

# Beregning af antenne tilpasningsled ved hjælp af et Smith Chart, for begyndere.

Del 1 og 2

Af: OZ1CBW, Peter .

# Del 1.

Består af følgende:

1. En smule antenneteori, nødvendig for at forstå resten.
2. Gennemgang af Smith chartets opbygning.
3. Gennemgang af hvordan man beregner tilpasningsleddene.

**Antenners** Impedans kaldes  $Z$  og måles i Ohm.

$Z$  består af 2 dele:

En ohmsk værdi som måles i  $R$  Ohm, og

En reaktiv værdi som måles i enten  $+J$  Ohm eller  $-J$  Ohm.

$+J$  Ohm fortæller at  $Z$  er induktiv. 

$-J$  Ohm fortæller at  $Z$  er kapacitiv. 

$J=0$  Ohm. Her har antennen resonans 

Alle antenner har en række resonans frekvenser.  
På disse frekvenser er  $Z$  ren Ohmsk og  $J = 0$  Ohm.  
Ved frekvenser hvor antennen ikke har resonans  
er  $J$  enten induktiv eller kapacitiv.

**Herefter interesserer vi os kun for de frekvenser  
antennen er konstrueret til.**

Alt efter hvilken antenntype man arbejder med vil  $Z$  på resonans frekvensen være forskellig.

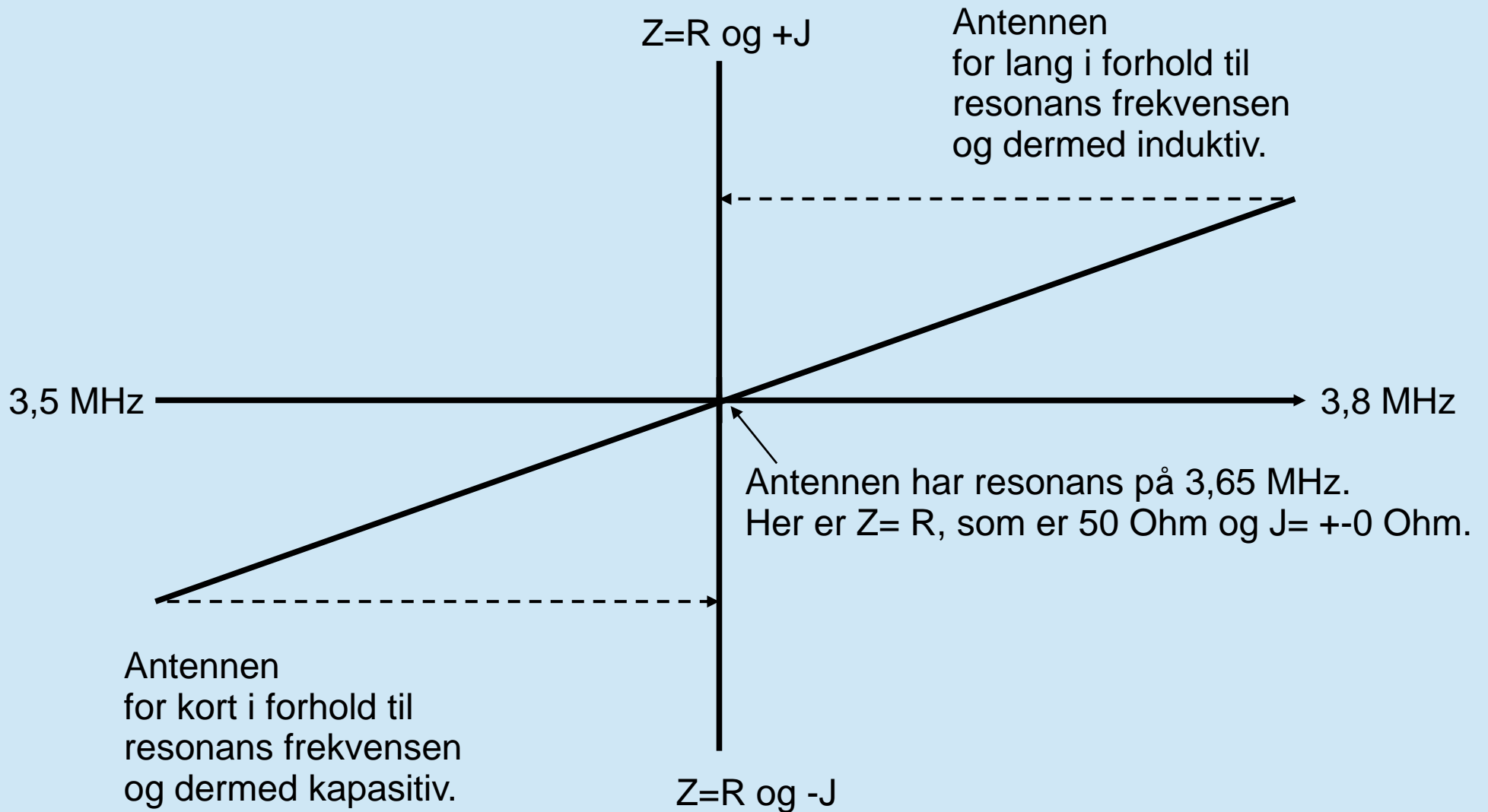
På en dipol ca. 73 Ohm, en yagi f.eks. 20 Ohm, en loop ca. 100 Ohm, en endepunkt fødet antenne, flere kOhm.

**Fælles for alle antenner er, at hvis de er længere end ved resonans frekvensen (øvre båndgrænse), er de Induktive, altså +J. Hvis de er kortere, (nedre båndgrænse), er de kapasitive, altså -J.**

Da man sædvanligvis ønsker en fødeimpedans på 50 Ohm kan det i nogle tilfælde være nødvendig at foretage en tilpasning. Beregning af denne kan ske på mange måder. En af dem er ved hjælp af et Smith chart program som kan downloades her, som demo, men det dækker rigeligt vores behov:

[www.fritz.dellsperger.net](http://www.fritz.dellsperger.net)

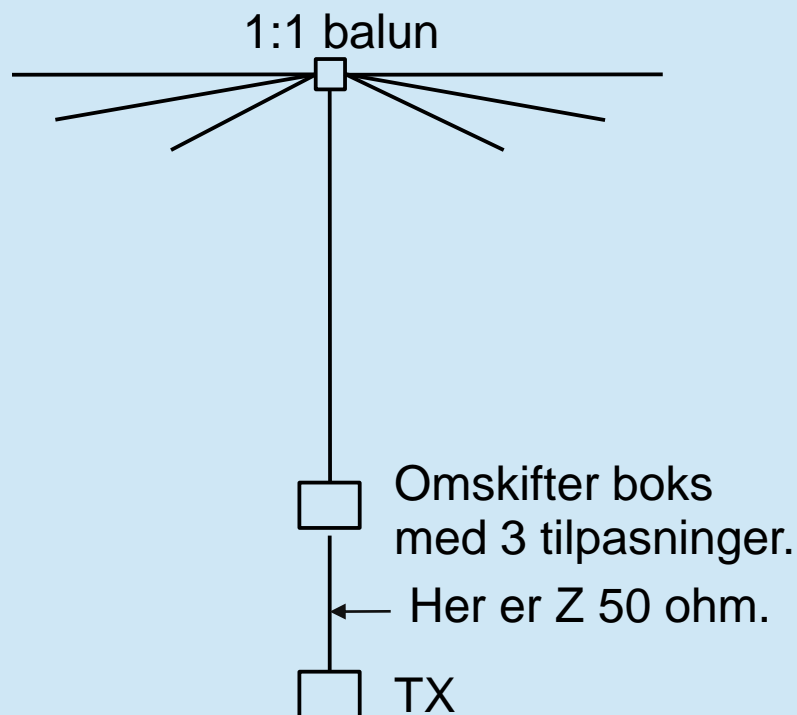
# Impedansforløb i en 80 m. antenne.



## Eksempel.

Et tre båndes antennesystem, hvor VSWR er dårligere end 2:1 på alle båndene.

Der ønskes et VSWR der er så tæt som muligt ved 1:1 på båndene . Derfor er tilpasning nødvendig.



Man bør altid lave tilpasningen ved antennens fødepunkt, men hvis dette ikke er muligt kan man også lave den et tilfældigt sted på feederen, forudsat at VSWR ikke er helt i skoven. Hvis VSWR er for dårlig bliver effekt tabet stort pga. kabel dæmpningen og man risikerer at ødelægge feederen pga. store spændinger og strømme, som kan forårsage overslag eller nedsmeltning.

I eksemplet er det nødvendigt med tre forskellige tilpasninger som man kan vælge mellem med en Omskifter, se OZ8CTH's artikel I OZ 5/2015. Da Z, på grund af feeder længden, kan antage alle mulige størrelser inden for et nærmere afgrænset område, **skal tilpasningen placeres præcis der hvor man måler, ingen lange målekabler, da disse vil indgå i feederens længde.**

Fremgangsmåde.

Måling af antennesystemets Z med et instrument hvor man har mulighed for at aflæse R og J, f.eks. VNA, Rig expert eller lign. **Målingerne foretages på båndenes centerfrekvens**, uanset om VSWR er bedre på en anden frekvens. Hvis det kniber med at få VSWR på plads ved båndgrænserne (80 m.) kan man evt. dele båndet op i to og så lave en tilpasning midt i hver halvdel.

## Impedanstillpasning af antenner.

Kan ske på mange måder, hairpin, basooka, mellemproportionale kabler, pi led, forskellige former for antennetunere osv.

Et af dem er et såkaldt **L tilpasningsled** som nok er den simpleste form der findes.

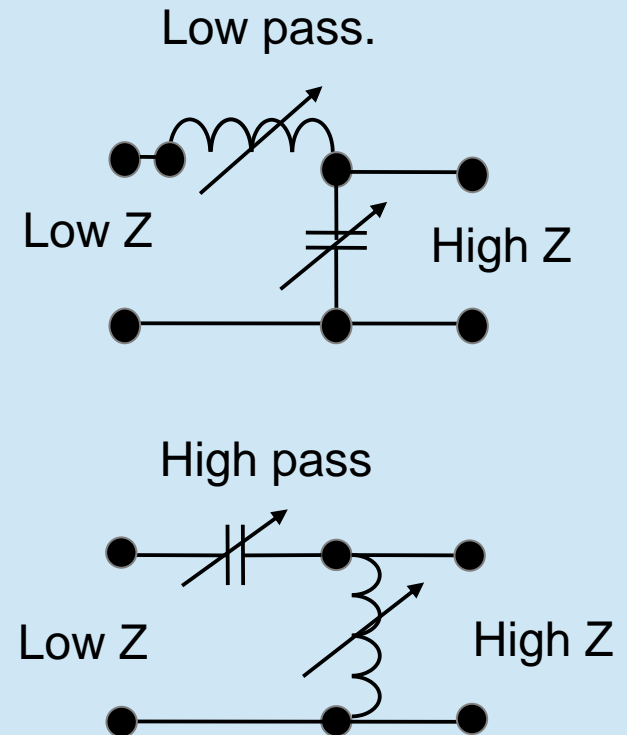
Der findes to udgaver, et der udformet som lowpass filter og et som highpass, men som tilpasningsled virker de nøjagtig ens.

Med et sådant led kan man tilpasse næsten hvad som helst til 50 Ohm, men ved store impedansforskelle kan det gå ud over ledets båndbrede og spændinger og strømme kan bliver meget høje.

**Det er disse to typer tilpasningsled vi vil beskæftige os med.**

**Leddene kan dog i nogle tilfælde bestå af enten en eller to spoler eller i andre tilfælde en eller to kondensatorer.**

Beregningen af et sådant led med en lommeregner er ret kompliceret, men ved hjælp af et Smith chart program, er det så let at det næsten gør ondt.

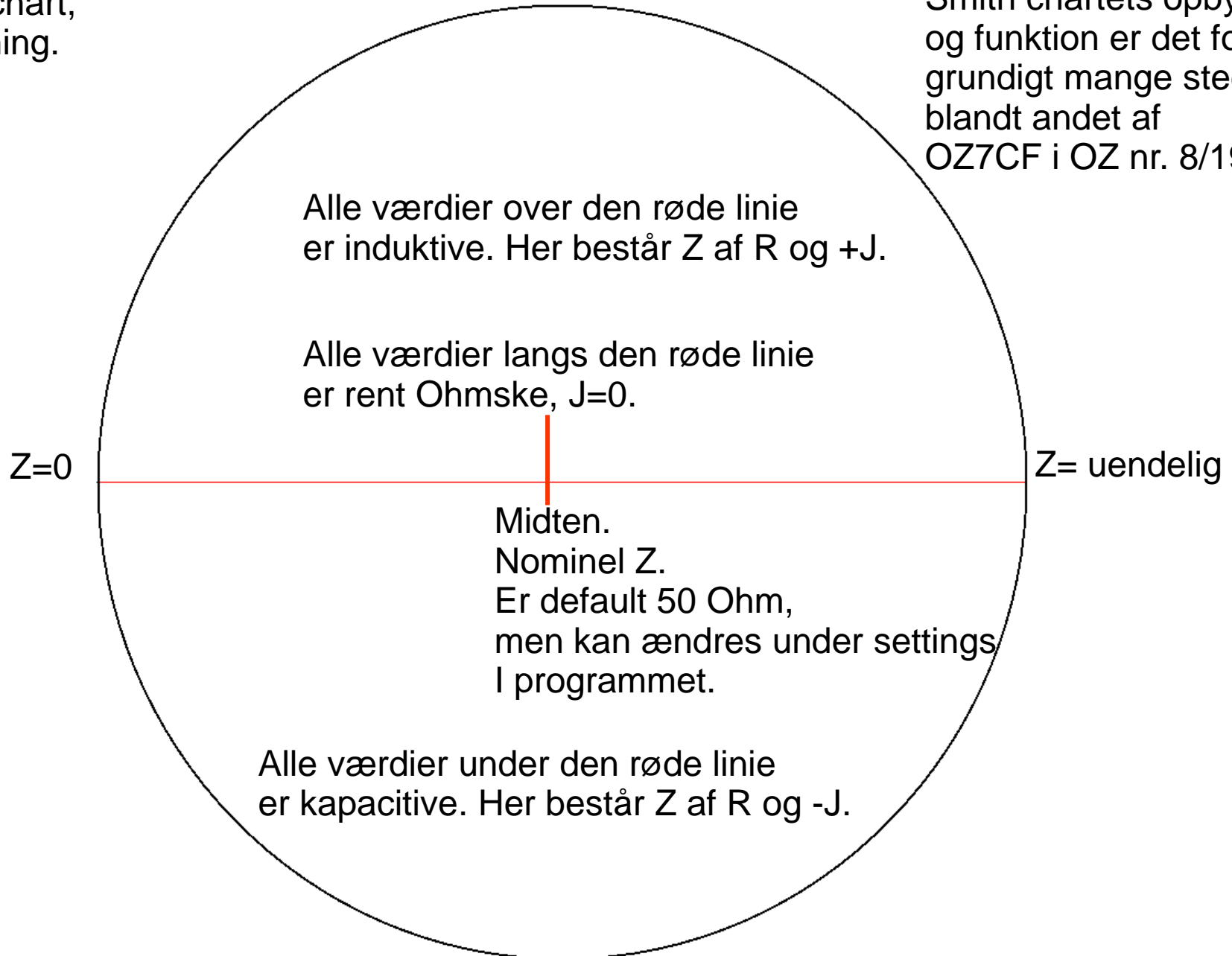


Bem.: Det er ikke muligt at tune leddene så high Z og low Z bytter plads.

Hvis antennens impedans er under 50 Ohm hænger man den på low Z siden, hvis den er over, på high Z siden.

Smith chart,  
opbygning.

Hvis man vil vide mere om  
Smith chartets opbygning  
og funktion er det forklaret  
grundigt mange steder,  
blandt andet af  
OZ7CF i OZ nr. 8/1969.

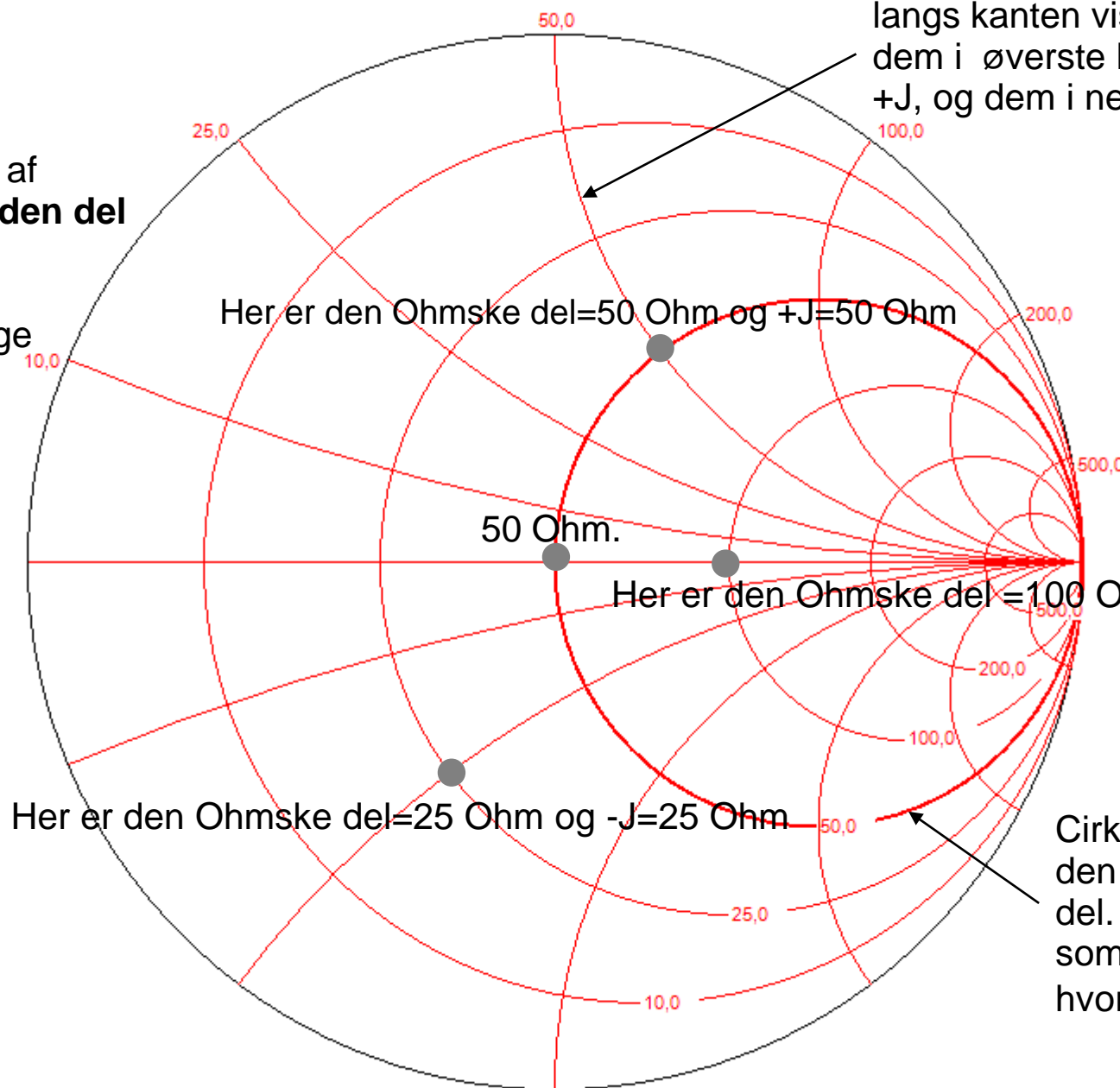




# Smith chart, opbygning.

Billedet viser Z planet af Smith chartet. **Det er den del vi arbejder med.**

Der er indsat forskellige eksempler på Z.



De røde kurver som ender langs kanten viser J delen, dem i øverste halvdel af chartet +J, og dem i nederste -J

Her er den Ohmske del=50 Ohm og +J=50 Ohm

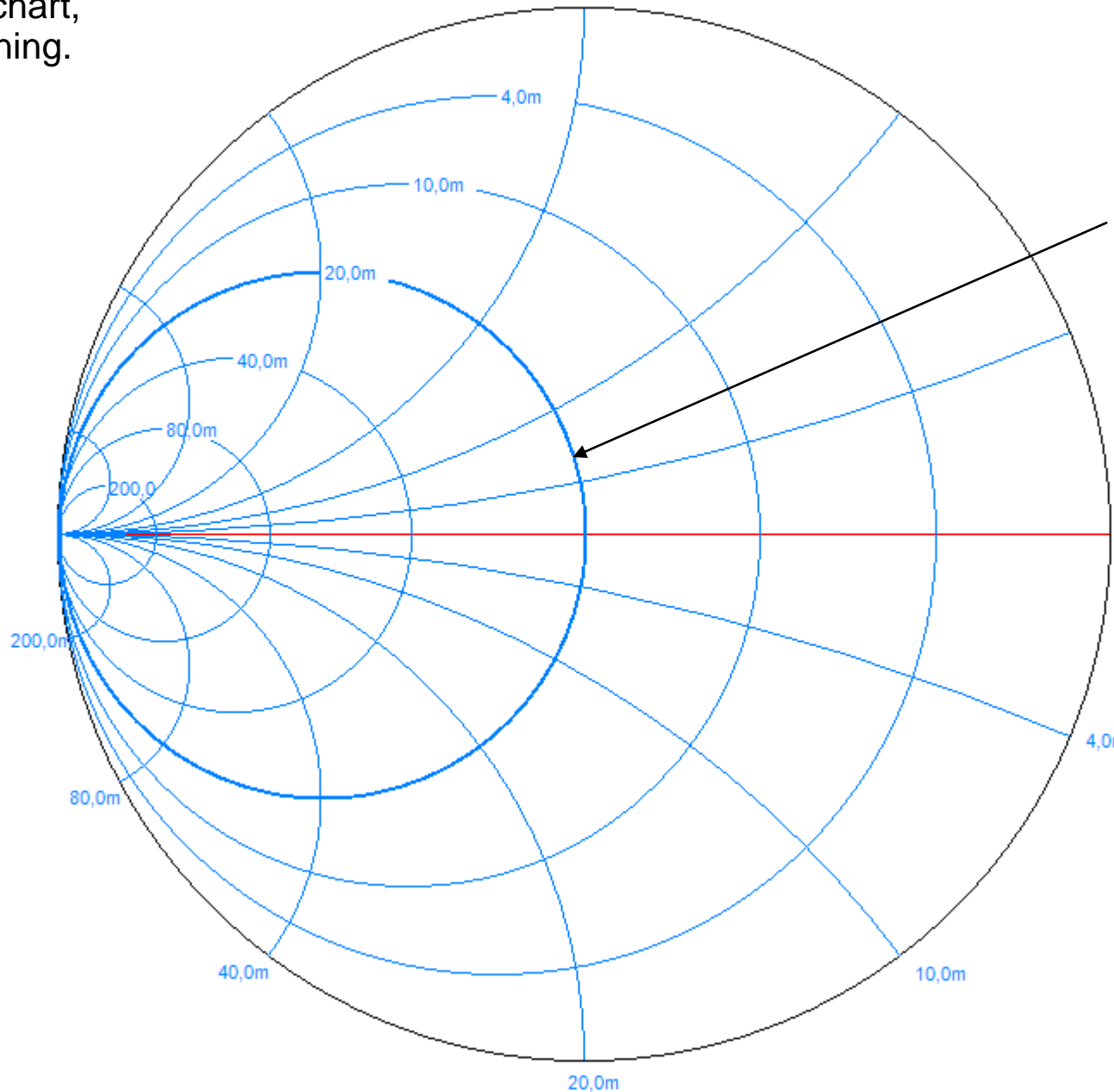
50 Ohm.

Her er den Ohmske del =100 Ohm og J=0 Ohm

Her er den Ohmske del=25 Ohm og -J=25 Ohm

Cirklernerne viser den rent Ohmske del. Bem. den tykke, som krydser midten hvor Z er 50 Ohm.

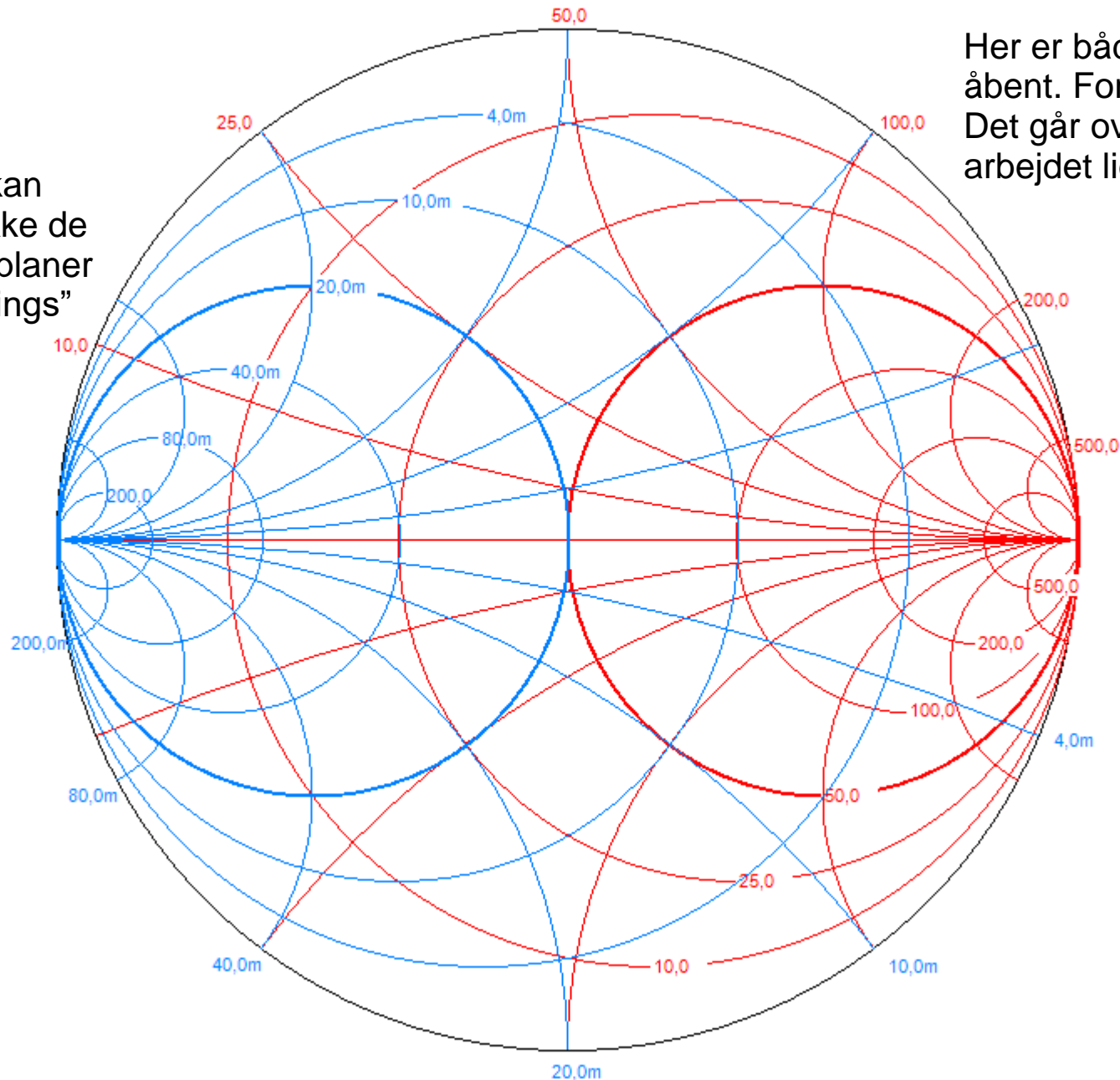
Smith chart,  
Opbygning.



Her er Y planet.  
Det bruger vi ikke til  
beregningerne.  
Men vi åbner det  
alligevel fordi den  
tykke blå cirkel der  
krydser midten er god  
at have som reference.  
Demonstreres senere.

Smith chart,  
opbygning.

Bem: Man kan  
Åbne og lukke de  
Forskellige planer  
Under "Settings"  
I menuen.



Her er både Y og Z planet  
åbent. Forvirrende?  
Det går over når man har  
arbejdet lidt med det hele.

Smith chart.

Opsætning af programmet.

1. Start programmet.
2. Gå ind under "settings" i menuen øverst i billedet.
3. Reset defaults og **indtast 7 MHz som default frekvens, da alle mine eksempler er lavet på denne frekvens.**
4. Sæt Schematic orientation til Vertical. Dette bevirker at diagrammet står lodret, mens teksten står vandret i schematic vinduet. Det er hvad jeg foretrækker, men det er helt op til den enkelte hvad man vælger.
5. Check at "default Z0" er sat til 50 Ohm.  
Klik ok.
6. Gå ind under "circles" i menuen og vælg "VSWR" fanen.  
Her sættes et flueben i rubrikken 1.5  
Nu ses en cirkel midt på chartet. Alle impedanser langs denne cirkel munder ud i et VSWR på 1:1.5. VSWR er altid bedre end 1:1.5 for alle data indenfor denne cirkel. Man kan også indtaste et hvilken som helst størrelse af VSWR under "Select Other", hvis man har brug for det.  
Klik ok.

Smith chart.

Opsætning af programmet.

Indlæsning af data i programmet foretages enten med musen eller keyboardet, begge findes i menuen.

Når man venstreklikker på "keyboard" ses dette vindue på skærmen.

Her er det vigtigt at de to markeringer er sat som vist.

Z indtastes som: R delen under Re og J delen under Im.

+J indtastes uden fortegn og -J med fortegn.

Data Point

impedance ( $\Omega$ )  
 admittance (Siemens)  
 reflection coefficient

Re   
Im

cartesian  
 polar

frequency

(exponential format, e.g. 567.34e-3)

OK  Cancel  Help

Smith chart.  
Brug af programmet.

**I Cursor vinduet interesserer vi os kun indholdet i de tre markerede felter.  
Z0 ændrer sig ikke, er sat til 50 Ohm under "settings".**

Cursor			
Return Loss	0,32 dB	VSWR	54,80 :1
Q	27,16	$\Gamma$	0,964 / -97,413 °
Y	(0,84+j22,75)mS	Z	(1,62-j43,89) $\Omega$
Zo	50,0 $\Omega$	Freq	7,0MHz

Smith chart,  
brug af programmet.

Vi leger at vi har målt **Z**:

Enten **1**: på enden af en feeder med  
tilhørende 7 MHz antenne.

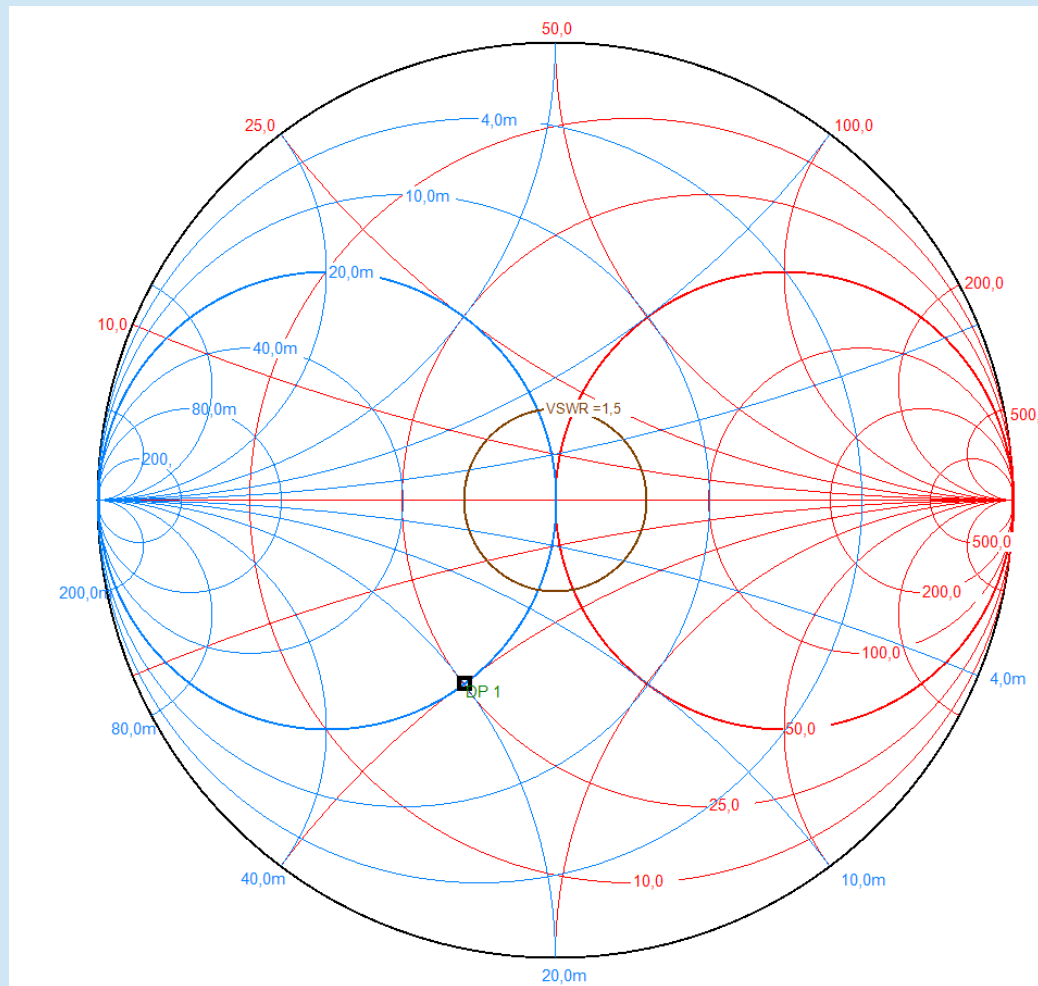
Eller **2**: direkte i antennens fødepunkt som:  
**R = 25 Ohm, J = - 25 Ohm**. Venstre klik på  
"keyboard" i menuen og indtast værdierne.  
Den Ohmske værdi under: **re** og + eller - J  
under: **im**, samt den **frekvens** man har målt  
værdierne på og klik ok.

Herefter ses et datapoint på Smith chartet.

**Dette datapoint repræsenterer enten  
1: antennen og feederens samlede Z på  
Chartet, eller 2: antennens Z direkte.**

Herefter kaldes en antenne med feeder  
for et **antennesystem**.

De indtastede værdier ses i schematic.



Data Point

impedance ( $\Omega$ )  
 admittance (Siemens)  
 reflection coefficient

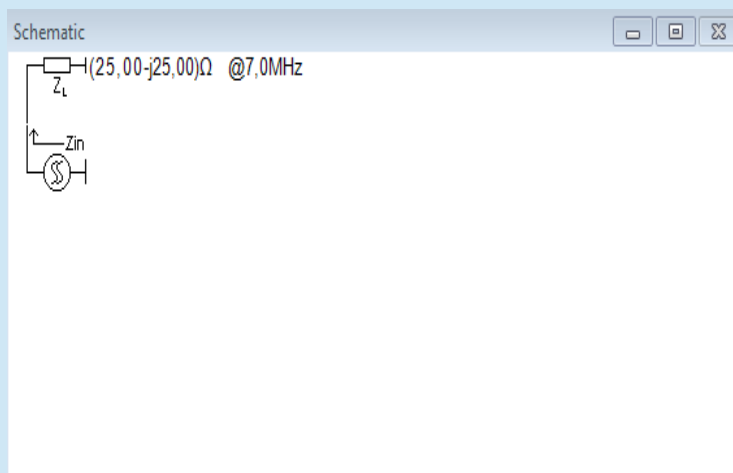
re: 25 im: -25

cartesian  
 polar

frequency: 7 MHz

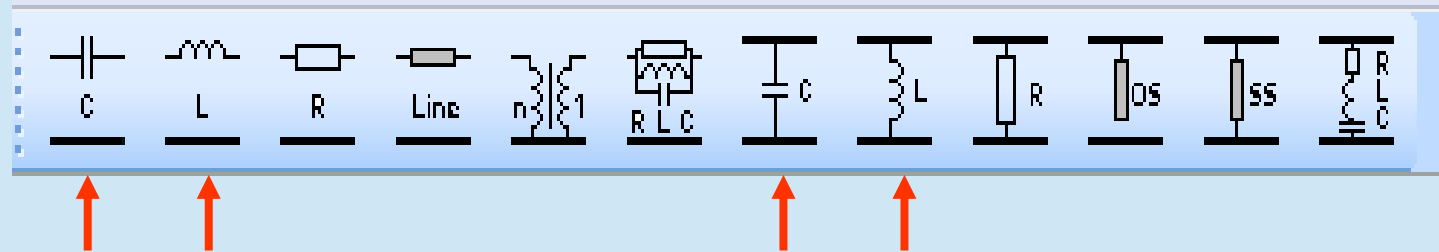
(exponential format)

OK Cancel Help



Bem. Der findes  
en Undo og en Redo  
funktion under  
"Rediger" i menuen.  
Undo kan også  
foretages ved at  
højreklikke på musen.

Smith chart,  
Brug af programmet.



I menuen har man nu mulighed for at vælge en af de viste komponenter. I del 1 anvender vi kun de fire markerede.

Vi fortsætter på det forrige billede med datapunktet og gør følgende:

Venstreklik på en af komponenterne. Flyt på musen, og man vil nu se at cursoren kun kan følge en bestemt linje på chartet. Denne linje skulle gerne krydse enten den tykke blå eller røde cirkel eller, hvis man er heldig, 50 Ohms punktet midt på chartet. Hvis dette ikke lader sig gøre, så slip komponenten ved at højreklikke, og gentag processen med næste komponent.

Når man har fundet den rigtige, venstreklikker man på den første af de tykke cirkler man nu rammer eller, hvis man er heldig, på selve 50 Ohm punktet, hvorefter et nyt datapoint ses på chartet.

Hvis man er havnet på midten, 50 Ohm, er man færdig, og komponentværdien kan aflæses i schematic.

Hvis man er havnet på en af cirklerne, vælges næste komponent. Med den rigtige kan man nu altid havne på 50 Ohm punktet og klikke på det. Herefter ses værdien af de to komponenter i schematic. Hvis tilpasningen består af en spole og en kondensator, vil det være muligt at lave ledet i to forskellige udgaver, som højpas eller som lavpas filter.



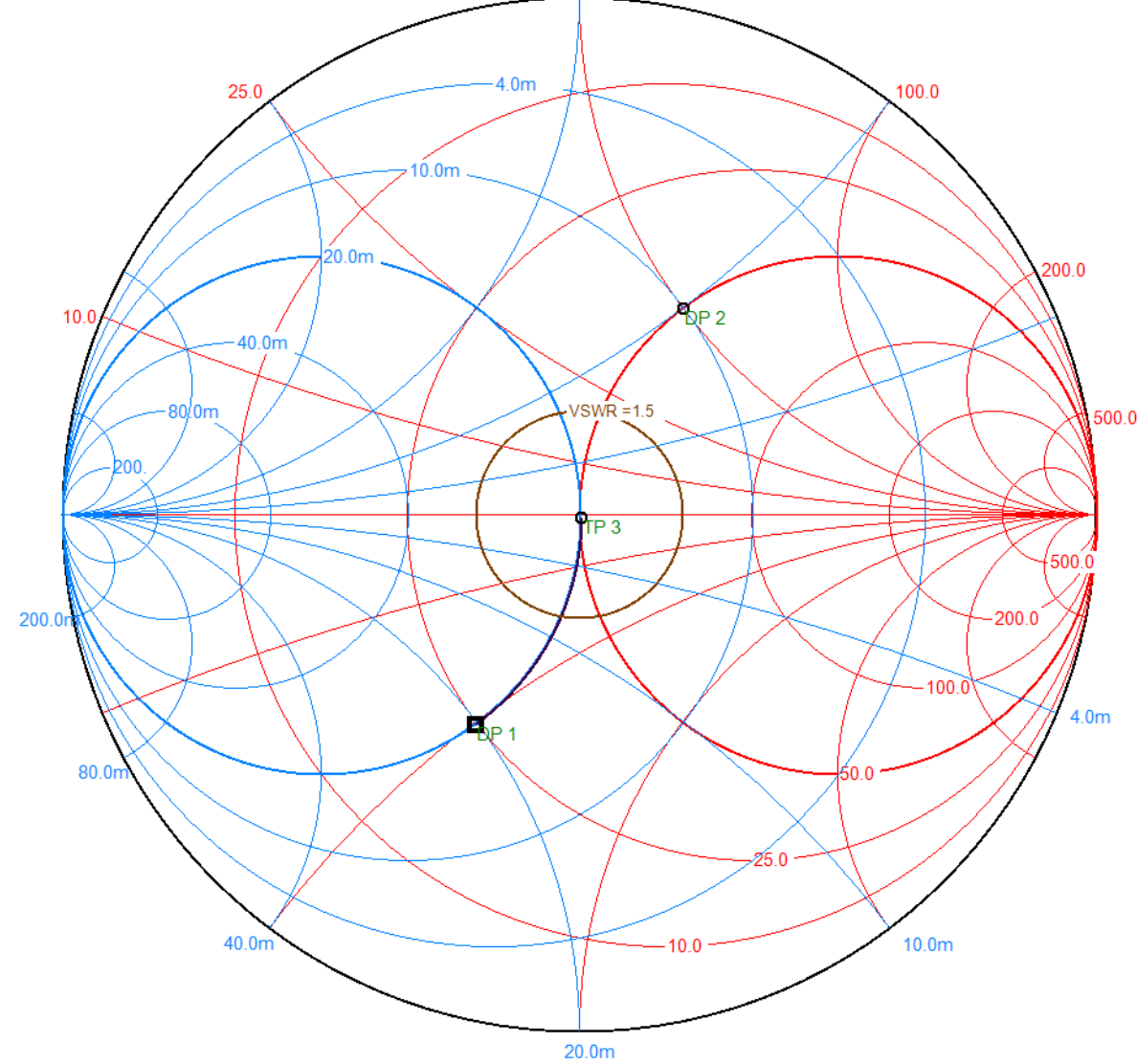
## Smith chart, Brug af programmet.

Eksempel på tilpasning med een komponent. Fortsæt på det datapoint vi indtastede tidligere.

Vælg en komponent i menuen, her en parallel spole, ved at venstre klikke på den. Venstre klik herefter på 50 Ohms punktet. Der var vi heldige, kun en parallel spole er nødvendig for at ramme 50 Ohm.

Færdigt arbejde. Rul en spole med den værdi som ses i schematic, monter den som vist og mål igen. Hvis alt er gjort korrekt vil Z nu være meget nær 50 ohm.

Hvis man har målt data som ender op med datapoint 2 vil ledet bestå af en enkelt seriel kondensator, prøv selv.



Schematic



$Z_L = (25,00 - j25,00)\Omega$  @7,0MHz

1,1uH

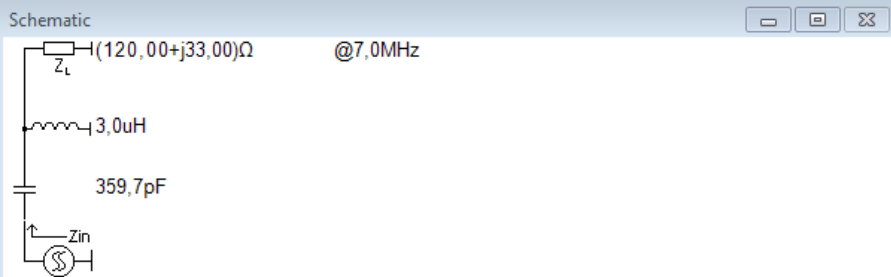
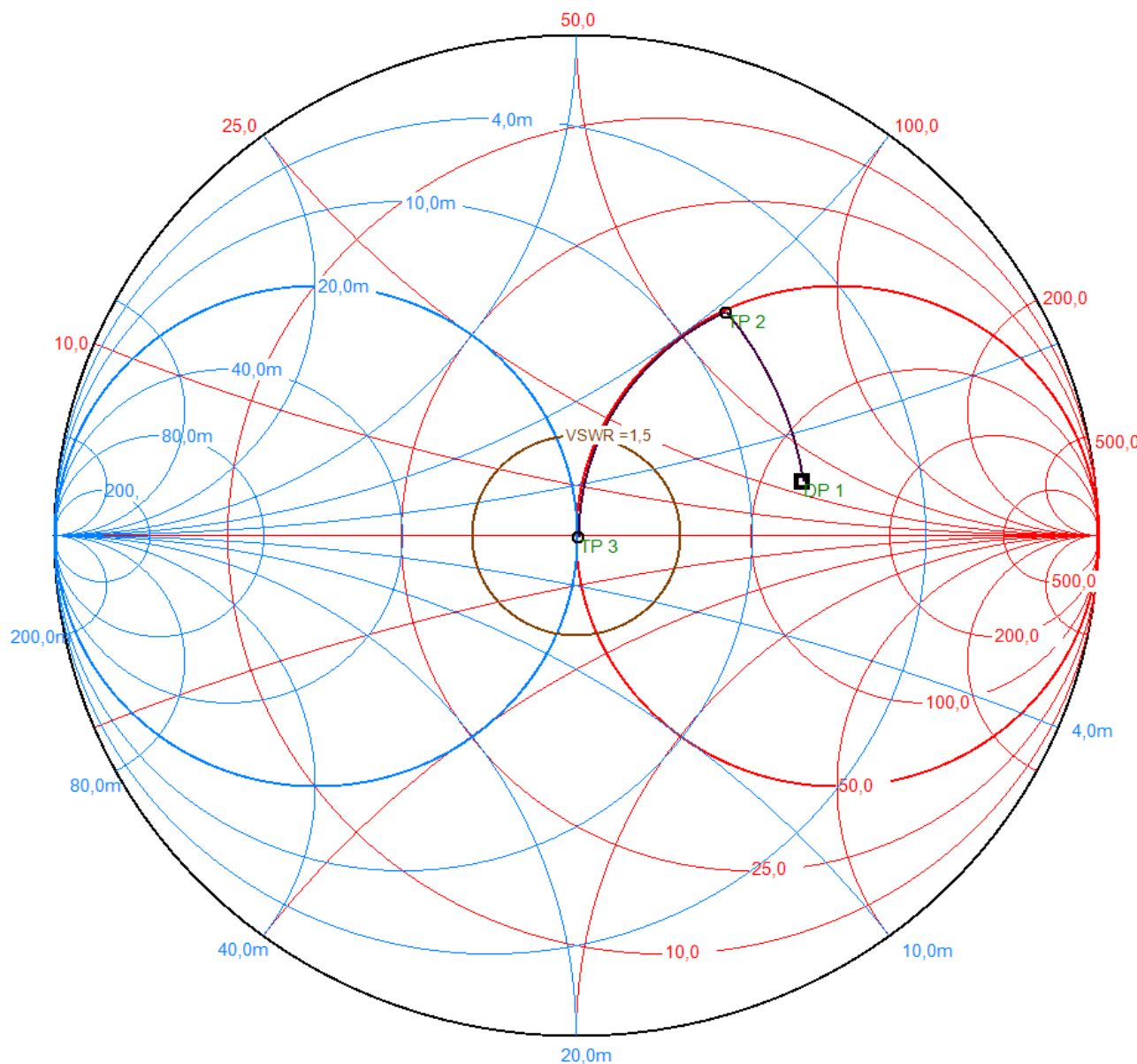
$Z_{in}$

Bem.: Hvis det målte datapoint befinder sig på, eller tæt på, en af de tykke cirkler kan tilpasningen klares med een komponent.

Smith chart,  
Brug af programmet.

Eksempel på en tilpasning udført som highpass. Dette betyder at Første komponent enten er en seriel kondensator eller parallel spole.

Indtast et datapoint, her er valgt  $R=120\ \Omega$  og  $J=+33\ \Omega$ . Find de rigtige komponenter. Her er første komponent en parallel spole. Find denne i menuen, venstre klik og flyt cursoren op på den tykke røde cirkel og venstre klik igen. Vælg næste komponent, her en seriel kondensator, og indsæt den på samme måde som spolen. Nu har man begge værdier i tilpasnings ledet og kan gå i gang med at bygge det.



Bem.:  
Hvis datapointet befinder sig indenfor en af de to tykke cirkler vil tilpasningen altid bestå af et LC led.

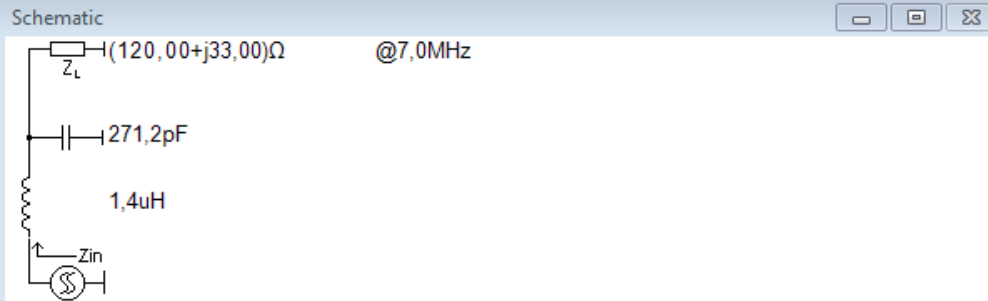
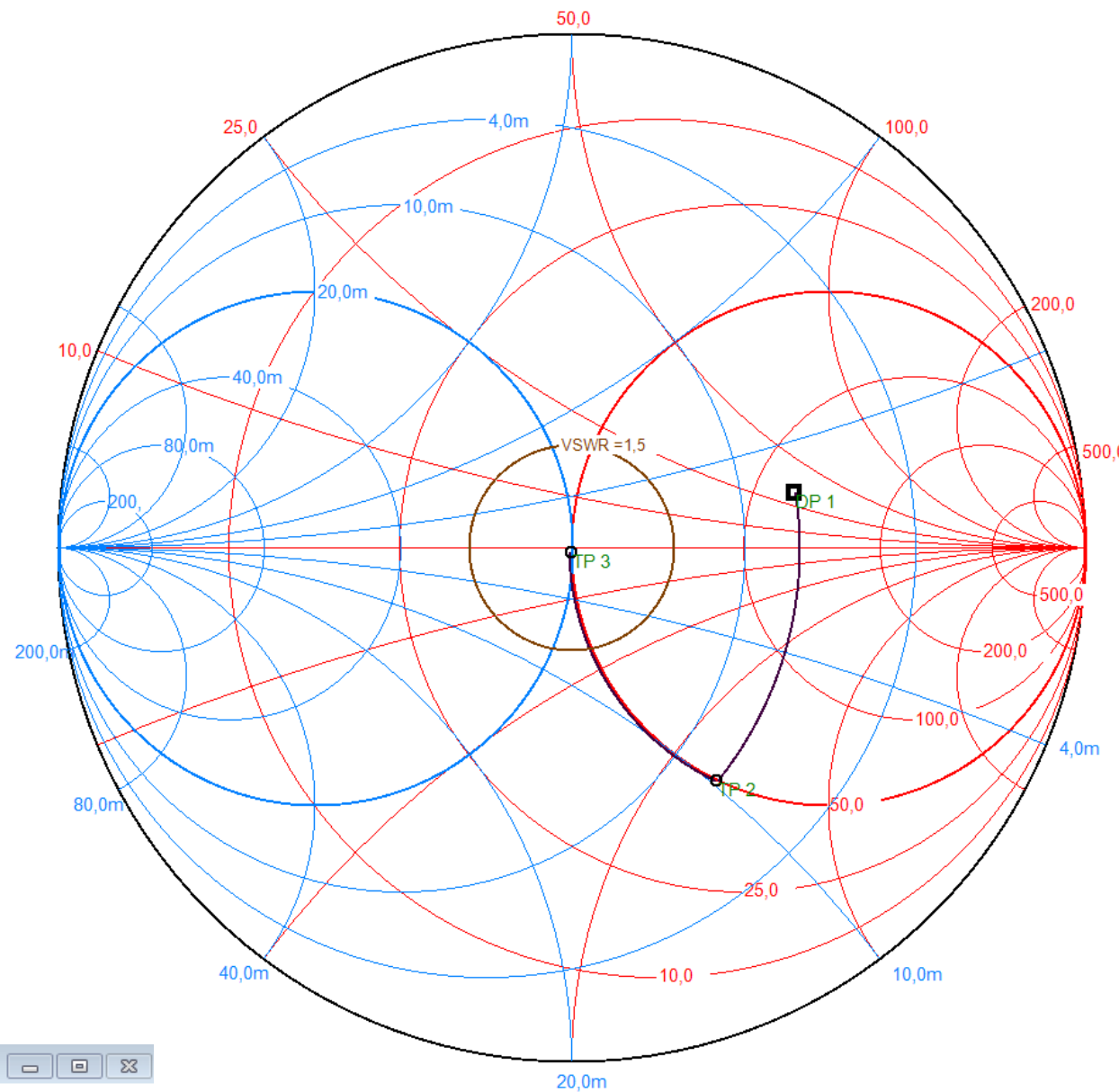
Smith chart,  
Brug af programmet.

Samme datapoint som før,  
men ledet udført som lowpass  
filter.

Dette betyder at første  
komponenten må være enten en  
parallel kondensator eller en  
seriel spole.

Vælg første komponent, her en  
parallel kondensator. Vælg  
herefter næste komponent som  
her er en seriel spole.

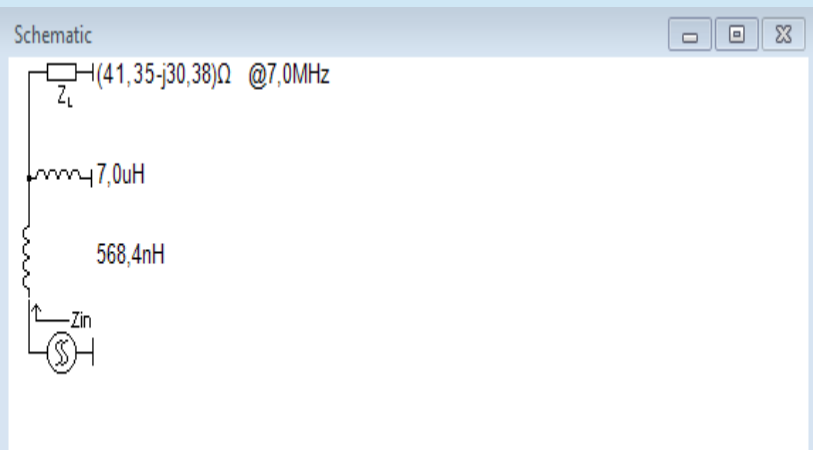
Som det ses er tilpasningen den  
samme, uanset om man vælger  
highpass eller lowpass løsningen.



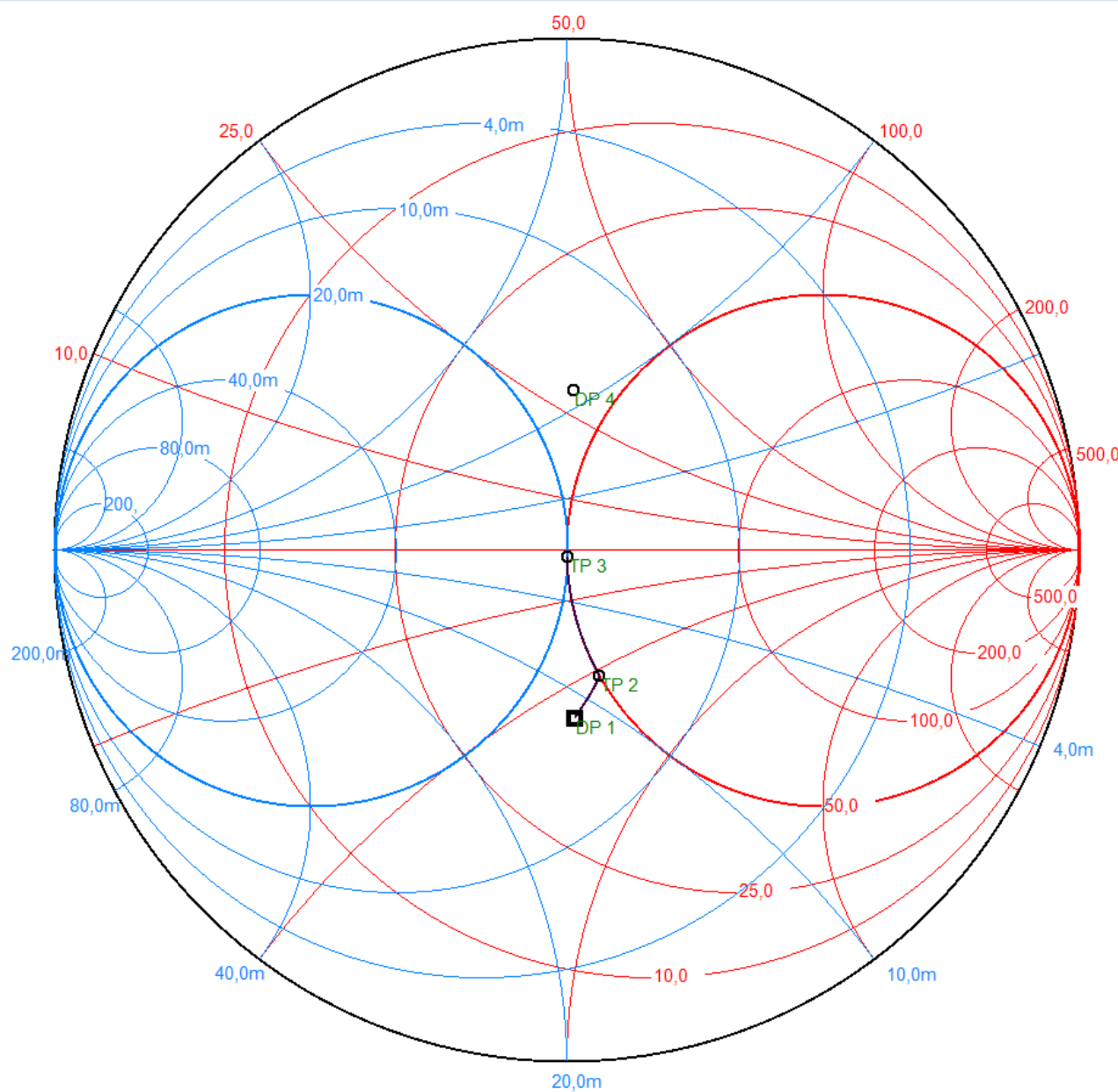
Smith chart,  
Brug af programmet.

I nogle tilfælde kan ledet komme til at bestå af to spoler, se billederne.

Eller hvis målingen resulterer i datapoint 4, to kondensatorer. Prøv selv at finde de rigtige komponenter. Her er der indsat et tilfældigt datapoint vha. musen.



Start	Point	Z	Q	Frequency
<input checked="" type="checkbox"/>	DP 1	(41.345 -j30.375) Ω	Q=0,735	7,0MHz
	TP 2	(49.823 -j26.257) Ω	Q=0,527	7,0MHz
	TP 3	(49.823 -j1.257) Ω	Q=0,025	7,0MHz
<input type="checkbox"/>	DP 4	(41.945 +j29.175) Ω	Q=0,696	7,0MHz



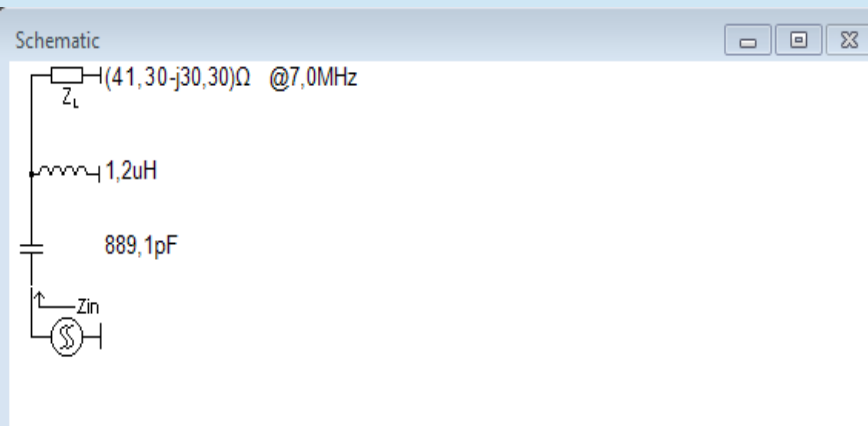
Bem.:

Hvis datapointet befinder sig udenfor de to tykke cirkler kan tilpasningen bestå enten af to spoler eller to kondensatorer.

Smith chart,  
Brug af programmet.

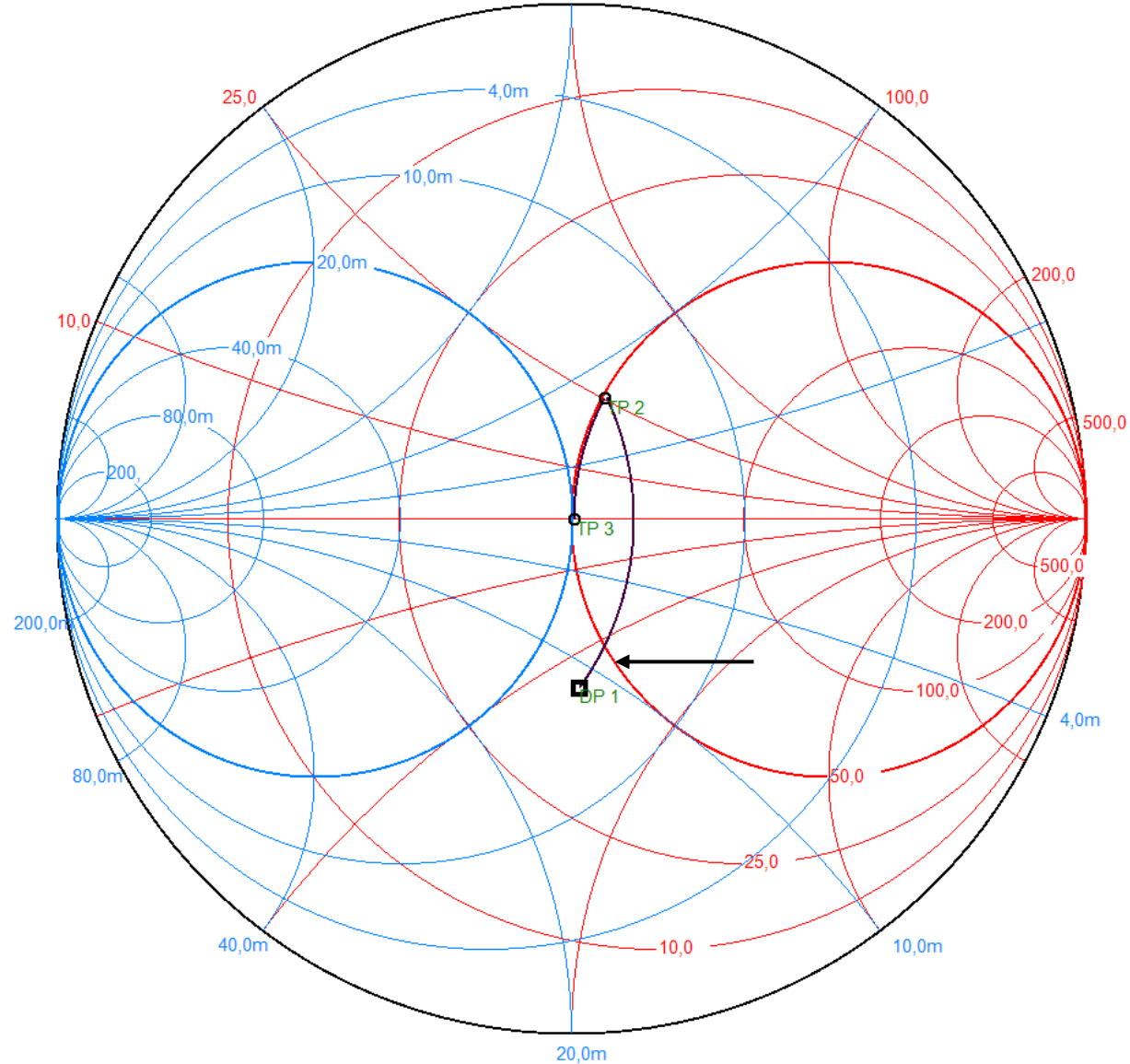
Samme datapoint som før.

Dette eksempel er lavet for at vise at man **altid** kan bruge et L tilpasnings led (se side 7) som tilpasning.



Datapoints

Start	Point	Z	Q	Frequency
<input checked="" type="checkbox"/>	DP 1	(41,300 - j30,300) Ω	Q=0,734	7,0MHz
<input type="checkbox"/>	TP 2	(50,608 + j25,572) Ω	Q=0,505	7,0MHz
<input type="checkbox"/>	TP 3	(50,608 + j0,000) Ω	Q=0,000	7,0MHz



Bem.:

I det viste eksempel findes der ikke en passende "anden" komponent, som skal være en kondensator, første gang man rammer den tykke cirkel, det ved pilen. Men så fortsætter man bare til man rammer cirklen anden gang og fortsætter derfra.

Smith chart,  
Brug af programmet.

Tips.

Der er mulighed for at editere de enkelte komponenter i diagrammet.

Spolerne vikler man selv så de passer, men kondensatorerne kan være et problem. Her har man sikkert ikke lige den værdi man skal bruge, men så kan man forsøge sig med nærmeste standardværdi og se hvor man havner.

Dobbelklik på kondensatoren i diagrammet, indsæt den nye værdi, tryk på "Draw" og se ændringen på chartet. Når den rigtige værdi er fundet, så tryk ok.

Det er muligt at editere L på samme måde som C.

Det er også muligt at ændre komponent værdier i "Tune" som findes på menu linjen.

Edit Element

Type in the new value(s)

R  
 mΩ

L  
 nH

C  
377,000 pF

Trafo n=

Z0 Line impedance  Ω Er

L electr. in λ  L phys. mm

α dB/m (phys. length)

Draw

OK Cancel Help

**Byg tilpasningsledet, monter det og mål igen og I vil se at underet er sket.  
Antennens eller antennesystemets  $Z$  er nu 50 Ohm, eller meget tæt på.  
Mål herefter ved båndgrænserne for at sikre at VSWR også er ok her.**

**Bem.: Man kan selvfølgelig også bruge programmet til at beregne  
Tilpasnings led til alle mulige andre kredsløb, f.eks. krystal filtre,  
transistorers indgangsimpedans osv.**

Alle skulle nu være i stand til at beregne tilpasnings led til jeres pladsbesparende, for lavt hængende villahave kompromis antenner, som I har brugt uger på at optimere.

10 minutters pause, eller hvad der nu er nødvendigt, til at lege lidt med Smith chartet. Hvis der er noget I ikke helt har forstået eller vil have gentaget, så sig endelig til.

**Slut på del 1.**

OZ1CBW .



# Del 2.

Består af følgende:

1. Kort gennemgang af del 1, og svar på eventuelle spørgsmål.
2. Lidt mere om tilpasning.
3. Jeg har brugt en del tid på at lege med Smith chartet og er nået frem til nogle ting som jeg egentlig godt nogenlunde vidste i forvejen, men aldrig rigtigt har fået undersøgt til bunds.  
Gennemgang af noget af det jeg har fundet frem til.

OZ1CBW .

Smith chart.

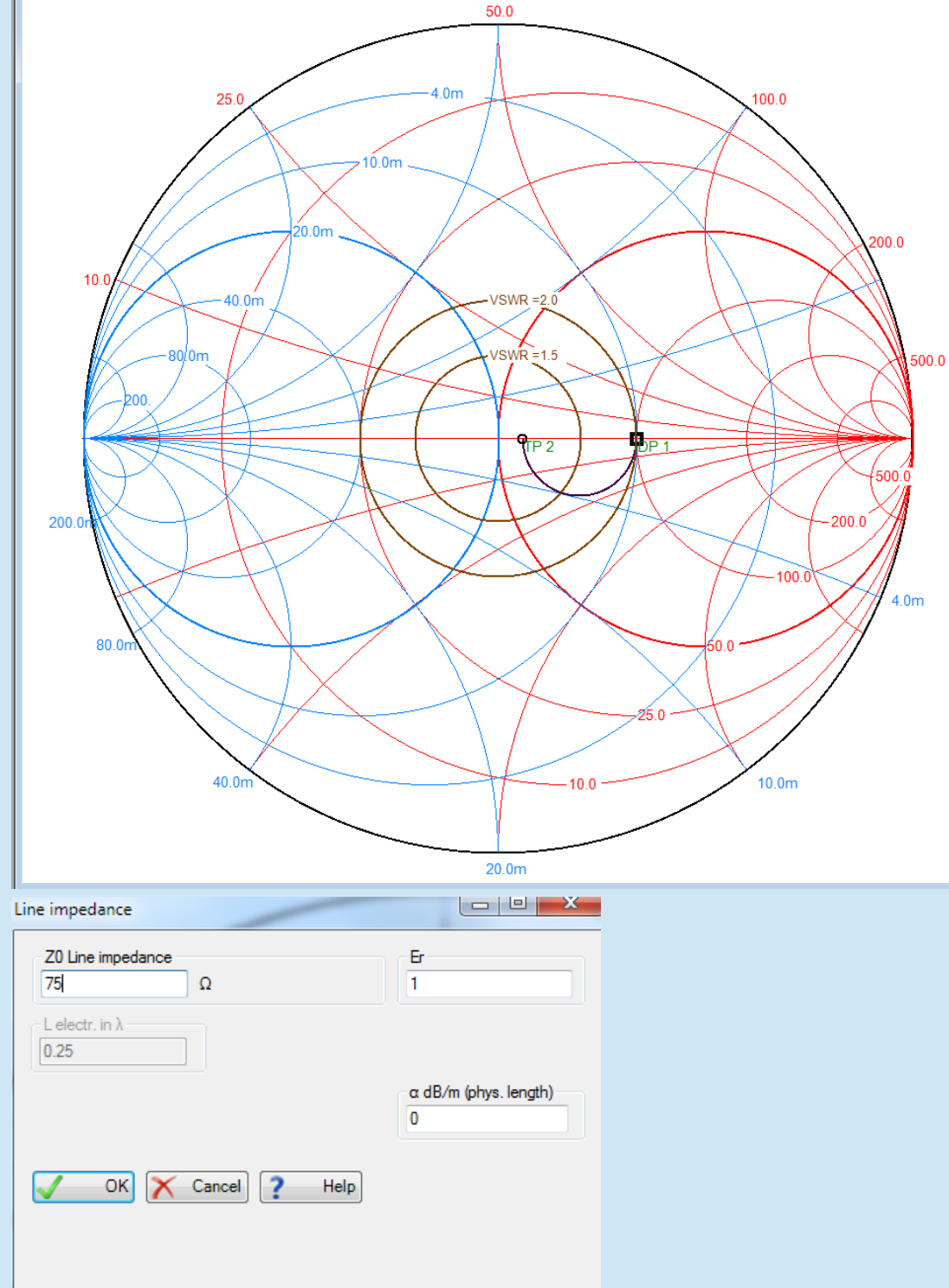
Tilpasning ved hjælp af mellemproportionale Kabler.

En del af jer ved sikkert at man kan tilpasse en antenne, som har en  $Z$  på omkring 100 Ohm, til ca. 50 Ohm ved hjælp af et stykke 75 Ohm kabel på en kvart bølgelængde, mellem antennen og 50 Ohm feederen.

Nu er vi så heldige at programmet giver os mulighed for at montere et kabel på antennen. Vælg komponenten "Line" i menuen og indtast 75 under "Z0 line impedance".

Nu ses en rød cirkel på chartet. Følg den med musen og venstre klik der hvor den krydser midterlinjen nærmest 50 Ohm punktet. Nu har man både kabellængden og den nye  $Z$  som er ca. 56 Ohm, altså bedre end et VSWR på 1:1.5.

Metoden kan kun bruges hvis antennen har resonans på eller nær frekvensen, og at  $J$  derfor er omkring 0 Ohm.

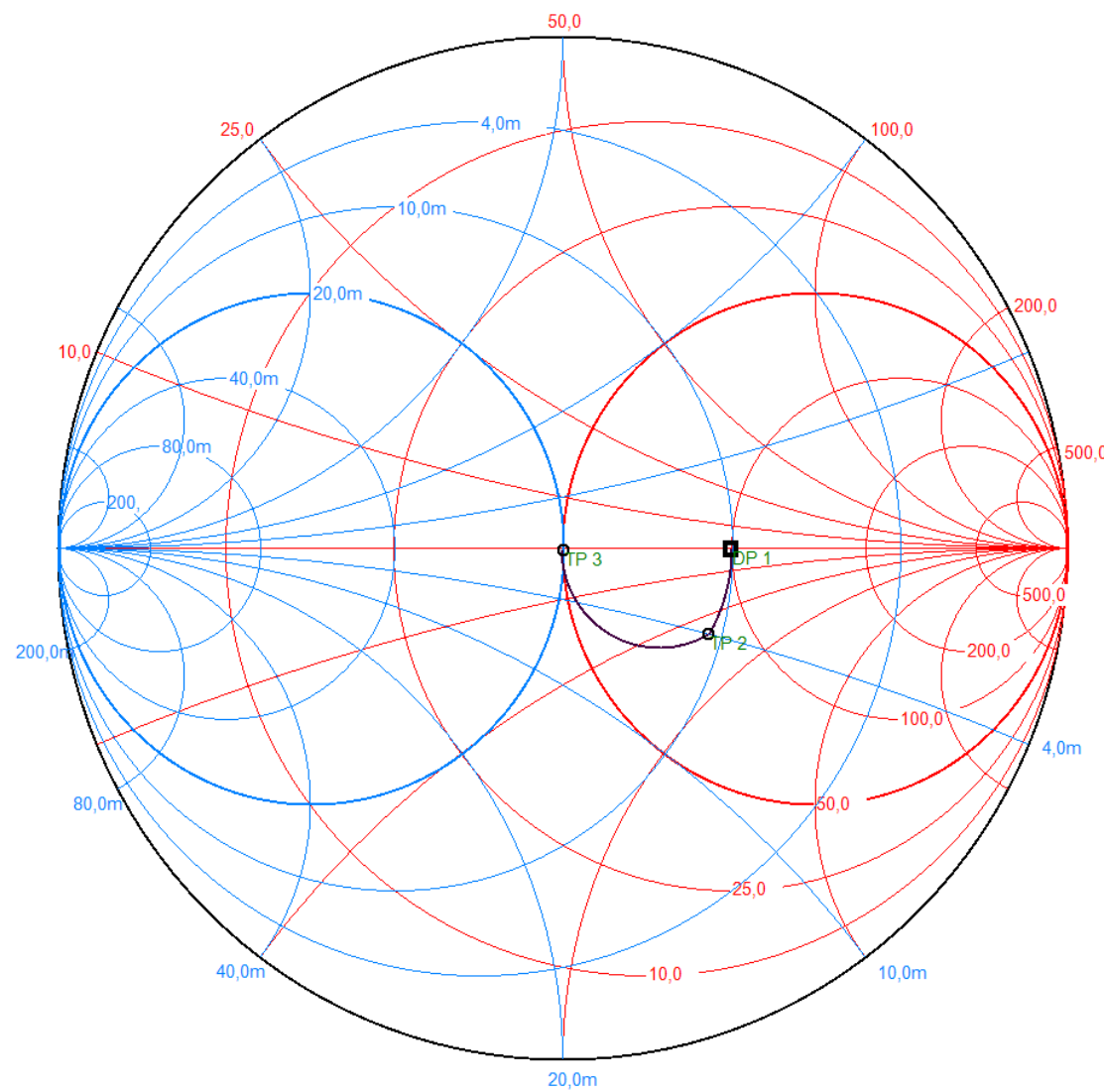


# Smith chart.

Tilpasning ved hjælp af mellemproportioale Kabler.

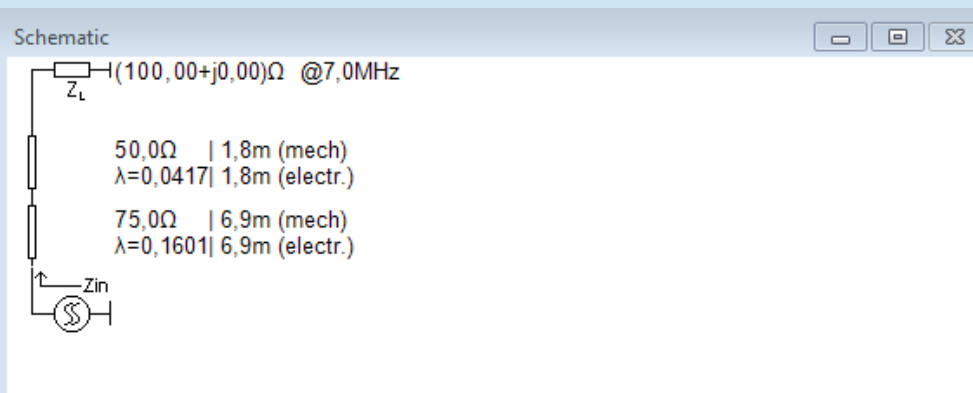
Samme datapoint som sidste billede.

Eller hvis man er perfektionist, sådan.



Datapoints

Start	Point	Z	Q	Frequency
<input checked="" type="checkbox"/>	DP 1	(100,000 +j0,000) $\Omega$	Q=0,000	7,0MHz
	TP 2	(83,221 -j31,255) $\Omega$	Q=0,376	7,0MHz
	TP 3	(49,961 -j0,238) $\Omega$	Q=0,005	7,0MHz



Smith chart,  
Brug af programmet.

Tips.

Det er ikke muligt at indtaste et kables forkortningsfaktor direkte i programmet, men i stedet isolationsmaterialets dielektrisitetskonstant.

I schematic er der vist både en elektrisk og en mekanisk kabellængde. Disse er ens så længe dielektrisitetskonstanten er 1. Denne indtastes i rubrikken "Er" i det vindue man ser når man vælger "line" eller en af kabelstubbene i menuen.

For det tomme rum er dielektrisitetskonstanten 1.  
For PE, Polyethylen er den 2,25 – 2,4, alt efter hvor man slår den op. PE er isolationsmaterialet i RG 58, RG 213 og andre lignende kabler.  
For PTFE, Teflon er den 2,0 – 2,1, også alt efter hvor man slår den op.

**Det smarteste er nok at man aflæser kablets elektriske længde i schematic, finder data på det aktuelle kabel, aflæser forkortningsfaktoren her og klarer resten med lommeregneren.**

## Smith chart.

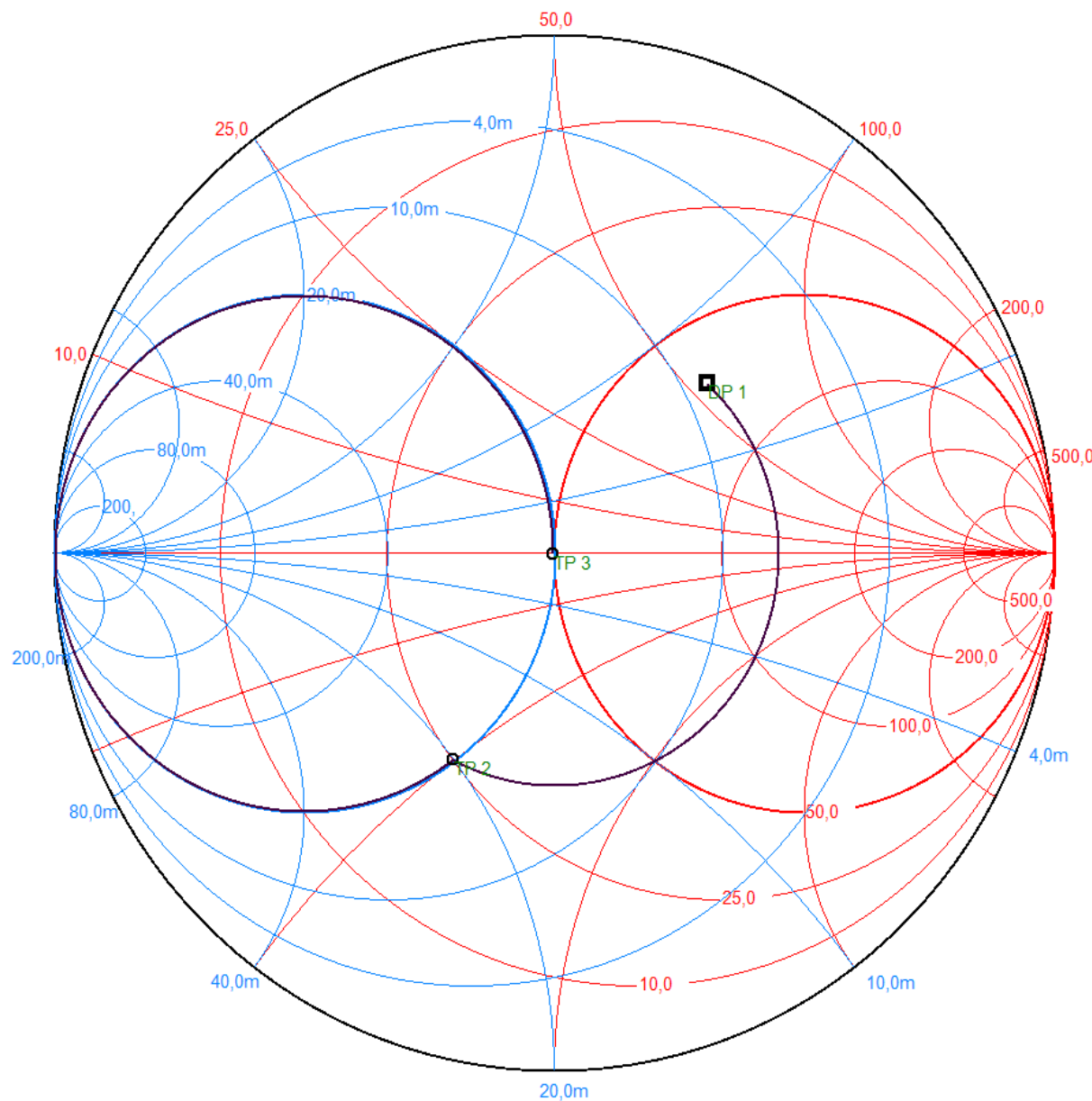
### Tilpasning ved hjælp af kabelstubbe.

Kan foretages enten med åbne eller kortsluttede kabelstubbe, begge findes menuen.

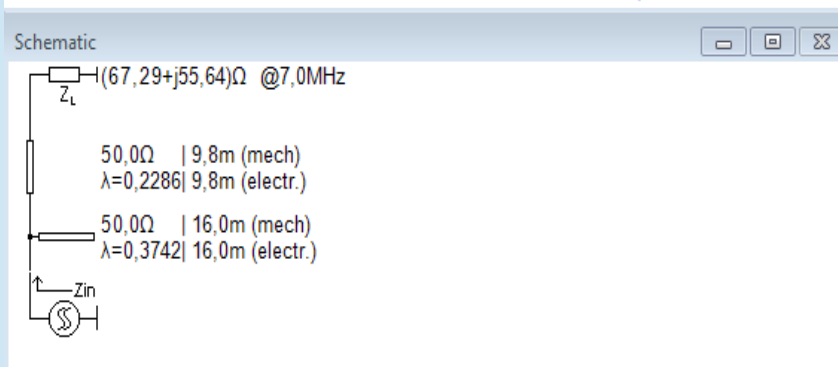
For at dette kan lade sig gøre er det nødvendigt at "flytte" Z hen på et sted hvor kabelstubbene virker korrekt. Dette gøres vha. et stykke kabel. Vælg "line" i menuen, vælg  $Z=50\ \Omega$  og forlæng feederen den korteste vej hen på den tykke blå cirkel.

Vælg herefter en af stubbene, her den åbne. Det gav en meget lang stub, se billederne.

Slet den åbne stub og prøv med den kortsluttede og se forskellen.



Start	Point	Z	Q	Frequency
<input checked="" type="checkbox"/>	DP 1	(67,289 + j55,642) $\Omega$	Q=0,827	7,0MHz
<input type="checkbox"/>	TP 2	(24,762 - j24,747) $\Omega$	Q=0,999	7,0MHz
<input type="checkbox"/>	TP 3	(49,494 + j0,000) $\Omega$	Q=0,000	7,0MHz



Smith chart.

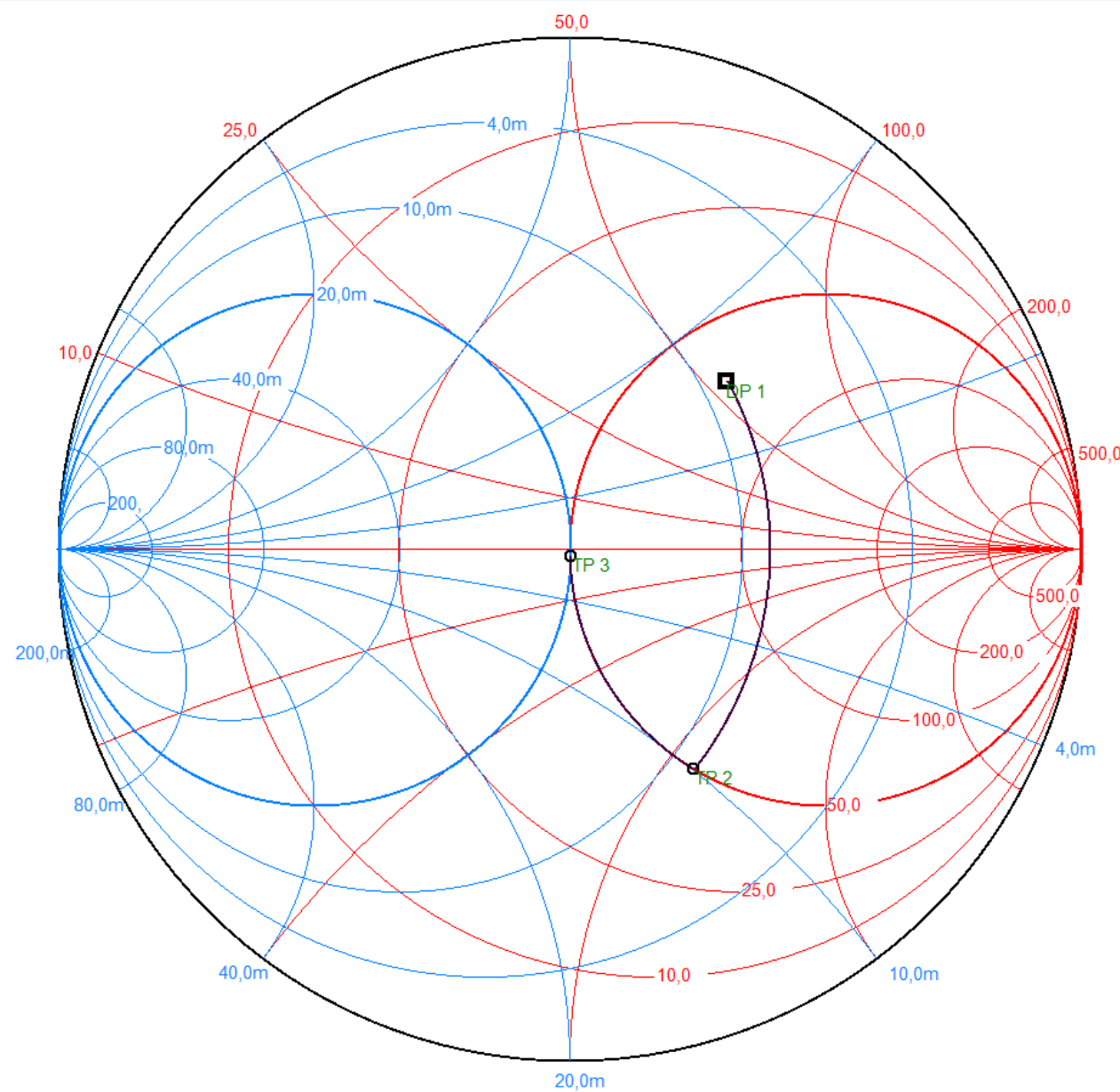
Tilpasning ved hjælp af kabelstubbe.

Samme datapoint som sidste billede.  
Man kan også kombinere de forskellige komponenter.

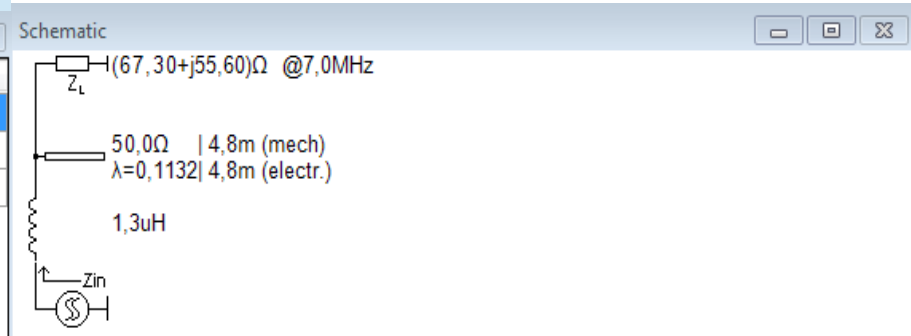
Her har man i virkeligheden erstattet en kondensator med en åben kabelstub.

Prøv at slette kabelstubben og brug en parallel kondensator i stedet.

Prøv herefter med en kortsluttet kabelstub og en seriel kondensator.



Start	Point	Z	Q	Frequency
<input checked="" type="checkbox"/>	DP 1	$(67,300 + j55,600) \Omega$	Q=0,826	7,0MHz
<input type="checkbox"/>	TP 2	$(49,940 - j56,222) \Omega$	Q=1,126	7,0MHz
<input type="checkbox"/>	TP 3	$(49,940 - j1,222) \Omega$	Q=0,024	7,0MHz



## Smith chart.

Når vi er i stand til at måle  $Z$  som  $R$  og  $J$ , kan vi definere en antennes  $Z$  på en hvilken som helst frekvens.

Vi har målt følgende direkte i fødepunktet på en antenne:

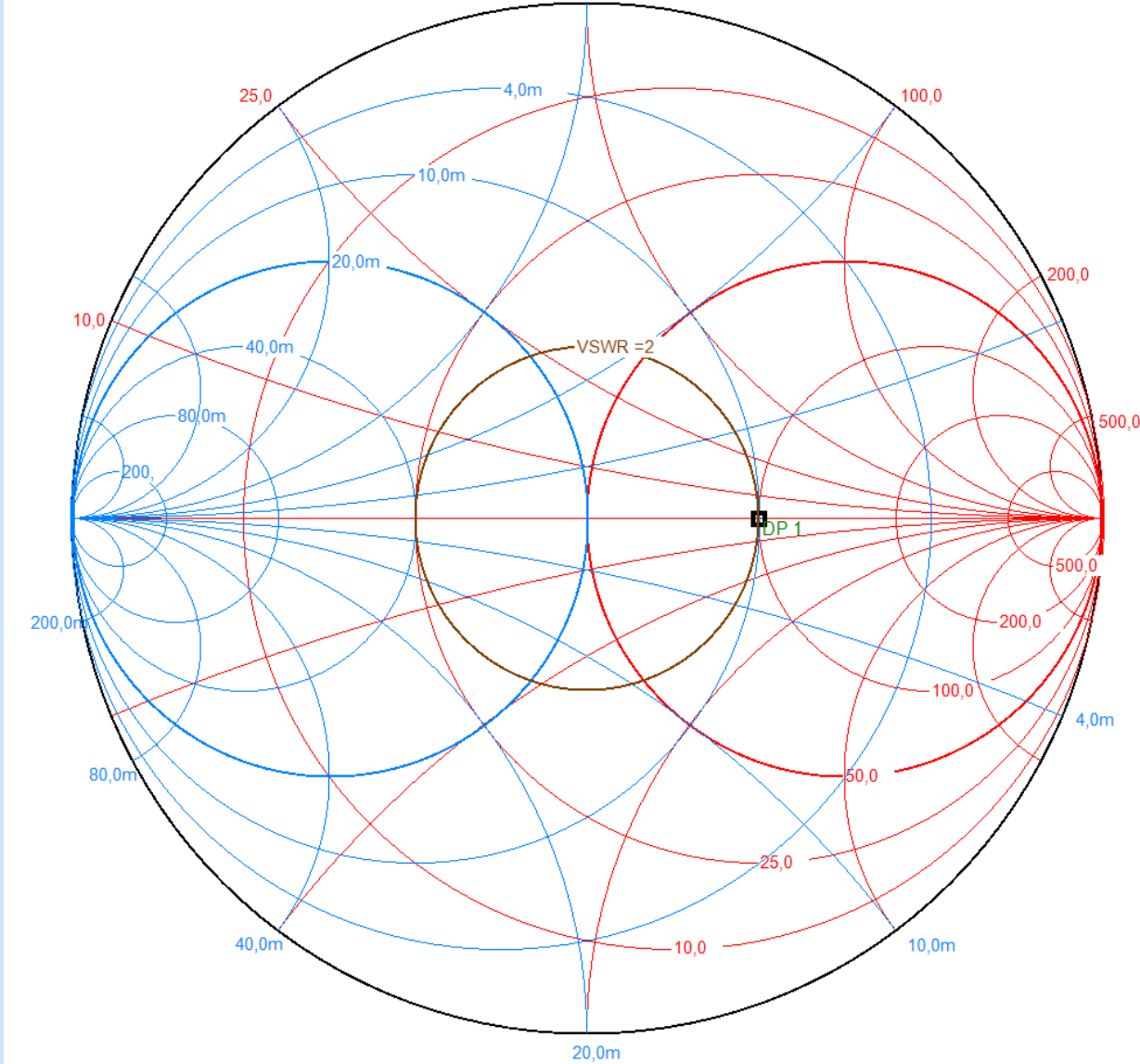
**$R=100\ \text{Ohm}$   $J=0\ \text{Ohm}$ .** Indsæt disse værdier i chartet.

Da  $J=0\ \text{Ohm}$  ved vi at antennen har resonans her.

Flyt cursoren hen på datapunktet og aflæs VSWR i cursor vinduet, her aflæser vi et VSWR på 1:2.

Læg herefter en VSWR cirkel på 1:2 ind på chartet. Hvis antennen enten er for lang eller for kort vil datapunktet ligge enten på den øverste eller nederste halvdel af VSWR cirklen.

Fortsættes på næste side.



Bem.:

Hvis man vil kende antennens VSWR ved båndgrænserne er man nødt til først at lave tilpasningen på center frekvensen og derefter måle igen.

Start	Point	Z	Q	Frequency
<input checked="" type="checkbox"/>	DP 1	(100,000 +j0,000) $\Omega$	Q=0,000	7,0MHz

Smith chart.

Feeder længdens indflydelse på antennesystemets  $Z$ .

Nu forestiller vi os at vi i stedet måler på et antenne system. Her måler vi tilfældigvis samme  $Z$  for enden af feederen som i antennens fødepunkt, se datapointet på forrige billede. **Dette resultat opnås kun når feederen nøjagtigt er et antal komplette halve bølgelængder lang.** Denne del af feederen ses ikke på Smith chartet.

Klik derefter på "line" i menuen og vælg 50 Ohm. Man har nu mulighed for at øge feederens længde.

Nu ses en rød cirkel med et par pile på. Cirklen repræsenterer det stykke man kan forlænge feederen med. Flyt på musen og kig på tallene lige ved cursoren. Her kan man aflæse længden i bølgelængde af det stykke man øger feeder længden med hvis man venstreklikker.

Flyt cursoren et par gange rundt på cirkelen den vej pilene viser og bemærk at **det stykke man kan øge feeder længden med aldrig overstiger en halv bølgelængde.**

Man ser også at den røde cirkel nøjagtig følger VSWR cirklen.

**Dette fortæller os at feederen godt kan være adskillige halve bølgelængder lang, men at det kun den sidste del af feederen, der er under en halv bølgelængde lang, som adskiller sig fra resten af feederen.**

Fortsæt med at følge den røde cirkel rundt, og hold øje med  $Z$  i cursor vinduet.

**Her ses det at længden af denne del af feederen har stor indflydelse på størrelsen af antennesystemets  $Z$ .**

Fortsættes på næste billede.



## Smith chart.

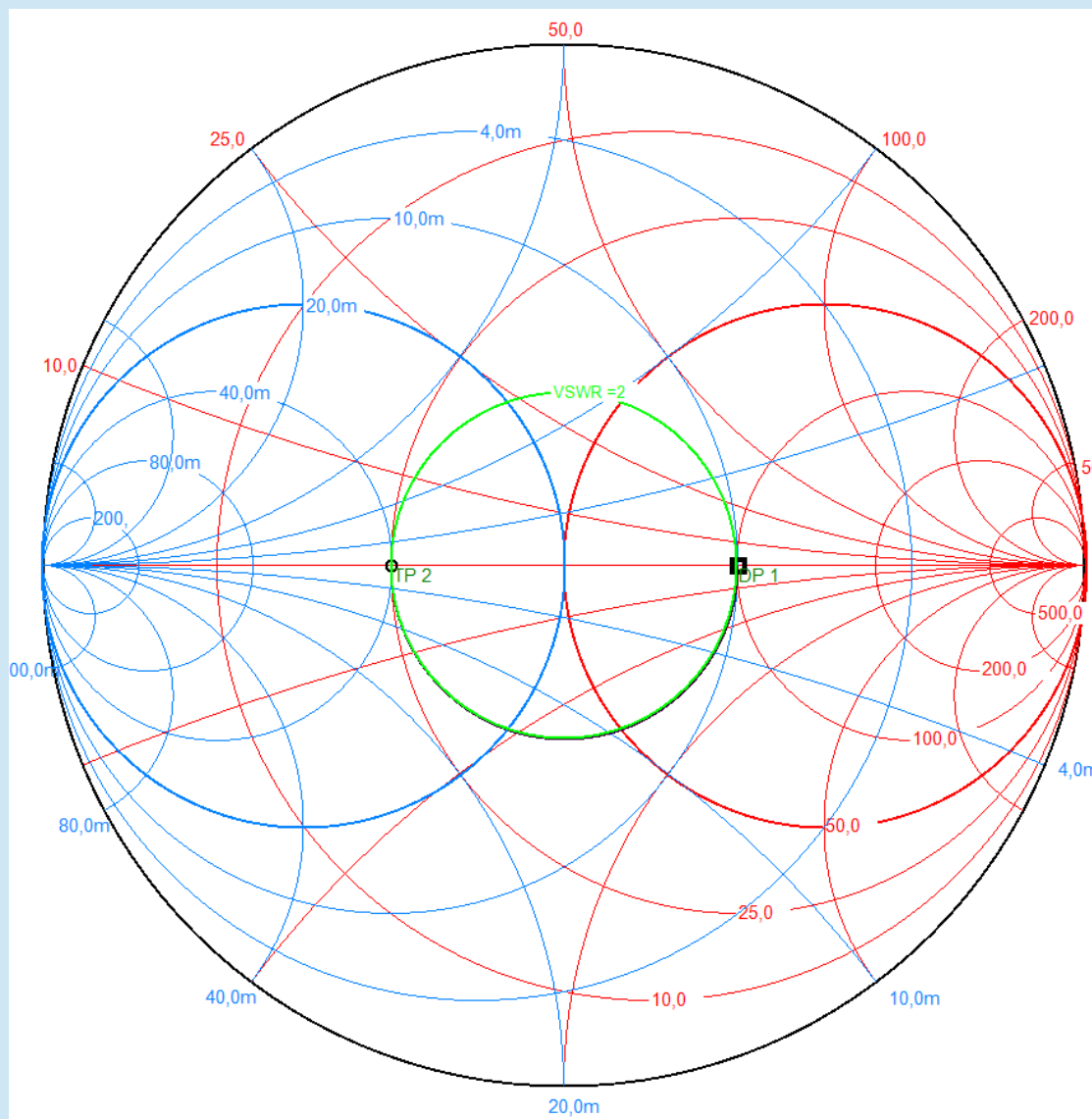
Afslut ved at venstreklikke der hvor cursoren viser 0,25 bølgelængde. Vi har nu et nyt datapoint, se billedet. Sammenlign  $Z$  i de to datapoints. Vi ser nu at en ændring af feeder længden på en kvart bølgelængde bevirker at  $Z$  ændrer sig fra at være 100 Ohm til at være 25 Ohm.

**Ud af dette kan man lære at den målte  $Z$ , afhængig af kabellængden, kan antage en hvilken som helst størrelse af de som findes langs VSWR cirklen.**

Hvis vi nu øger kabellængden til en halv bølgelængde i stedet for en kvart, ses det at vi havner der hvor vi startede, nemlig på datapoint 1 hvor både antennen og antennesystemet har resonans.

**Heraf kan vi slutte at hvis feederen er et antal komplette halve bølgelængder lang vil antennesystemets  $Z$  være den samme som selve antennens, bortset fra de ændringer som skyldes kabel tab.**

**Når feeder længden er ukendt kan det målte datapoint ligge hvor som helst på VSWR cirklen.**



Datapoints

Start	Point	Z	Q	Frequency
<input checked="" type="checkbox"/>	DP 1	(100,000 + j0,000) $\Omega$	Q=0,000	7,0MHz
	TP 2	(25,000 - j0,000) $\Omega$	Q=0,000	7,0MHz

Smith chart.

Hvad fortæller VSWR os om antennen når vi ikke er i stand til at definere Z som R og J?

I eksemplet har vi målt et VSWR på 2:1 **direkte i fødepunktet på en ukendt antenne, der hvor VSWR er bedst og derfor hvor den har resonans.**

Der er er lagt en VSWR cirkel med den målte værdi ind på chartet.

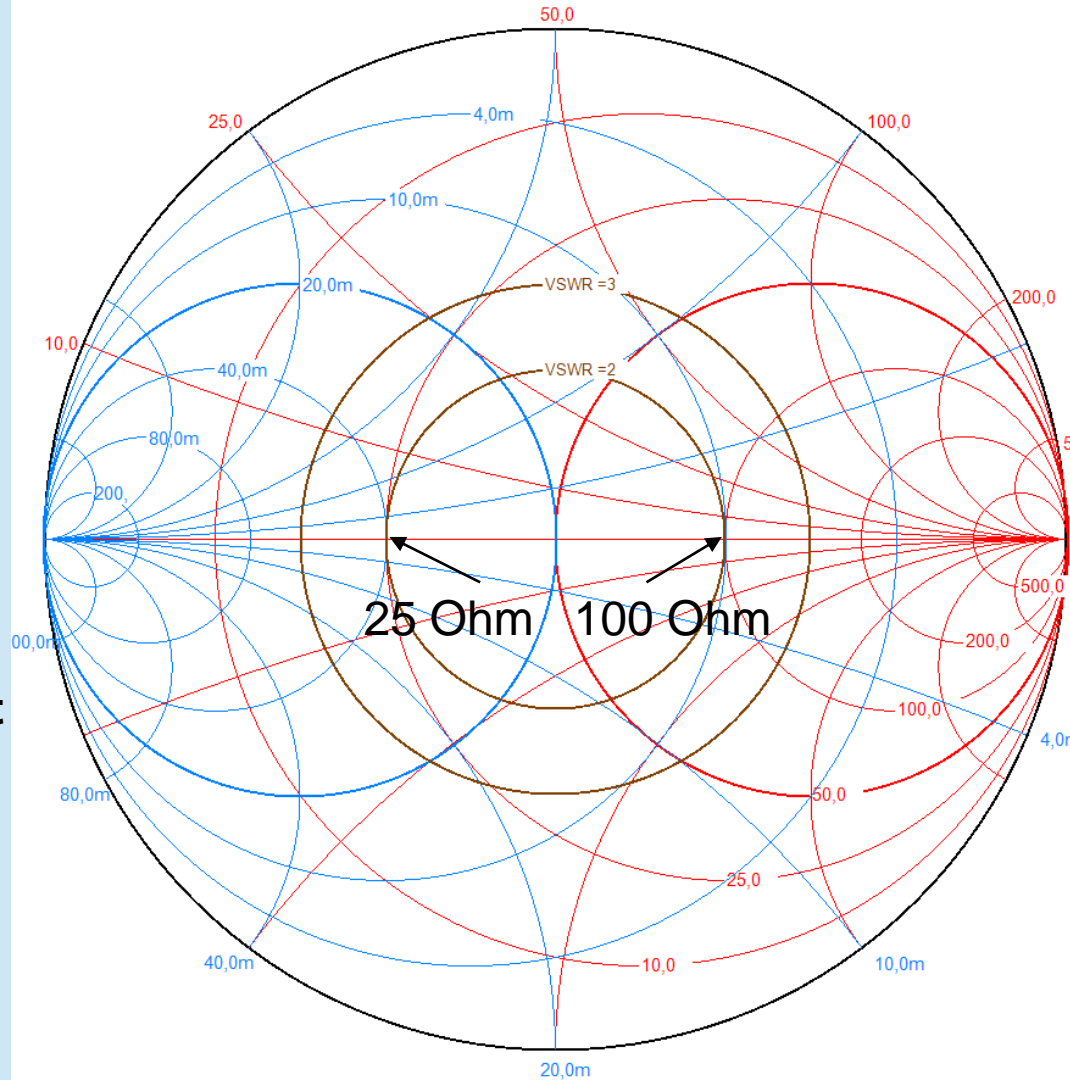
Det er vigtigt at man gør sig klart at når man måler VSWR med et almindelig SWR meter af en eller anden type, der kun viser VSWR:

**Ved vi at VSWR er bedst ved resonans og at J er 0 Ohm her. Det er derimod ikke muligt at se om antenne impedansen er 25 eller 100 Ohm.**

Hvis man måler ved båndgrænserne vil VSWR altid være dårligere her end der hvor antennen har resonans, f.eks. 3:1 ved både den øvre og nedre båndgrænse. Hvis vi måler ved antennens **nedre** båndgrænse:

**Ved vi at antennen er "for kort" og derfor kapacitiv, altså  $-j$ , som ligger på den nederste del af VSWR cirklen, men vi ved ikke hvor på cirkel halvdelen den ligger.**

Omvendt ved øvre båndgrænse er den "for lang" og induktiv. J er derfor  $+$  og ligger på øverste halvdel af cirklen.



**En tilsvarende måling på et antenne system fortæller os intet udover størrelsen af VSWR.**

## Smith chart.

Er det muligt at finde en antennes  $Z$  ved at Måle på et antenne system?

### Eksempel.

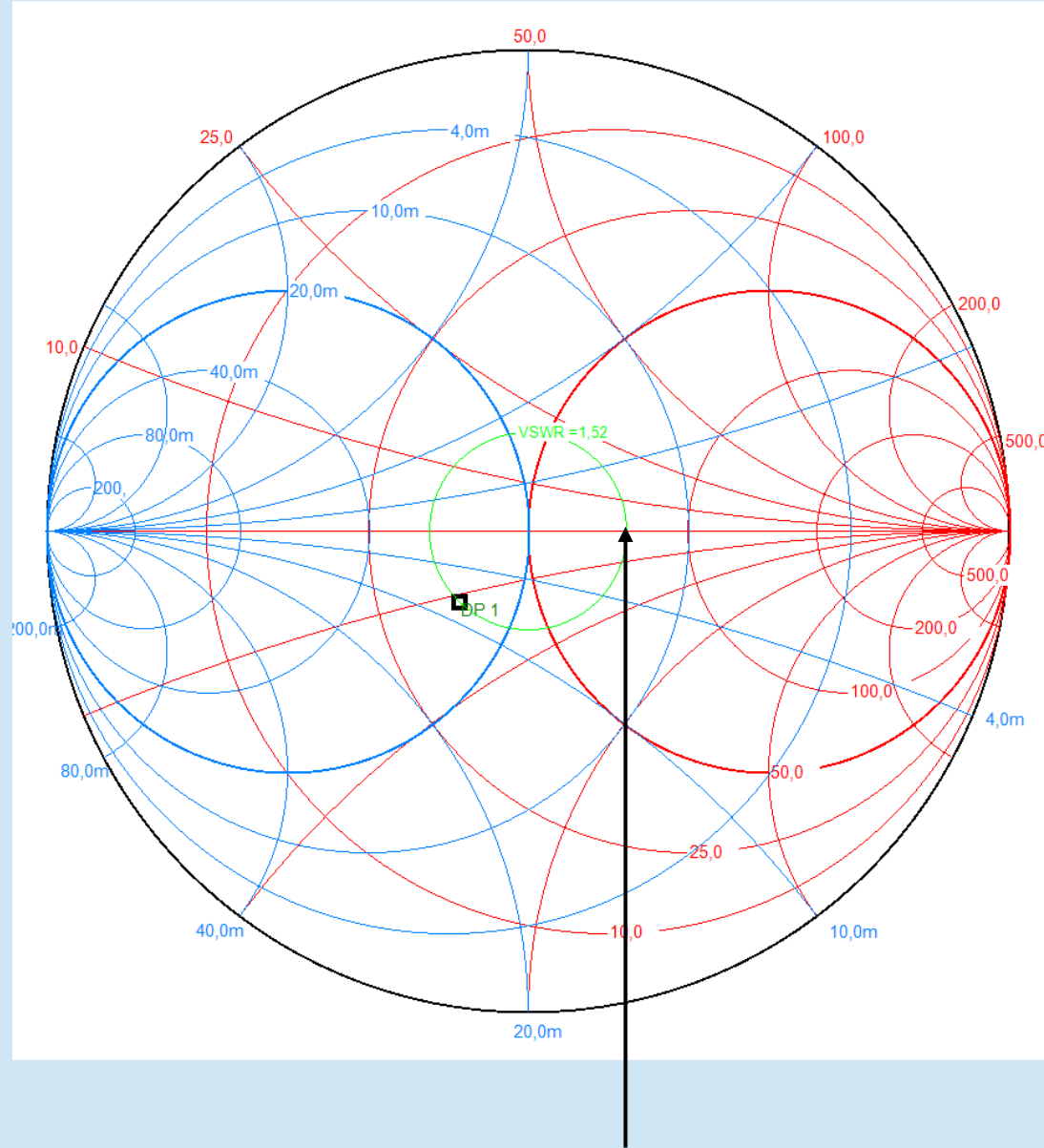
Vi har målt  $Z$ , hvor **VSWR** er bedst, i et antennesystem bestående af en dipol og en feeder til at være:  $R=36$  Ohm og  $J=-11$  Ohm.

Dette giver et VSWR på 1,52. Vi lægger datapoint og VSWR cirkel er ind i chartet.

Da vi har målt hvor VSWR er bedst, **antager** vi at  $J=0$  og antennen  $Z$  derfor ligger på den vandrette røde linje, på et af de to steder hvor den krydses af VSWR cirklen. Da vi også ved ved at antennen er en dipol, er det sandsynligvis 76 Ohm punktet som er det rigtige.

Jeg er ikke sikker på at metoden virker særlig godt.

**Så derfor: Den eneste sikre måde hvorpå man kan finde en antennes  $Z$ , er ved at måle  $Z$  som  $R$  og  $J$  direkte i dens fødepunkt.**



Ca. 76 Ohm

# The End.

Hvis der ikke er flere spørgsmål?

**OZ1CBW .**