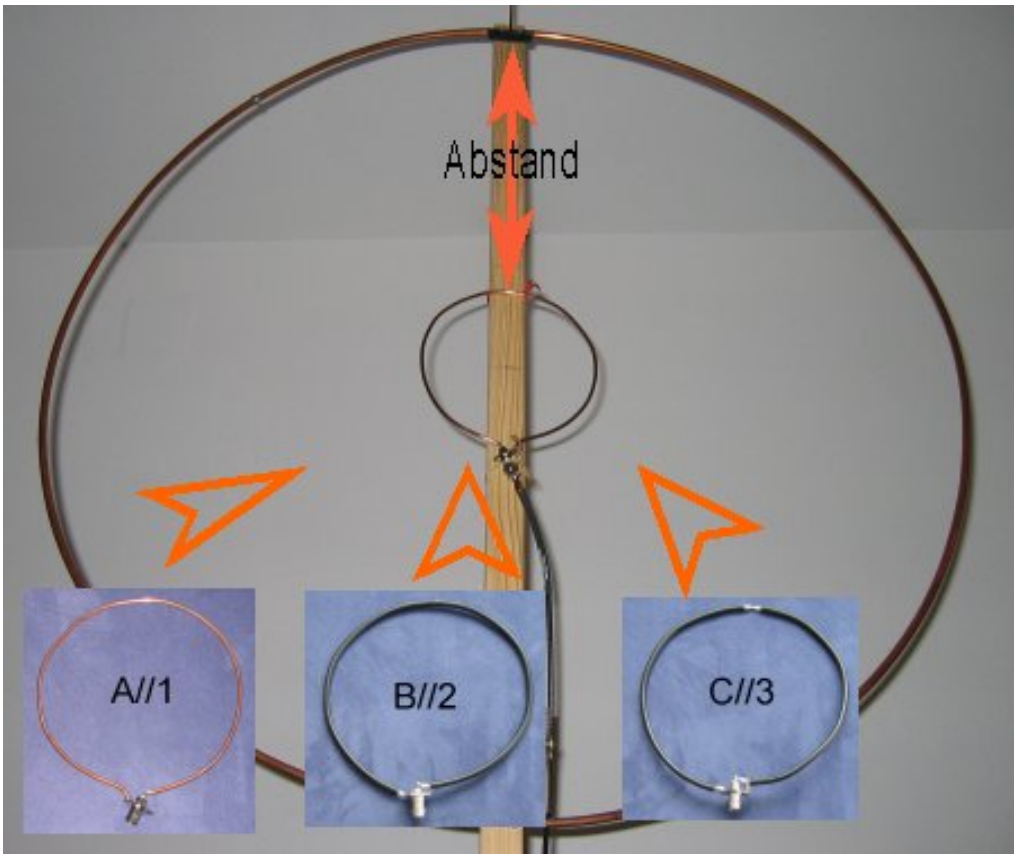
Magnetic Loop Koppelschleifen

- Magnetic Loop Koppelschleifen
- Koppelschleifen-Arten bei Magnetic Loops
- Position der induktiven Koppelschleife
- Unterschiede der 3 Koppelschleifenarten

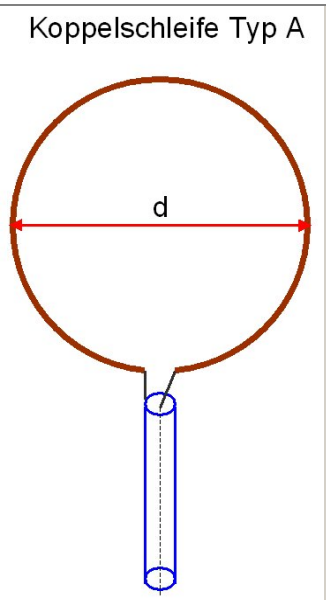
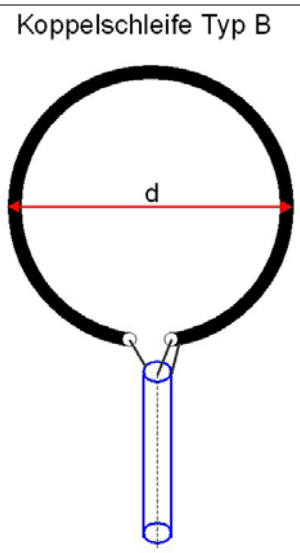
Untersuchungen an Einkoppelschleifen ...



Beim Bau einer Magnetic-Loop Antenne stößt man unweigerlich auf die Frage der Einkopplung. Bewährt hat sich bei vielen die induktive Ankopplung per Koppelschleife. Wie genau funktioniert diese allerdings und welche Vor/Nachteile haben die unterschiedlichen Ausführungen ?

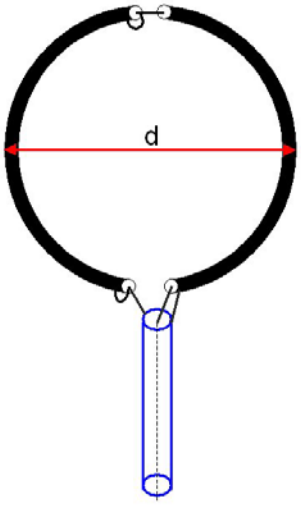
Nach Recherche in Literatur und Internet kann man die unterschiedlichen Lösungen auf 3 Varianten eindampfen (Andere Lösungen unterscheiden sich nur noch in der Lage innerhalb der Magnetic-Loop selber, der Geometrie oder in der Art der Erdung bei Aussenmontage) :

Magnetic Loop Koppelschleifen

A) Prinzip Drahtschleife	A) Foto Drahtschleife	A) Aufbau
		Einfacher Kupfer-Draht wird vom Innenleiter ausgehend kreisförmig gebogen und am Ende am Aussenleiter angelötet.
B) Prinzip Koax-Schleife	**B) Foto Koaxschleife**	**B) Aufbau**
		Start der Loop : Innenleiter mit Innenleiter und Aussenleiter mit Aussenleiter verbinden. Am Ende der Loop wird die Schirmung unterbrochen / isoliert. Nur der Innenleiter wird an den Aussenleiter der Buchse gelötet.
C) Prinzip geteilte Koax-Schleife	**C) Foto geteilte Koaxschleife**	**C) Aufbau**

 ©DG1SFJ

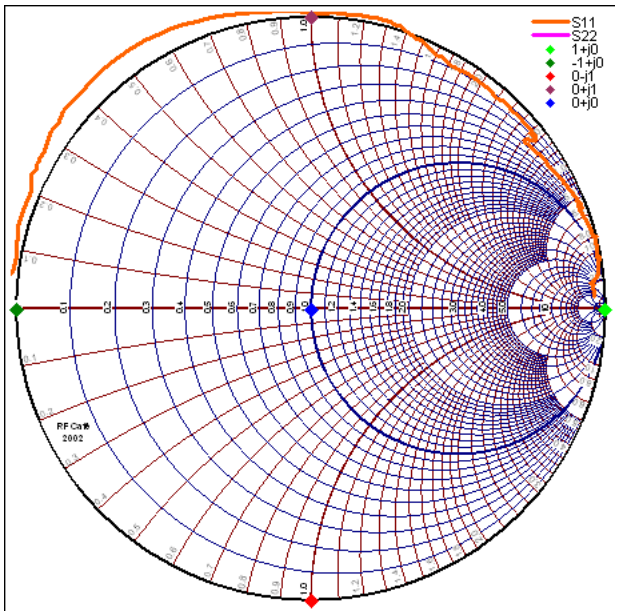
Magnetic Loop Koppelschleifen

Koppelschleife Typ C 		Start der Loop : Innenleiter mit Innenleiter und Aussenleiter mit Aussenleiter verbinden. In der Mitte der Loop wird dann der Aussenleiter unterbrochen und isoliert. Nur der Innenleiter geht zum zweiten Teil der Loop weiter. Hier sind jeweils am Anfang und Ende Innen und Aussenleiter verbunden.

Alle folgenden Messungen sind nur mit der reinen Koppelschleife durchgeführt worden (die Koppelschleife befindet sich nicht in einer Magnetic Loop) !

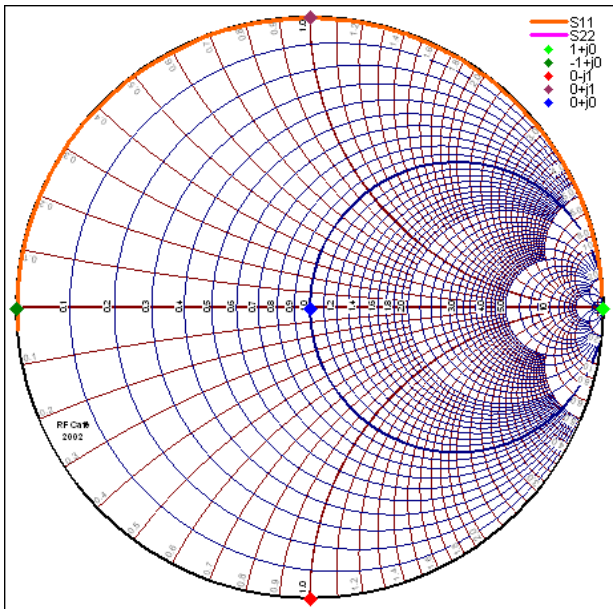
Messung Loop 1:

Aufnahme von S11 mit dem TAPR-VNA, Umrechnung und Anzeige mit Vorlage-Blatt von "www.rfcafe.com" incl. einiger Anpassungen und Änderungen sowie Zusatzausgaben.

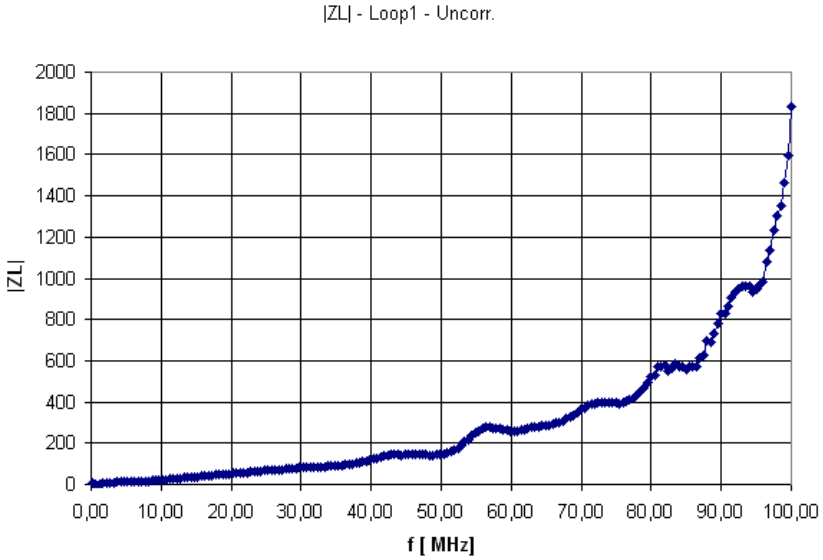


Hier sieht man gut, das der Betrag sehr genau gemessen sein muss. In diesem Grenzbereich ist der VNA schnell am Ende seiner Genauigkeit. Nach setzen des Betrages von S11 auf 0 ergibt sich folgendes Bild:

Magnetic Loop Koppelschleifen

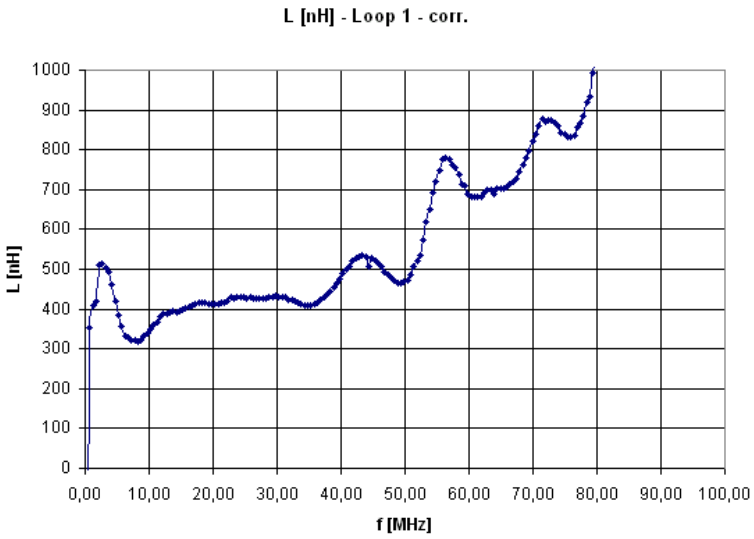


Das ganze können wir uns nun als Betrag der Impedanz anschauen : (Korrigiert und unkorrigiert ergeben hier das gleiche Bild da der reale Anteil gering ist).



Zuletzt noch die Umrechnung der Impedanz in eine reine Induktivität : (auch hier unterscheiden sich korrigiert und unkorrigiert

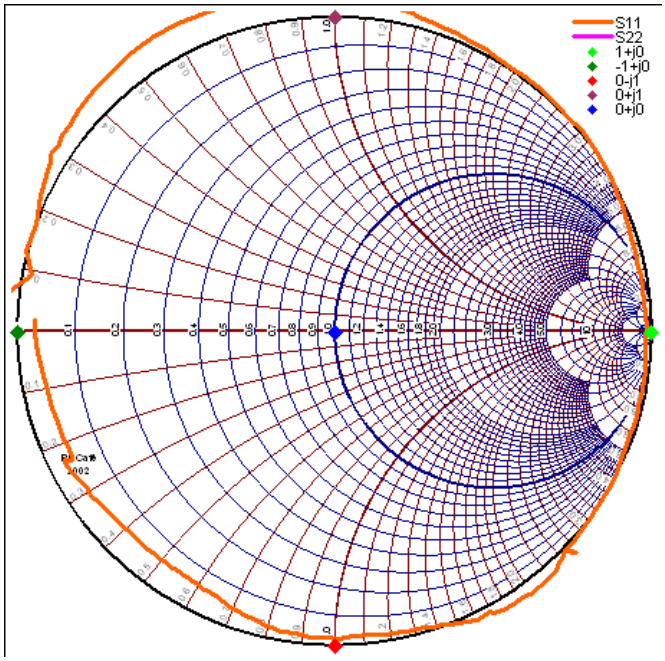
kaum)



Fazit : Bis 40 MHz erscheint die Loop wie eine Induktivität von 427nH, zu höheren Frequnzen erkennt man den Verlauf eines Parallel-Schwingkreises mit einer Resonanzfrequenz >> 100 MHz.

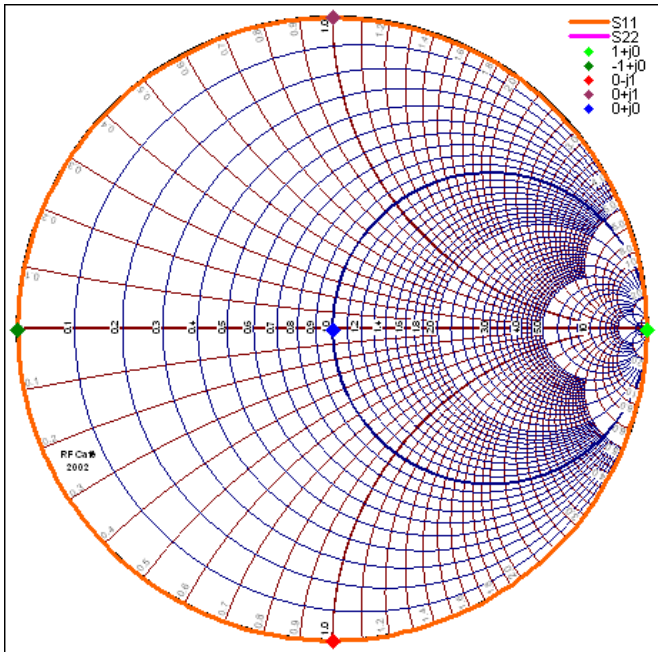
Messung Loop 2:

Aufnahme von S11 mit dem TAPR-VNA, Umrechnung und Anzeige mit Vorlage-Blatt von "www.rfcafe.com" incl. einiger Anpassungen und Änderungen sowie Zusatzausgaben.

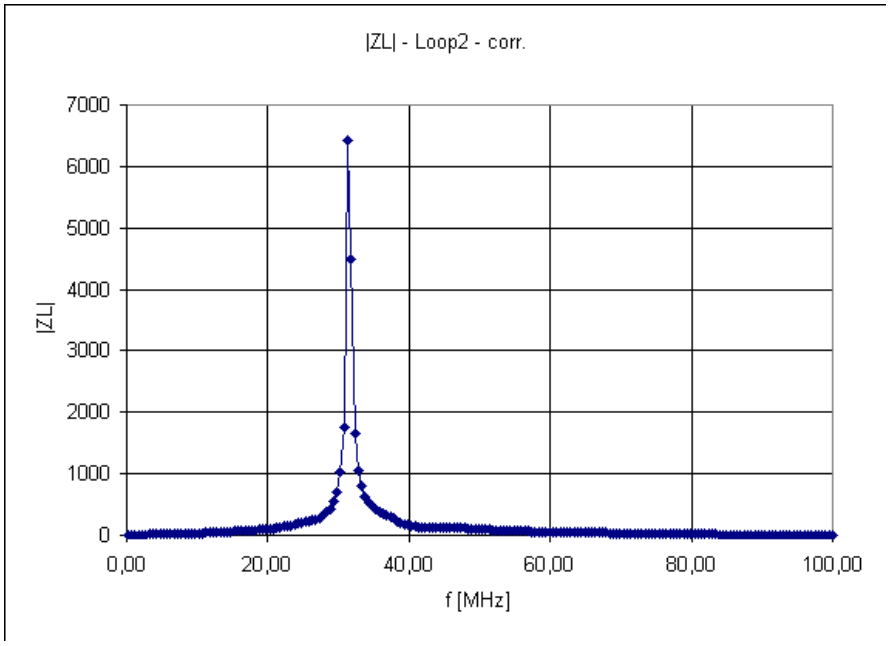


Hier sieht man gut, das der Betrag sehr genau gemessen sein muss. In diesem Grenzbereich ist der VNA schnell am Ende seiner Genauigkeit. Nach setzen des Betrages von S11 auf 0 ergibt sich folgendes Bild:

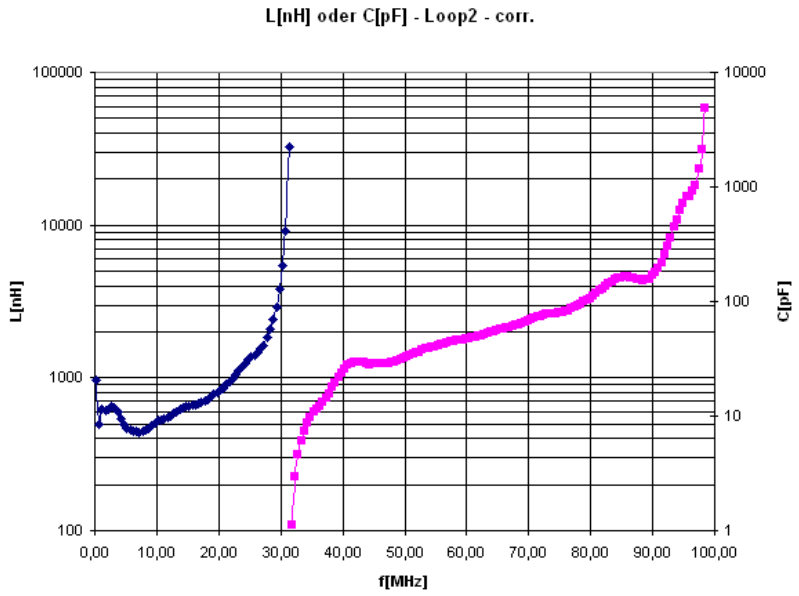
Magnetic Loop Koppelschleifen



Das ganze können wir uns nun als Betrag der Impedanz anschauen : (Korrigiert und unkorrigiert ergeben hier das gleiche Bild da der reale Anteil gering ist). Die Resonanz-Frequenz liegt bei 31,29 MHz (|Z|=6,423kOhm @ fres).



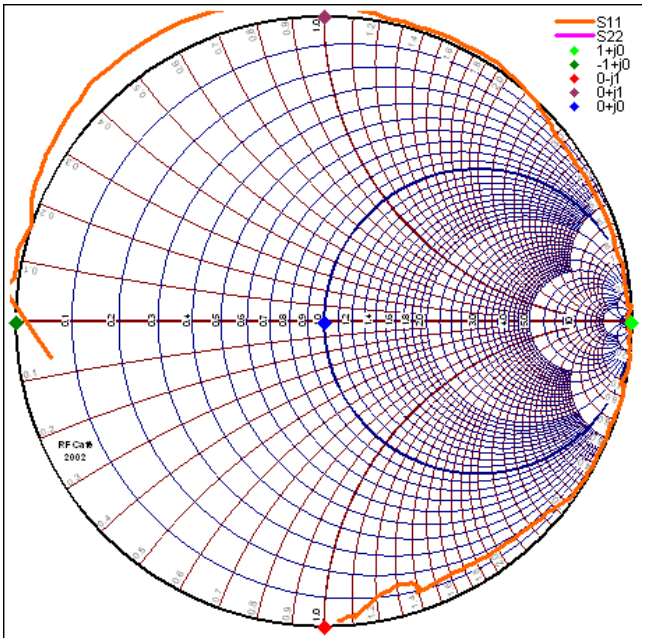
Zuletzt noch die Umrechnung der Impedanz in rein Induktivität/Kapazität : (auch hier unterscheiden sich korrigiert und unkorrigiert im Bereich der Resonanz etwas).



Fazit : Bis zur Parallel-Resonanz ist die Loop induktiv, danach kapazitiv. Die Resonanzfrequenz liegt bei 31,29MHz, bei dieser ist die Impedanz |Z|=6,423kOhm.

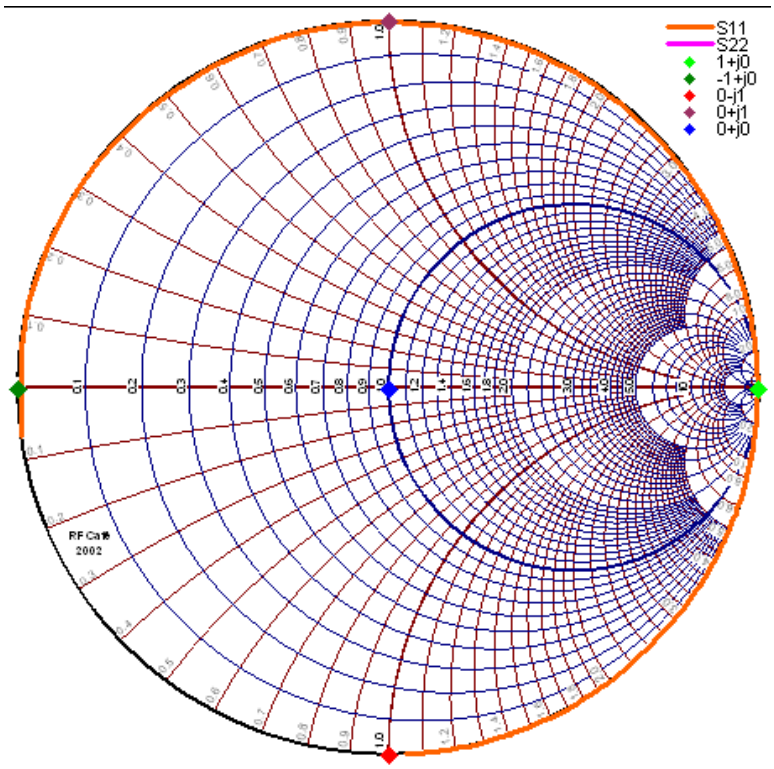
Messung Loop 3:

Aufnahme von S11 mit dem TAPR-VNA, Umrechnung und Anzeige mit Vorlage-Blatt von "www.rfcafe.com" incl. einiger Anpassungen und Änderungen sowie Zusatzausgaben.

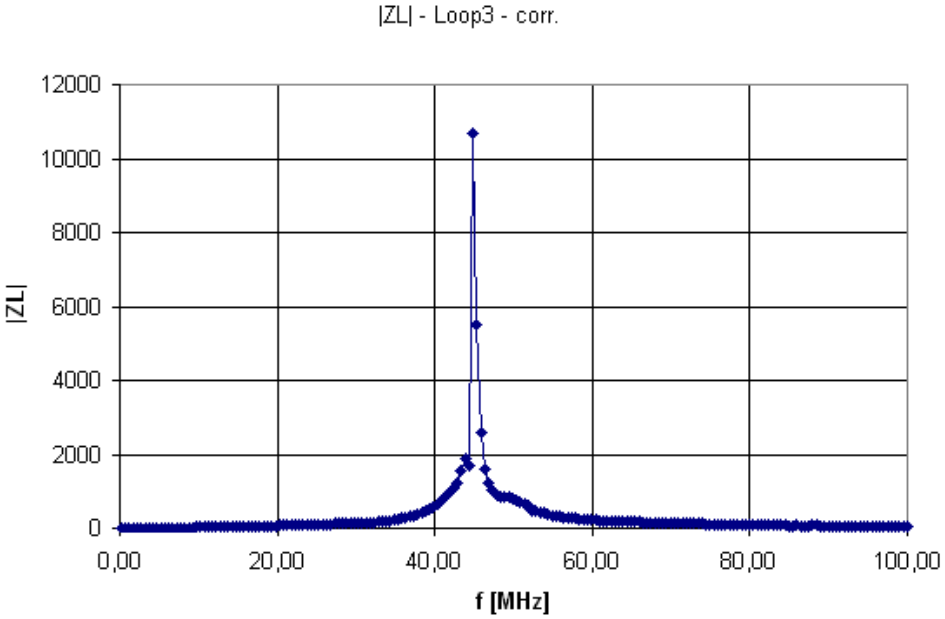


Magnetic Loop Koppelschleifen

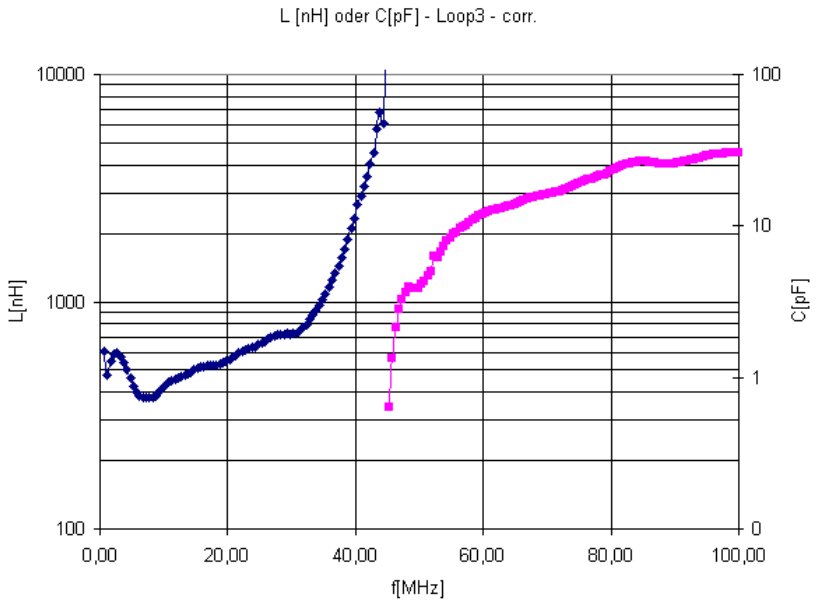
Hier sieht man gut, das der Betrag sehr genau gemessen sein muss. In diesem Grenzbereich ist der VNA schnell am Ende seiner Genauigkeit. Nach setzen des Betrages von S11 auf 0 ergibt sich folgendes Bild:



Das ganze können wir uns nun als Betrag der Impedanz anschauen : (Korrigiert und unkorrigiert ergeben hier das gleiche Bild da der reale Anteil gering ist). Die Resonanz-Frequenz liegt bei 44,83 MHz (|Z|=10,689kOhm @ fres).



Zuletzt noch die Umrechnung der Impedanz in rein Induktivität/Kapazität : (auch hier unterscheiden sich korrigiert und unkorrigiert im Bereich der Resonanz etwas).



Fazit : Bis zur Parallel-Resonanz ist die Loop induktiv, danach kapazitiv. Die Resonanzfrequenz liegt bei 44,83MHz, bei dieser ist die Impedanz |Z|=10,689kOhm.

Anmerkung :

1. Koppelschleifen-Aufbau

Durchmesser 16,5cm (ausgehend von einer Loop mit 82,5cm Durchmesser und D/d=5/1)

A) Drahtschleife aus Vollkupfer 3,5mm Durchmesser.
B) Schleife aus RG58C/U, Innenleiter am Ende an Masse, Aussenleiter am Ende offen.
C) Schleife aus RG58C/U, In der Mitte wird der Aussenleiter unterbrochen. Im zweiten Teil der Schleife wird Innen und Aussenleiter an beiden Enden verbunden. An einer Seite mit den anderen Innenleiter und an der anderen Seite mit dem Aussenleiter verbunden.

RG58C/U Durchmesser des Schirm-Geflechts : ca. 3,2mm
RG58C/U Durchmesser des Innenleiters : ca. 0,9mm

2. Messung Induktivität

A) 430nH
B) 577nH
C) 501nH

3. Rechnung Induktivität

L = u * a * (LN ((8*a)/b) - 2)

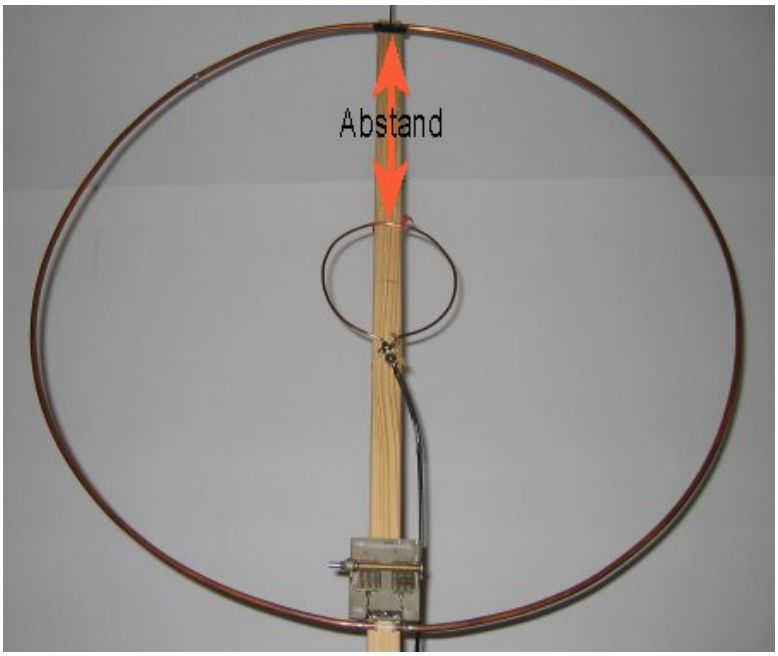
a=Radius der Schleife
b=Radius des Leiters der Schleife

Magnetic Loop Koppelschleifen

u= 4*PI*10^-7

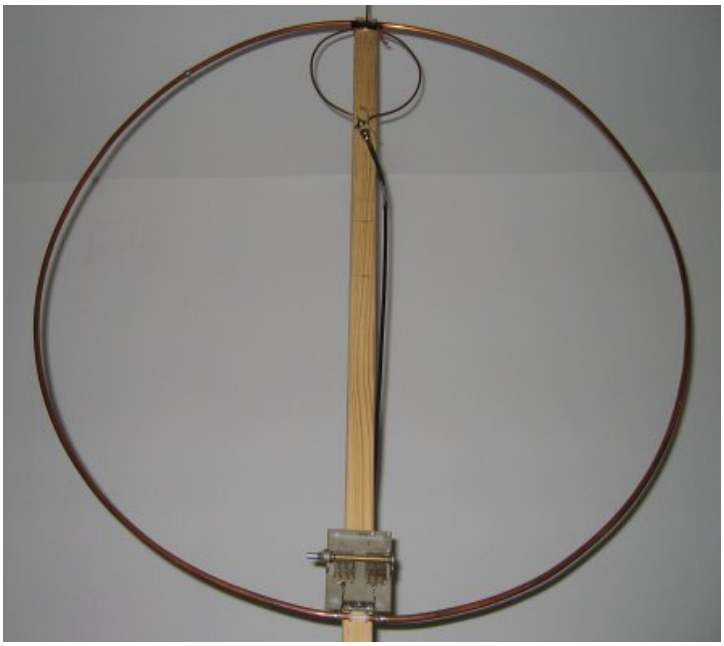
A) 408nH
B) 548nH (Nur Innenleiter gerechnet)
C) Hälfte nur Innenleiter und Hälfte Aussenleiter ergibt 482nH

Nach Untersuchung der 3 Koppelschleifen-Arten stellte sich die Frage, wie die Position innerhalb der Loop auf die Anpassung eingeht. Dazu wurde die Koppelschleife mit Gummiband am Holzstab befestigt und der Abstand zwischen Koppelschleife und Loop von der Mitte bis zum äusserst möglichen verändert.



Bei den hier verwendeten Abmessungen ergibt dies eine Distanz von 33...0cm (Loop-Durchmesser ... Koppelschleife ...).

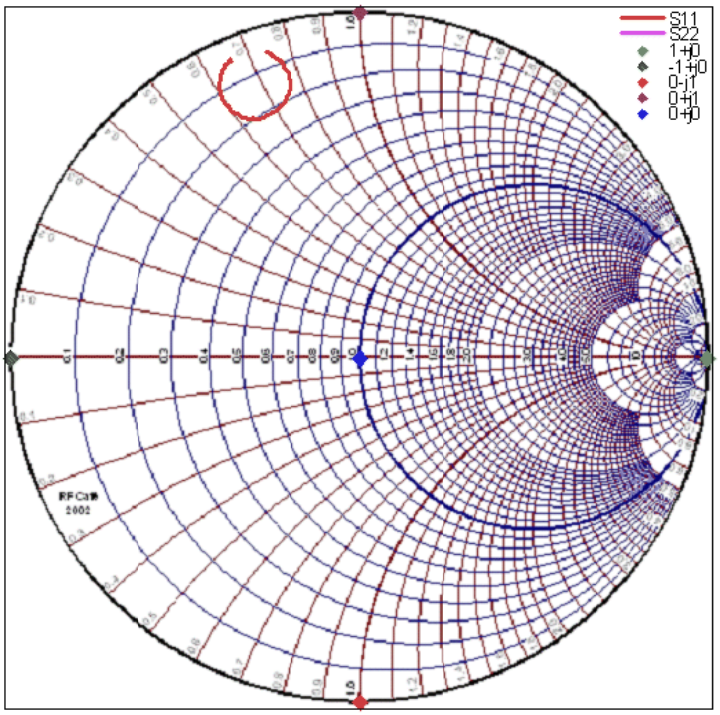
Beim kleinsten Abstand befand sich nur noch ein Streifen Isolierband zwischen Loop und Koppelschleife :



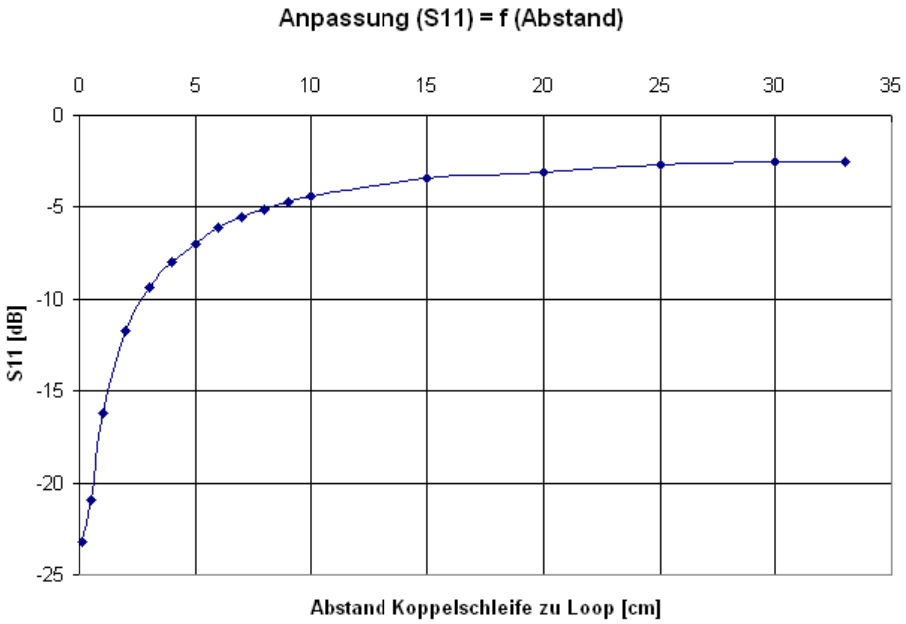
Magnetic Loop Koppelschleifen

Mit dem TAPR VNA wurde nun jeweils ein Smith-Diagramm aufgenommen und die max. Rückflussdämpfung sowie das beste SWR bei der Resonanzfrequenz gemessen.

Zuerst ein Animiertes GIF-Bild, in dem die Anpassung bei unterschiedlichen Abständen dargestellt ist :

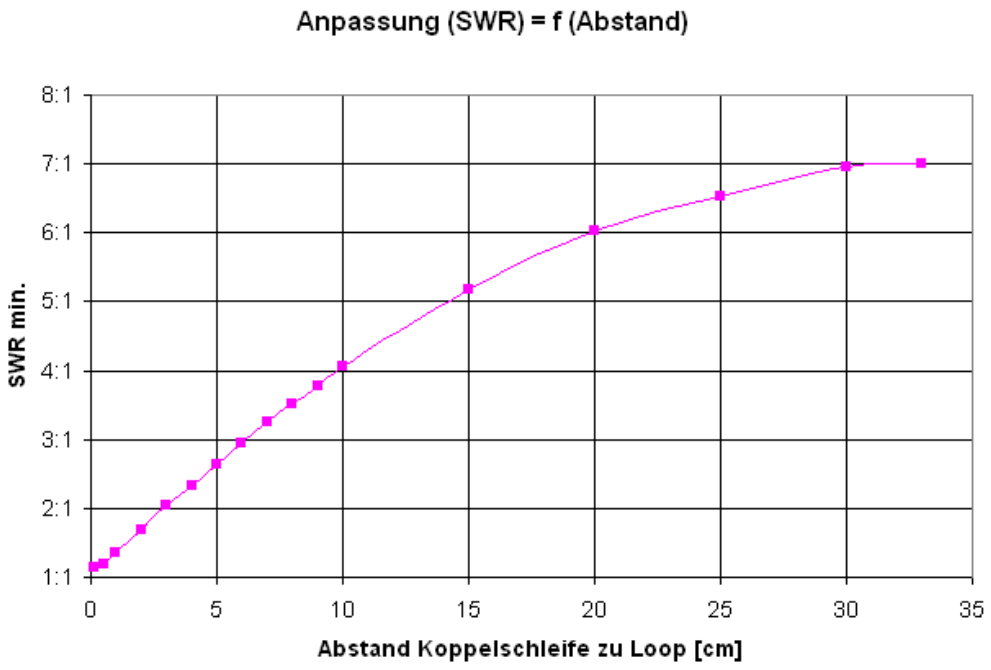


Nun kann man sich die maximale Rückflussdämpfung anschauen:

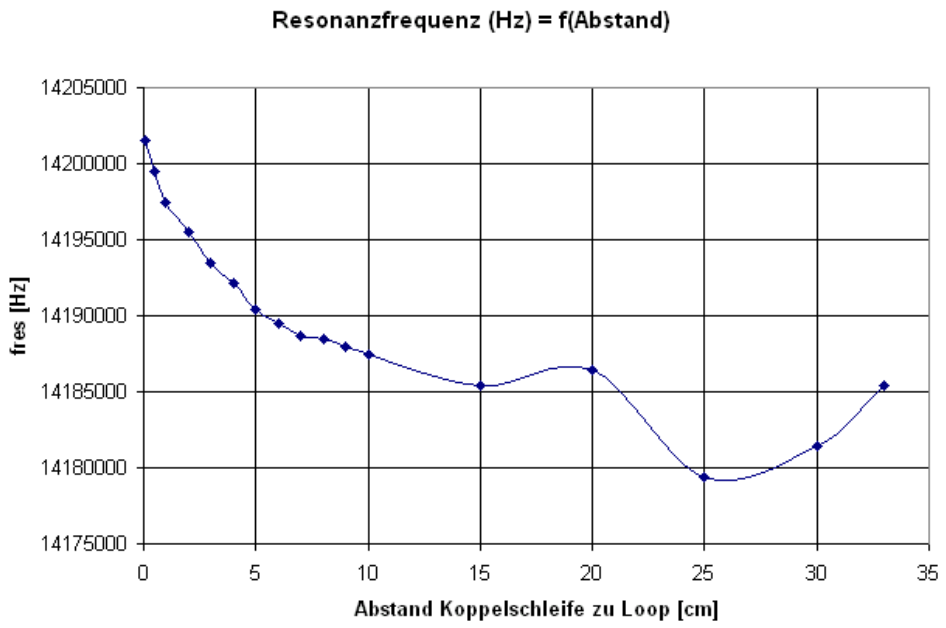


Sowie das SWR bei Resonanz:

Magnetic Loop Koppelschleifen



Und die Veränderung der Resonanzfrequenz selber aufgrund des Abstands:



FAZIT :

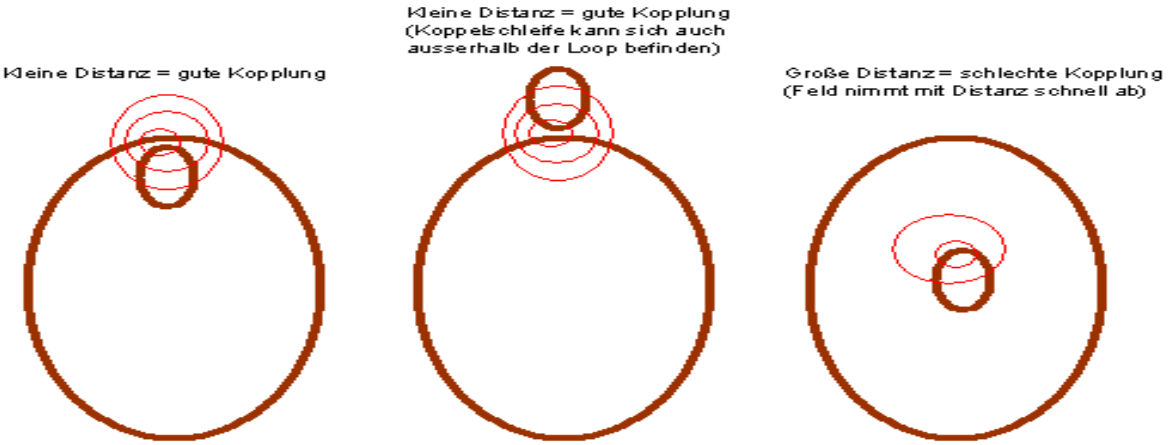
Je kleiner der Abstand desto fester ist die Kopplung und besser die Anpassung. Bedingt durch die feste Kopplung nimmt man unweigerlich auch Einfluss auf die Resonanzfrequenz der Loop.

Da das magnetische Feld um die Koppelschleife stark mit dem Abstand abnimmt, findet der Großteil der Koppelwirkung nur statt, wenn Koppelschleife und äußere Loop im minimal möglichen Abstand zueinander stehen.

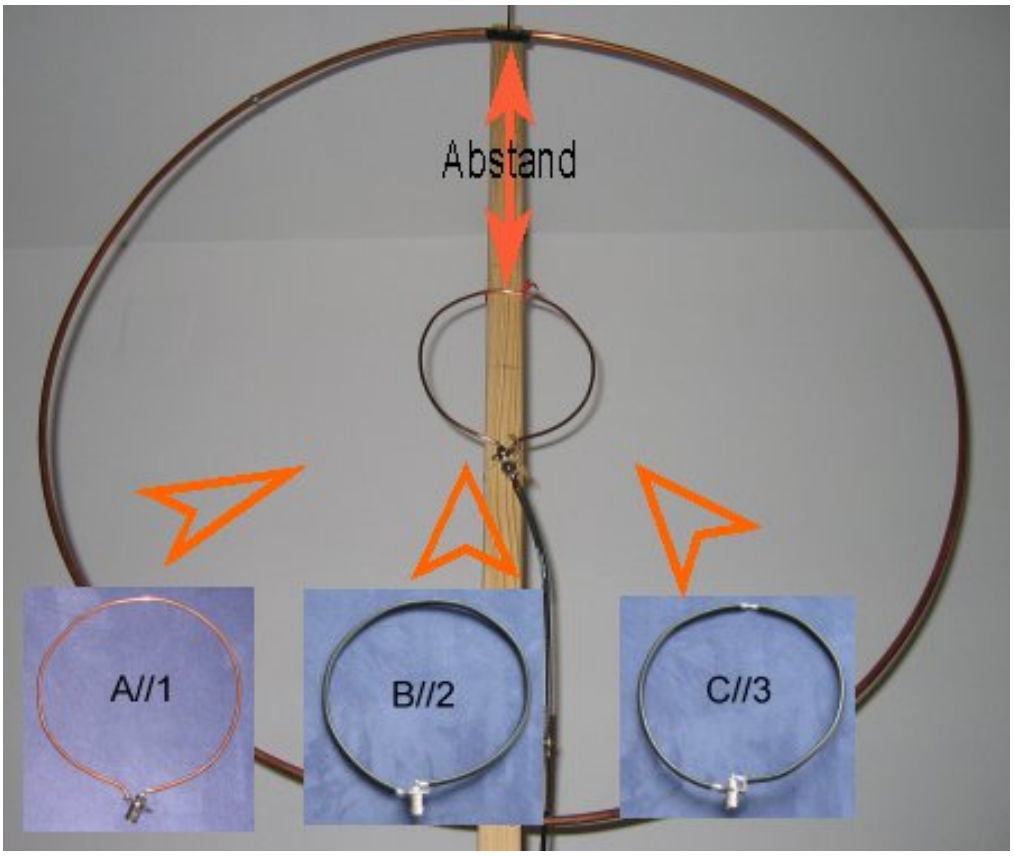
Die Koppelschleife kann sich damit also auch ausserhalb der Loop befinden !

 ©DG1SFJ

Magnetic Loop Koppelschleifen



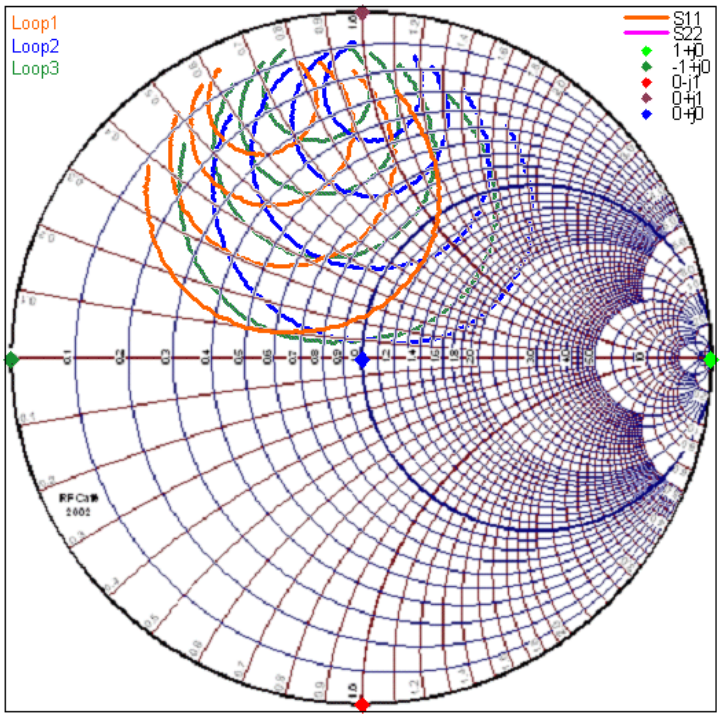
Nun kombinieren wir die bisherigen Messungen. An 4 unterschiedlichen Positionen werden die 3 Koppelschleifen-Arten in der Loop angebracht und jeweils mit dem VNA die S11 Werte aufgenommen:



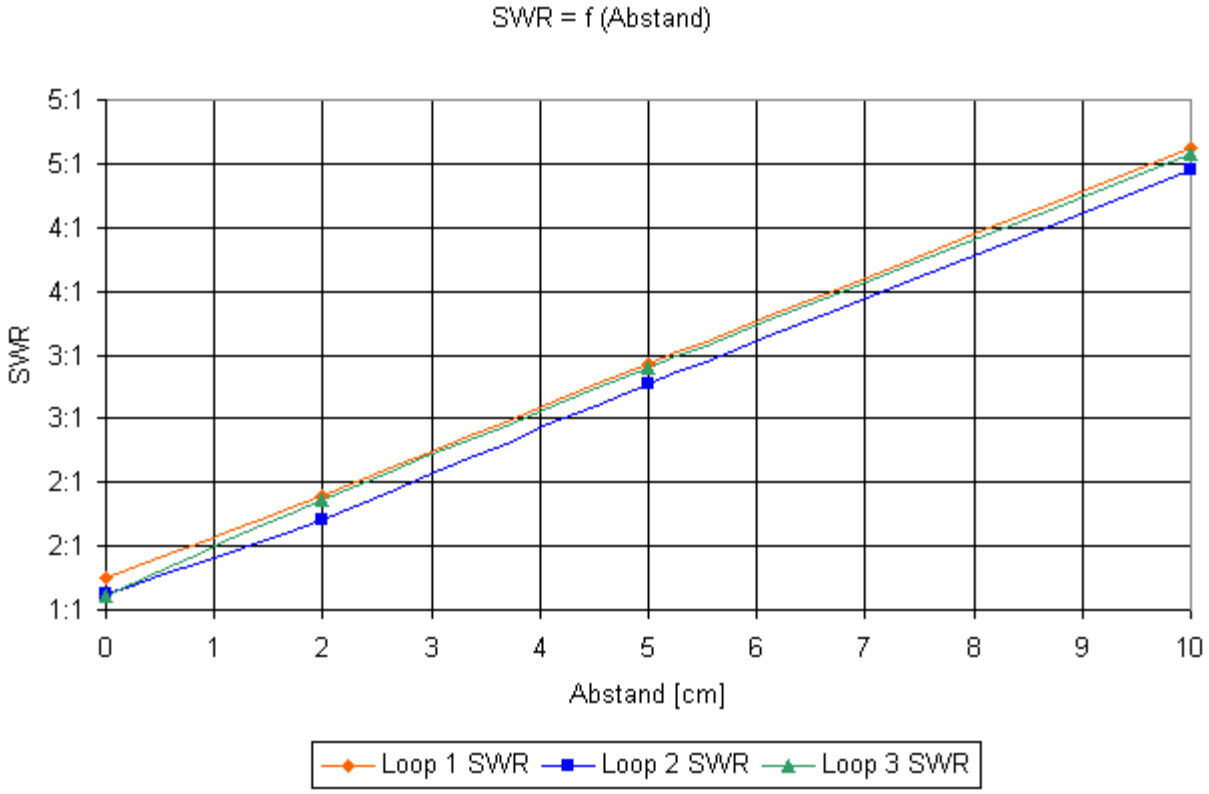
Als Abstand wähle ich 0//2//5//10cm.

Legt man alle Messungen übereinander so ergibt sich folgendes Bild :

Magnetic Loop Koppelschleifen

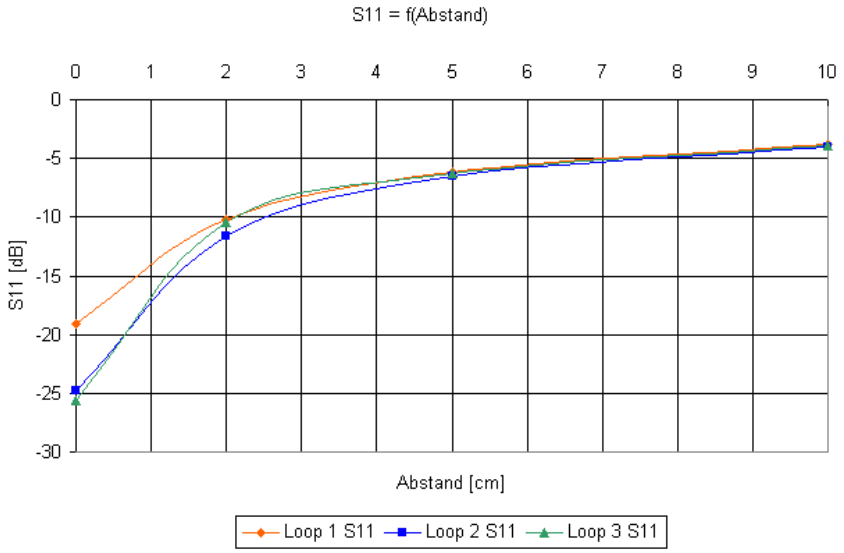


Zusätzlich tägt man die Messung noch als S11 und SWR auf :



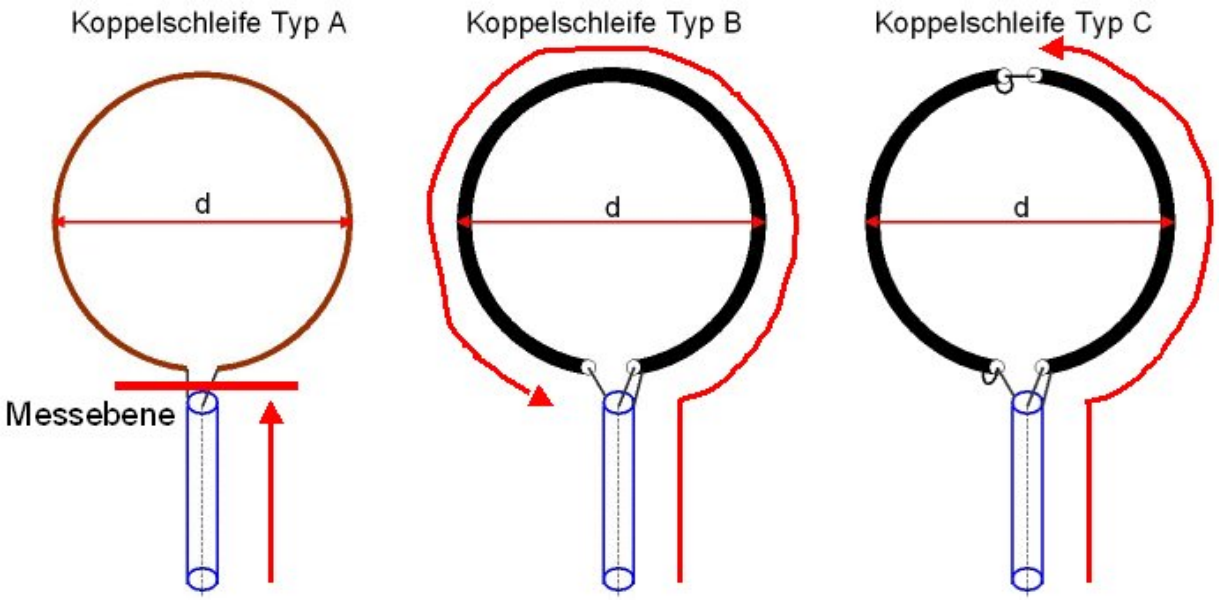
 ©DG1SFJ

Magnetic Loop Koppelschleifen



Man erkennt, das die Kopplung bei Loop 2 und 3 beim kleinsten Abstand besser als bei Loop 1 zu sein scheint. Zusätzlich fällt noch eine Drehung im Smith-Diagramm auf.

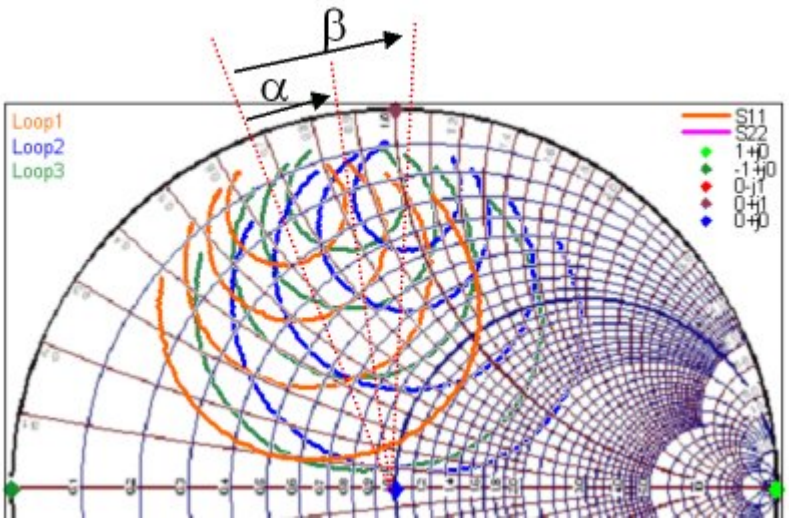
Betrachten wir uns die Loops nochmal genau. Der VNA wurde auf den unteren Anschlusspunkt kalibriert. Dieser stimmt mit dem startpunkt der Loop 1 überein. Bei Loop zwei haben wir aber erst einmal eine Koax-Leitung die den vollen Umfang umfasst, bevor unser Messobjekt startet. Bis hier hin fließt die HF im Feld zwischen Innen und Aussenleiter.



Und genau die ganze (Loop2) und halbe (Loop3) Leitung sehen wir im Smith-Diagramm als Drehung wieder !

 ©DG1SFJ

Magnetic Loop Koppelschleifen



Das ganze läßt natürlich auch überschlägig wie folgt errechnen :

Bei der Mittenfrequenz von 14,2 MHz ergibt sich ein Lambda von 21,1267m.

Im RG58 Koax mit einem vk von 0,66 ergibt sich damit eine mechanischeLänge von 0,66*21,1267 = 13,9436m.

Im Smith-Diagramm ist eine Drehung (360 Grad) genau Lamda halbe. Macht also 13,9436m/2 = 6,9718m entspricht 360 Grad.

Die Koppelschleifen haben jeweils 16,5cm Durchmesser und damit 16,5cm * PI = 51,836cm Umfang.

Damit liegt der Messpunkt elektr. gesehen bei Loop 3 ein halbe Umdrehung (25,918cm) und bei Loop 2 ein ganze Drehung (51,836cm) weiter weg als bei Loop 1.

Das entspricht dann im Smith-Diagramm einer Drehung von Loop 3 = 13,4 Grad und Loop 2 = 27 Grad. (Dazu kommen natürlich noch die eigentlichen Komponenten im Smith durch L und C der Koppelschleifen an sich).

 ©DG1SFJ