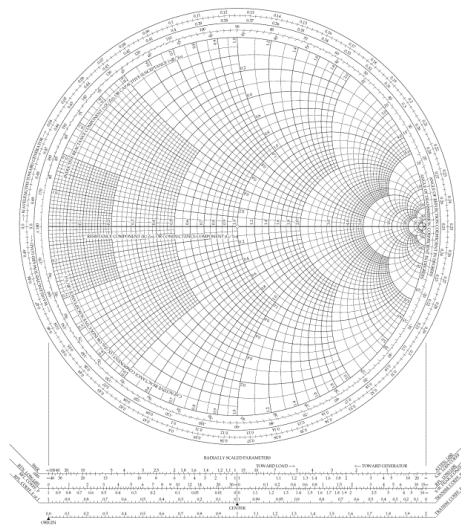


Smith-Diagramm

Ohne tiefer auf die Theorie einzugehen,
werden am Beispiel einer Software
einfache Anpassungsschaltungen gelöst

The Complete Smith Chart



Referent
Gerald Schuler - DL3KGS

Vortrag: Datum: 27.9.2012

Ort: OV G25

Dauer Teil 1: Vorstellen der Software ca. 90 Min

Dauer Teil 2: Praktische Messungen ca. 90 Min+

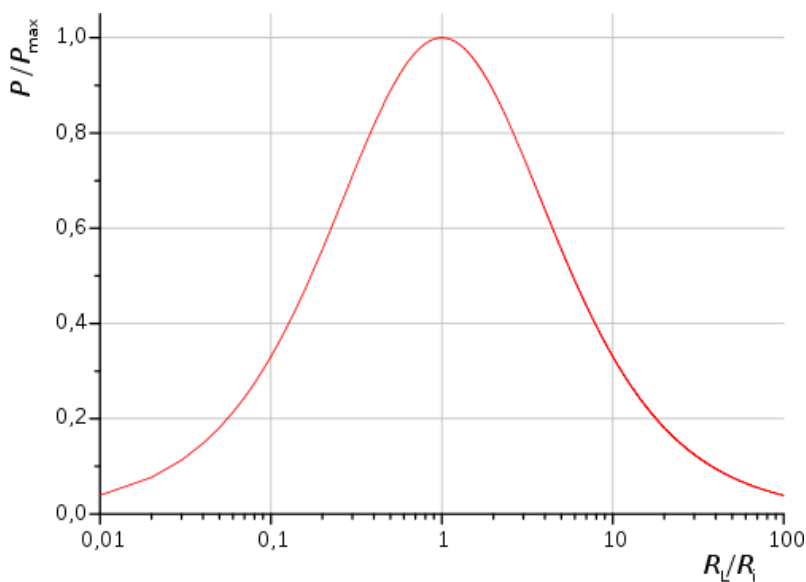
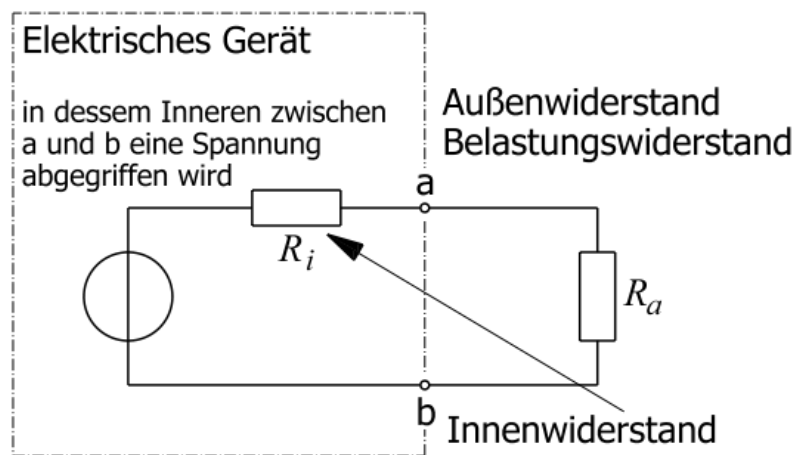
Inhaltsverzeichnis

- 1. Zweck des Smith-Diagramms**
- 2. Papierversion Smith-Diagramm (Beispiel)**
- 3. Regionen im Smith-Diagramm für den Einsatz der verschiedenen Anpassungsschaltungen**
- 4. Mögliche Anpassungsschaltungen**
- 5. Erläuterung der 8 Transformationsschaltungen (a-h)**
- 6. Kurze Erläuterung der Software „SimSmith“**
- 7. Rechenbeispiele mit der Software „SimSmith“**
- 8. Simulation und Messungen mit dem Netzwerk-Analysator**
- 9. Literaturhinweise und Video-Tutorium**
- 10. Format für Import von Antennendaten**

1. Zweck des Smith-Diagramms

1. Dient der Anpassung eines Generators/Sender (meist 50 Ohm) an einen Lastwiderstand/Antenne. Diese Last stellt häufig eine Impedanz, abweichend von 50 Ohm dar. In diesem Falle ist es nicht möglich die gesamte Leistung zur Antenne zu bringen. Deshalb ist eine Anpassungsschaltung erforderlich.

Leistungsanpassung

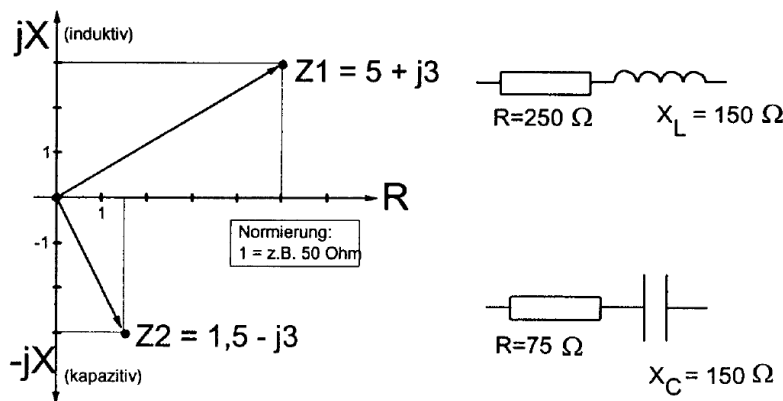


Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Leistungsanpassung>

Der Generatorwiderstand (meist 50 Ohm, kann aber auch jeder andere beliebige Wert sein!) liegt in der Mitte der Ebene des Smith-Diagrammes (Wert =1). D.h. die 50 Ohm werden auf 1 normiert. Alle anderen Werte werden entsprechend angepasst.

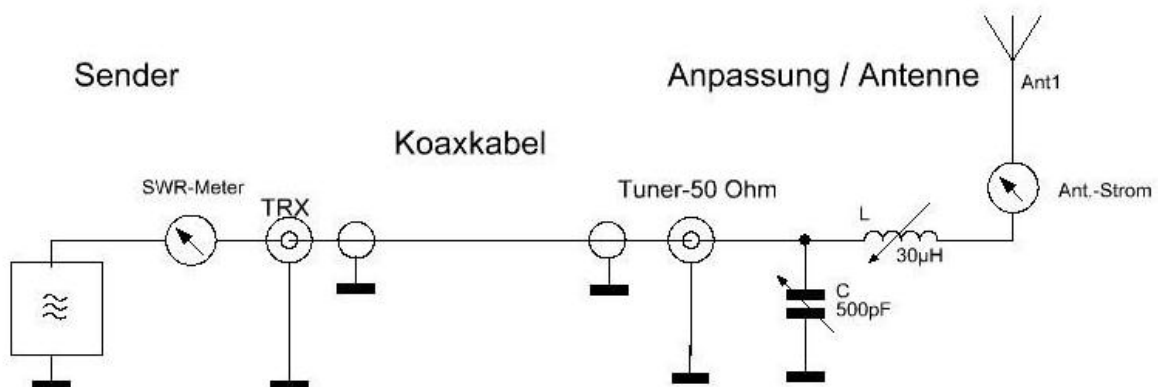
Der Lastwiderstand besteht meistens nicht nur aus einem ohmischen Anteil (R), sondern auch aus einem komplexen Anteil (X). Dieser komplexe Anteil (auch Blindanteil genannt) kann kapazitiv (negatives X) oder induktiv (positives X) sein.

Antennenimpedanzen Z mit Realteil R und Blindanteil X



R = reeller Widerstand
jX = Induktiver Widerstand
-jX = kapazitiver Widerstand

Komponenten einer Sendeanlage



2. Negatives X erhält man bei Antennen kürzer als $\lambda/4$ (oder bei 3, 5,...N), positives X wenn die Antenne länger als $\lambda/4$ ist.
3. Die jeweilige X-Komponente muss kompensiert werden. Dies erreicht man durch eine konjugiert komplexe Komponente. Vereinfacht ausgedrückt: Ein +X (Induktiv) wird durch eine im Betrag gleich großes -X (Kapazität) ausgeglichen und somit auf NULL gesetzt. Das gilt auch umgekehrt -X wird durch +X kompensiert.
4. Dies ist erforderlich um die Wirkleistung vom Generator zur Antenne zu bringen. Jedoch ist noch eine Anpassung vom Antennenwiderstand auf den Generatorwiderstand erforderlich um max. Leistung zu übertragen. Dies ist nur möglich wenn der Generatorinnenwiderstand (R_i) gleich dem Außenwiderstand (R_a) ist, also ohne jeglichen Blindanteil (X).
5. All diese erforderlichen Kompensationen und Anpassungen können mit Hilfe des Smith-Diagramms dimensioniert werden, ohne große mathematische Kenntnisse!
6. Ergebnisse aus verschiedenen Antennensimulationsprogrammen (z.B. NEC, MMANA) können als Eingangsgrößen direkt oder indirekt mit der Software bearbeitet werden.
7. Mit den heute günstig erhältlichen vektoriellen Antennenanalytoren (Messung von Betrag und Phase oder Darstellung des Wirk- und Blindwiderstandes (R-X)) können diese Parameter von existierenden Antennen bestimmt werden.

Zum Beispiel mit dem NWT FA-VA3 (Funkamateurl), VNA oder auch bedingt mit dem MFJ-259B sind solche Messungen möglich.

Näheres hierzu ist im Anhang zu finden, wie das Umwandeln der Dateien.

Bekannte Antennen (ohne Anpassung!) und ihre Widerstände R, X, Z und |Z|

	Kurze Antenne	GP	5/8tel	6/8tel	Dipol	Quad	Faltdipol	½ Lambda
R [ohm]	10	30	50	70	75	120	240	3000
X [ohm]	etwa-2000	0	-150	0	0	0	0	0
Z [ohm]	10-j2000	30+-j0	50-j150	70+-j0	75+-j0	120+-j0	240+-j0	3000+-j0
Z [ohm]	2000,025	30	158,1	70	75	120	240	3000

Jedoch stellt sich die Aufgabe, wie bekomme ich diese Impedanz auf die üblichen 50 Ohm des Senders.

Mit diesen so gewonnen Antennenparametern können nun, ohne große theoretischen Kenntnisse eine Anpassungsschaltungen mittels der Software „SimSmith2 erarbeitet werden!

Dies ist das Ziel dieses Vortrages

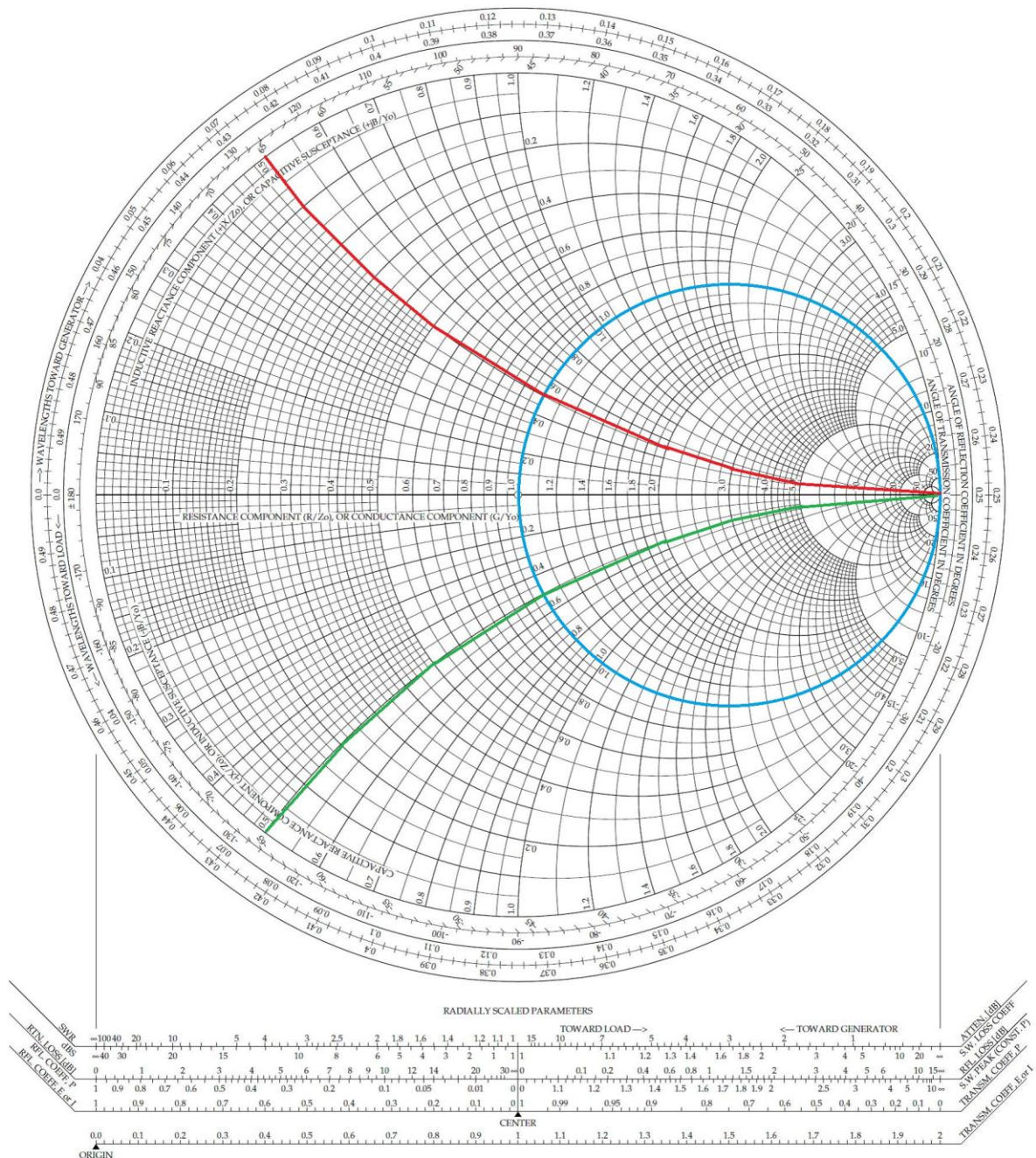
Verwendete Software: „SimSmith“

Quelle: http://www.ae6ty.com/Smith_Charts.html

2. Das Smith-Diagramm

Kurze Erläuterung

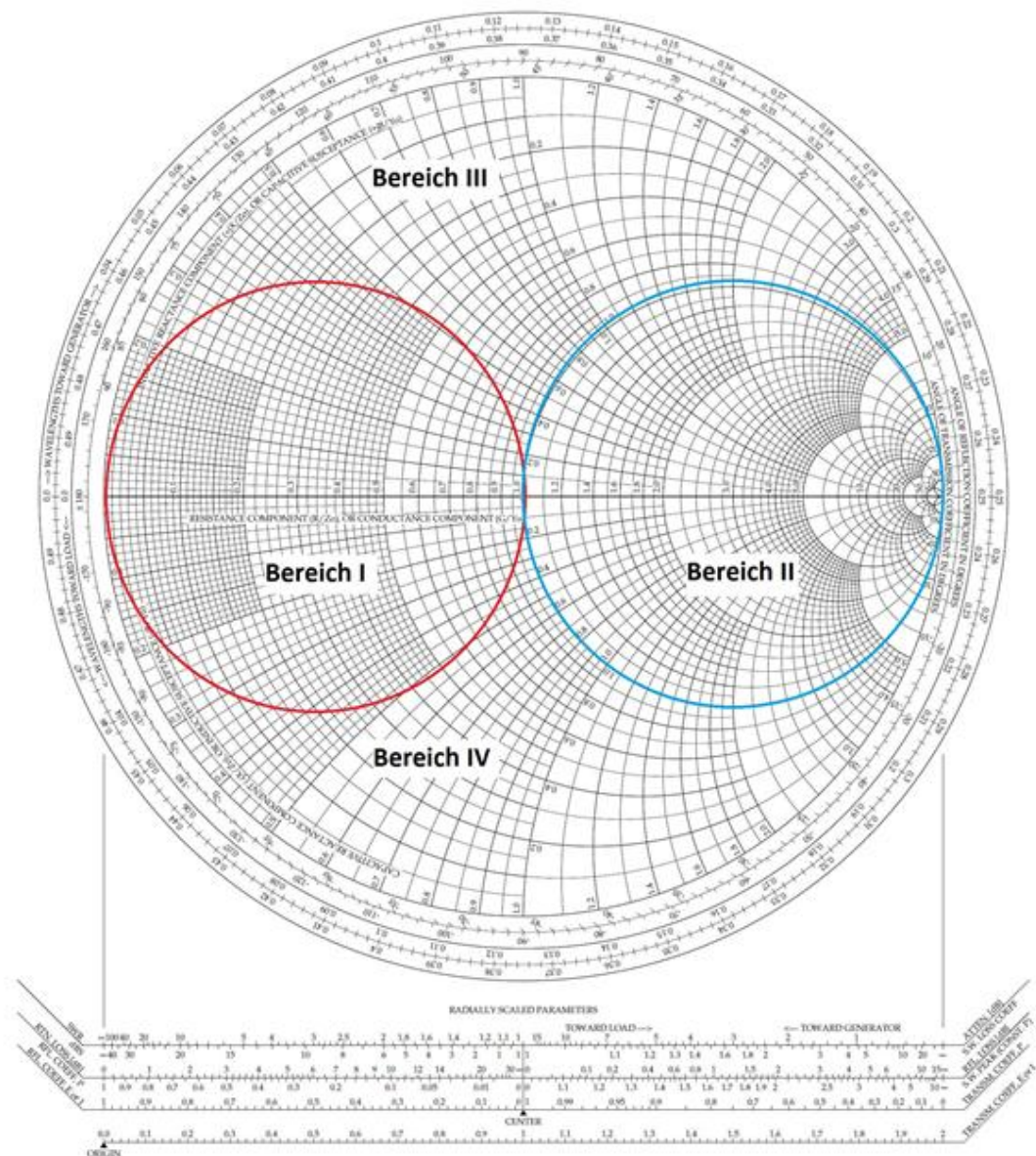
The Complete Smith Chart



Blau: $R=1$ (Widerstand) Rot: $+jX=0.5$ (Induktivität) Grün: $-jX=0.5$ (Kapazität)

3. Regionen im Smith-Diagramm für den Einsatz der verschiedenen Anpassungsschaltungen

The Complete Smith Chart



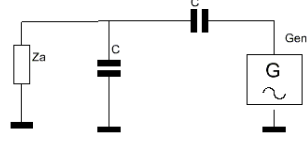
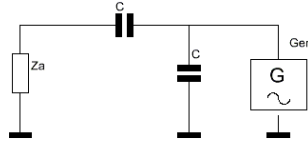
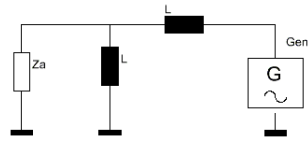
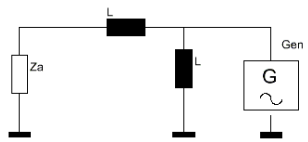
Obere Hälfte ist induktiv, untere Hälfte ist kapazitiv

4. Mögliche einfache Anpassungsschaltungen aus L und C

Welche davon werden hauptsächlich im Amateurfunk zur Antennenanpassung verwendet?

Generator-Impedanz = $50 \pm j0$ Ohm

File_Name R+X	Schaltungstyp (a-h)	Anpassung Möglich?	Smith Chart Region	Bemerkung
a_100-50		Ja	II	Region II und III möglich
a_100+50		Ja	II	
a_10-50		Nein	IV	
a_10+50		Ja	III	
a_10+100		Ja	III	
a_10+10		Nein	I	
b_10-50		Ja	IV	Region I und IV möglich
b_10+50		Nein	III	
b_10+10		Ja	I	
c_10-50		Ja	IV	Region II und IV möglich
c_10+50		Nein	III	
c_100-50		Ja	II	
c_100+50		Ja	II	
d_10-50		Nein	IV	Region I und III möglich
d_10+50		Ja	III	
d_10-10		Ja	I	
d_10+10		Ja	I	

File_Name R+X	Schaltungstyp (a-h)	Anpassung Möglich?	Smith Chart Region	Bemerkung
e_100-50 e_100+50 e_10-50 e_10+50	e) 	Nein Ja Ja Nein	II (kap) II (ind) III IV	Region III möglich Schaltung hat geringe Verluste, da Kond. typisch hohes Q und somit geringere Verluste als Spulen haben!
f_10-50 f_10+50 f_100-50 f_100+50	f) 	Nein Ja Nein Nein	IV III II (kap) II (ind)	Region III möglich Schaltung hat geringe Verluste, da Kond. typisch hohes Q und somit geringere Verluste als Spulen haben!
g_100-50 g_100+50 g_10-50 g_10+50	g) 	Nein Nein Ja Nein	II (kap) II (ind) IV III	Region IV möglich
h_10-50 h_10+50	h) 	Ja Nein	IV III	Region IV möglich

Es sollten auch pi- und T-Schaltungen untersucht werden!

u.U. im Rahmen der Übungen!

4. Erläuterung der 8 Anpassungsschaltungen (a-h)

a) Antennenimpedanz nur in Region II + III erlaubt

Region II: Antenne ist hochohmiger als TX

Region III: X nur mit induktivem Anteil

u.U. Loop-Antenne

b) Antennenimpedanz nur in Region I + IV erlaubt

Region I: Antenne ist niederohmiger als TX

Region IV: X nur mit kapazitivem Anteil

z.B. kurze Antenne

c) Antennenimpedanz nur in Region II + IV erlaubt

Region II: Antenne ist hochohmiger als TX

Region IV: X nur mit kapazitivem Anteil

d) Antennenimpedanz nur in Region I + III erlaubt

Region I: Antenne ist niederohmiger als TX

Region III: X nur mit induktivem Anteil

e) Antennenimpedanz nur in Region III erlaubt

Antenne ist niederohmiger als TX, mit einem kapazitiven Anteil

f) Antennenimpedanz nur in Region III erlaubt

Antenne ist niederohmiger als TX, mit einem induktiven Anteil

g) Antennenimpedanz nur in Region IV erlaubt

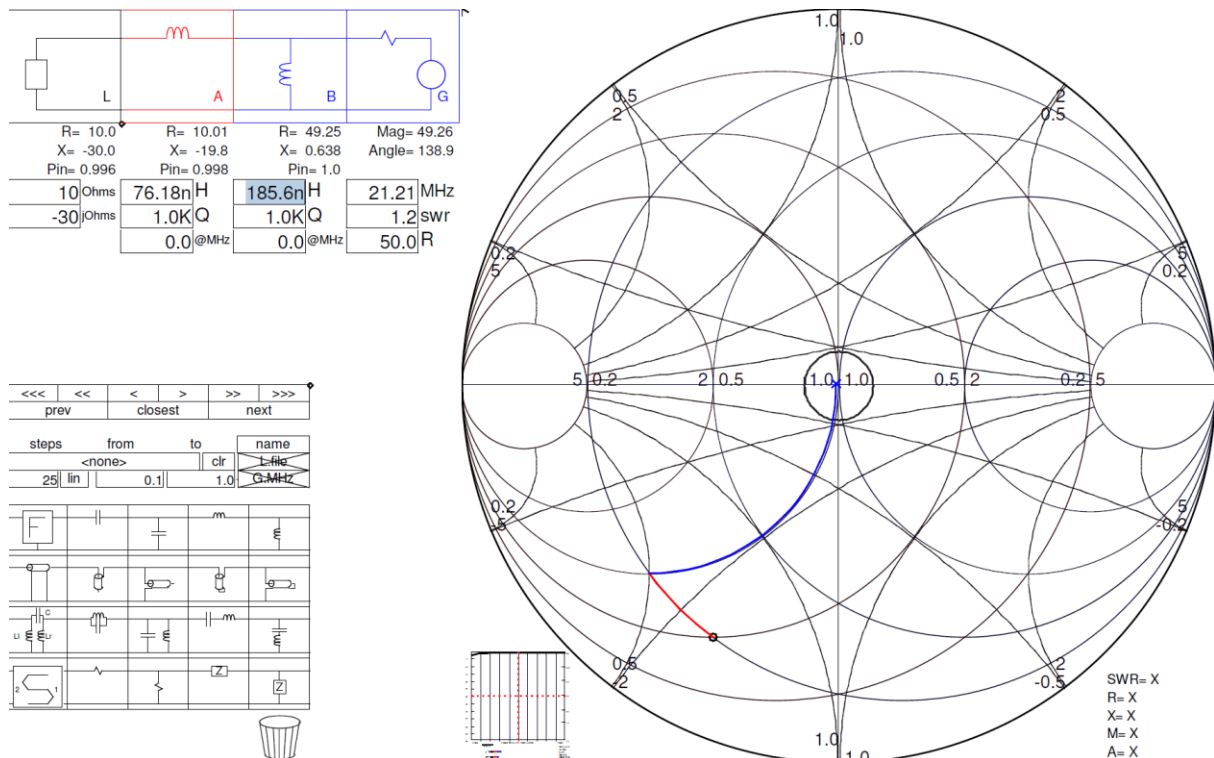
Antenne ist niederohmiger als TX, mit einem kapazitiven Anteil

h) Antennenimpedanz nur in Region IV erlaubt

Antenne ist niederohmiger als TX, mit einem kapazitiven Anteil

5. Kurze Erläuterung der Software „SimSmith“

Zur Zeit verwende ich die Version 5.7



Oben links: Darstellung der notwendigen Anpassungsschaltung

Unten links: Werkzeugkasten für die verfügbaren Bauteilekomponenten

Dazwischen: Die Rechengrößen und Bedienung des Programmes

Rechts: Das Smith-Diagramm, welches interaktiv die Ergebnisse anzeigt

Mit dem Programm kann auf einfache Art der Wirkungsgrad einer Anpassschaltung (Antennen-Tuner) bestimmt werden!

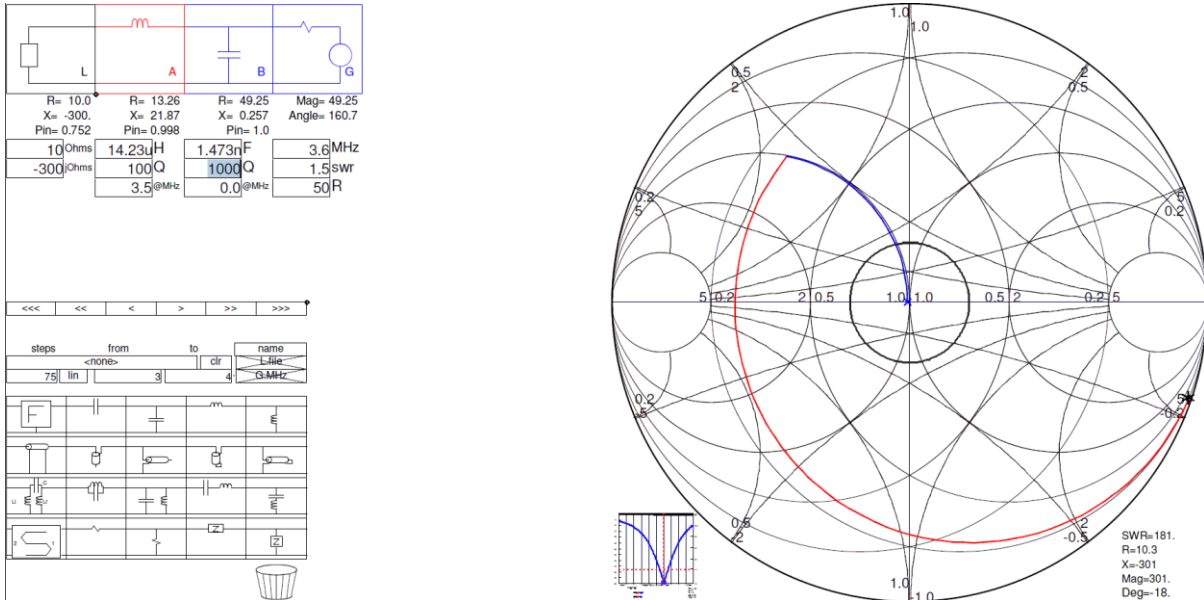
U.U. wird es zukünftig auch möglich sein den Strom und die anliegende Spannung durch die einzelnen Komponenten zu erhalten!

6. Rechenbeispiele mit der Software „SimSmith“

Beispiel1: Kurze Antenne

Frequenz: 3.6 MHz

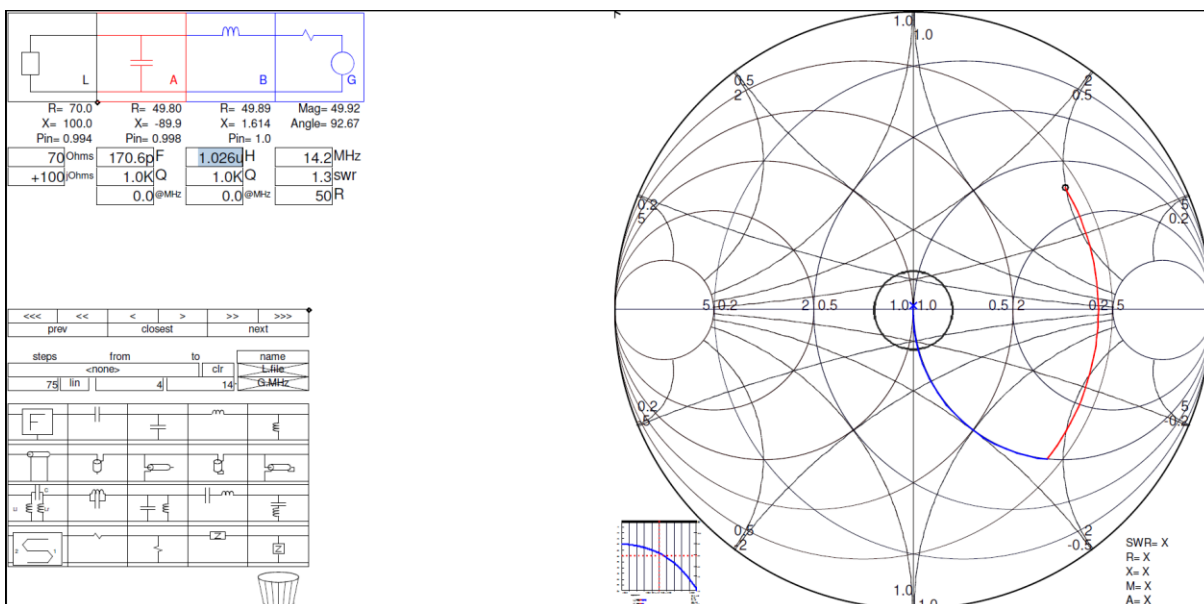
Zant = 10-j300 -> C=147pf



Beispiel2. Längere Antenne

Frequenz: 14.2 MHz

Zant= 70+j100 -> L=1.1uH

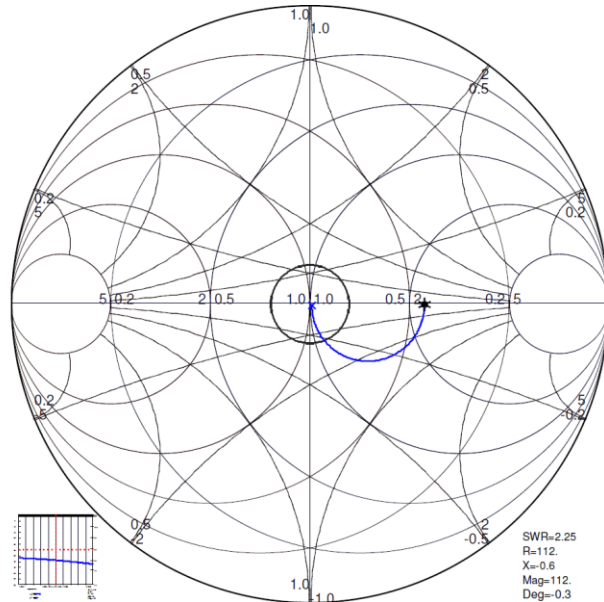
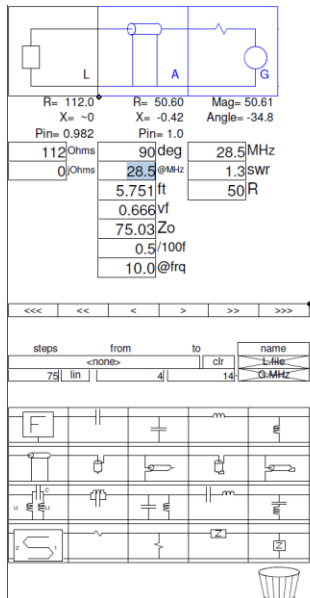


Beispiel3: Leitungstransformation

(Lambda/4-Transformator)

Frequenz: 28MHz

Zant = 112+j0 (z.B. Loopantenne)



Ende des 1. Teils

Danke für Euere Geduld

??????

Fragen und Diskussion

7. Simulation und Messungen mit dem Netzwerk-Analysator

(u.U. machen wir diese Messungen an einem 2. Termin.
Zeitansatz mind. 90 Min.)

- 1. Die Antennenimpedanzen werden mit diskreten Bauteilen (R, C, L) nachgebildet, ebenso die notwendigen ermittelten Anpassungsschaltungen.**
- 2. Die Ergebnisse aus der vorigen Simulation werden mit dem Antennenanalysator nachgemessen.....**
- 3. Vergleich der Simulation und der Messung**
- 4. Eigene Messungen und Simulation durch die Teilnehmer**

8. Literaturhinweise und Tutorium

1. Hier findet man **die Software** und ein **mehrteiliges Video-Tutorium (in Engl.)** zur weitergehenden Vertiefung

http://www.ae6ty.com/Smith_Charts.html

Die Software heißt: SimSmith-5.7.jar (oder neuer)

Beschreibung der Software „SimSmith Primer“ ist auf der gleichen Seite zu finden

2. Das Smith-Diagramm

Von Prof. Heinz Mathis, poloscope 15/04

3. Das Smith-Diagramm – Grundlagen der Anwendung

Vortrag zur 40. Weinheimer UKW-Tagung 16./17.9-1995

Referent: Stefan Steger, DL7MAJ

4. Weitere Informationen findet man im Internet

5. Netzwerk-Analysator (Fa. Funkamateurl)

http://www.box73.de/product_info.php?products_id=2583

9. Format für Import von Antennendaten

Hierfür ist es notwendig die von einem Antennenanalysator oder Antennenberechnungsprogramm bereitgestellten Daten exakt in das nachfolgende Format zu bringen. Die Datei unter Name.TXT abspeichern.

Bitte als Trennzeichen das Komma verwenden! Der Punkt dient als Dezimaltrennzeichen!

Wie viele Datensätze eingespielt werden können entzieht sich meiner Kenntnis. Ich habe ohne Probleme die ca. 260 Datensätze des FA-VA3, nach Anpassung des Formates einspielen können. Die Anpassung bedeutet zwar etwas Arbeit, jedoch für gelegentliche Anwendung hält sie sich im Rahmen.

Beispiel

```
Freq,R,X  
0.5,37.9,-680.5  
0.51,38.5,-665.1  
0.52,39.6,-647.3  
0.53,42.2,-643.7  
0.55,41.6,-627.3  
0.56,41,-611.7  
0.57,40,-601.9  
0.58,42.2,-585.4  
.....  
0.84,34.4,-380.9  
0.86,33.2,-371.5  
0.88,32.9,-362  
0.9,48.2,-350.6  
0.92,30,-335.6  
0.94,29.4,-325.1  
0.96,29,-316.4  
0.98,28.2,-306.6  
1,27.6,-298.1
```

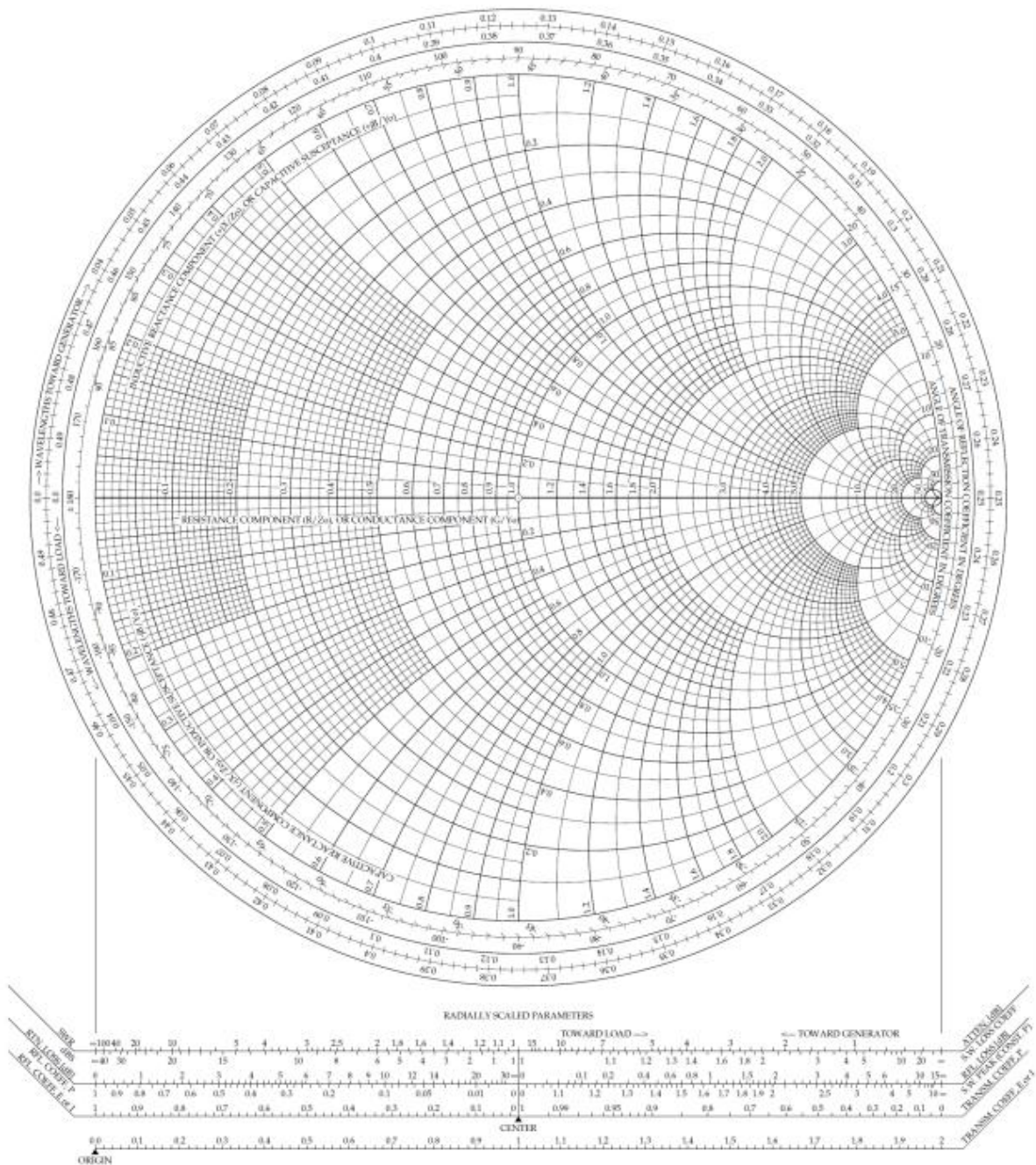
Weitere Werte wurden herausgeschnitten!

Anleitung zum Konvertieren

Beim FA-VNA3 muss die Freq/1.000.0000 geteilt werden und die Semikolon durch Komma ersetzt werden. Header und überflüssige Spalten sind zu entfernen. Konvertierung kann mittels geeigneter Editoren durchgeführt werden.

Anhang

The Complete Smith Chart



Anhang

Daten einer G5RV mit 600 Ohm-Feeder-Leitung

F/MHz	3,5	3,8	7,0	7,2	10,07	14,0	14,35	18,1	21,0	21,45	24,9	28,0	29,7
R/ Ω	6	11	70	64	117	129	139	275	63	68	188	915	438
X/ Ω	32	148	-235	-179	516	-153	-7	-605	107	224	-184	1,2k	-1k
L/ μ H	3,6	13	4,6	3,5	5,4	1,3	0,7	2,5	0,7	1,4	0,8	2,0	2,0
C/pF	1782	412	18	16	74	40	102	19	114	66	27	19	10
V	1,9	6,3	4,2	3,4	6,9	2,5	1,7	5,7	2,2	4,0	2,7	7,0	7,4

Quelle: Wolfgang Wippermann, DG0SA