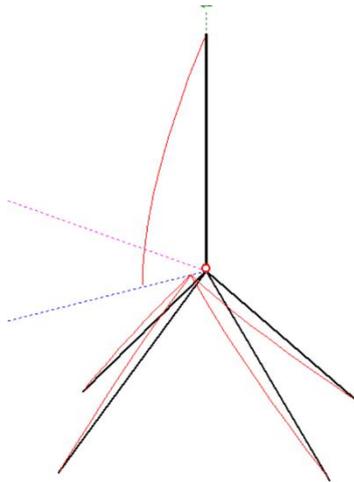


Vergleich verschiedener resonanter und nicht resonanter Antennen, hier als Beispiel für 28,5 MHz

$\frac{1}{4} \lambda$

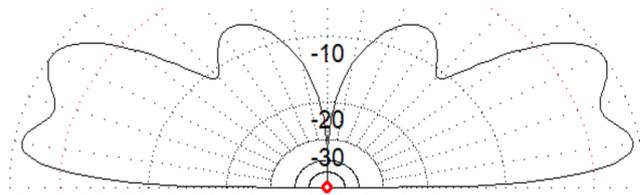


Strahlerlänge $\frac{1}{4} \lambda$

Radials 1,75 m

F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd	Ga dBi	V/R dB	Elev.
28.5	51.53	0.002	1.03	---	2.86	-0.0	29.4

Antenne ist in Resonanz (Blindwiderstand nahezu null)



Ga : 2.86 dBi = 0 dB (Vertikalpolarisation)

V/R: -0.00 dB; Rückwärts: Azim. 120 Grad, Elev. 60 Grad

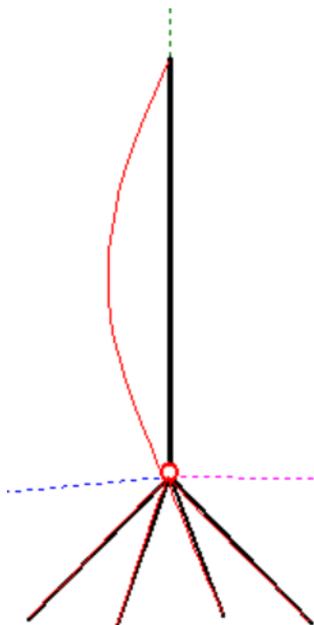
Freq: 28.500 MHz

Z: 51.533 + j0.002 Ohm

SWV: 1.0 (50.0 Ohm),

Elev: 29.4 Grad (Realer Boden :10.00 m Höhe)

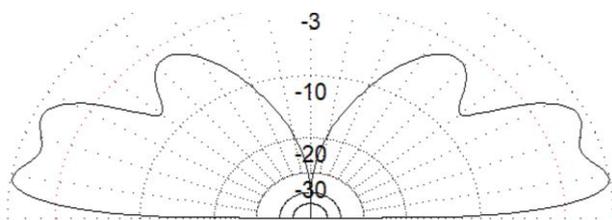
$\frac{1}{2} \lambda$



Strahlerlänge $\frac{1}{2} \lambda$

Radials 1,75 m

F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd	Ga dBi	V/R dB	Elev.
28.5	2622	-0.094	52.5	---	3.31	-0.0	9.2



Ga : 3.31 dBi = 0 dB (Vertikalpolarisation)

V/R: -0.00 dB; Rückwärts: Azim. 120 Grad, Elev. 60 Grad

Freq: 28.500 MHz

Z: 2622.927 - j0.094 Ohm

SWV: 52.5 (50.0 Ohm),

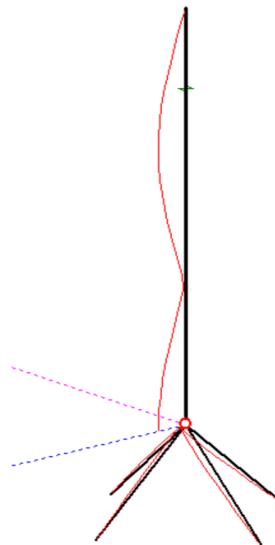
Elev: 9.2 Grad (Realer Boden :10.00 m Höhe)

Antenne ist in Resonanz (Blindwiderstand nahezu null)

$\frac{3}{4} \lambda$

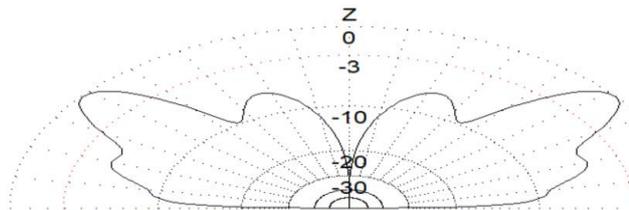
Strahlerlänge $\frac{3}{4} \lambda$

Radials 1,75 m



F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd	Ga dBi	V/R dB	Elev.
28.5	71.54	-0.001	1.43	---	5.75	0.0	38.3

Antenne ist in Resonanz (Blindwiderstand nahezu null)

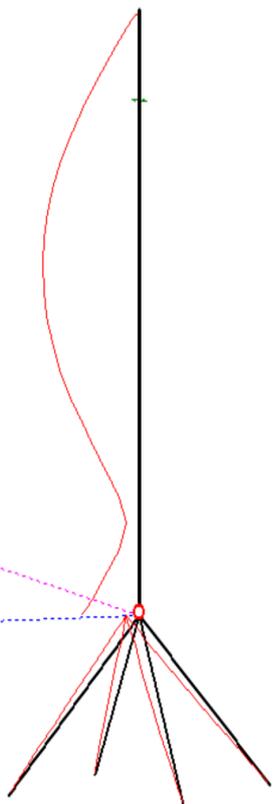


Ga : 5.75 dBi = 0 dB (Vertikalpolarisation)
V/R: 0.00 dB; Rückwärts: Azim. 120 Grad, Elev. 60 Grad
Freq: 28.500 MHz
Z: 71.540 - j0.001 Ohm
SWV: 1.4 (50.0 Ohm),
Elev: 38.3 Grad (Realer Boden :10.00 m Höhe)

$\frac{5}{8} \lambda$

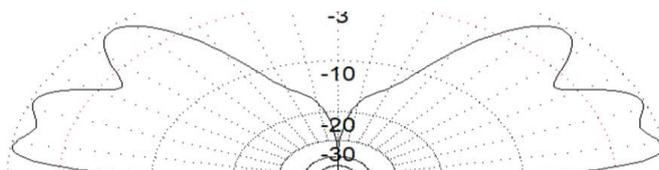
Strahlerlänge $\frac{5}{8} \lambda$

Radials 1,75 m



F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd	Ga dBi	V/R dB	Elev.
28.5	161.9	-633.7	53.1	---	2.97	-0.0	8.7

Antenne ist nicht in Resonanz (Blindanteile sind vorhanden, die u.U. aufwändig kompensiert werden müssen). Antennen hat aber die flachste Abstrahlung.



Ga : 2.97 dBi = 0 dB (Vertikalpolarisation)
V/R: -0.00 dB; Rückwärts: Azim. 120 Grad, Elev. 60 Grad
Freq: 28.500 MHz
Z: 161.925 - j633.664 Ohm
SWV: 53.1 (50.0 Ohm),
Elev: 8.7 Grad (Realer Boden :10.00 m Höhe)

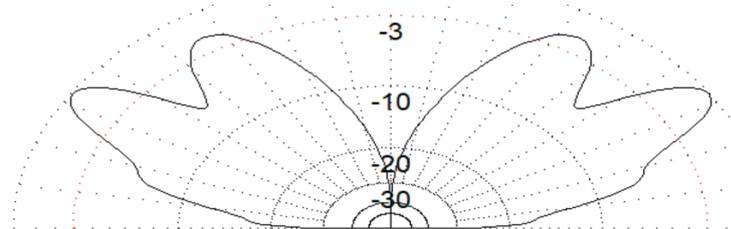
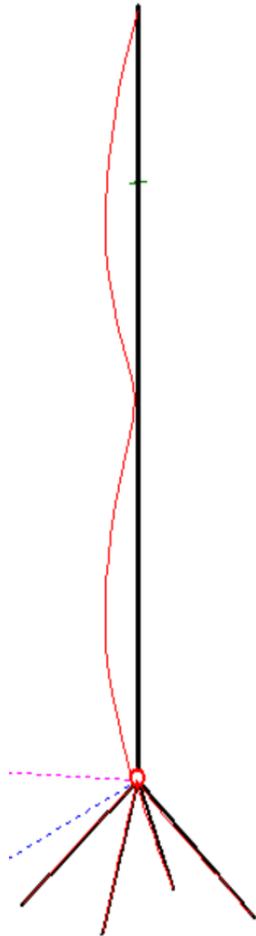
1λ

Strahlerlänge 1 λ

Radials 1,75 m

F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd	Ga dBi	V/R dB	Elev.
28.5	2165	0.083	43.3	---	5.13	-0.0	32.2

Antenne ist in Resonanz (Blindwiderstand nahezu null)



Ga : 5.13 dBi = 0 dB (Vertikalpolarisation)
V/R: -0.00 dB; Rückwärts: Azim. 120 Grad, Elev. 60 Grad
Freq: 28.500 MHz
Z: 2165.175 + j0.083 Ohm
SWV: 43.3 (50.0 Ohm),
Elev: 32.2 Grad (Realer Boden :10.00 m Höhe)

Antenne hat trotz Resonanz eine steile Abstrahlung.

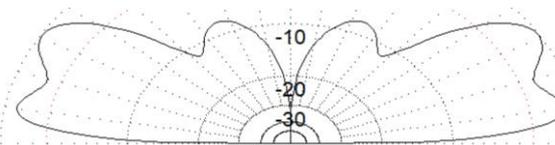
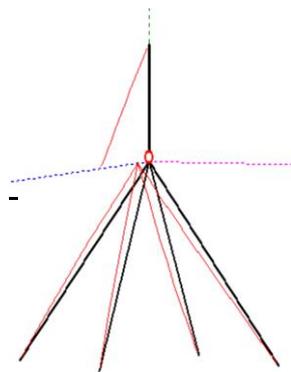
0,1λ

Strahlerlänge 0,1 λ

Radials 1,75 m

F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd	Ga dBi	V/R dB	Elev.
28.5	15.82	-541.9	374	---	2.89	-0.0	31.0

Antenne ist nicht resonant !!



Ga : 2.89 dBi = 0 dB (Vertikalpolarisation)
V/R: -0.00 dB; Rückwärts: Azim. 120 Grad, Elev. 60 Grad
Freq: 28.500 MHz
Z: 15.817 - j541.940 Ohm
SWV: 374.8 (50.0 Ohm),
Elev: 31.0 Grad (Realer Boden :10.00 m Höhe)

Was soll die Betrachtung?

Es wird aufgezeigt, dass eine Antenne nicht zwangsläufig resonant sein muss, um effektiv zu arbeiten. Antennen können nahezu beliebige Längen aufweisen, wobei eine $\lambda/4$ lange Antennen (hier Groundplane) die einzige mit direkt angeschlossenem 50-Ohm-Koaxialkabel ein SWR von nahezu 1:1 aufweist. Sämtliche anderen Längen weichen von 50 Ohm ab und beinhalten teilweise auch induktive bzw. kapazitive Blindanteile.

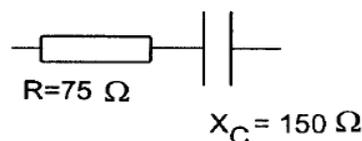
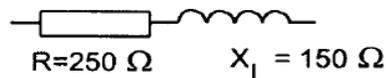
Trotzdem können Zielvorgaben resonante Antennenlängen voraussetzen. So z.B. der Einsatz von Mehrbandbetrieb (vielfache von $\lambda/4$) oder die Vermeidung von Induktivitäten oder Kapazitäten zur Anpassung an das 50-Ohm System, um die Verluste klein zu halten. Eine einfache ohmsche Anpassung der Längen Vielfache von $0,25 \lambda$ erfolgt dann durch Transformation (z.B. mit einem Balun oder auch mit $\lambda/4$ Leitung, siehe unten), wobei Antennen mit ungeraden Vielfachen von $\lambda/4$ Widerstände in der Nähe von 50 Ohm und gerade Vielfache von $\lambda/4$ einige Kiloohm aufweisen.

Hier soll als Beispiel für die Anpassung an 50 Ohm, die o.a. $5/8 \lambda$ Groundplane dienen. Verschiedene Schaltungen am Antennenfußpunkt mit unterschiedlichen Anpassgliedern zeigen mögliche Wege zum Ziel auf.

Grundsätzlich gilt:

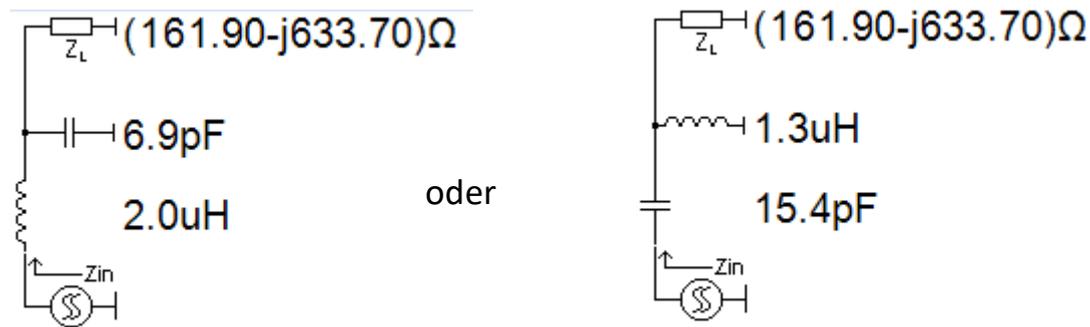
- resonante Antennen haben im Ersatzschaltbild ausschließlich ohmsche Widerstände
- davon abweichende Antennenlängen lassen sich im Ersatzschaltbild mit ohmschen, induktiven und/oder kapazitiven Widerständen darstellen

Beispiele: Aufteilung der Antennenimpedanz in Wirk- und Blindwiderstand



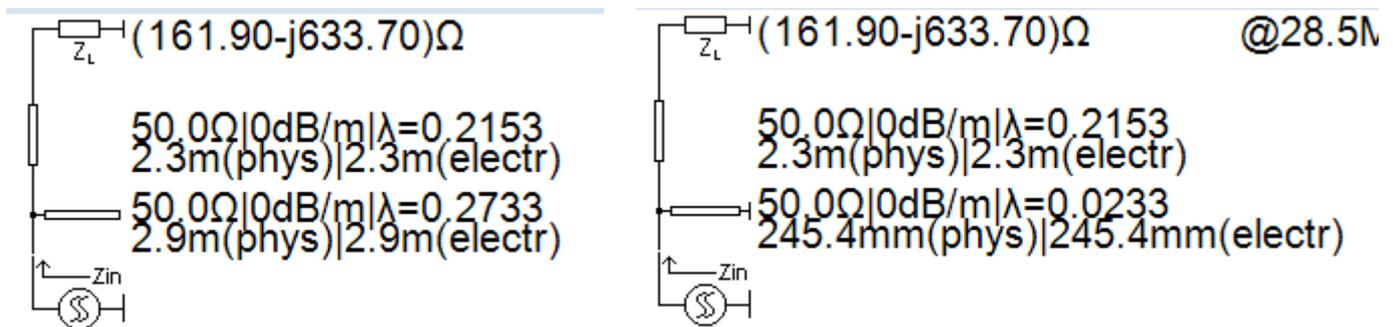
Die Angabe von kapazitiven Widerständen erfolgt i.d.R. mit negativem Vorzeichen.

Anpassung mit LC-Gliedern, Tiefpass/Hochpass:



Bei den o.a. Anpassnetzwerken mit zwei Gliedern findet man nur eine eindeutige Lösung.

Anpassung mit Stichleitung:

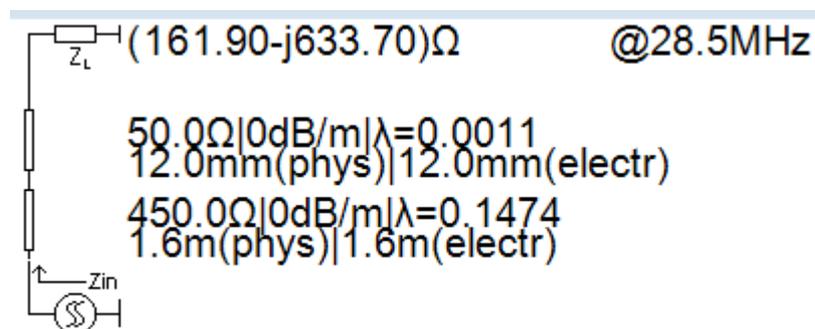


offene Stichleitung

kurzgeschlossene Stichleitung

Je nach eingesetzten Koaxialkabeln, sind die Längen mit dem Verkürzungsfaktor (hier $v=1$) der Kabel zu multiplizieren.

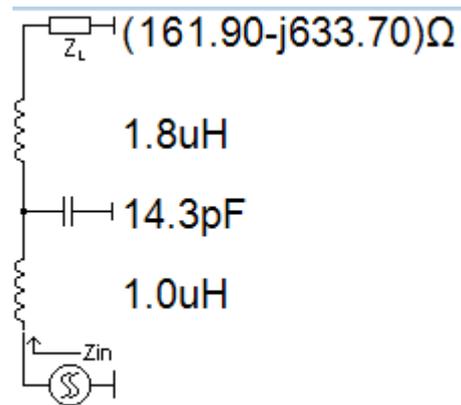
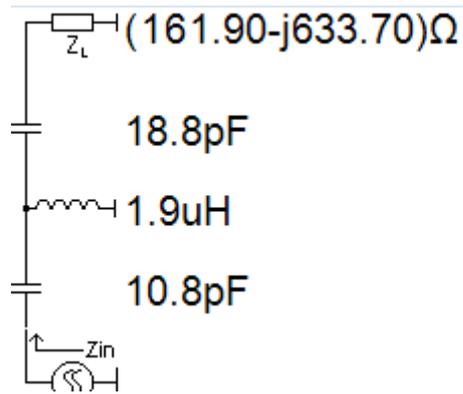
Anpassung mit Serien-Transformationsleitung (SSI):



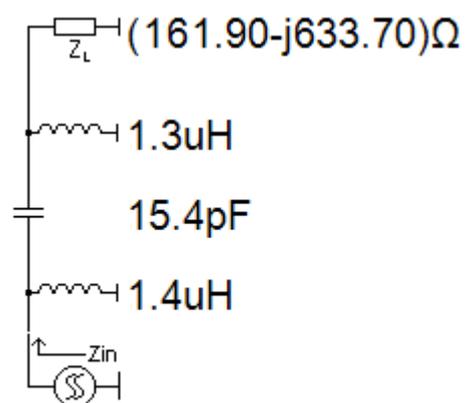
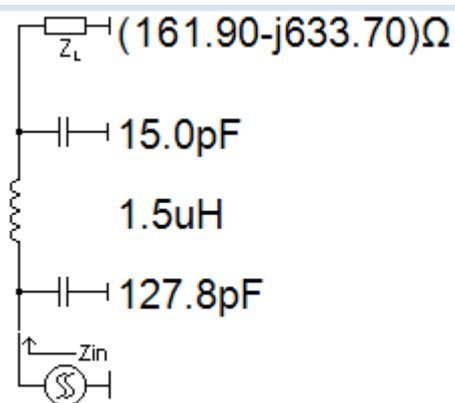
Je nach eingesetzten Koaxialkabeln, sind die Längen mit dem Verkürzungsfaktor (hier $v=1$) der Kabel zu multiplizieren.

Im o.a. Fall erreicht man eine Anpassung auch ohne 50 Ohm Leitung vor der 450 Ohm Leitung!

Anpassung mit T-Glied:



Anpassung mit Pi-Glied:



Bei den o.a. Anpassnetzwerken mit drei Gliedern findet man beliebig viele Lösungen. Es sollte eine Auslegung mit Tendenz zu geringen Verlusten in den Abstimmelementen angestrebt werden. Geringere Verluste treten i.d.R. in Kondensatoren gegenüber Spulen auf.

Wie weiter oben bereits angesprochen, kann bei rein ohmschem Antennenwiderstand eine Anpassung mit Kabeln der Länge von $\lambda/4$ x Verkürzungsfaktor erfolgen.

Die Berechnung sieht dann wie folgt aus:

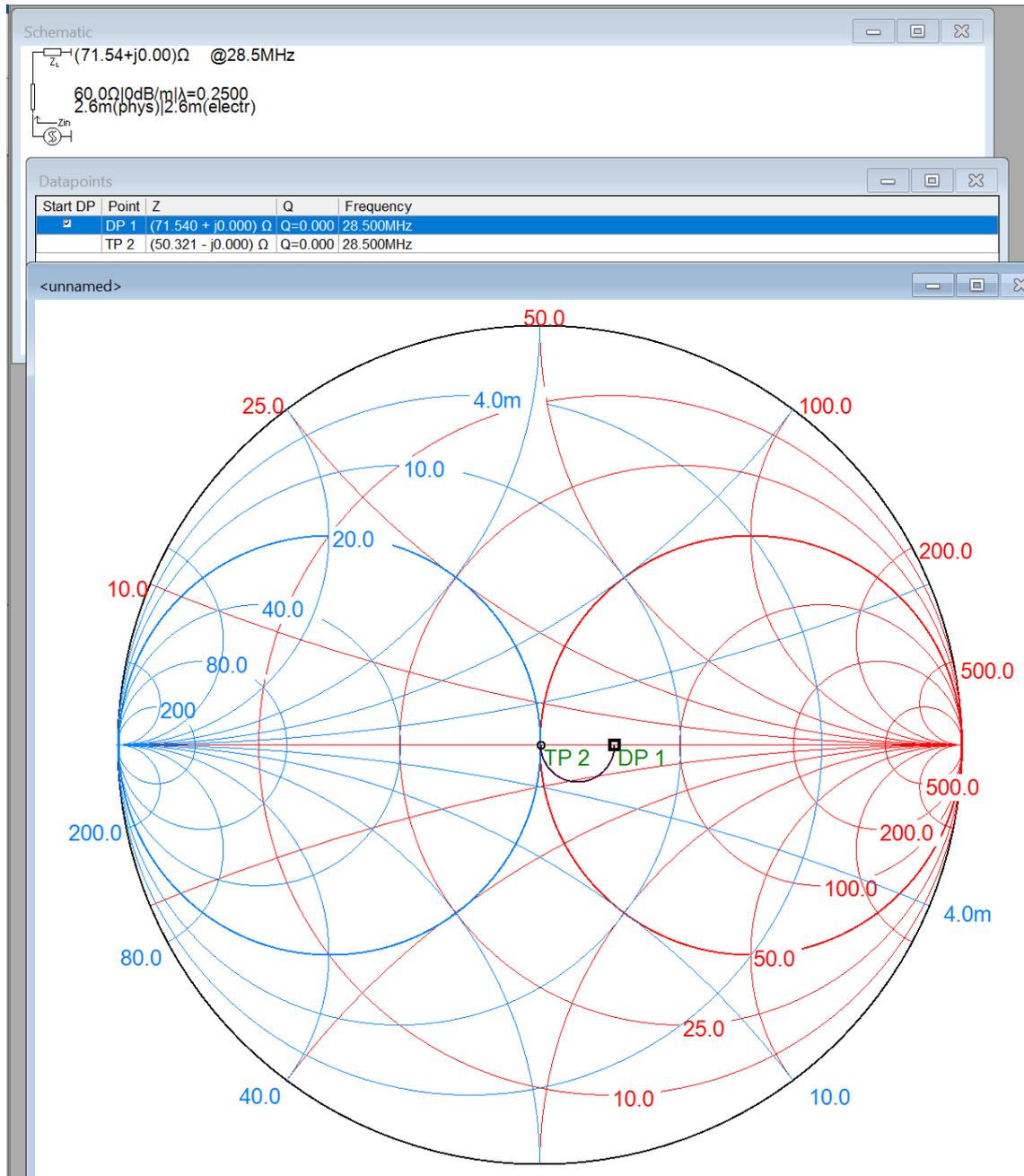
$$Z_{in} = Z^2 / Z_L \quad (1) \quad Z_{in}; \text{ Eingangsimpedanz (TRX)}$$

$$Z_L = Z^2 / Z_{in} \quad (2) \quad Z_L; \text{ Lastimpedanz (Antenne)}$$

$$Z = \sqrt{Z_{in} * Z_L} \quad (3) \quad Z; \text{ Impedanz der Anpassleitung}$$

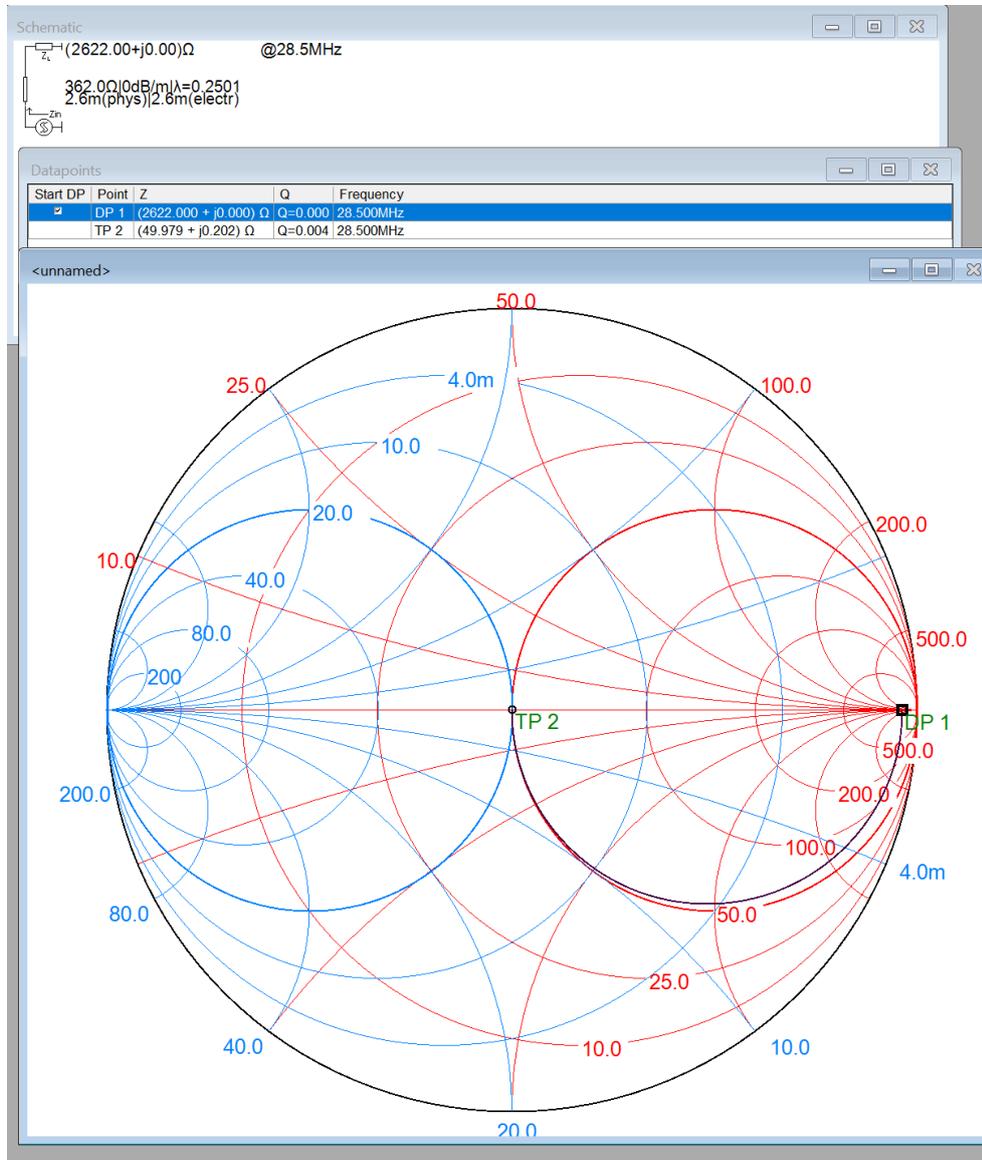
Soll die Antenne mit der Länge von $\frac{3}{4} \lambda$ angepasst werden, muss eine Anpassleitung gefunden werden, die von $Z_L = 71,54 \text{ Ohm}$ auf $Z_{in} = 50 \text{ Ohm}$ transformiert.

Mit (3) errechnet sich eine Leitung mit $Z = 59,8 \text{ Ohm}$. D.h., mit einer $\lambda/4$ langen 60 Ohm Leitung ist eine sehr gute Anpassung an 50 Ohm möglich.



Soll die Antenne mit der Länge von $\frac{1}{2} \lambda$ angepasst werden, muss eine Anpassleitung gefunden werden, die von $Z_L = 2622 \text{ Ohm}$ auf $Z_{in} = 50 \text{ Ohm}$ transformiert.

Mit (3) errechnet sich hier eine Leitung mit $Z = 362 \text{ Ohm}$. D.h., hier kann eine Paralleldrahtleitung mit entsprechender Impedanz zum Einsatz kommen.



Sämtliche o.a. Simulationsrechnungen sind theoretische Ergebnisse, die in der Praxis durch Umgebungseinflüsse deutliche Abweichungen ergeben können.

Die Antennenströme in den Antennenelementen sind rot dargestellt.

Literatur und Softwarehinweise:

Antennensimulation: MMANA-GAL v.1.2.0.20

Berechnung der Anpassnetzwerke mit Smith V4.1