

10m-60m Vertical für den KX2

(Arthur Schwilch, HB9CEV)



Chimmispitz HB/SG-032

Vorstellung einer 6m hohen Vertikal optimiert für den Einsatz auf alpinen Gipfeln mit einer Anpassung für alle Bänder von 10m bis 60m.

Erweiterung des Bereichs der KX2-ATU

Inhalt



- Motivation
- Antennenimpedanzen und Tuner
- Spule und Koppler
- Radials
- Praxiserfahrung
- Fragen ?
- Anhang

Motivation für eine Vertikal



Sehr wenig Platz ...
(Diechterhorn HB/BE-027)



... oder der Gipfel ist schon besetzt
(Pizol / Graue Hörner HB/SG-003)

Vor- und Nachteile



Vorteile

- Einsatzgebiet auf Alpinen Gipfeln, wenig Platzbedarf
- Schnell aufgestellt (keine Abspannung notwendig)
- Einfache, schnelle Bandwechsel
- Leichtgewicht
- Kleine Windlast
- Bänder von 10m-60m abstimmbare

Nachteile

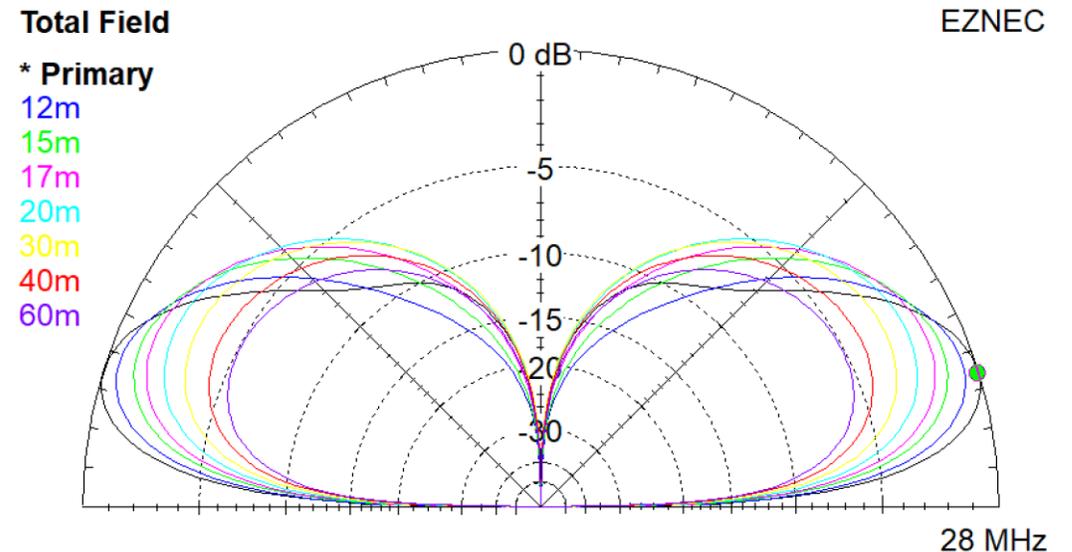
- Reduzierte Effizienz auf den unteren Bänder
- Schwache Steilstrahlung
- Keine Richtwirkung
- Radials sind Stolperdrähte

Einsatzgebiet der Vertikalantenne

Strahlungsdiagramm



- Die Vertikalantenne ist ein Rundstahler mit einer relativ flachen Abstrahlung
- Von 10m-60m liegt die Hauptstrahlrichtung zwischen 17° und 27° Elevation -> wenig Steilstrahlung, nicht geeignet für NVIS
- Das Elevationsdiagramm ist auf allen Bändern sehr ähnlich
- Auf 60m gelangen immer wieder interessante Verbindungen (s2s, kleines Pileup, tiefe MUF)
- Die Performance auf 40m und 60m kann nicht konkurrenzieren mit einer InV-V oder Inv-L Konfiguration

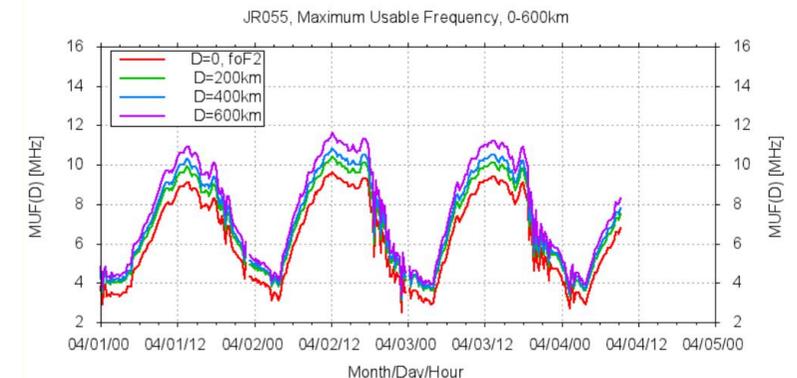
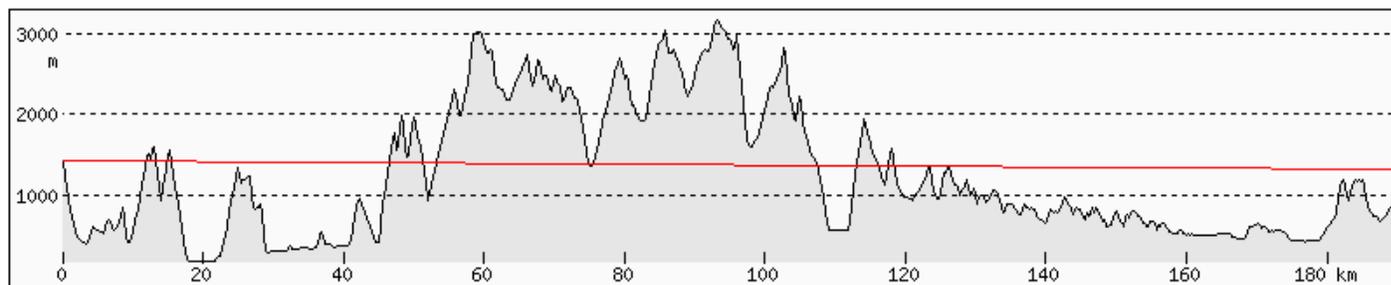


Einsatzgebiet der Vertikalantenne

Beispiel einer 60m s2s Verbindung



- Bei tiefer MUF kann 60m die Rettung sein
- Beispiel einer 60m s2s Verbindung vom Monte Boglia HB/TI-142 zum Moron HB/BE-101 am 3.4.23 um 09:12 UTC.
- Distanz von etwa 190km quer über die Alpen
- MUF (200km) war ca. bei 6.5MHz
- Dämpfung der D-Schicht noch nicht voll aufgebaut
- S2s war auf 60m möglich via Reflexion an der F-Schicht (300km)

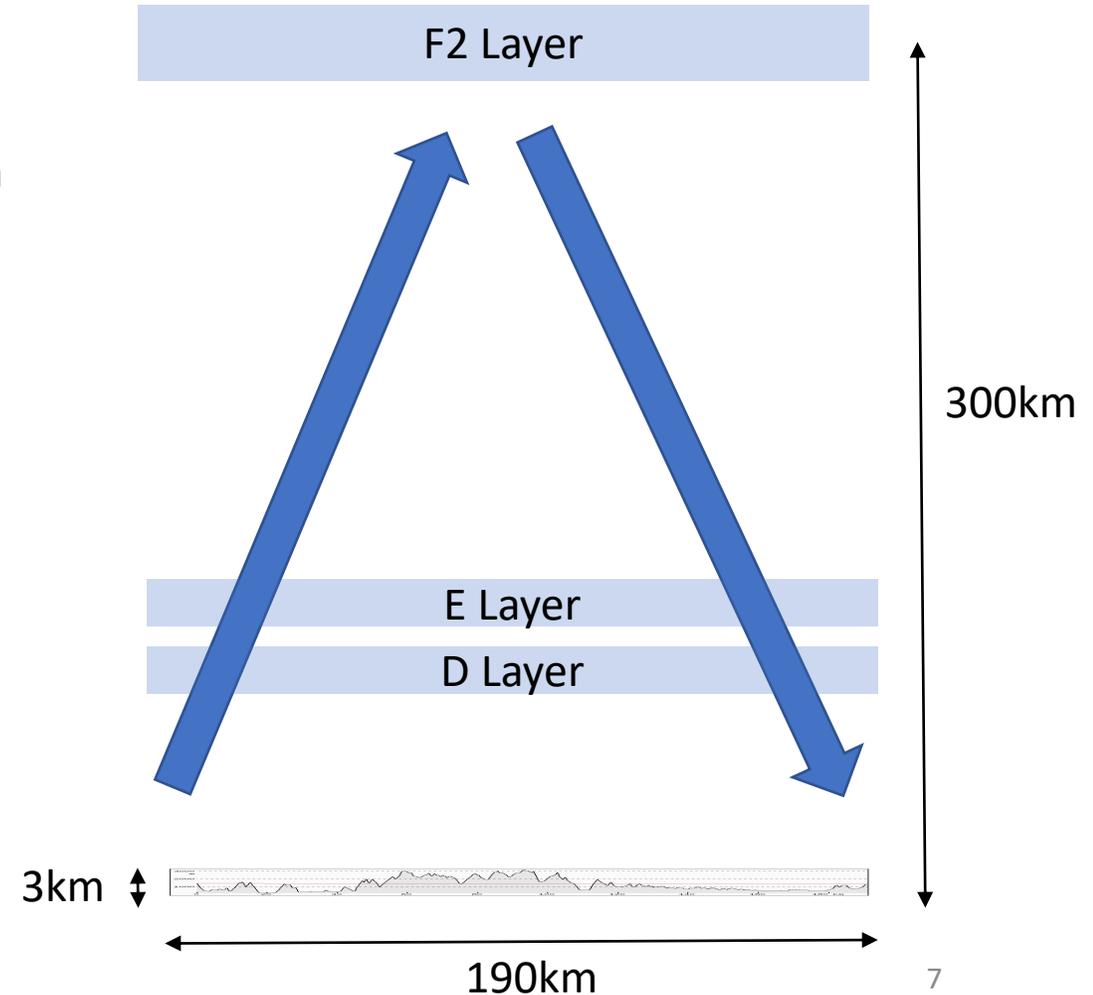
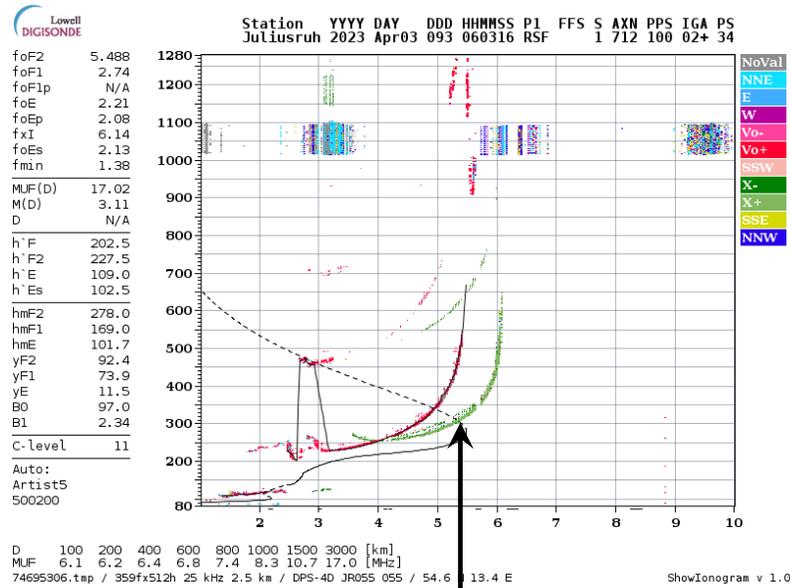


Wieso 60m?

Beispiel einer s2s Verbindung



- Reflexion von 5.3MHz gemäss Ionogram auf ca. 300km
- Abstrahlwinkel bei ca $72^\circ \sim \text{atan}(300\text{km}/95\text{km})$
- Morgens um 8Uhr (HBT) wäre diese Verbindung nur auf 60m möglich gewesen (später dann auch auf 40m)



Antennentuner

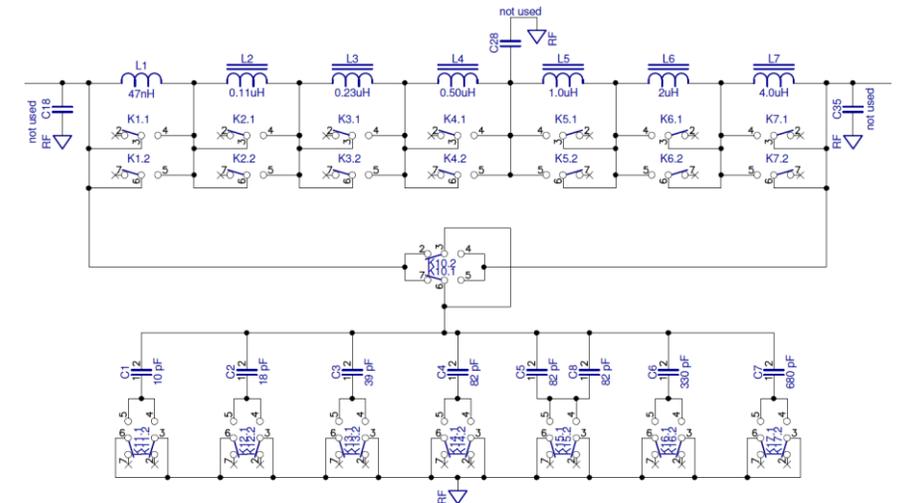
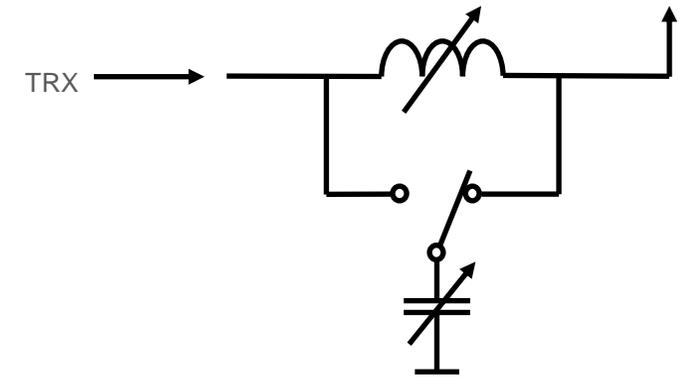
Vergleich einiger Tuner



- Kommerzielle Tuner sind alle sehr ähnlich aufgebaut
- Die Serie-Induktivität kann in 'binären' Steps eingestellt werden
- Die Kapazität kann zwischen Senderseite und Antennenseite umgeschaltet werden
- Die Kapazität kann in binären Steps eingestellt werden

Beispiel einiger kommerzieller Tuner:

	L max [μH]	C max [pF]
KX2 ATU	7.887	1323
KX3 ATU	15.93	2683
Hardrock-50 ATU	7.5	1300
Stockcorner Tuner	80	3400



Antennenimpedanzen

und dazu notwendige KX2 ATU Settings



Antennenimpedanz (EZNEC)			Notwendige ATU Werte (berechnet)		
Frequenz	Realteil	Imaginärteil	CTX	L	CAnt
[MHz]	[Ω]	[jΩ]	[pF]	[μH]	[pF]
5.35	10.48	-861.10	1155.00	26.22	0.00
7.00	14.29	-562.70	718.84	13.31	0.00
10.10	24.98	-205.70	315.41	3.64	0.00
14.00	52.04	141.90	142.85	1.59	0.00
18.07	145.20	600.50	37.92	3.16	0.00
21.00	558.80	1273.00	0.00	3.13	23.08
24.89	2784.00	311.10	0.00	2.38	17.13
28.00	739.50	-1463.00	0.00	2.41	10.15

Notwendige Induktivität ist zu klein!

Mögliche Werte in der ATU sind: 0, 10, 28pF -> die Steps sind zu gross. Ein Abgleich kann mal funktionieren, muss aber nicht!

Fazit: Von acht Bänder können mit der KX2 ATU gerade mal drei immer zuverlässig abgestimmt werden

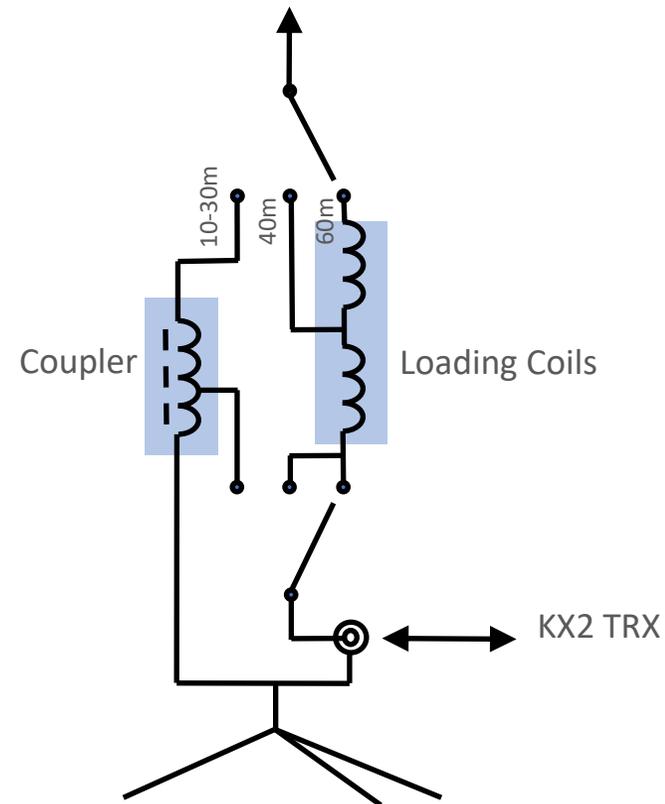
Antennenimpedanz

Wie kann man nun eine 6m Vertikal von 5-30MHz anpassen?



Lösung:

1. Für 40m und 60m sind zusätzliche Serie-Induktivitäten erforderlich (Verlängerungsspulen oder Loading Coils).
2. Für die oberen Bänder (10m-30m) wird mit einem Koppler die hochohmige Antennenimpedanz heruntertransformiert.

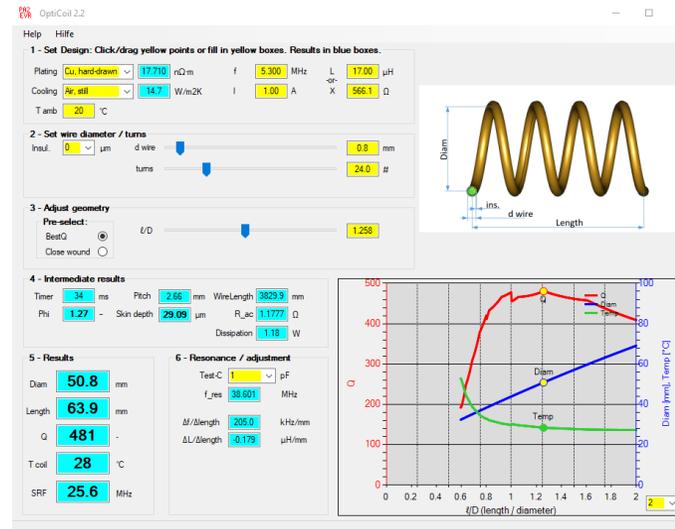


Verlängerungsspule

für 40m und 60m



- Für 40m ist eine Induktivität von ca. $10\mu\text{H}$ und für 60m ca. $20\mu\text{H}$ notwendig.
- Es wird ein einzelne Spule mit einem schaltbaren Abgriff für 40m gebaut
- Die Verlängerungsspule muss so dimensioniert werden, dass die Güte über 300 ist.
- Als Hilfsmittel für den Spulenenwurf und zur Optimierung der Güte wurde OptiCoil 2.2 verwendet



Verlängerungsspule

Güte und Verluste

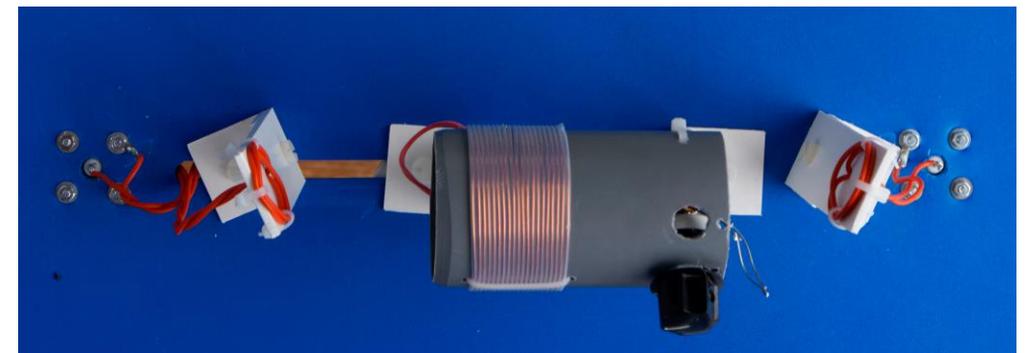
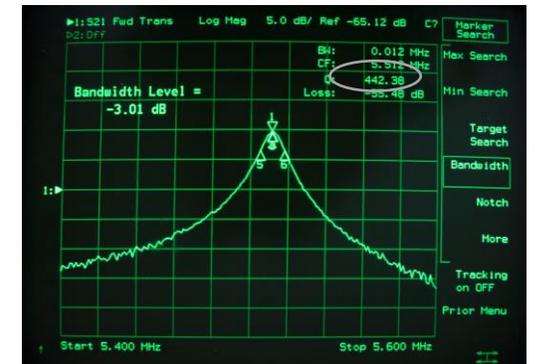
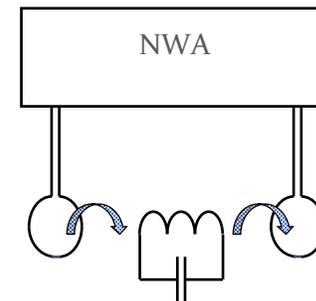


Die folgende Rechnung zeigt, wie gross die Verlustleistung in der Spule bei einer Güte von 350 werden kann. Der Seriewiderstand einer Induktivität mit einer Güte von 350 berechnet sich bei 5.3MHz folgendermaßen:

$$R_s = \frac{2 * \pi * f * L}{Q} = \frac{2 * \pi * 5.3 * 10^6 \text{Hz} * 22.5 * 10^{-6} \text{H}}{350} = 2.14 \Omega$$

Diesen Seriewiderstand müssen wir nun in Relation zum gesamten Realteil (Seriewiderstand plus Realteil der Antennenimpedanz) setzen und bekommen somit den relativen Anteil der Leistung, welcher in der Spule dissipiert wird. In unserem Beispiel ergibt dies folgender Anteil:

$$P_{rel} = \frac{2.14 \Omega}{2.14 \Omega + 13.6 \Omega} * 100\% = \mathbf{13.6\%}$$

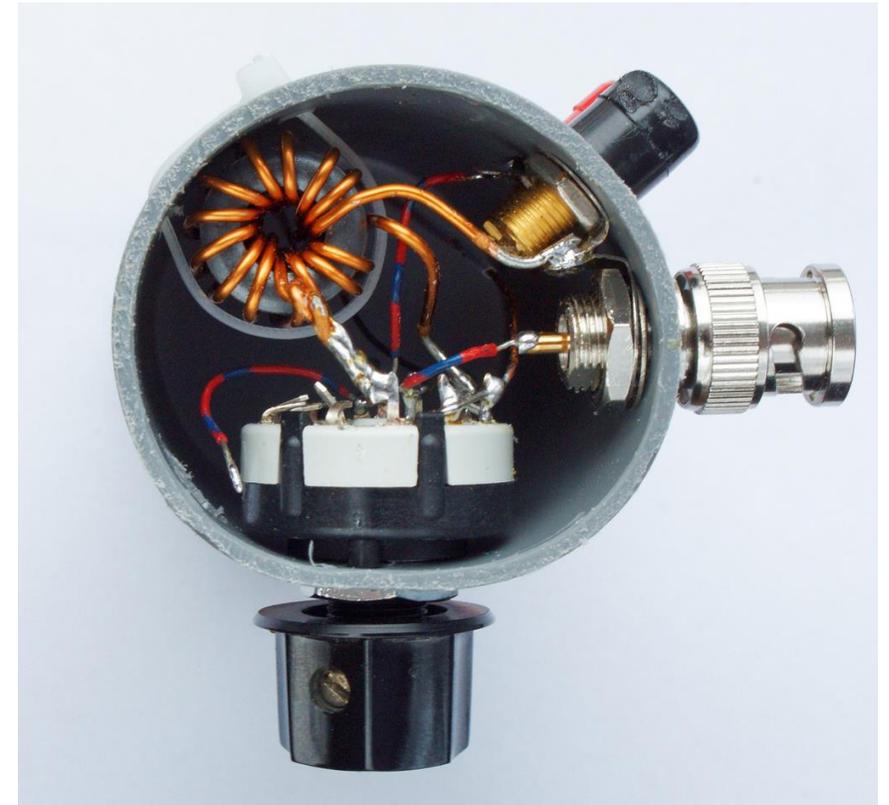


Koppler

10m-30m



- Der Koppler soll die Antennenimpedanz um etwa den Faktor 10 heruntertransformieren.
- Der Koppler muss für Blindleistungen ausgelegt sein (grosse Ströme oder grosse Spannungen, je nach Antennenimpedanz).
- 16 Windungen, Abgriff nach 5 Windungen 1.2mm CUL auf FairRate Toroid 26436225002

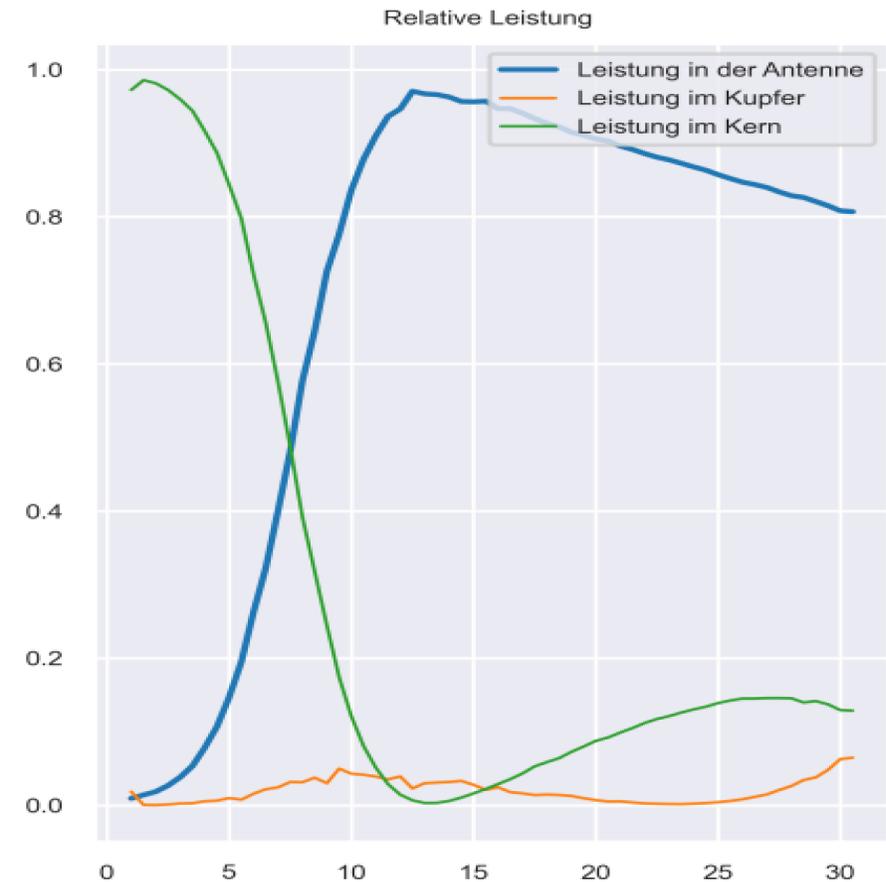
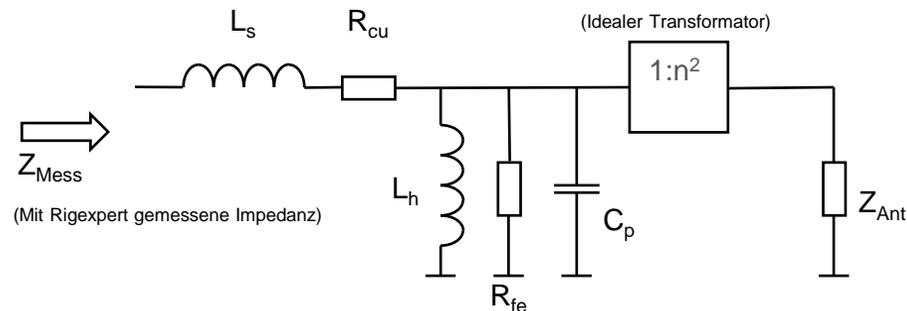


Koppler

10m-30m, Verluste



- Im Gegensatz zu einem End-Fed Koppler ist bei unserem Koppler die Antennenimpedanz sehr stark frequenzabhängig.
- Die Koppler wurde ausgemessen und modelliert (Netzwerkmodellierung). Somit können die Verluste (Kupfer- und Kernverluste) über den gesamten Frequenzbereich berechnet werden.



Koppler

Selection Coupler ;-)

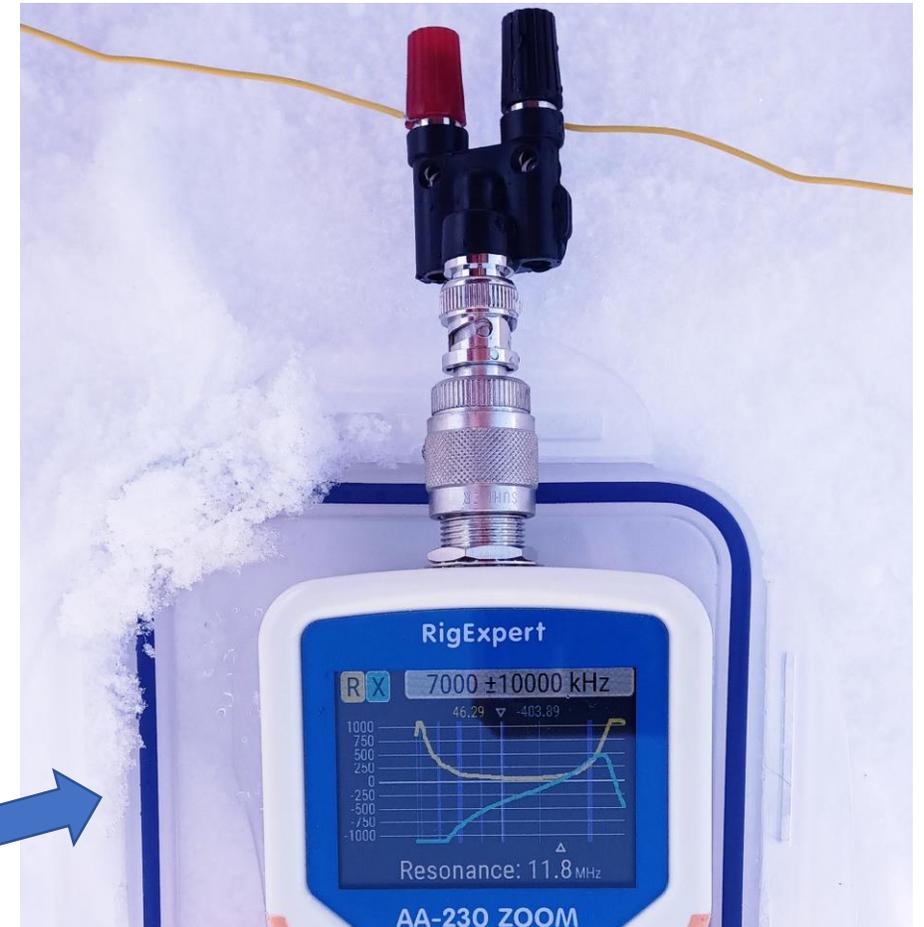


Radials

Buried, Elevated ...



- **Buried Radials** sind in der Erde vergraben, sie zeigen keine Resonanz. Für SOTA nicht anwendbar.
- **Elevated Radials** sind angehoben und werden in der Regel auf Resonanz betrieben. Sie erhöhen jedoch die Gesamthöhe der Antenne
- **On-Ground Radials** liegen auf dem Boden, meist nicht direkt auf der Erde sondern auf Steinen und Grasbüscheln. **Achtung: Diese Radials zeigen auch eine Resonanz!**
- Resonanzen verschwinden bei grossen Radialsystemen (ab 16)
- Fazit: Viele kurze Radials sind besser als wenige lange Radials
- Resonanzmessung 2x5m Radials (auf Schnee)

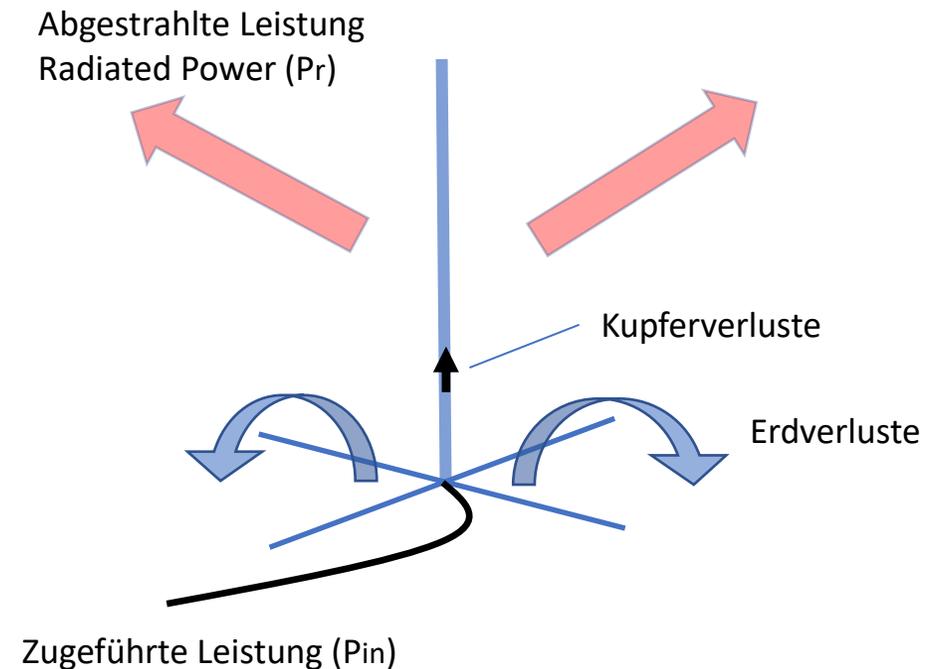


Radials

Wirkungsgrad einer Antenne (Average Gain)



- Um die Wirkungsweise der Radials zu verstehen, müssen wir zuerst den Antennenwirkungsgrad oder auch Antennengewinn (Average Gain) einführen.
- **Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis der gesamten abgestrahlten Leistung (Fernfeld) zur zugeführten Leistung (Verluste: Erdverluste, Kupferverluste, etc.**
- Der Wirkungsgrad wird oft auch in dB angegeben
 $G_a = 10 \log (P_r / P_{in})$.
- Die Radials sollen die Erdverluste möglichen minimieren

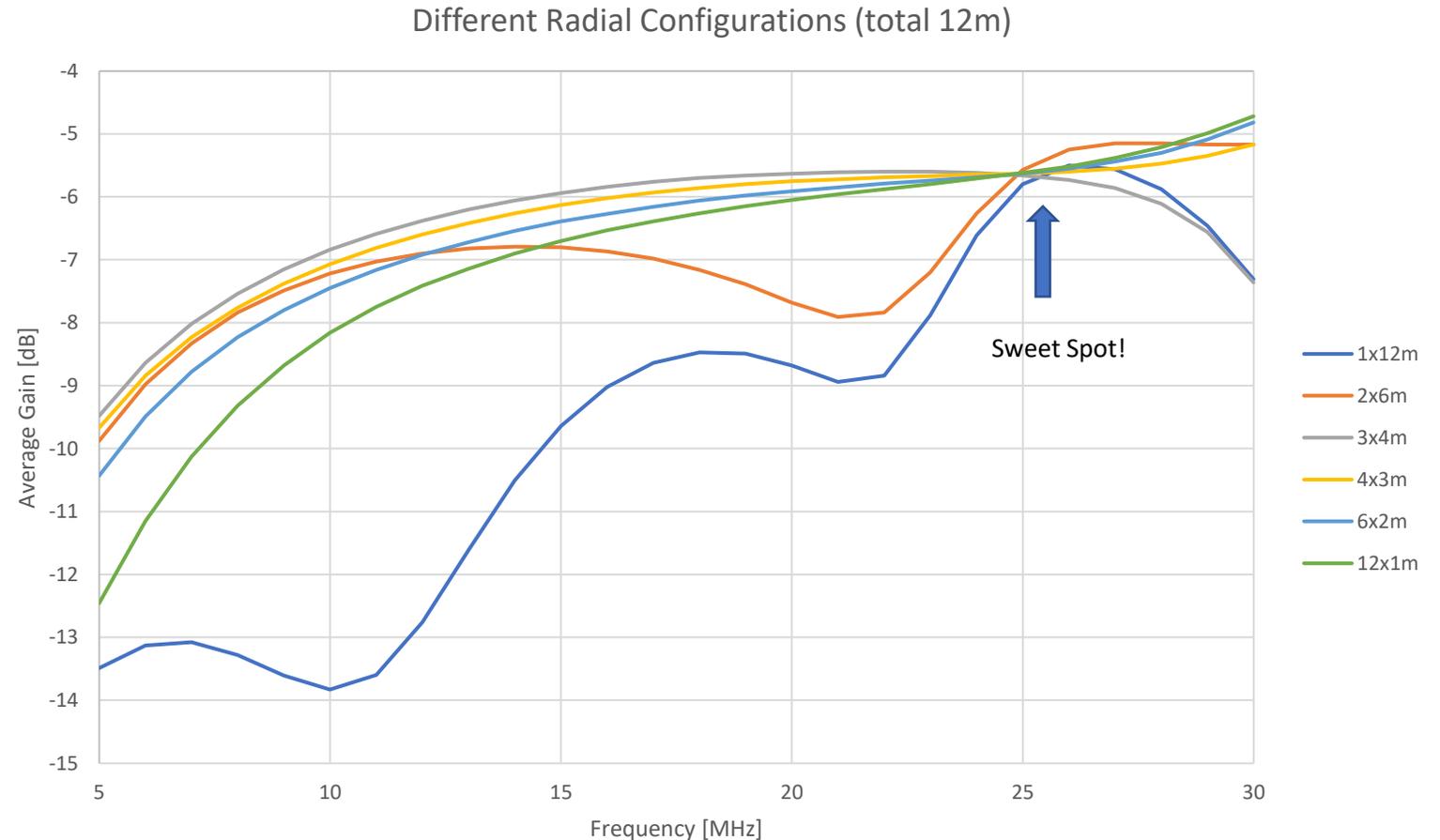


Radials

EZNEC Simulationen unterschiedlicher Konfigurationen mit 12m Draht

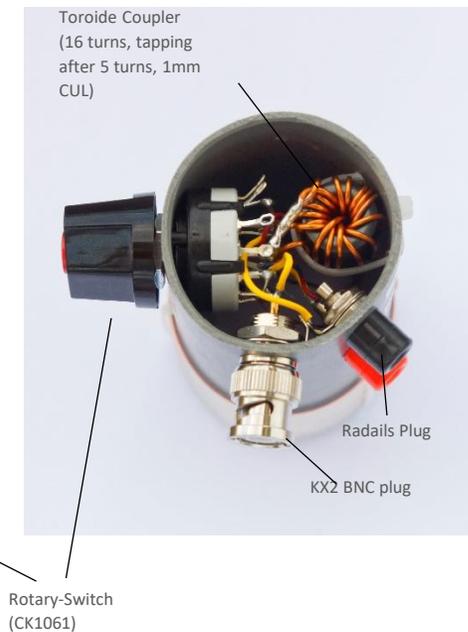
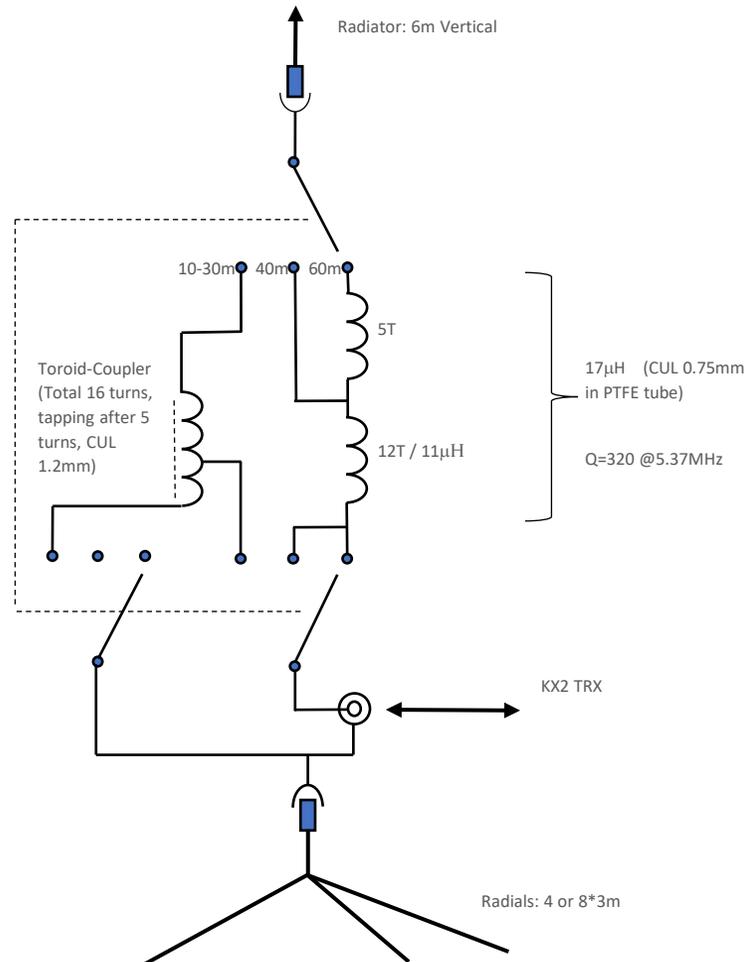


- Die Gesamtlänge des Radial-Drahtes ist für alle Konfigurationen 12m
- Ein Single 12m-Radial ist keine gute Wahl
- Optimal ist etwa 4x3m
- Maximaler Unterschied ist etwa 7dB (1.2 S-Stufen)



Status Quo

Aktueller Stand meiner Vertikal-Entwicklung



Praxis

Aktivierung des Stock HB/SZ-027 mit HBFF-0473 (10.2.2023)



Vielen Dank ...



Tschugga/ Fäderä HB/SG-048



Links



Opticoil Artikel: <https://dxc.pi4cc.nl/tech-info/software/opticoil%20V2.pdf>

EZNEC: <https://www.eznec.com/>

Impedance Matching Tool: <https://www.analog.com/en/design-center/interactive-design-tools/rf-impedance-matching-calculator.html>

Transformator Netzwerkmodellierung: <https://de.wikipedia.org/wiki/Transformator>

KX2 Schema: <https://ftp.elecraft.com/KX2/Manuals%20Downloads/E740324%20KX2%20Schematic%20Files%20RevA.pdf>

Ionosonde Julisruh: <https://www.iap-kborn.de/forschung/abteilung-radarsondierungen/instrumente/ionosonde/>

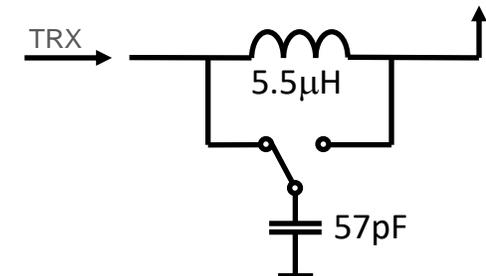
Anhang: Antennentuner

Auslesen der Tuner-Einstellungen beim KX2 (Praxistipp)



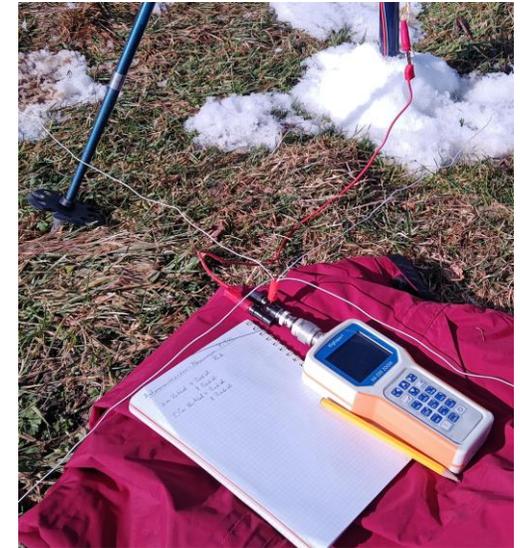
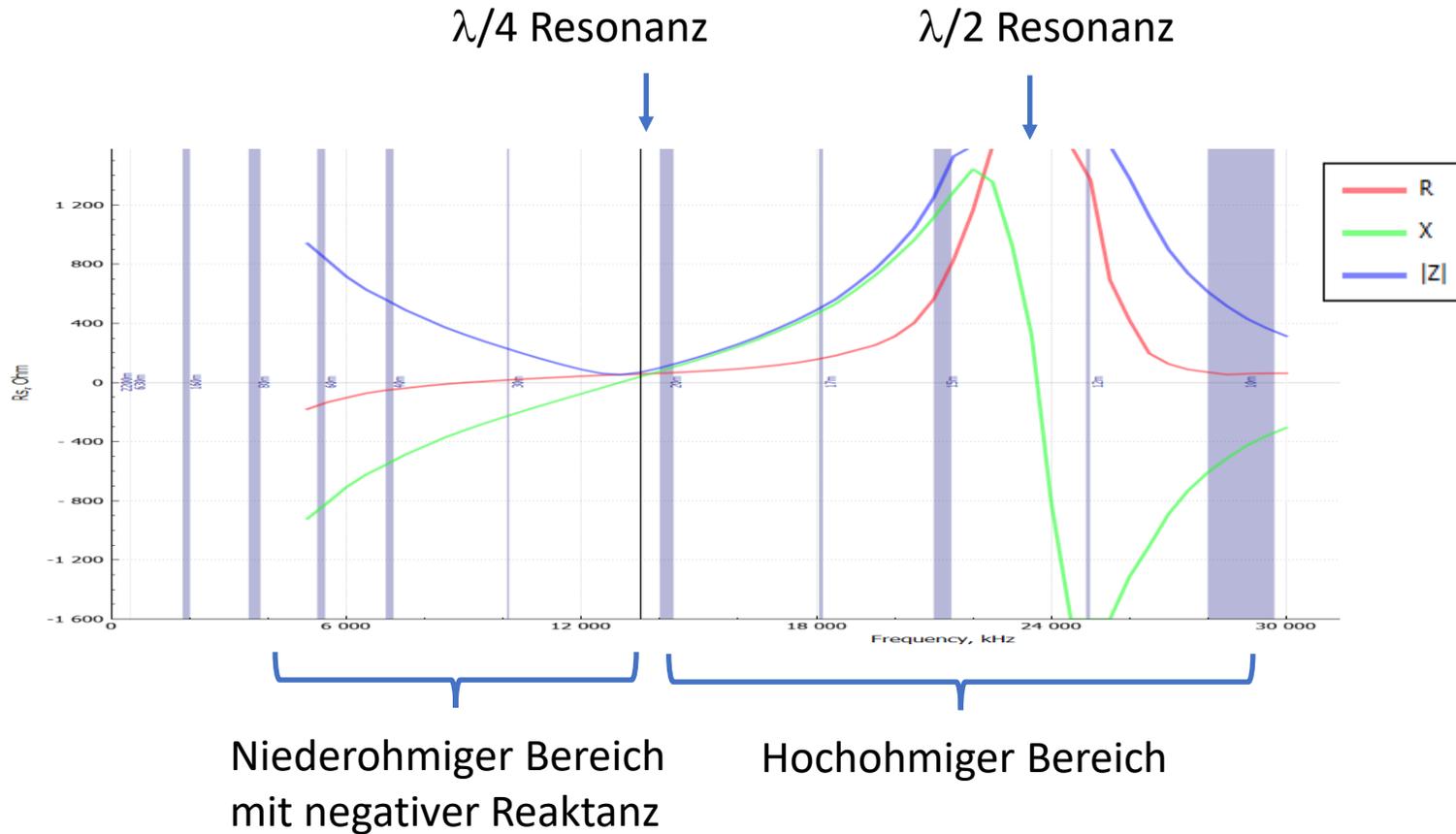
1. Frequenz mit einem 'erfolgreichen' Abgleich wählen
2. Menüwahl: ATU.DATA
3. Kurzes Drücken der ATU Taste
4. Werte für L und C erscheinen kurzzeitig in hexadezimaler Darstellung
5. Der letzte Buchstabe (t oder a) sagt aus, ob das C Transmitter- oder Antennen-seitig geschaltet ist
6. Hex-Werte zu binär umwandeln und gemäss folgendem Schema addieren:

	----- Binary Value -----							
L, uH:	1	0	1	1	0	0	0	
	4.0	2.0	1.0	.5	.23	.11	.05	-> 5.5uH
	----- Binary Value -----							
C, pF:	0	0	0	0	1	1	0	
	680	330	164	82	39	18	10	-> 57pF



Anhang: Antennenimpedanz

Feldmessung mit Rig Expert



Anhang: Radials

EZNEC Simulationen mit unterschiedlichen Bodeneigenschaften



- Salzwasser hat mit Abstand die besten Eigenschaften
- Trockener Boden, wie Sand, Gebirge etc. hat die schlechtesten Eigenschaften
- Der maximale Unterschied ist etwa 10dB (1.7 S-Stufen)

