein Messobjekt (DUT). Diese Anregung der Schaltung wird nun vermessen, was zu den **S-Parametern** (siehe unten) führt. Der Prüfling reflektiert einen Teil dieses Signals. Der Rest läuft in das Messobjekt, wird dort verändert (gedämpft, verstärkt, phasenverschoben, gemischt) und tritt am Ausgang des DUT (Device Under Test) als übertragenes Signal in Erscheinung; durch Fehlanpassung am Ausgang an die Last (folgende Stufe) kann auch hier wieder ein Teil des transmittierten Signals reflektiert werden.



- **Die S-Parameter**

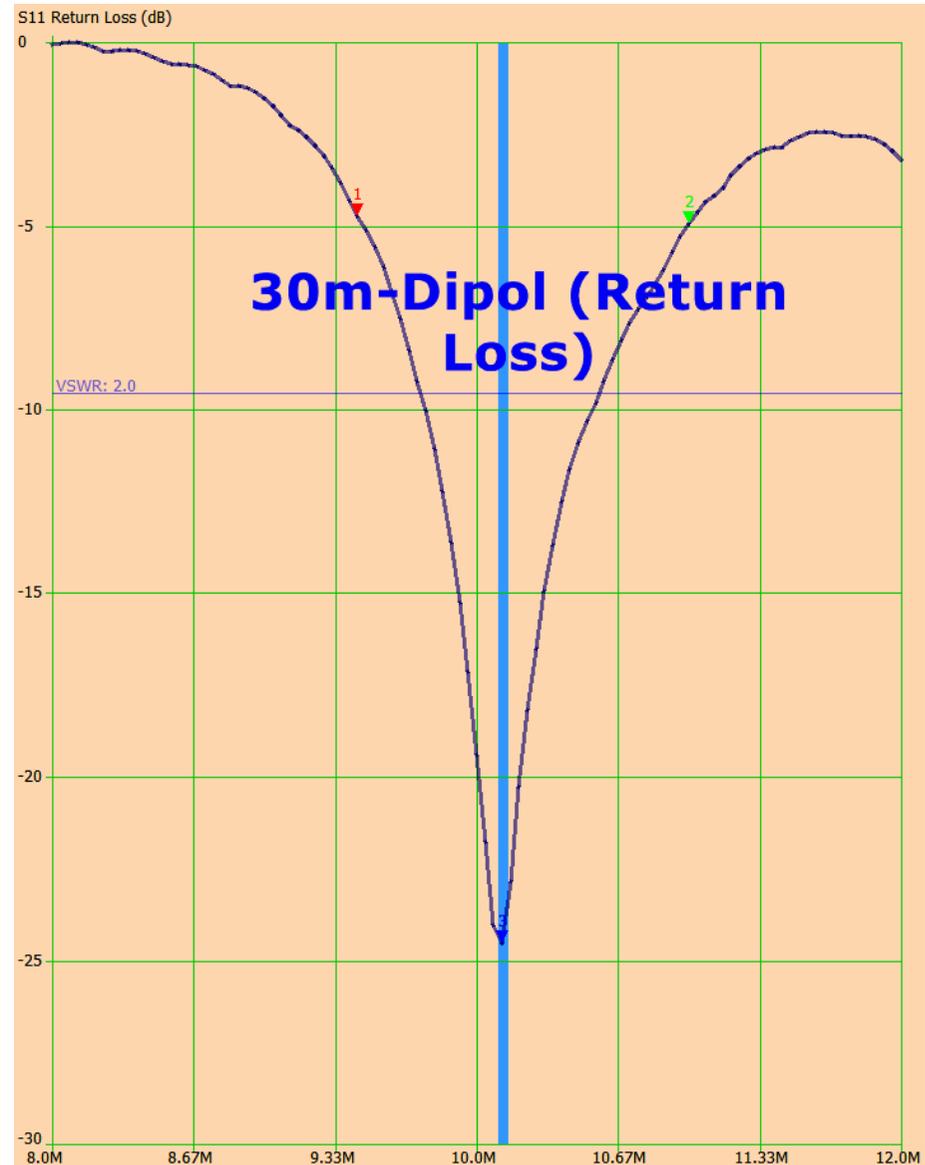
S-Parameter sind Qualitätskriterien, die Aufschluss darüber geben, welche Signalanteile mit welcher Beeinflussung übertragen werden und wie hoch die jeweiligen reflektierten Anteile sind. **Die S-Parameter sind Kenngrößen, die diese Veränderung oder das lineare Verhalten des Prüflings beschreiben:**

- **S11** ist der **Eingangs-Reflexionsfaktor**; er gibt Auskunft über die Anpassung der Signalquelle an die Schaltung,
  - 
  - **S22** ist der **Ausgangs-Reflexionsfaktor**, der Aufschluss über die Anpassung des Ausgangs an den Eingang einer nachfolgenden Schaltung gibt,
  - 
  - **S21** ist der **Transmissionsfaktor**, er ist gleichbedeutend mit der Verstärkung oder Dämpfung durch die zu messende Schaltung
  - 
  - **S12** ist der **Rücktransformationsfaktor** und gibt Auskunft über den Signalanteil, der vom Ausgang der zu testenden Schaltung an deren Eingang reflektiert wird.
- 
- Quelle: <https://www.datatec.de/netzwerkanalyse>

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, diese Daten darzustellen, z.B. als Tabelle.

<b>Return Loss &amp; VSWR-Tabelle</b>		
Rückflussdämpfung in dB	Was es bedeutet	VSWR
0 dB	100% Reflexion, keine Stromversorgung der Antenne, alles unendlich reflektiert	$\infty$
1 dB	80% Reflexion, 20% Leistung in die Antenne	17
2 dB	63% Reflexion, 37% Leistung in die Antenne	9
3 dB	50% Reflexion, 50% Leistung in die Antenne	6
5 dB	32% Reflexion, 68% Leistung in die Antenne	3,5
6 dB	25% Reflexion, 75% Leistung in die Antenne	3
8 dB	6% Reflexion, 84% Leistung in die Antenne	2,3
10 dB	10% Reflexion, 90% Leistung in die Antenne)	2
15 dB	(3% Reflexion, 97% Leistung in der Antenne)	1,4
20 dB	1% Reflexion, 99% Leistung in der Antenne	1,2

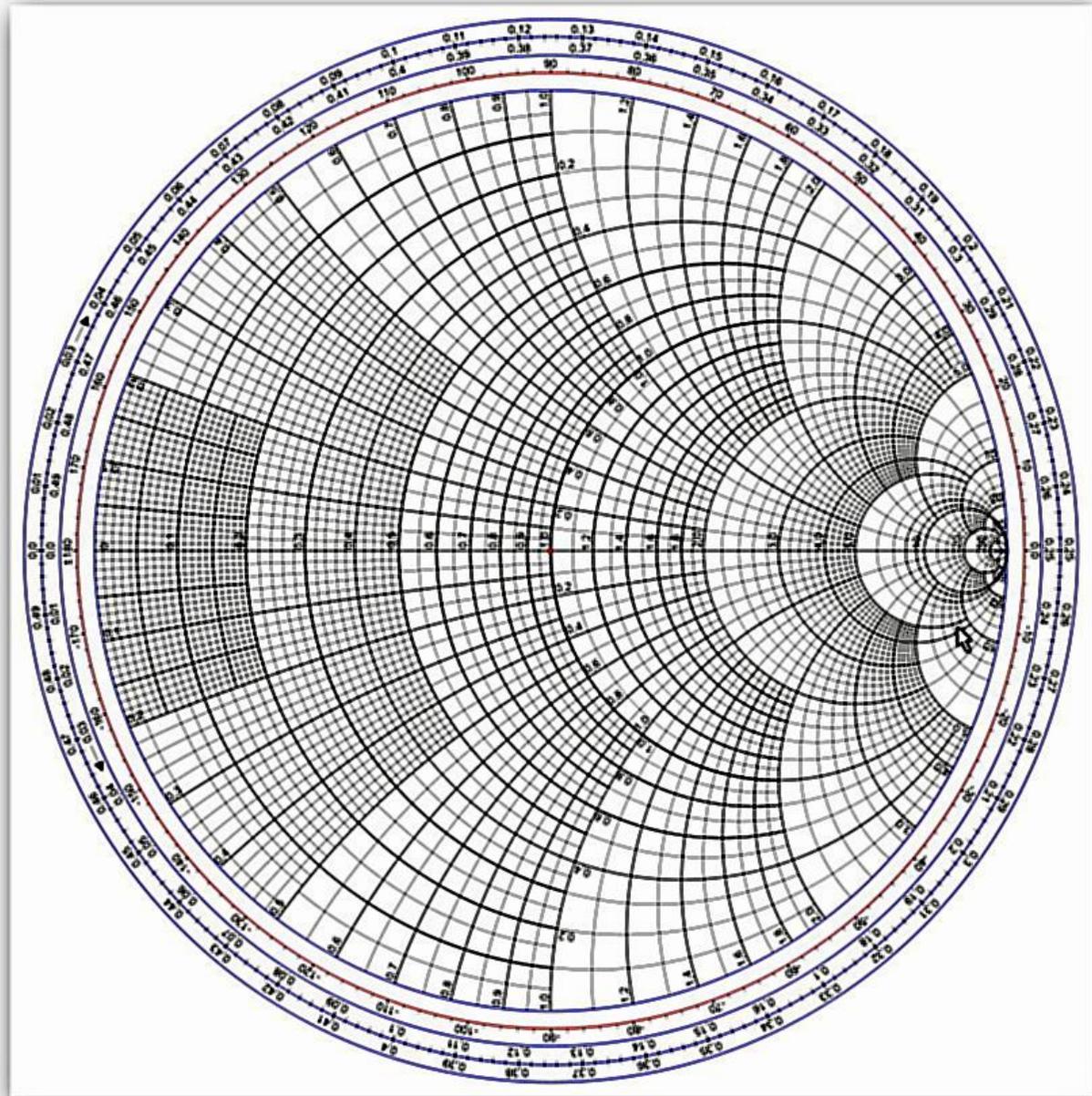
Die grundlegendste Möglichkeit ist nur eine Zwei-Achsen-Darstellung der Frequenz auf der X-Achse und der Amplitude auf der Y-Achse. Üblicherweise wird die Y-Achse als logarithmische (normalerweise dB) Skala gebildet.



## Das Smith-Diagramm

Der Name der Smith-Chart ist auf dessen Entwickler Philip Smith von den Bell Labs zurückzuführen, der die Smith-Chart in den 30er Jahren entwickelte.

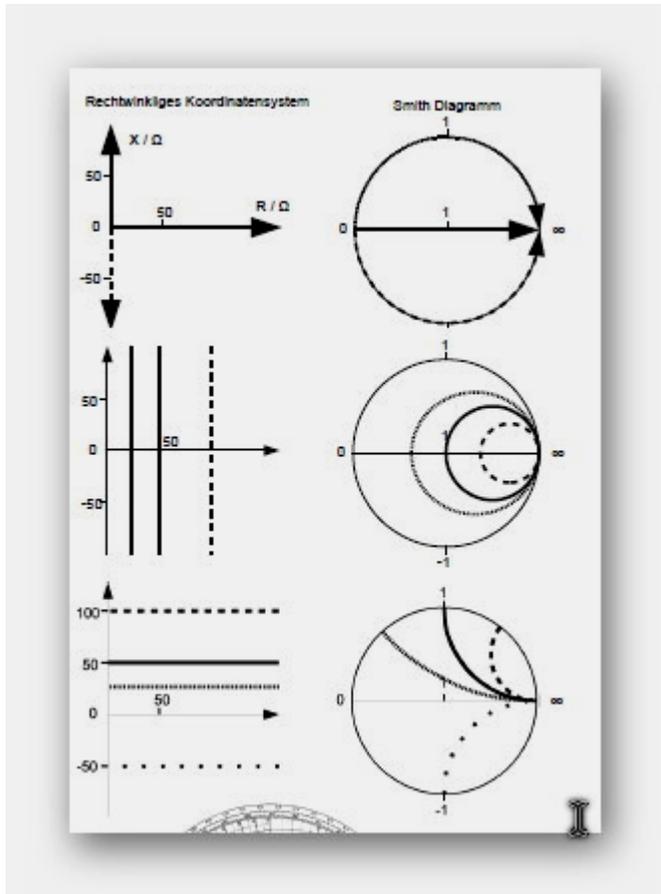
*This looks complex, but ignore the funny lines for now...*



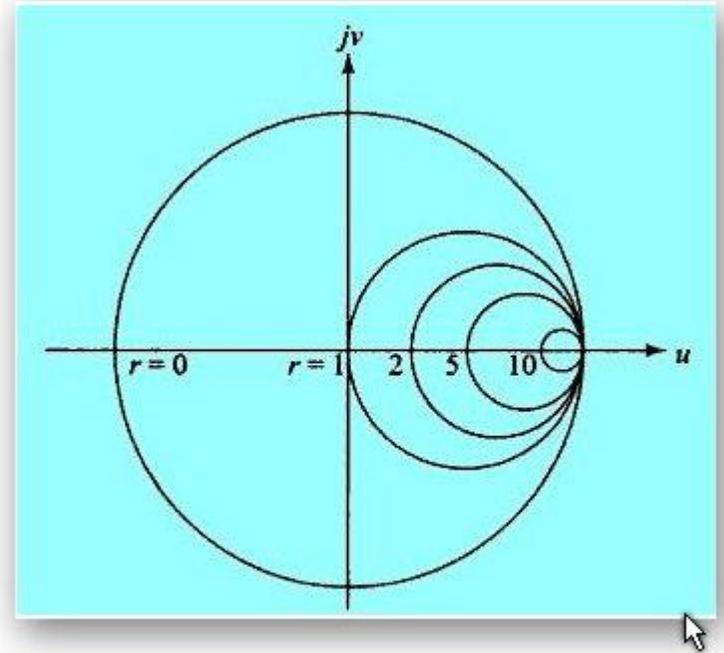
Das sieht komplex aus (ist es auch), aber es ist nur eine Polarkurve, bei der unser empfangenes Signal als Amplitude und Phase aufgetragen ist.

Der äußere Kreis stellt eine Situation dar, in der wir ein Signal mit der gleichen Amplitude wie das übertragene Signal empfangen haben (Rückflussdämpfung  $RL=0$ ).

Die Mitte des Diagramms zeigt, wo das empfangene Signal nahe Null ist ( $RL \infty$ ).

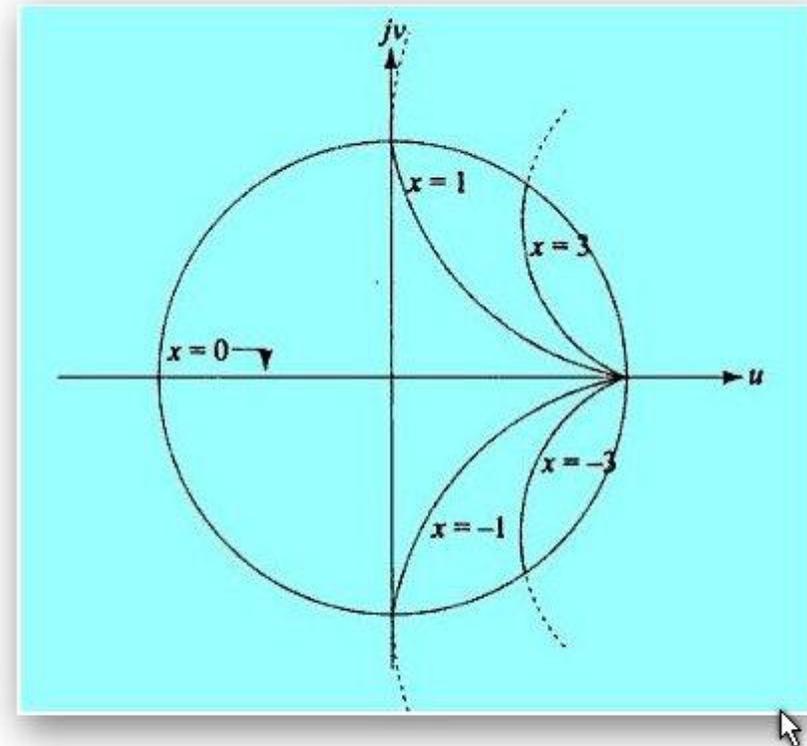


$$XL=j\omega L$$



<https://www.brighthubengineering.com/power-generation-distribution/97352-understanding-smith-charts/#what-is-the-smith-chart>

Beide gezeigten Diagramme sind nützlich. Das kartesische Diagramm macht sichtbar, wie sich ein Netzwerk bei verschiedenen Frequenzen verhält. Das Smith-Diagramm ist sehr nützlich für die Impedanzanpassung.

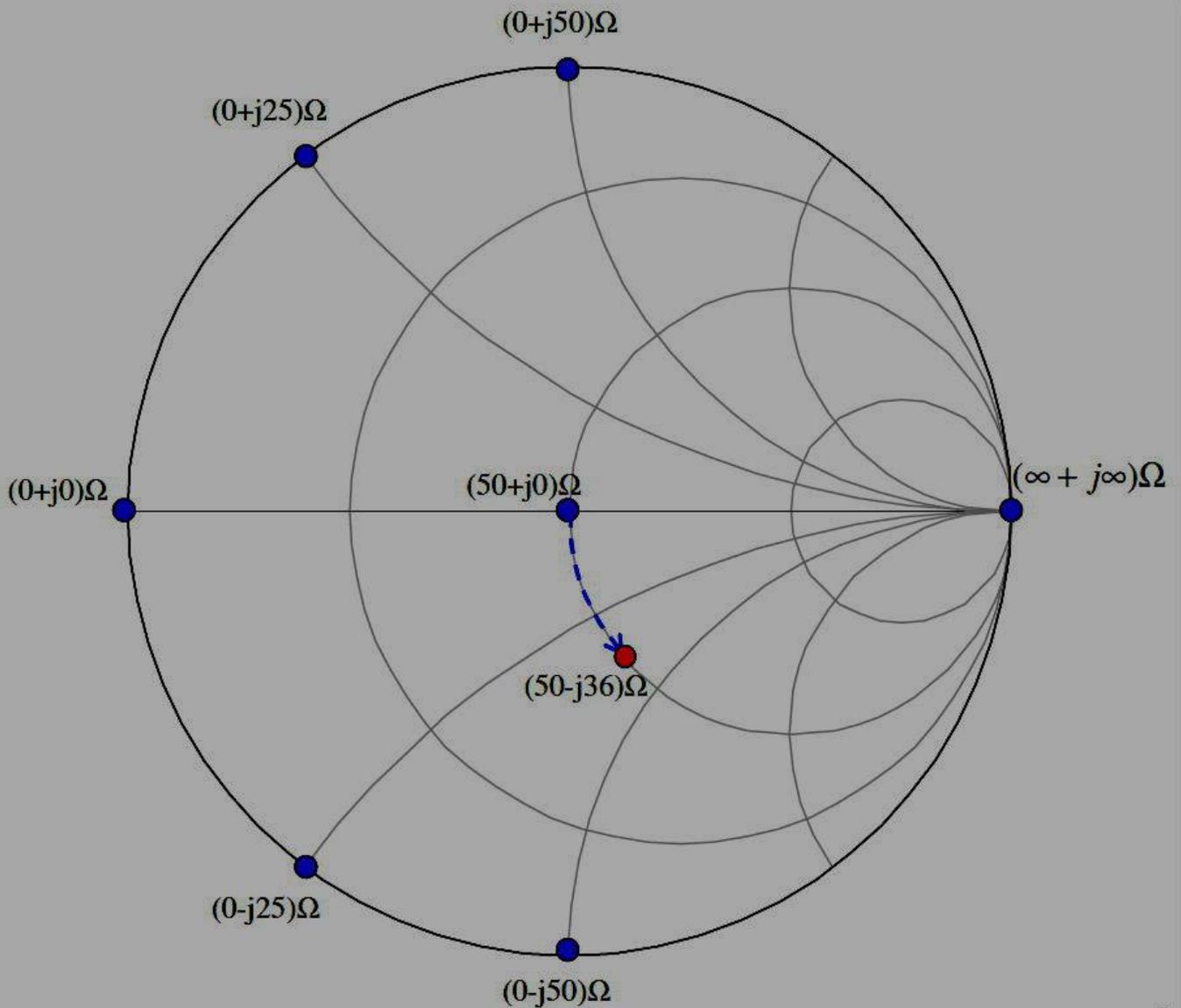


<https://www.brighthubengineering.com/power-generation-distribution/97352-understanding-smith-charts/#what-is-the-smith-chart>

**Merkhilfen zum  
Smith-Diagramm:  
(50 Ohm)**

**X-Achse: links Kurzschluss,  
rechts Leerlauf; Mitte 50 Ohm  
Oben  $X_L$ , unten  $X_C$ ,  
X-Achse = R  
Im Uhrzeigersinn für steigen-  
des  
 $\omega$**

**Nur C, nur L: Halbkreise  
C und L: Kreise**



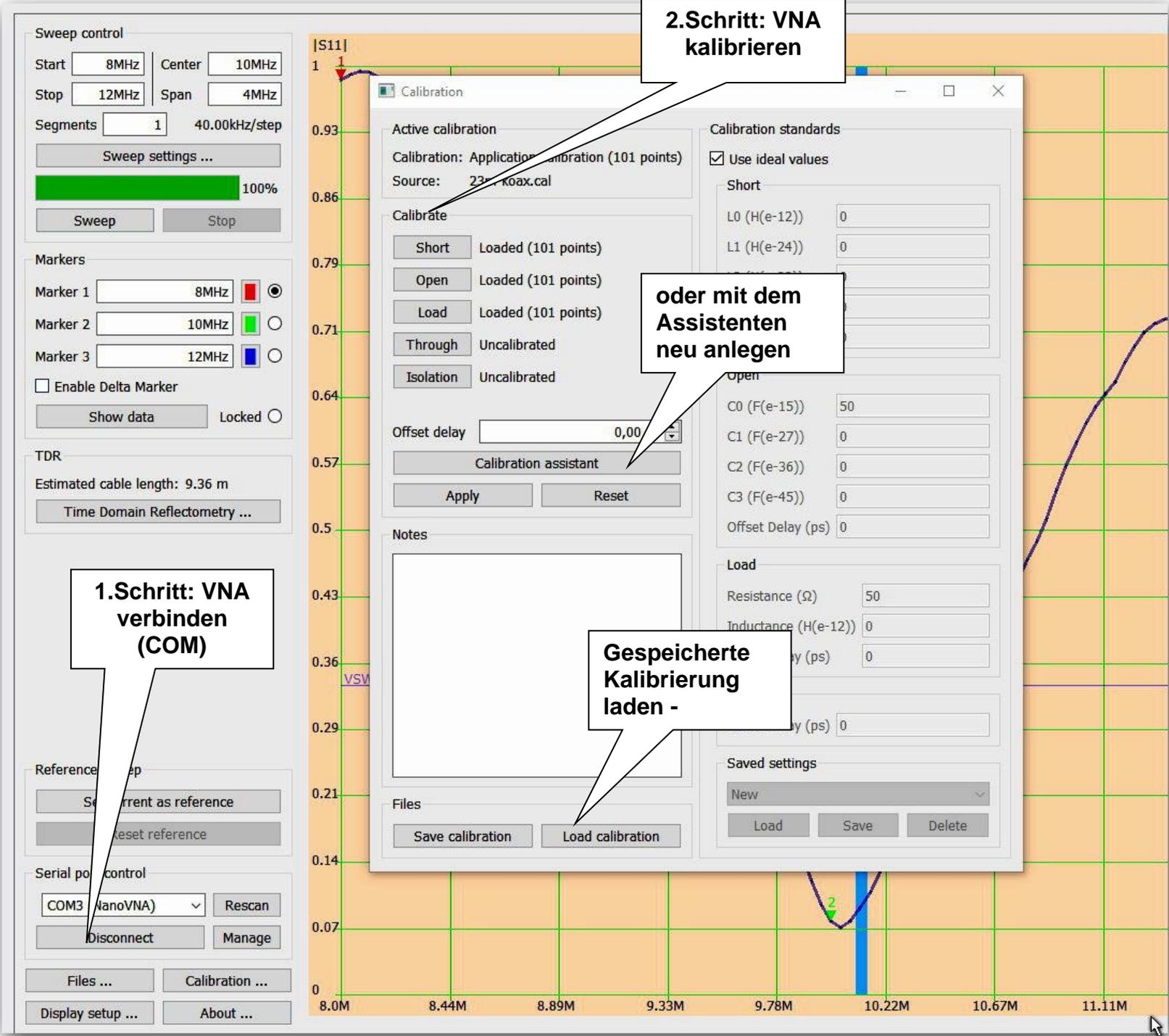
## Arbeiten mit dem NanoVNA-Saver

Software Download: [https://nanovna.com/?page\\_id=90](https://nanovna.com/?page_id=90)

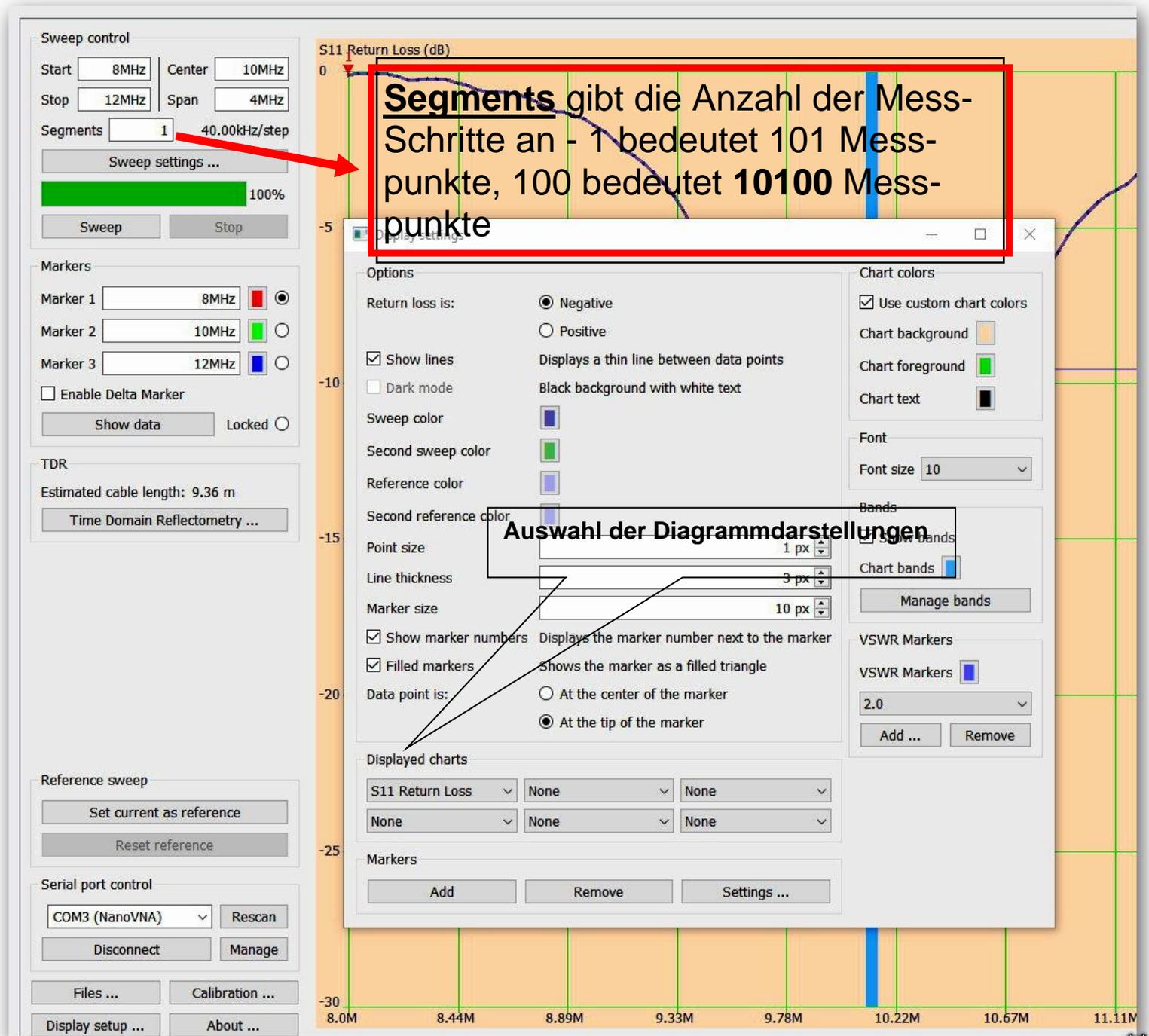
Der [NanoVNASaver](#), ist eine Software um die Daten des NanoVNA auswerten zu können.

### Aktuelle Funktionen:

- Aufteilen eines Frequenzbereichs in mehrere Segmente zur Erhöhung der Auflösung (bis zu 10.000 Punkten)
- Mittelung von Daten für bessere Ergebnisse, insbesondere bei höheren Frequenzen
- Anzeigen von Daten in mehreren Diagrammtypen wie Smith-, LogMag-, Phase- und VSWR-Diagrammen für S11 und S21
- Anzeigen von Markierungen und Impedanz, VSWR, Q, äquivalenter Kapazität / Induktivität usw. an diesen Stellen
- Anzeigen anpassbarer Frequenzbänder als Referenz, z. B. Amateurfunkbänder
- Exportieren und Importieren von 1-Port- und 2-Port-Touchstone-Dateien
- TDR-Funktion (Messung der Kabellänge)
- Anzeige sowohl einer aktiven als auch einer Referenzspur
- Live-Aktualisierungen von Daten aus der NanoVNA, auch für Mehrsegment-Sweeps
- In-Application-Kalibrierung, einschließlich Kompensation nicht idealer Kalibrierungsstandards
- Anpassbare Anzeigoptionen, einschließlich "Dunkelmodus"
- Exportieren von Bildern mit gezeichneten Werten



# Auswahl der Diagrammdarstellungen

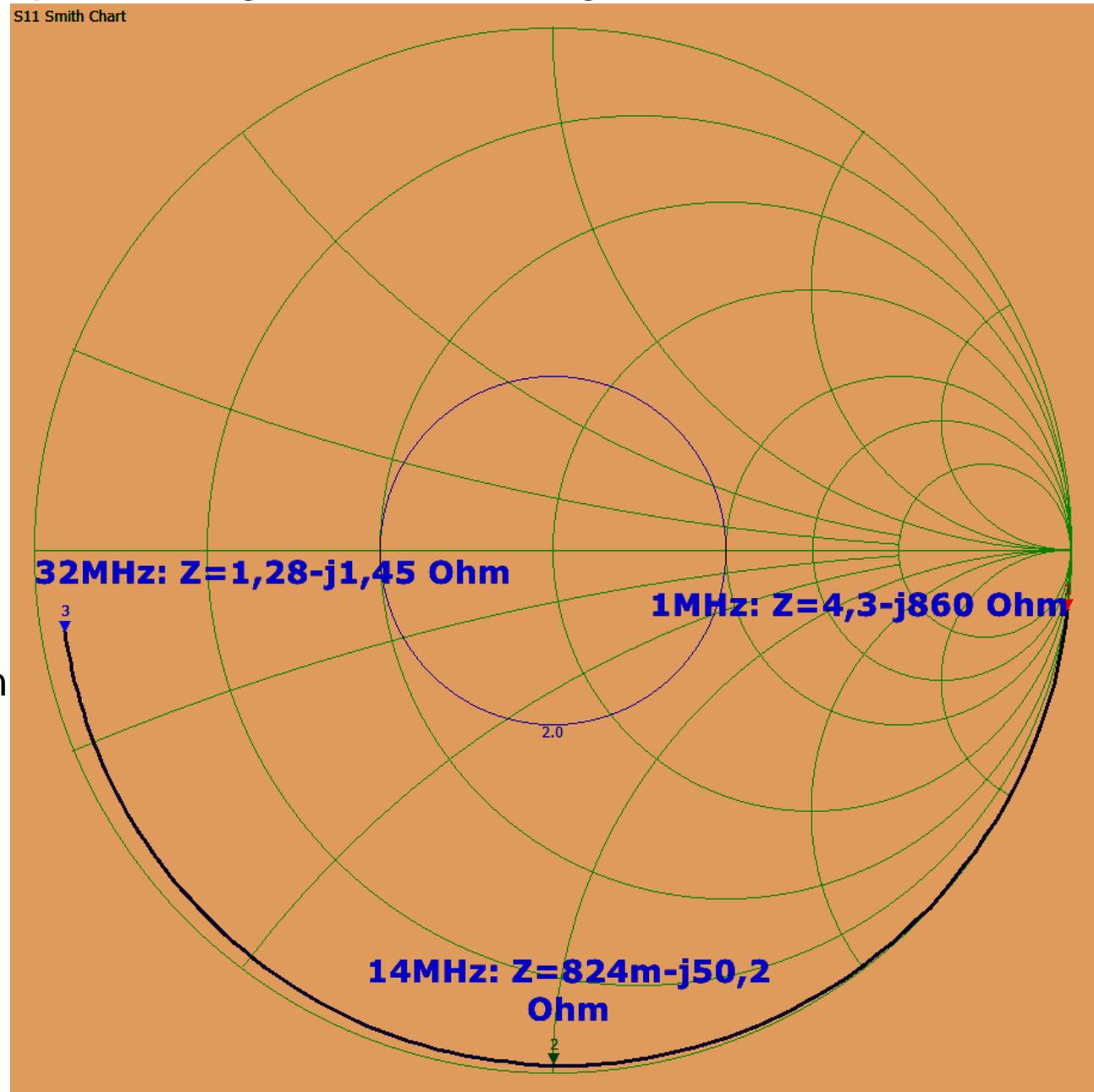


**Segments** gibt die Anzahl der Mess-Schritte an - 1 bedeutet 101 Messpunkte, 100 bedeutet **10100** Messpunkte

Auswahl der Diagrammdarstellungen

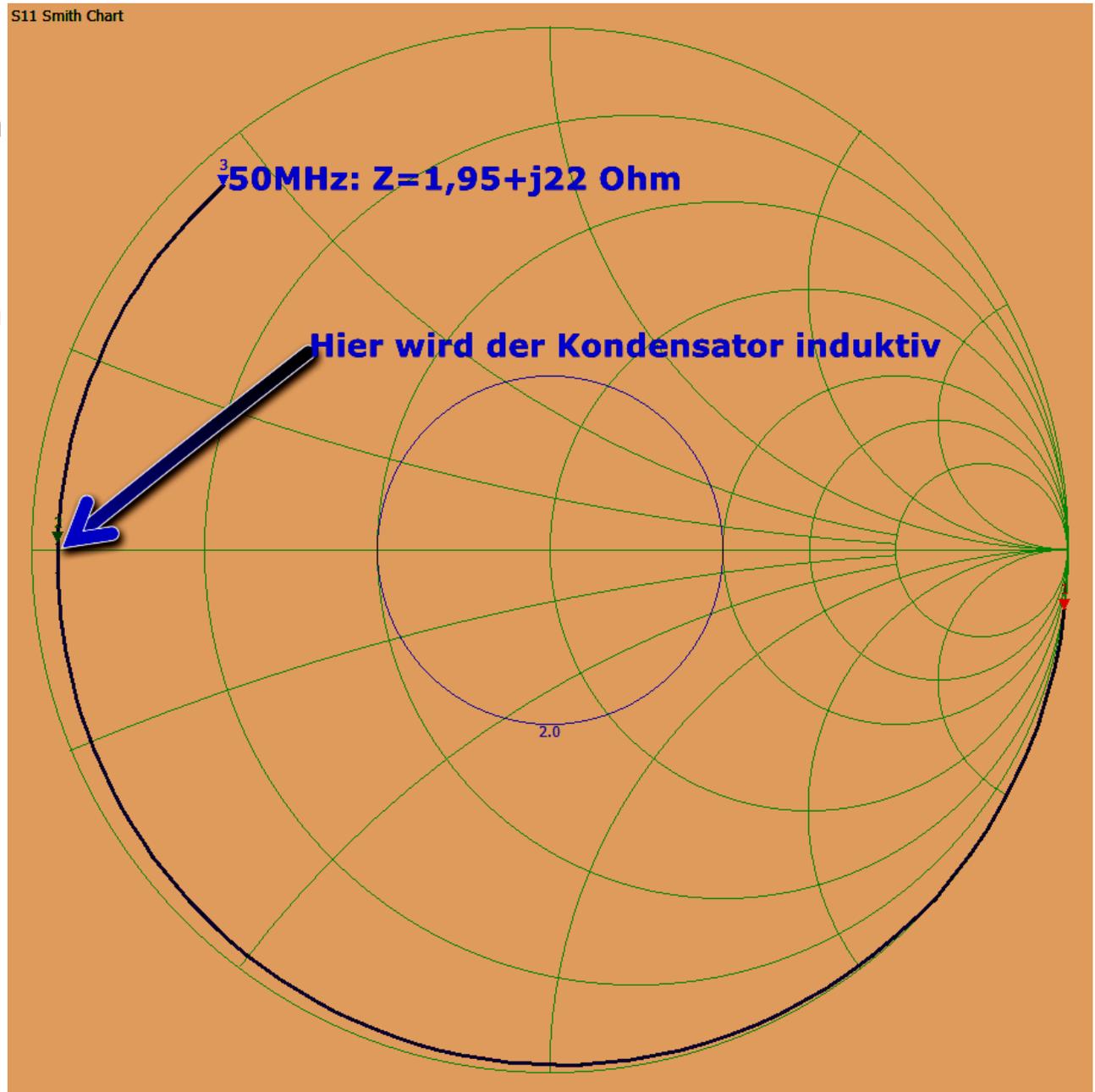
## Einige Beispielmessungen und Darstellungsweisen:

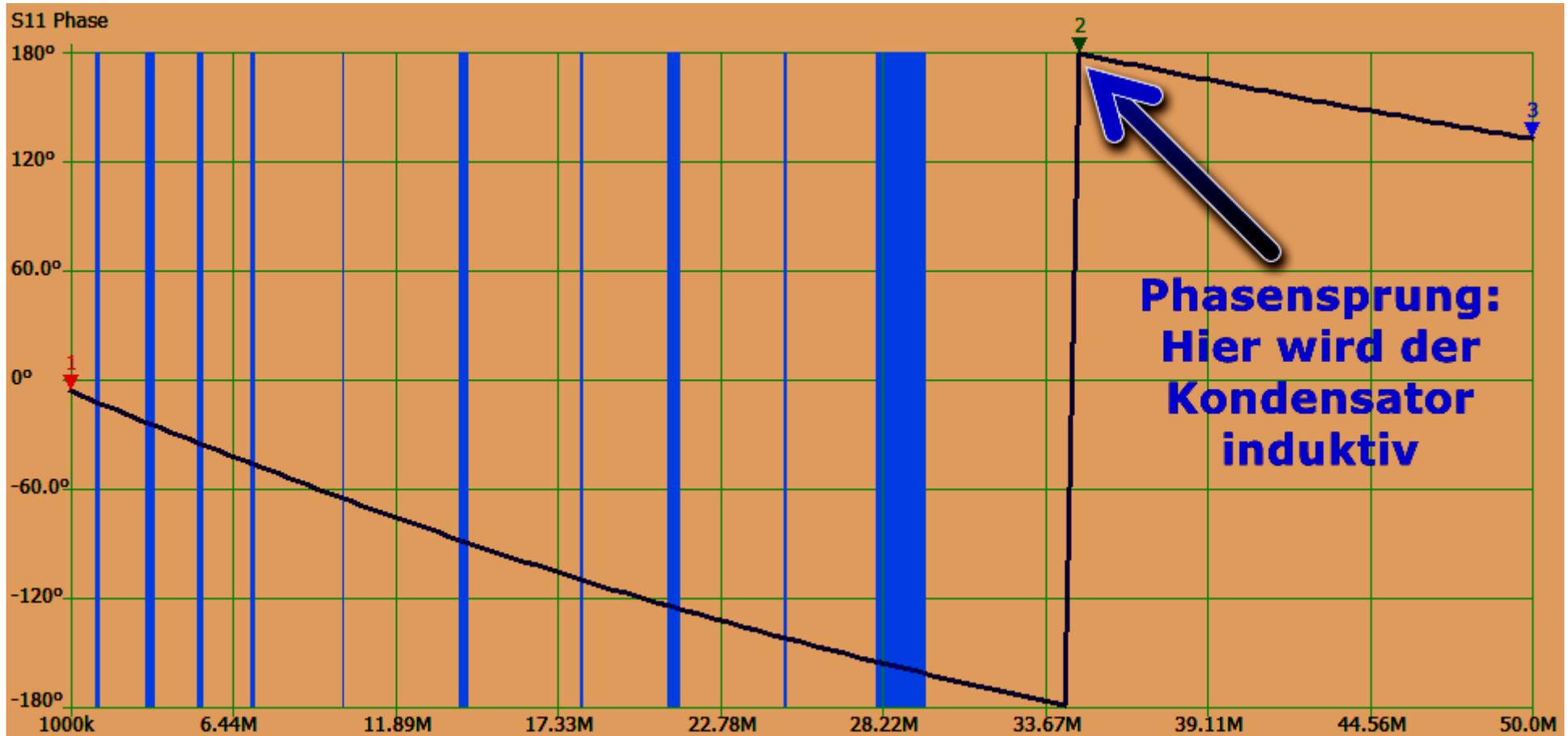
Verfahren: Ein Kondensator 150 pF, Länge der Anschlussdrähte ca. 3 cm auf einer Experimentierplatine wurde in Abschnitten von 1MHz-32MHz, 1MHz-50MHz und 1MHz-120 Mhz mit dem NanoVNA gemessen und die Messergebnisse bzw. Diagrammdarstellungen gespeichert. Als nächstes wurde ein ca. 50 Ohm Widerstand in Reihe mit dem Kondensator geschaltet und wie anfangs verfahren.



Ab dieser Frequenz werden in dem Bauteil Kondensator die induktiven Anteile relevant.

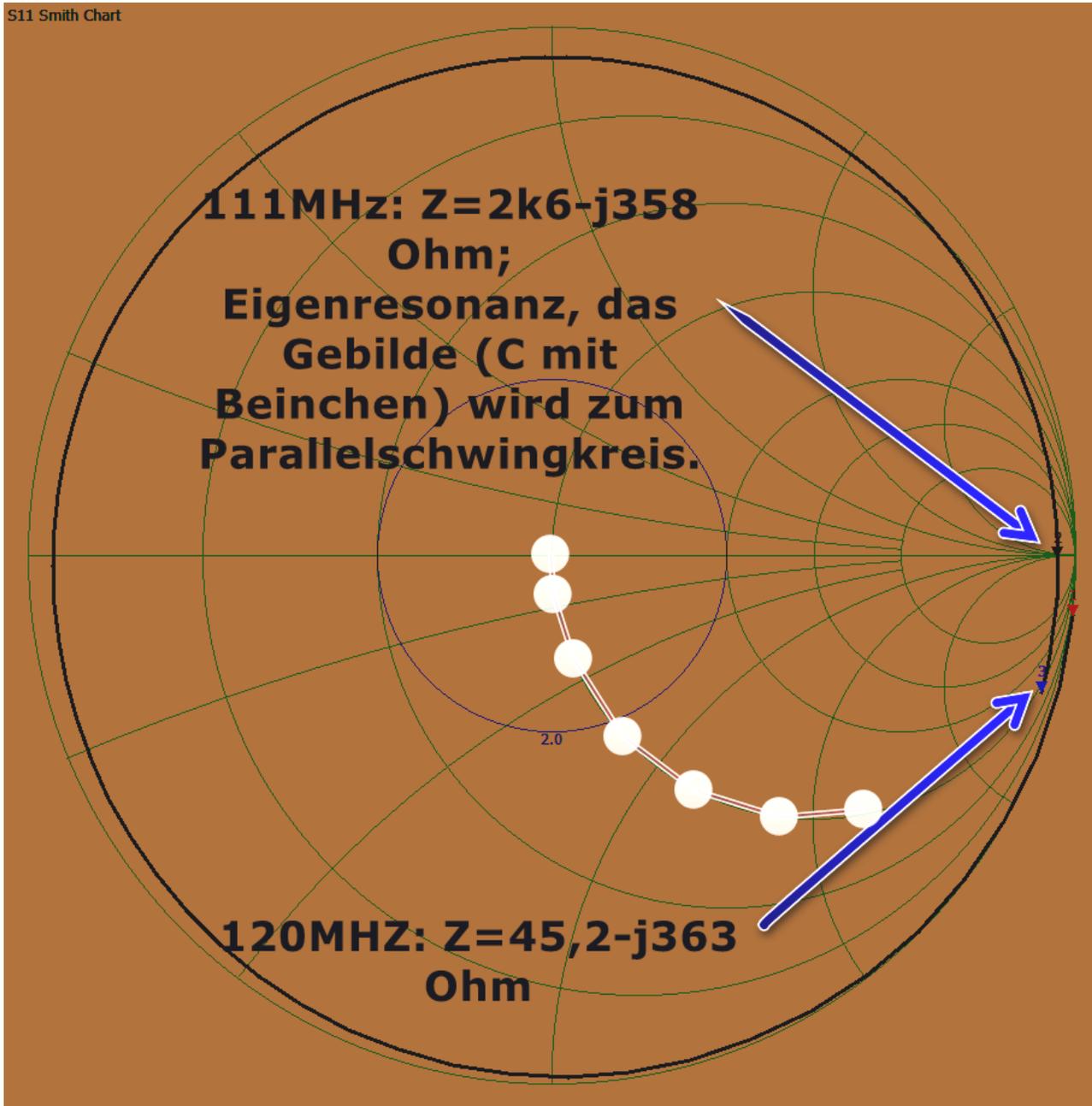
Die langen Anschlüsse wirken sich induktiv aus, auch der Einfluss der Steckplatine darf nicht außer Acht gelassen werden.

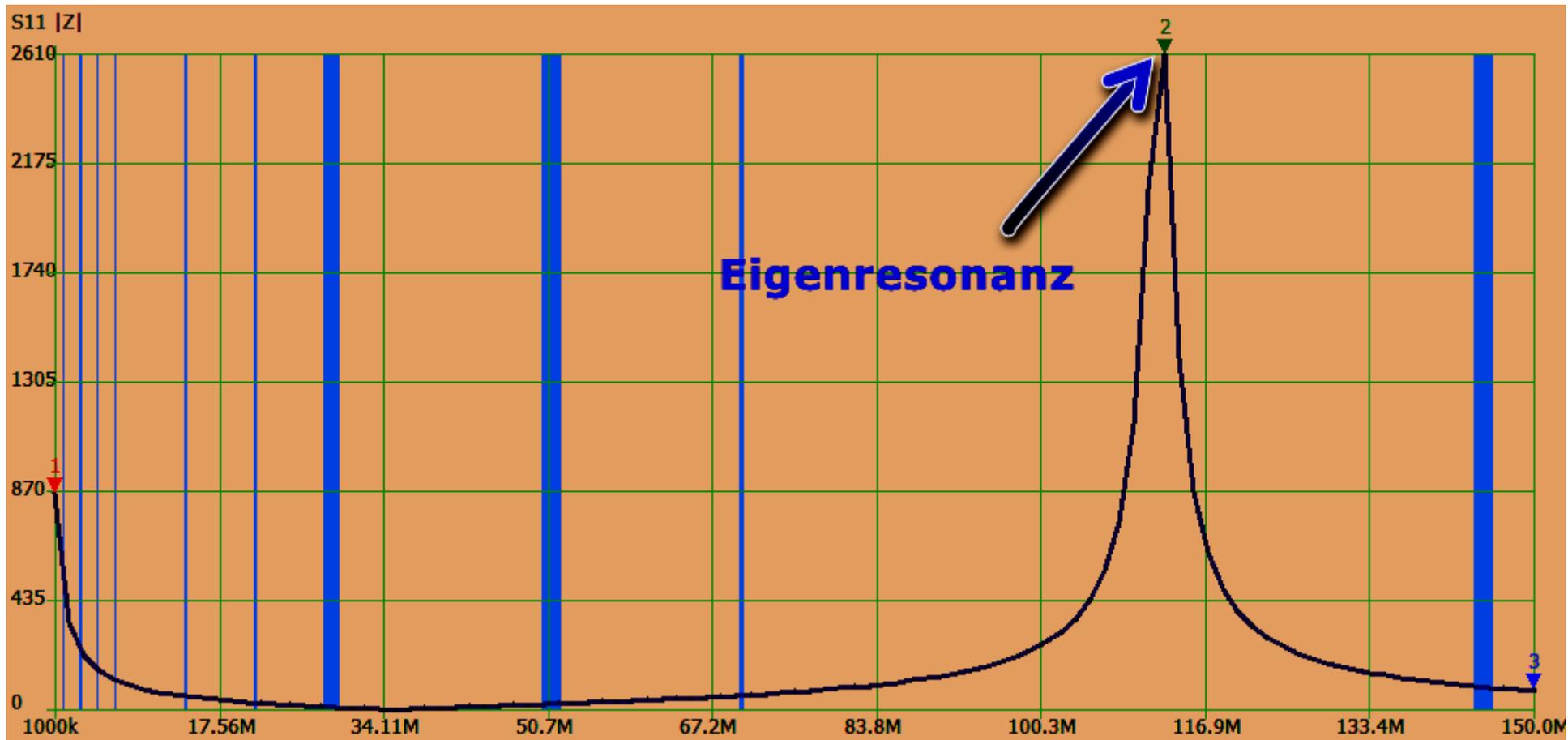


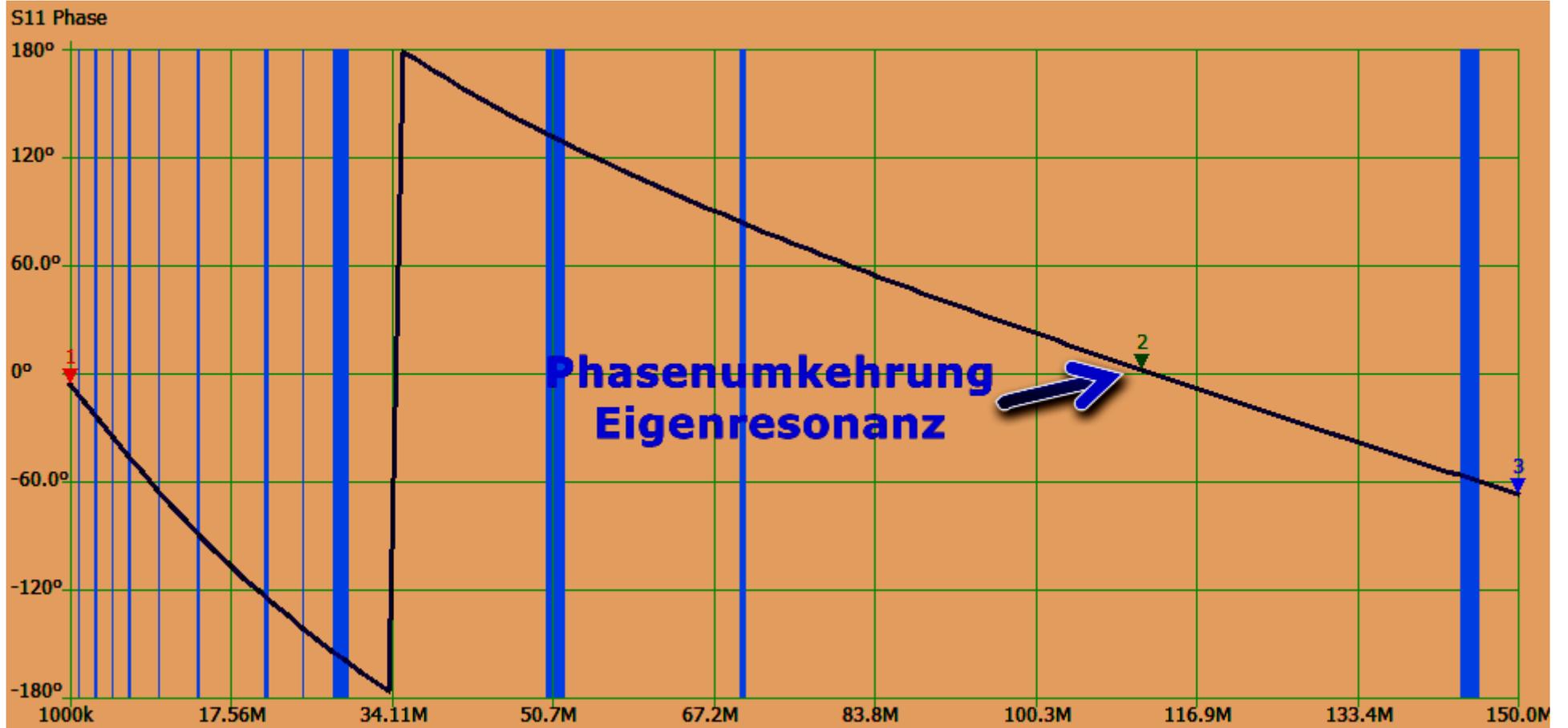


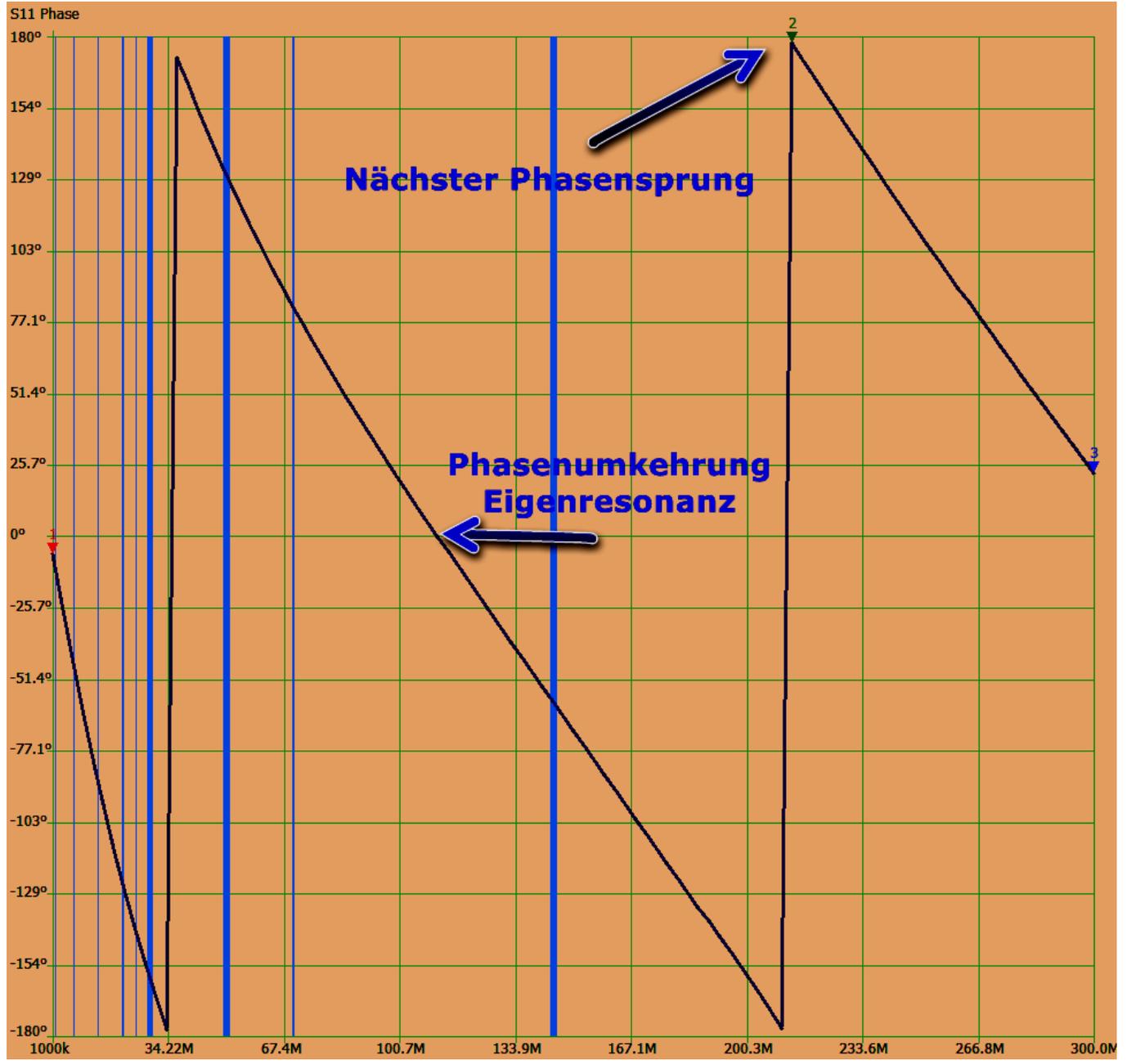
**111MHz:  $Z=2k6-j358$   
Ohm;  
Eigenresonanz, das  
Gebilde (C mit  
Beinchen) wird zum  
Parallelschwingkreis.**

**120MHz:  $Z=45,2-j363$   
Ohm**



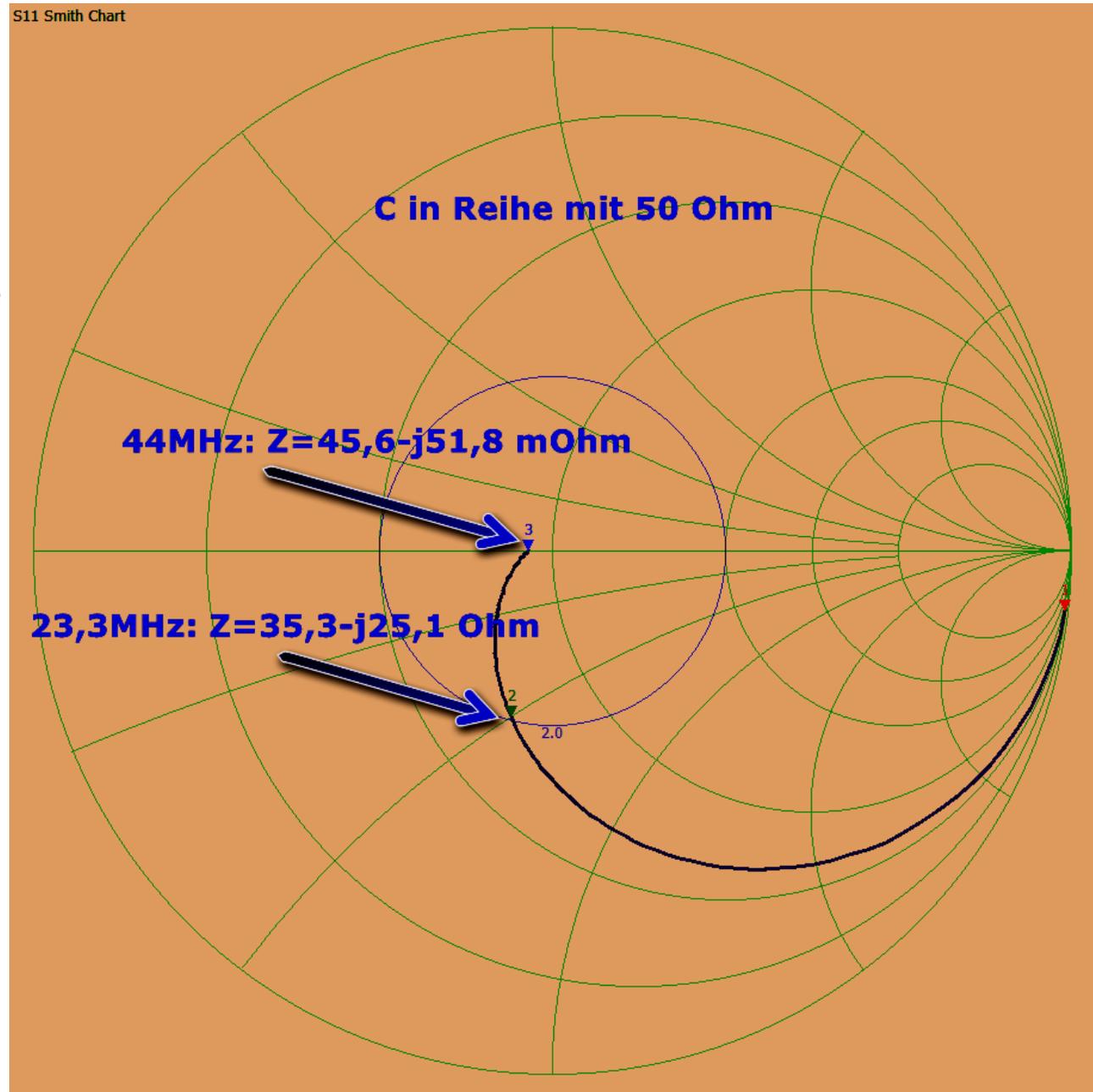


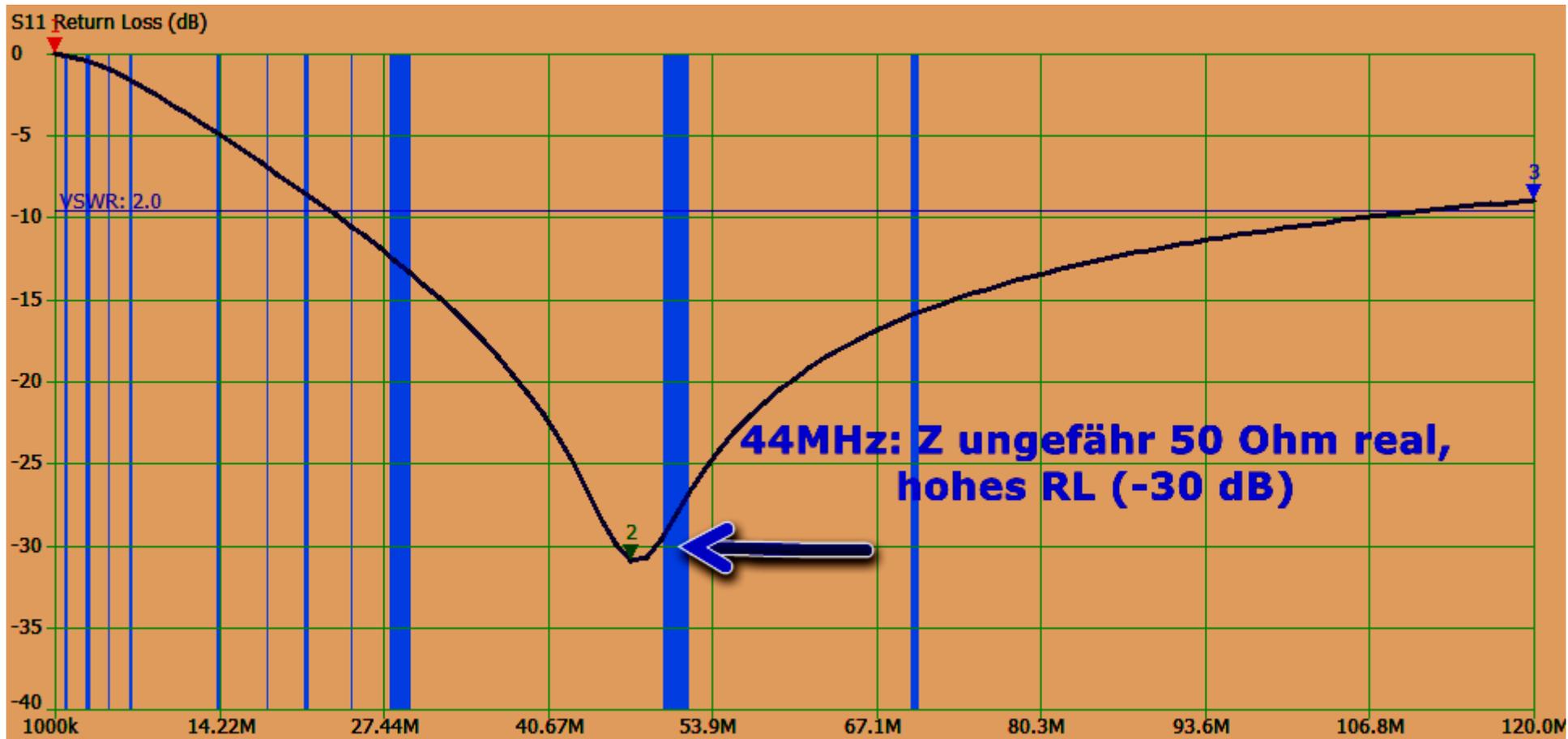




Kondensator 150 pF mit  
47 Ohm in Reihe

Bei ca. 44 Mhz wird  $X_C$  Null  
und es ist nur noch der reelle  
ohmsche Widerstand wirk-  
sam.

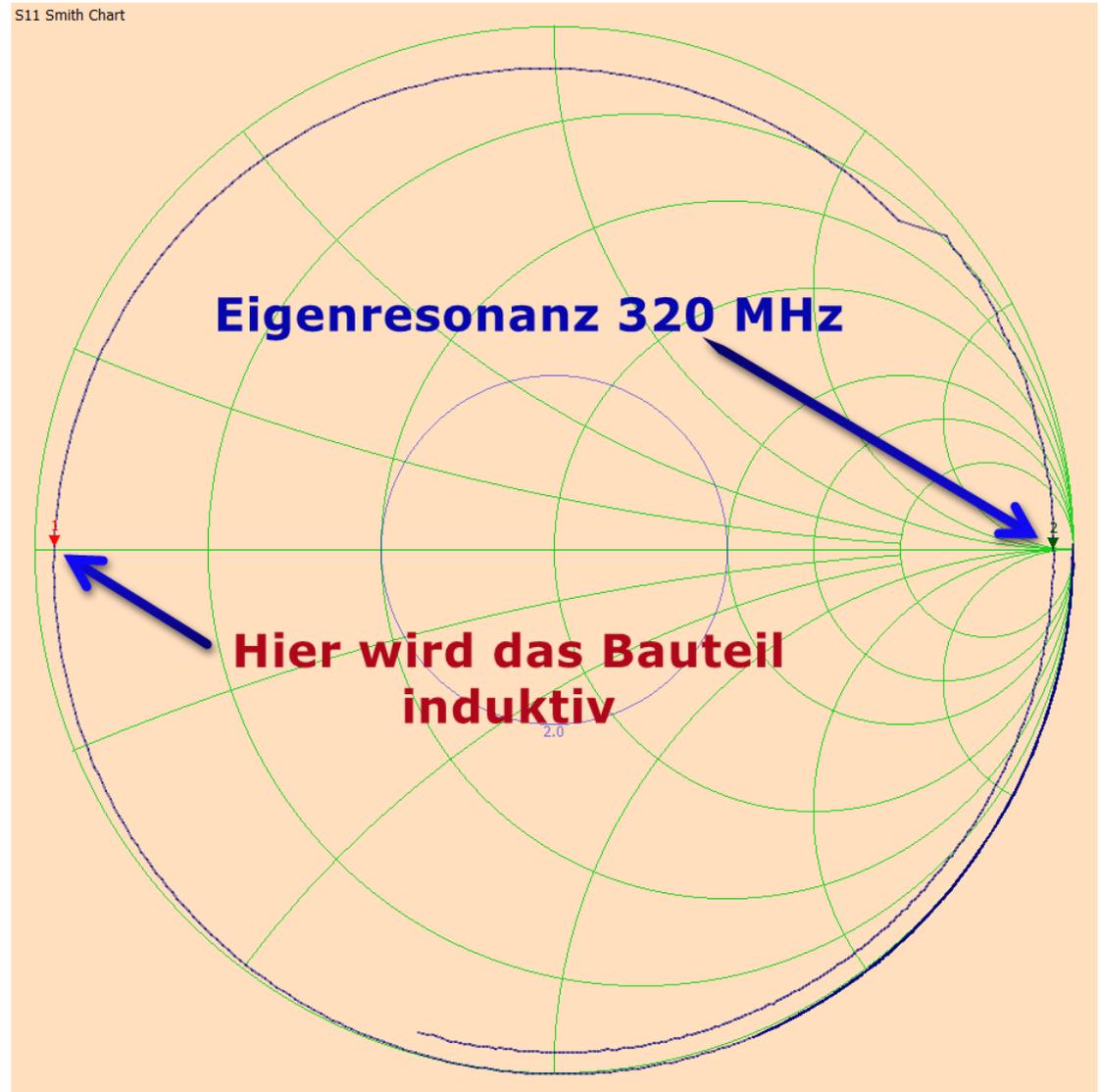


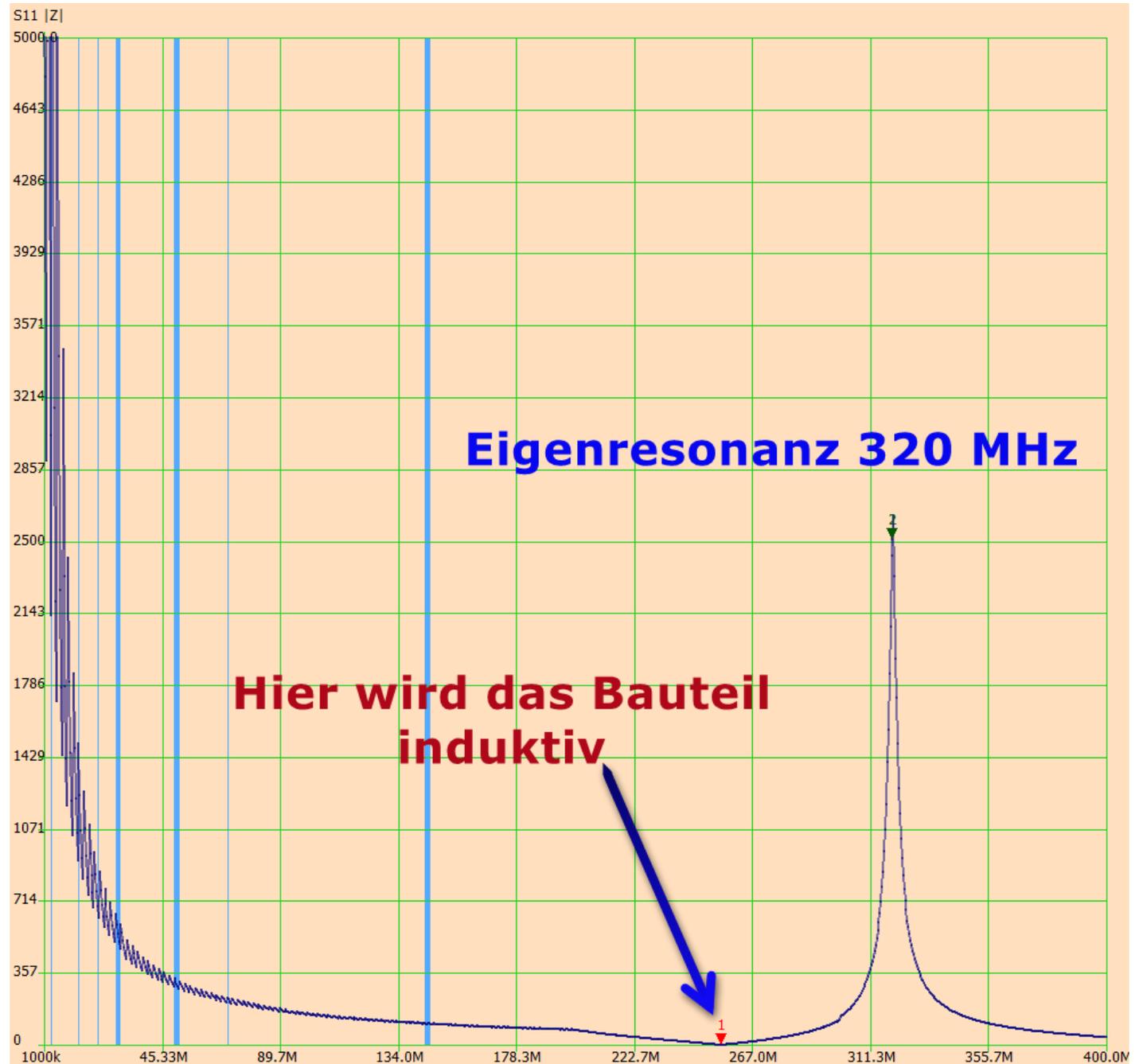


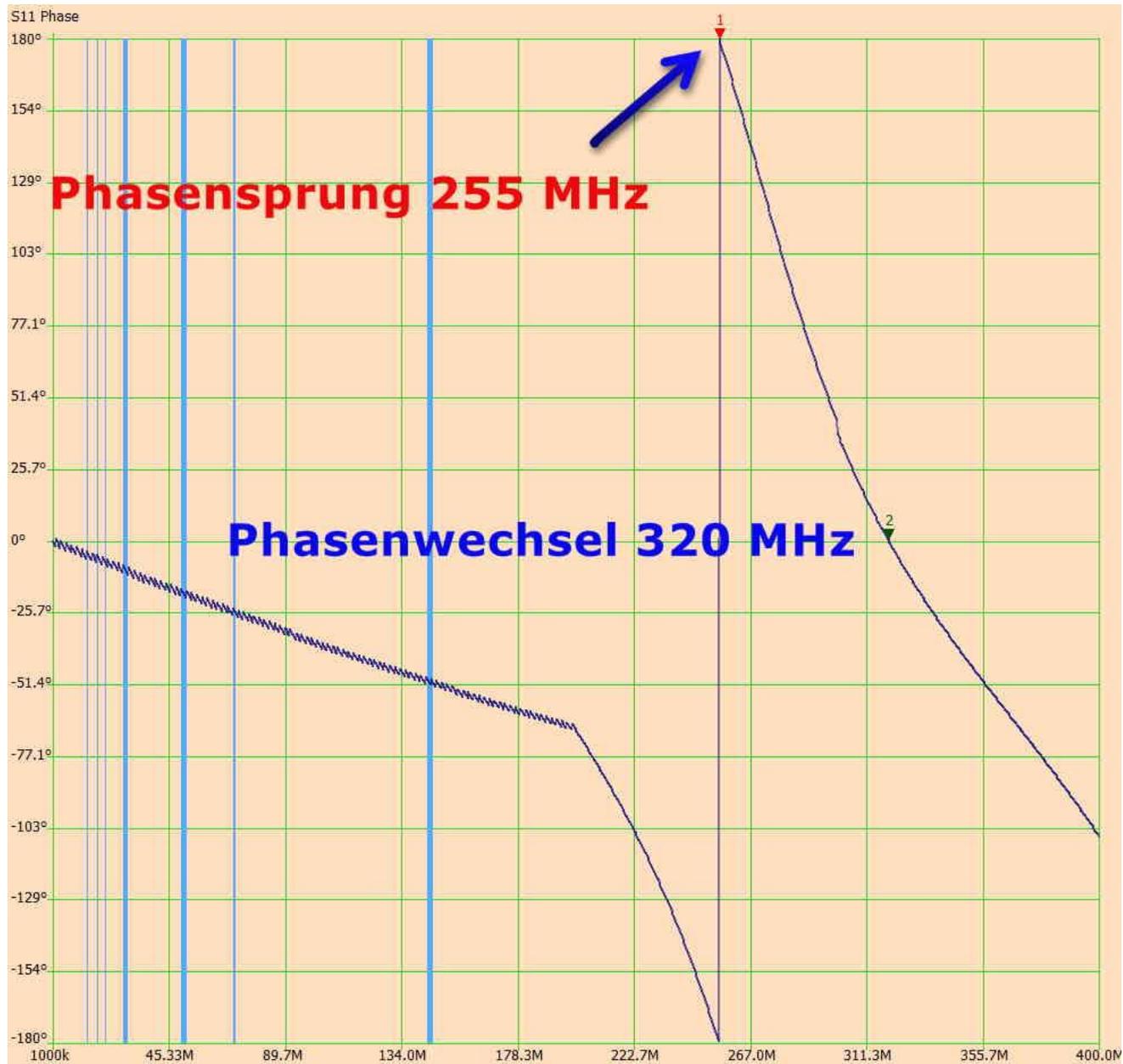
Ergänzung zum Vortrag: Es mag verwunderlich erscheinen, dass ein Keramik-Kondensator schon bei 110 MHz in Eigenresonanz gerät. Das macht er natürlich nur, wenn man ihn mit langen Beinchen auf einem Steckbrettchen platziert und dann Messungen vornimmt.

Man muss selbstverständlich die Versuchsanordnung mit in die Kalibrierung übernehmen, sonst entstehen merkwürdige Messergebnisse. Sie waren aber hier für die Verdeutlichung der Vorgänge bewusst so gewählt.

Wenn man nun die Zuleitung und das Experimentier-Steckbrett mit in die Kalibrierung übernimmt, sehen die Ergebnisse z.B. so aus:

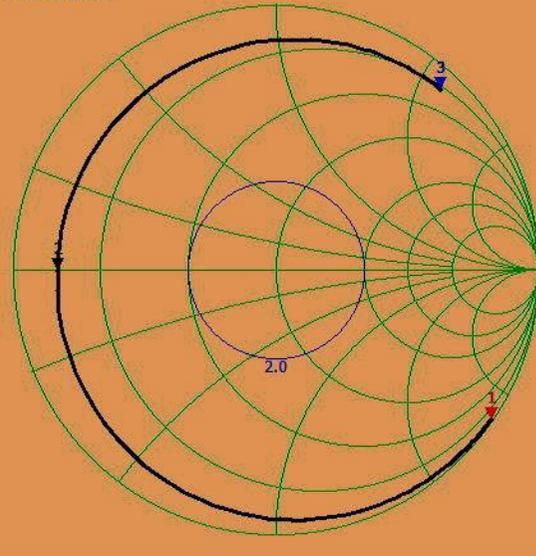




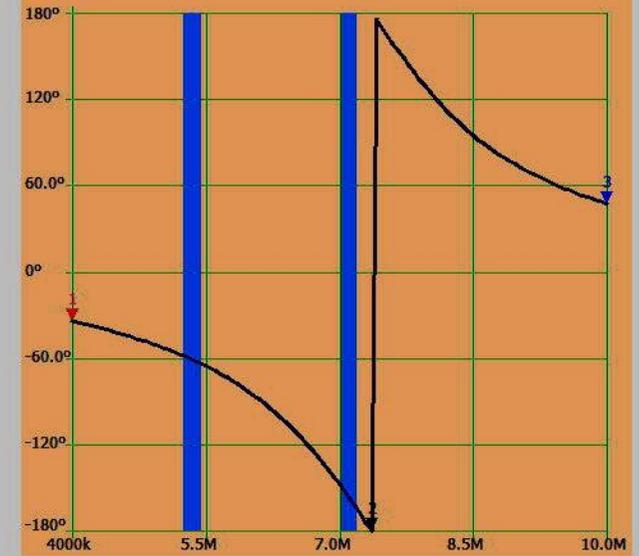


Beispiel für verschiedene Diagramm eines Serien- und Parallelschwingkreises (L ca.3 uH; C=150 pF)

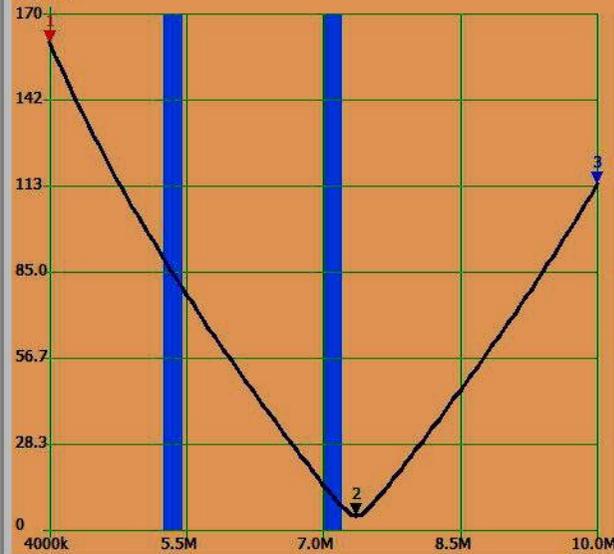
S11 Smith Chart



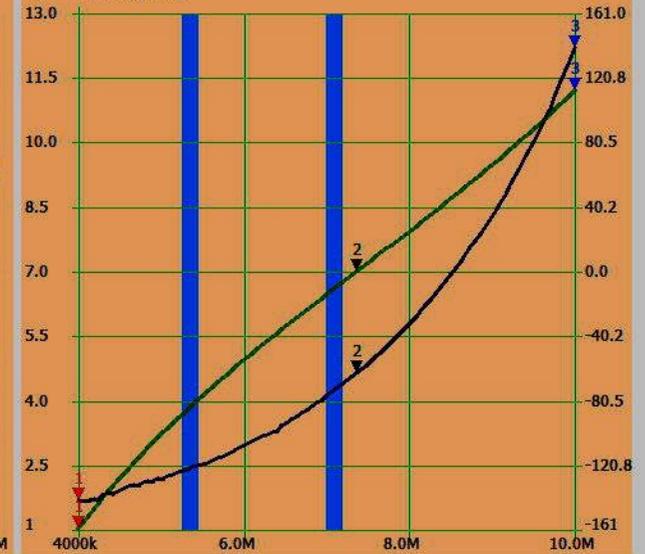
S11 Phase



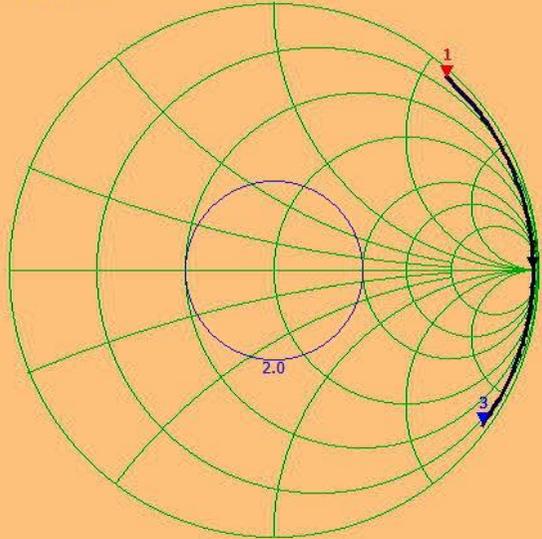
S11 |Z|



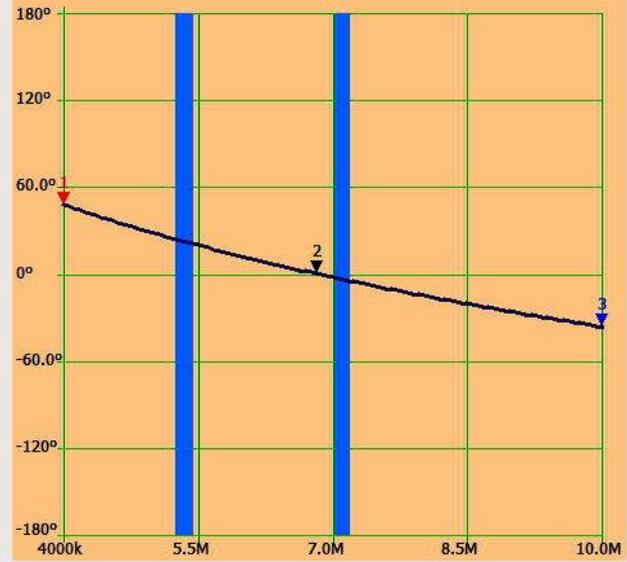
R- S11 R+jX (Ω)



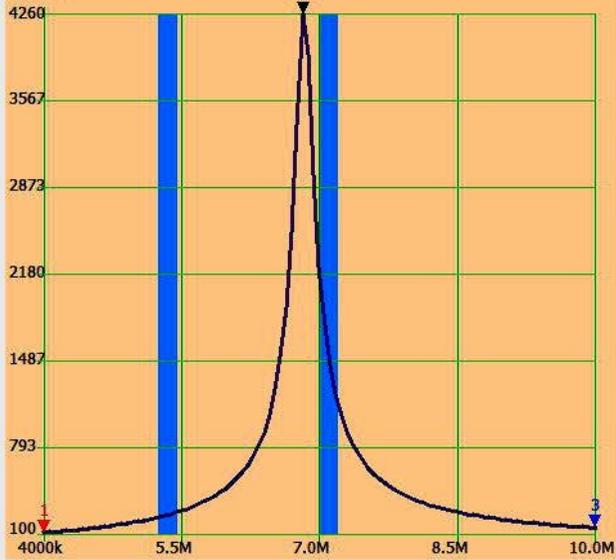
S11 Smith Chart



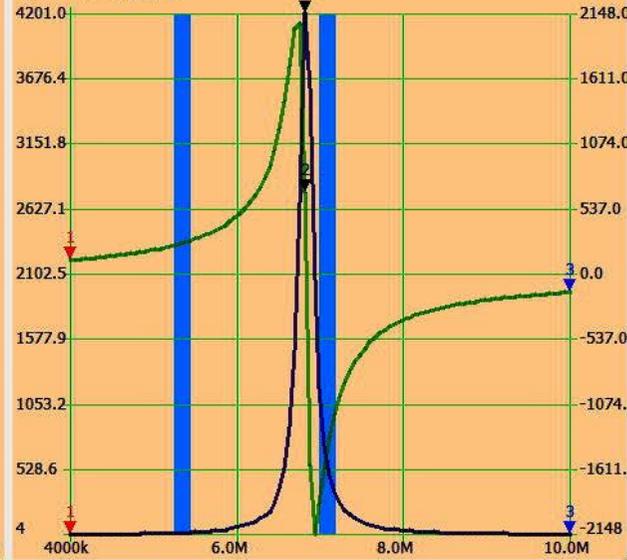
S11 Phase



S11 |Z|



R= S11 R+X (Ω)



## **Div. Links NanoVNASaver / NanoVNA**

<https://github.com/NanoVNA-Saver/nanovna-saver>

<https://hexandflex.com/2019/08/31/getting-started-with-the-nanovna-part-1/>

<https://hexandflex.com/2019/09/08/getting-started-with-the-nanovna-part-2/>

<https://hexandflex.com/2019/09/15/getting-started-with-the-nanovna-part-3-pc-software/>

<https://www.youtube.com/watch?v=mKi6s3WvBAM>

**Wer sich genauer mit dem Smith-Diagramm befassen möchte → Links:**

<https://moodle.ruhr-uni-bochum.de/m/mod/wiki/viewversion.php?pageid=994&versionid=7134&lang=ru>

<https://www.youtube.com/watch?v=KqncM3-86Rk>

<https://www.itwissen.info/Smith-Diagramm-Smith-chart.html>