

# hwg-Konzept

## kurze Dipole

Folien und Software stehen  
zur Verfügung auf

<https://dj3ei.famsik.de/blog/de/antennen/>  
siehe auch QR-Code.



Alle Rechte an diesen Präsentationsfolien:  
Andreas Krüger, DJ3EI, [dj3ei@famsik.de](mailto:dj3ei@famsik.de), 2025.  
Sie dürfen genutzt werden unter der Lizenz CC BY-SA 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Version 2025-01-18 15:03 UTC mit kleineren Verbesserungen

# BK

Fragen getrost mitten im Vortrag stellen.  
Ich versuche dann, darauf einzugehen.

# Andreas Krüger (DJ3EI)

Selbstvorstellung

... ist Funkamateurliebling seit 2001, ein neugieriger Mensch und vielseitig interessiert.

**Berliner Mietwohnung mit mäßigen Antennenmöglichkeiten.**

Nur QRP.

Habe Spaß in Contesten trotz bescheidener Möglichkeiten.

Mag Klön-QSOs in CW oder JS8, gerne eine Stunde und mehr.

GMA-Hügelchen in Berlin und Umland oder im Urlaub.

"Anchor", Orgateammitglied und Webmaster des [AfuBarcamps](#).

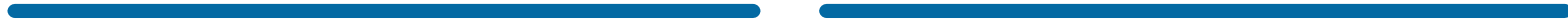
**Passionierter "Erklärbar", hält Einführungsvorträge.**

Homepage (im ewigen Aufbau) ist <https://dj3ei.famsik.de/>.

# Einführende Bemerkungen

# Dipolantennen

Wie sieht so etwas aus?



# Dipolantennen

Wie sieht so etwas aus?

---

- Jeder Draht einzeln hat etwas von einer Spule: Er erzeugt ein Magnetfeld, wenn Strom fließt.
- Die beiden Drähte zusammen haben etwas von einem Kondensator: Zwischen Ihnen gibt es ein elektrisches Feld, wenn eine Spannung anliegt.
- Außerdem strahlt ein Dipol ab, wenn mit HF gespeist: Es verbraucht Energie wie ein Widerstand.

# Resonanter Halbwellendipol

Bei bestimmten Frequenzen herrscht Resonanz.  
Bei der niedrigsten dieser Frequenzen  
ist der Dipol geringfügig kürzer als  $\lambda/2$  (z.B. 97 %).

---

Dann bleibt nur der Widerstand übrig:  
Ein resonanter Halbwellendipol verhält sich  
wie ein Widerstand.



72  $\Omega$  im Freiraum, ungefähr 50  $\Omega$  in Erdnähe

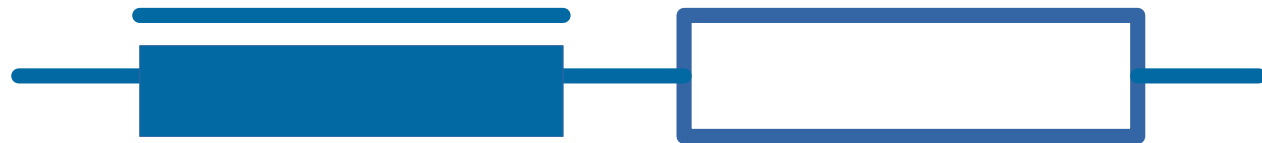
Von Verlusten einmal abgesehen:  
Was an Leistung in dem Widerstand landet, wird abgestrahlt.

# Verlängerter Dipol

Wird der Dipol etwas verlängert

---

wird der Widerstand größer und es erscheint eine Induktivität in Reihe.



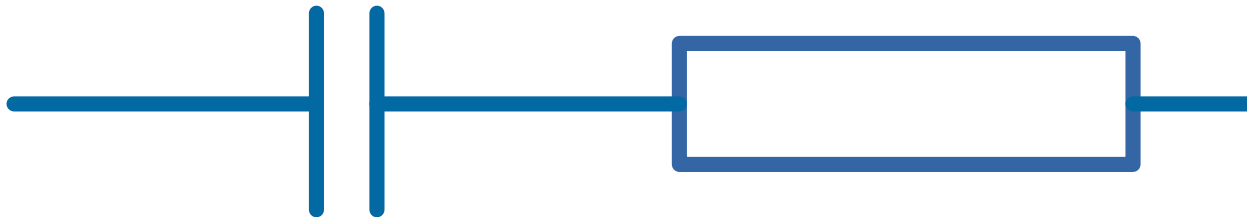


# Verkürzter Dipol

Wird der Dipol kürzer



wird der Widerstand kleiner  
und es erscheint ein Kondensator in Reihe.



# Sind resonante Antennen besser?

# Sind resonante Antennen besser?

- Dem Widerstand ist es egal, ob da eine Spule oder ein Kondensator in Reihe liegt.
- Was der Widerstand an Leistung verbrät, wird abgestrahlt.
- Richtig ist: Resonante Antennen sind oft bequem zu speisen.
- Richtdiagramm der nicht-resonanten  $5/8\lambda$ -Vertikalantenne ist besser als das des resonanten Halbwellenstrahlers.

**Kurz gesagt:**

**Nein.**

# Sind resonante Antennen besser?

- Dem Widerstand ist es egal, ob da eine Spule oder ein Kondensator in Reihe liegt.
- Was der Widerstand an Leistung verbrät, wird abgestrahlt.
- Richtdiagramm der nicht-resonanten  $5/8\lambda$ -Vertikalantenne ist besser als das des resonanten Halbwellenstrahlers.
- Richtig ist:  
Resonante Antennen sind oft bequem zu speisen.

# Entscheidungen für diesen Vortrag

- **40 m Band, 7100 kHz**  
Antennen für 40 m sind schon anspruchsvoll.  
Wer den Platz nicht hat, weicht halt aus auf 20 m oder 15 m.  
Die Ergebnisse sind einigermaßen übertragbar auf andere Bänder.
- **Höhe über Grund 10 m**  
mein Shack-Fenster ist so hoch  
Höhe mit Schiebemasten erreichbar
- **Kupferdraht von 1 mm Durchmesser**  
Lautsprecherlitze aus dem Baumarkt, auseinandergezogen

# Selber machen!

Die Auswertungssoftware stehen als  
Open Source zur Verfügung,  
als Python „**Jupyter Notebook**“  
in englischer Sprache.

Eine benötigte Basissoftware leider noch nicht sofort,  
aber vermutlich später im Laufe der kommenden Woche,  
spätestens im Februar.

Wer meine Entscheidungen nicht mag,  
anderes Band, Antennenhöhe nur 5 m ...,  
kann ändern und selbst laufen lassen.

# Andere Entscheidungen für diesen Vortrag

Ein Experiment für unsere  
sehbehinderten Freundinnen und  
Freunde, und auch sonst nützlich:

Graphisch dargestellte Daten gibt es  
auszugsweise auch in Schriftform jeweils  
eine Folie später.

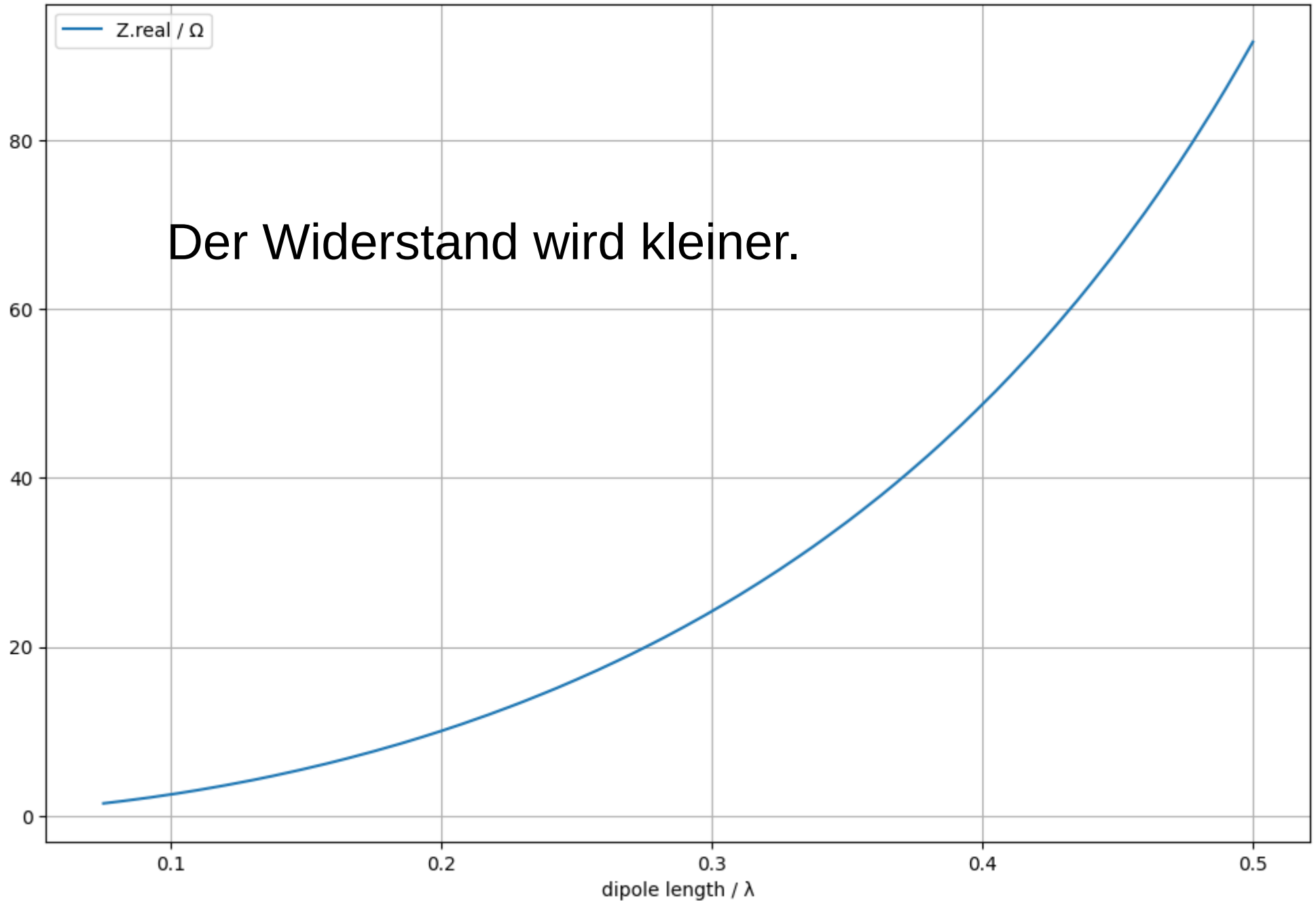
Allerdings auf Englisch.

Einführende Bemerkungen

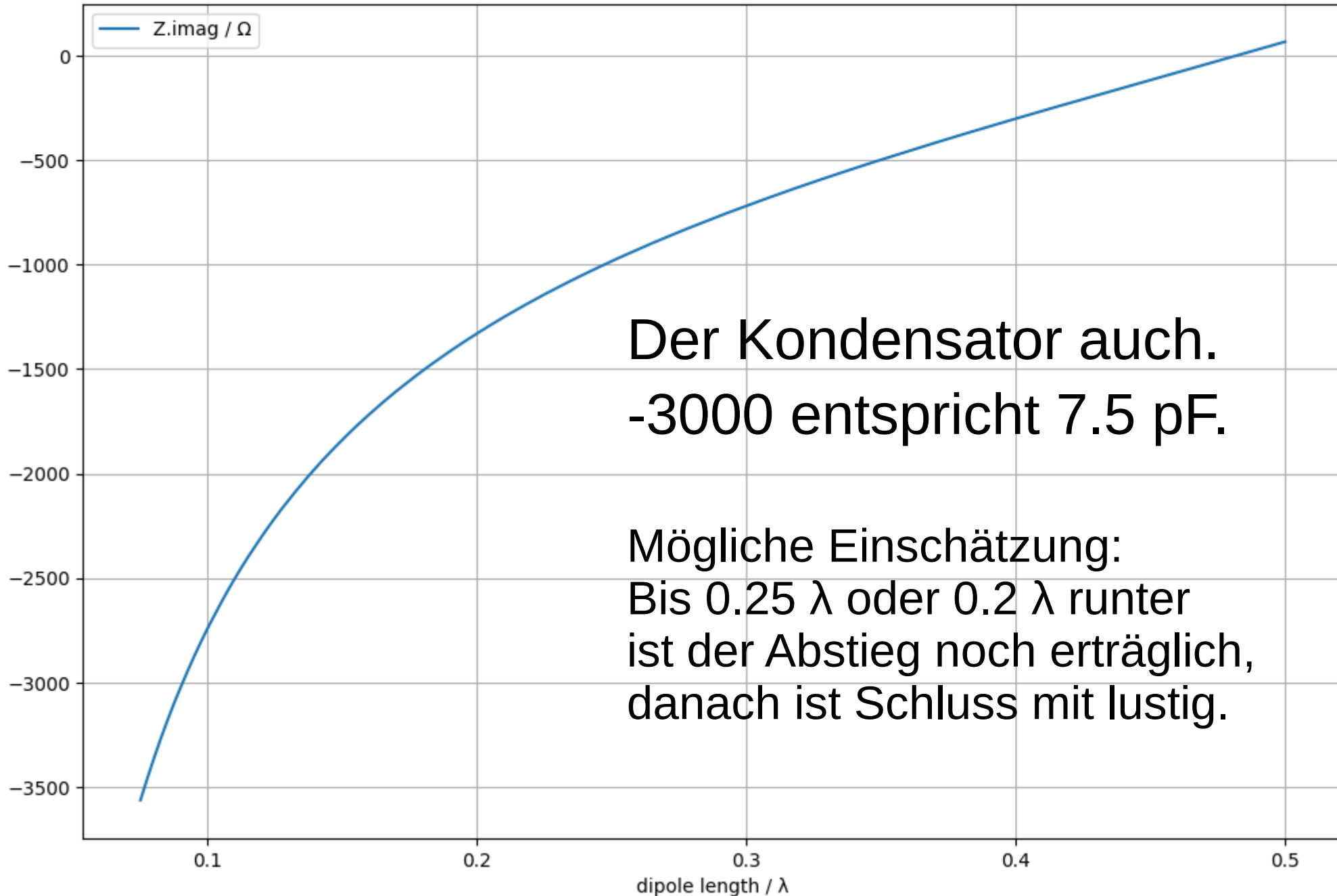
**Was passiert grundsätzlich,  
wenn Dipole kleiner werden?**



NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter copper wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz,  
Average ground: diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.  
Real part of feed point impedance in  $\Omega$ .



NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter copper wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz,  
Average ground: diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.  
Imaginary part of feed point impedance in  $\Omega$ .



Der Kondensator auch.  
-3000 entspricht 7.5 pF.

Mögliche Einschätzung:  
Bis 0.25  $\lambda$  oder 0.2  $\lambda$  runter  
ist der Abstieg noch erträglich,  
danach ist Schluss mit lustig.

# Dipol immer kleiner machen

NEC2 parameter study:

Short dipole from 1 mm diameter copper wire,  
10 m above ground, at 7.1 MHz,  
average ground: diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.

Each dipole length is followed by two numbers:

Real part of feed point impedance in  $\Omega$ .

Imaginary part of feed point impedance in  $\Omega$ .

0.500 $\lambda$ : 91.6 $\Omega$ , 66.6 $\Omega$ .	0.250 $\lambda$ : 16.1 $\Omega$ , -983.4 $\Omega$ .
0.450 $\lambda$ : 67.0 $\Omega$ , -116.5 $\Omega$ .	0.200 $\lambda$ : 10.1 $\Omega$ , -1329.6 $\Omega$ .
0.400 $\lambda$ : 48.7 $\Omega$ , -301.5 $\Omega$ .	0.150 $\lambda$ : 5.6 $\Omega$ , -1838.0 $\Omega$ .
0.350 $\lambda$ : 34.8 $\Omega$ , -498.1 $\Omega$ .	0.100 $\lambda$ : 2.5 $\Omega$ , -2739.0 $\Omega$ .
0.300 $\lambda$ : 24.2 $\Omega$ , -718.7 $\Omega$ .	0.075 $\lambda$ : 1.5 $\Omega$ , -3563.5 $\Omega$ .

An imaginary part of -3000  $\Omega$  at 7100 kHz corresponds to a C of 7.5 pF.

# Erklärung

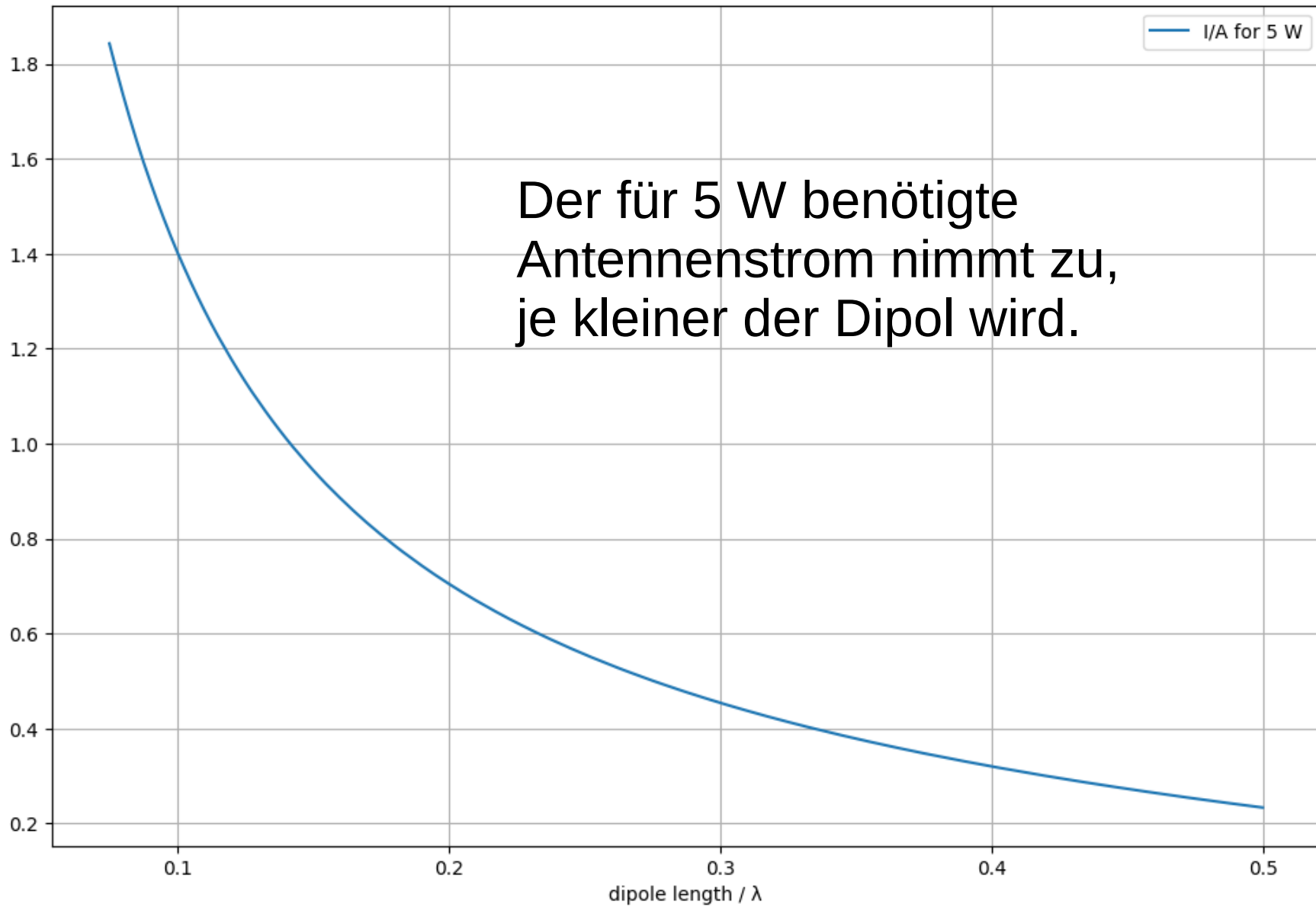
- Zwei kurze Drähte haben weniger Kapazität als zwei lange Drähte.
- Ein kurzer Draht braucht entsprechend mehr Strom, um Radiowellen abzustrahlen und in der Ferne dasselbe Feld zu erzeugen. Also sinkt der Widerstand.

# Umfrage: War Euch das neu bis jetzt?

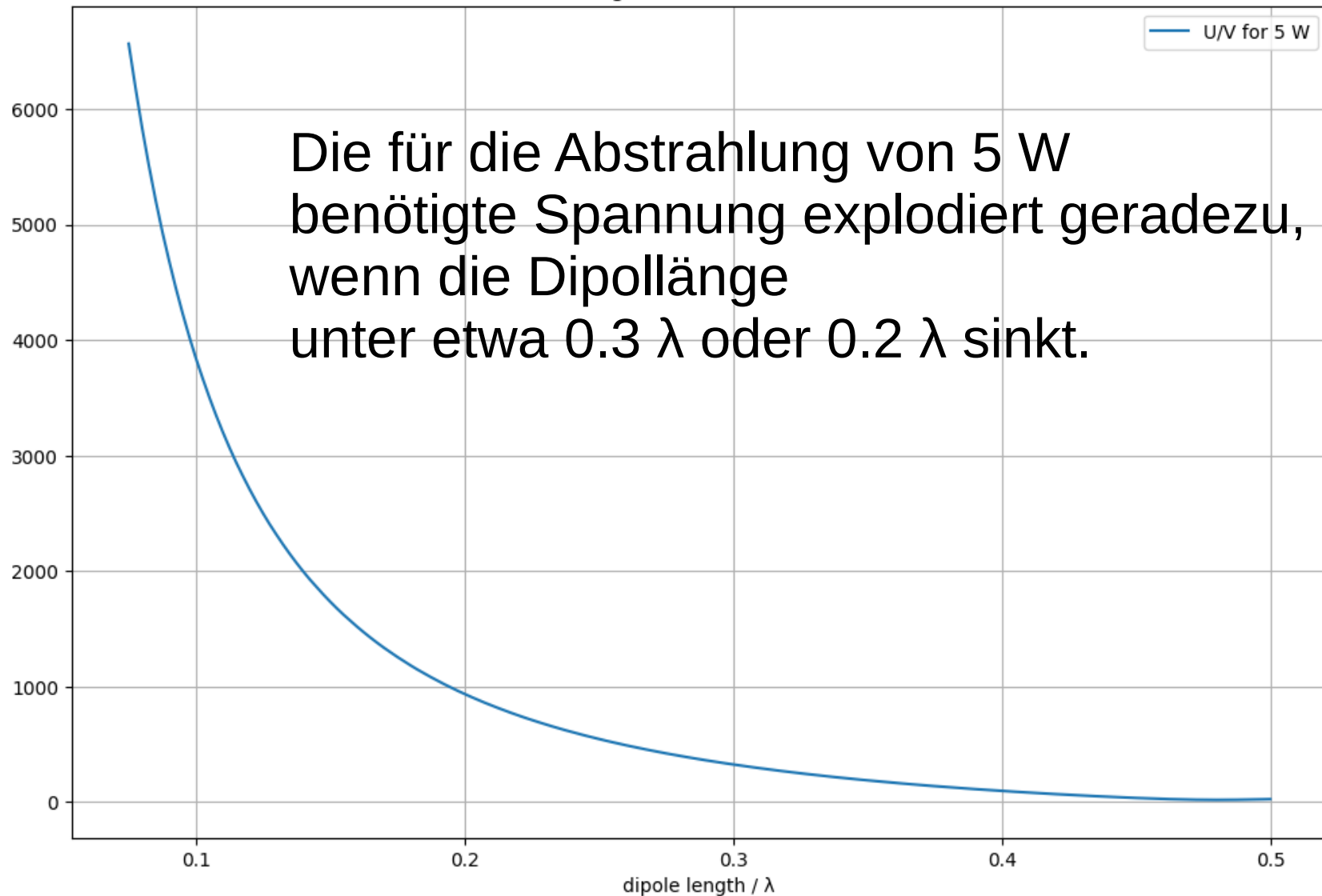
Was passiert grundsätzlich,  
wenn Dipole kleiner werden?

**Welche Speisung braucht  
ein kurzer Dipol?**

NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter copper wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz,  
average ground: diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.  
Antenna current I/A needed to deliver 5 W.



NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter copper wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz,  
average ground: diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.  
Antenna voltage U/V needed to deliver 5 W.



Die für die Abstrahlung von 5 W benötigte Spannung explodiert geradezu, wenn die Dipollänge unter etwa  $0.3 \lambda$  oder  $0.2 \lambda$  sinkt.



NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter copper wire, at 7.1 MHz, 10 m above average ground: diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.

Each dipole length is followed by two numbers:

Antenna current I/A needed to deliver 5 W.

Antenna voltage U/V needed to deliver 5 W.

0.500  $\lambda$ : 0.23 A 26.5 V

0.450  $\lambda$ : 0.27 A 36.7 V

0.400  $\lambda$ : 0.32 A 97.8 V

0.350  $\lambda$ : 0.38 A 189.2 V

0.300  $\lambda$ : 0.45 A 326.7 V

0.250  $\lambda$ : 0.56 A 547.3 V

0.200  $\lambda$ : 0.71 A 937.6 V

0.150  $\lambda$ : 0.94 A 1736.5 V

0.100  $\lambda$ : 1.40 A 3845.3 V

0.075  $\lambda$ : 1.84 A 6566.7 V

Beim Viertelwellendipol ( $2 \times \lambda/8$ )  
für bloß 5 W

**0.56 A und 547.3 V**

?????

Ja, beim Viertelwellendipol ( $2 \times \lambda/8$ )  
für bloß 5 W  
0.56 A und 547.3 V.

Wir brauchen den hohen Strom,  
um die Leistung loszuwerden auf der kleinen Drahtlänge,  
in den kleinen Widerstand hinein.

Wir brauchen die Spannung, um den hohen Strom  
durch den kleinen Kondensator zu prügeln.

Da die Stromvergrößerung und die Kondensator-Verkleinerung beide höhere Spannungen bedingen, ist wenig verwunderlich, dass die Spannung geradezu explodiert.

# Es ergeben sich zwei Fragen:

- Wie lassen sich die hohe Spannung und der hohe Strom erzeugen? (Spoiler: Antennentuner)
- Hoher Spannung und hohem Strom:  
Dann wohl auch hohe Verluste? (Spoiler: Ja.)

Welche Speisung braucht  
ein kurzer Dipol?

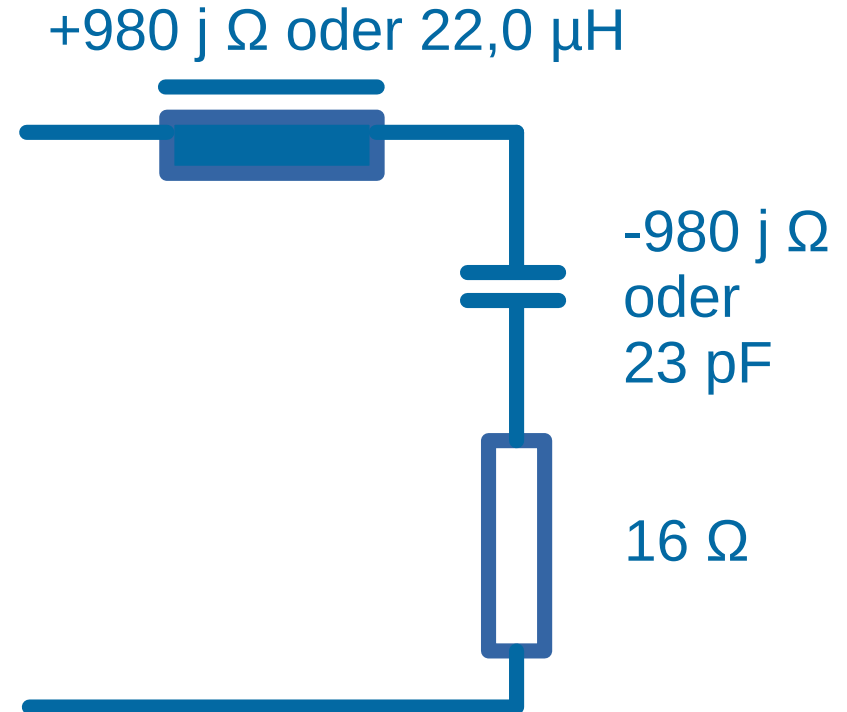
# Kurze Dipole speisen mit Antennentunern

# Beispiel Antennentuner

Viertelwellendipol,  $2 \times \lambda/8$

Graphikerklärung folgt unten.

Erster Schritt:  
Der Kondensator wird  
zum resonanten  
Reihenschwingkreis  
ergänzt.  
Das erzeugt die nötige  
Hochspannung und  
außen sind nur noch  
die  $16 \Omega$  sichtbar.



Die Graphik zeigt eine Serienschaltung von einem C mit  $-980 j \Omega$ , also  $23 \text{ pF}$  und einem Widerstand von  $16 \Omega$ , das entspricht dem Viertelwellendipol.

In Serie dazu geschaltet ist eine Spule von  $+980 j \Omega$ , also  $22,0 \mu\text{H}$ , die mit dem C einen bei  $7,1 \text{ MHz}$  resonanten Schwingkreis bildet.

# Beispiel Antennentuner

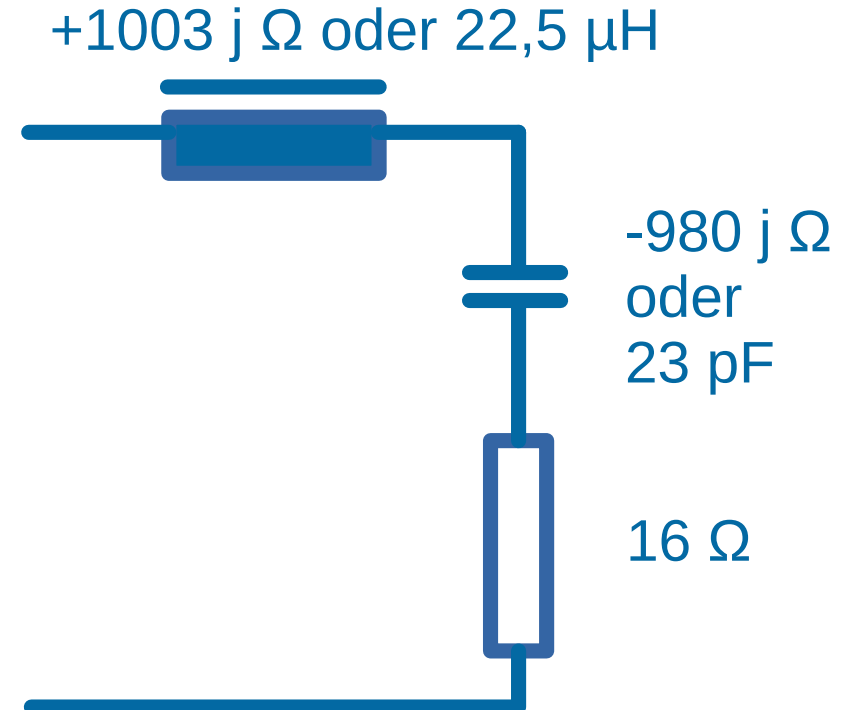
Viertelwellendipol,  $2 \times \lambda/8$

Graphikerklärung folgt unten.

Zweiter Schritt:

Die Spule wird um  $23 \text{ j } \Omega$  vergrößert auf  $-1003 \text{ j } \Omega$  oder  $22,5 \mu\text{H}$ .

Die Gesamtschaltung verhält sich nun wie eine Parallelschaltung von einem  $49 \Omega$  Widerstand und einer  $+34 \text{ j } \Omega$  Spule ( $765 \text{ nH}$ ).



Die Graphik ist wie die letzte, nur der Wert der Spule verändert wie angegeben.

# Beispiel Antennentuner

Viertelwellendipol,  $2 \times \lambda/8$

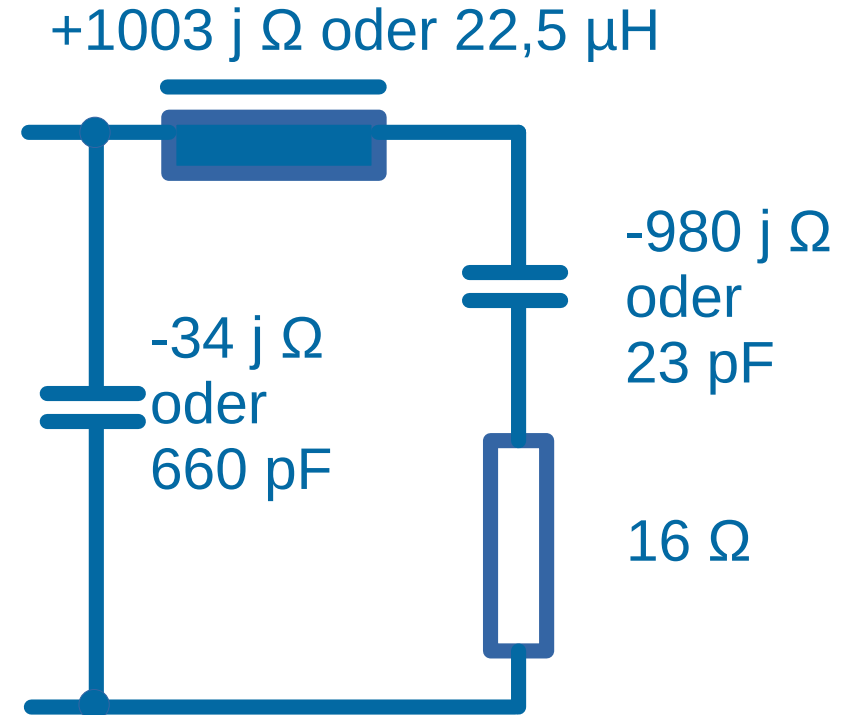
Graphikerklärung folgt unten.

Dritter Schritt:

Durch Parallelschaltung eines Kondensators von  $-34 \text{ j } \Omega$  also  $660 \text{ pF}$  wird die Spule kompensiert und der  $49 \Omega$  Widerstand bleibt übrig.

(Es sind nicht genau  $50 \Omega$ , weil der Wert  $23 \text{ j}$  gerundet und daher geringfügig zu klein war.)

Der bisherigen Schaltung wurde vorne ein Kondensator von  $-34 \text{ j } \Omega$  oder  $660 \text{ pF}$  parallelgeschaltet.



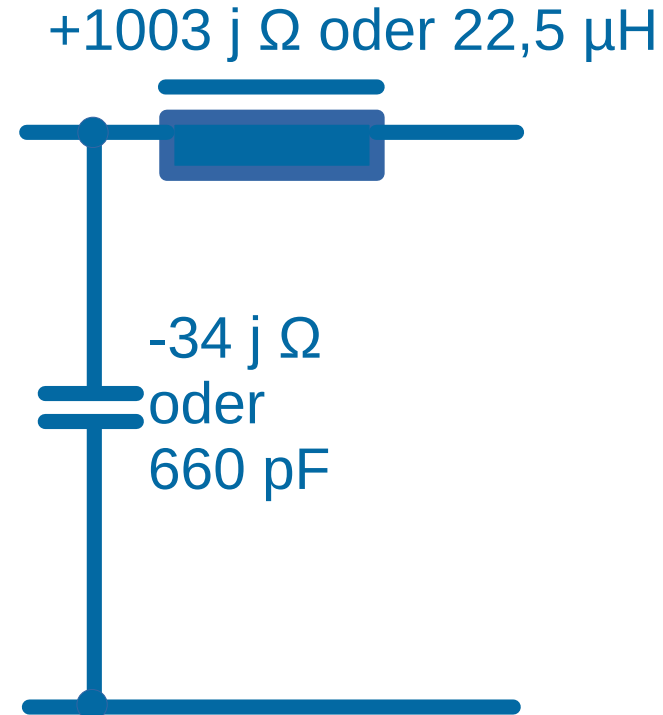


# L-Antennentuner

Graphikerklärung folgt unten.

Die Spule und der Kondensator bilden zusammen einen Antennentuner.

Da die Schaltung einem kopfstehenden L ähnelt, wird diese Sorte Tuner **L-Tuner** genannt.



Kondensator und Widerstand der Antenne wurden weggelassen, nur noch die Serieninduktivität und der parallele Kondensator sind zu sehen.

# Proberechnung

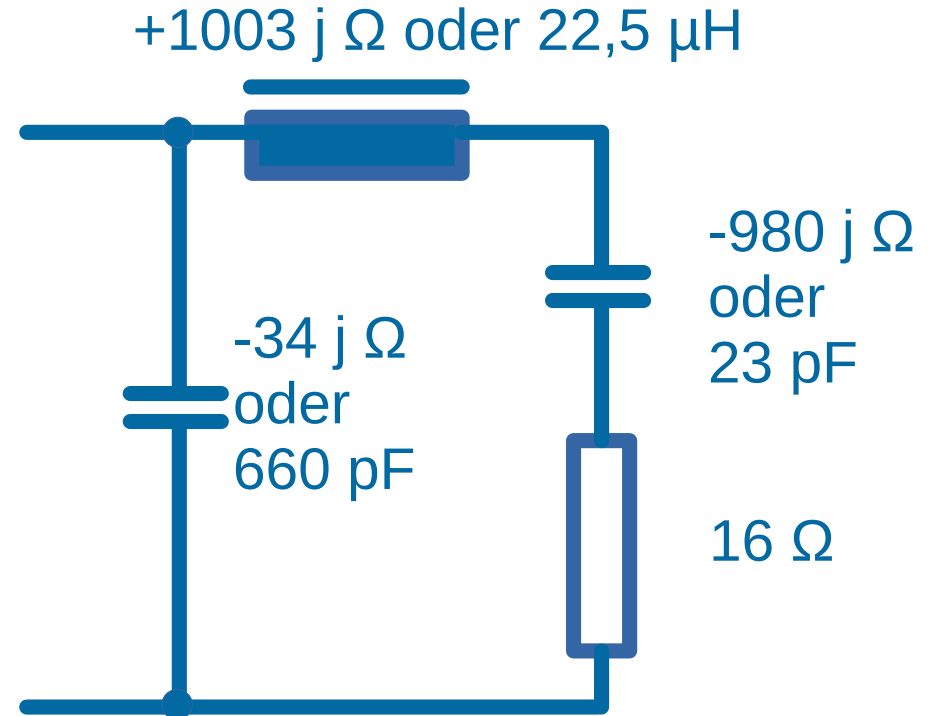
Der Sender sieht  $49 \Omega$  und liefert  $320 \text{ mA}$  bei  $15,7 \text{ V}$  für  $5 \text{ W}$ .

Der Querkondensator schluckt  $0,46 \text{ j A}$  (Strom eilt  $90^\circ$  vor).

Der Rest schluckt  $(0,32 - 0,46 \text{ j}) \text{ A}$ , das sind  $0,56 \text{ A}$  in „krummer“ Phasenlage.

$0,56 \text{ A}$  durch  $16 \Omega$  prügeln ergibt  $5 \text{ W}$ .

Graphikerklärung folgt unten.



Die komplette Antennentunerschaltung mit Antenne.

# Werbung

Der folgende ausführliche Grundlagenvortrag erklärt detaillierter, wie Tuner funktionieren:

<https://dj3ei.famsik.de/2022-vortrag-hamradio/>

# Beobachtungen

- Der Sender gibt 5 W ab.
- Es liegt sowohl Serienresonanz als auch Parallelresonanz vor.
- Innerhalb der Schaltung gibt es höhere Spannungen und auch höhere Ströme als die, die der Sender abgibt.
- Die 5 W landen komplett in der Antenne.

# Fakt

Solange die Spule und der Kondensator  
des Tuners keine Verluste haben,  
hat der Tuner keine Verluste.

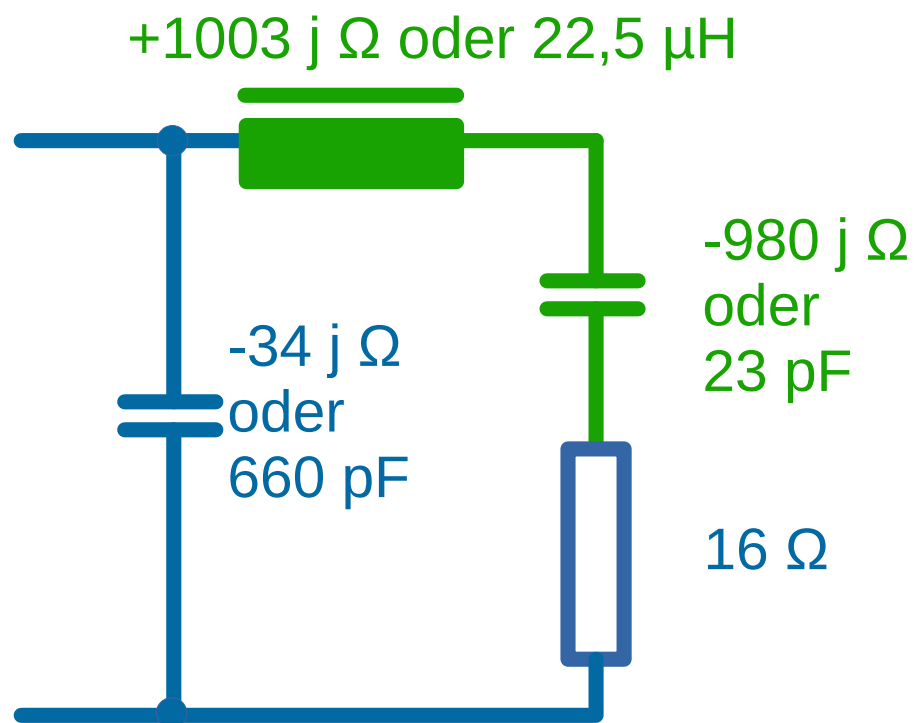
Auch hohe Ströme und hohe Spannungen  
lassen sich im Prinzip  
verlustfrei herstellen.

Solange die Bauteile des Tuner  
verlustfrei bleiben. - Wir kommen noch drauf.

Kurze Dipole speisen  
mit Antennentunern

# Der kurze Dipol und sein Nahfeld

# Kurzer Dipol und Nahfeld

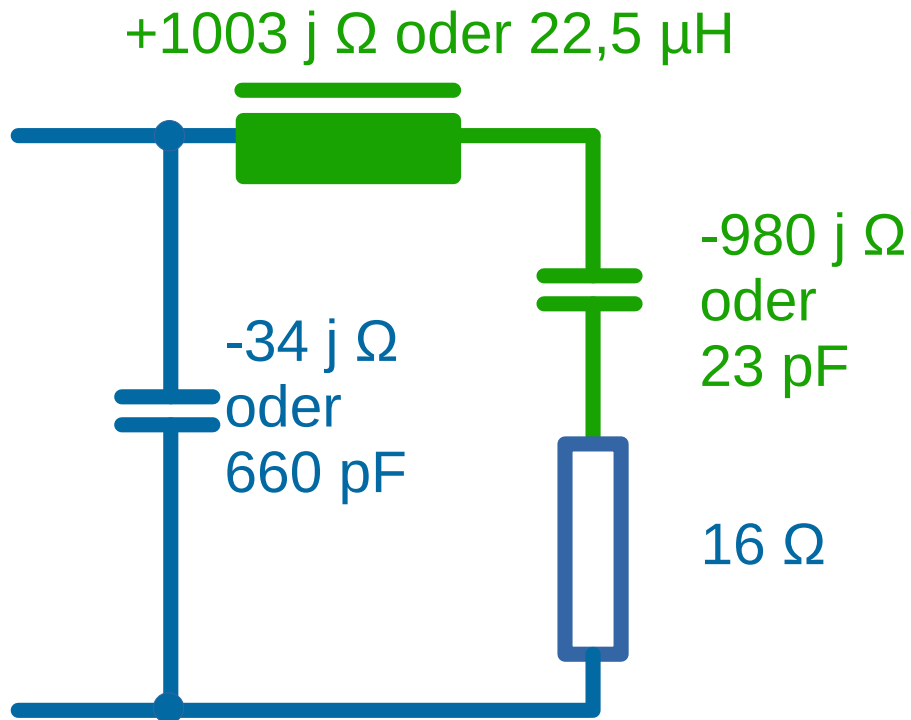


Tunerspule und der Kondensator des Dipols bilden einen Serienschwingkreis. Bei 5 W: 550 V Spannung.

Wie bei jedem Schwingkreis wandert Energie ständig zwischen Spule und Kondensator hin und her.

Gesamte Graphik wie vorher, Spule und 23 pF-Dipolkondensator farblich hervorgehoben.

# Kurzer Dipol und Nahfeld



Wo steckt die Energie, wenn sie gerade vom Kondensator gespeichert wird?

**Im Nahfeld des Dipols.**

Gesamte Graphik wie vorher,  
Spule und 23 pF-Dipolkondensator  
farblich hervorgehoben.



# Nahfelder kurzer Dipole

oder überhaupt kleiner Antennen, z.B. Magloops

**Kurze Dipole können beim Senden erhebliche Nahfelder erzeugen.**

# Nahfelder kurzer Dipole

oder überhaupt kleiner Antennen, genauso auch z.B. Magloops

Kurze Dipole können beim Senden erhebliche Nahfelder erzeugen.

Also höhere Erdverluste?

Ja! Wann das anfängt, weh zu tun, kommt gleich.

# Nahfelder kurzer Dipole

oder überhaupt kleiner Antennen, z.B. Magloops

Verluste durch „mehr Sendeleistung“  
ausgleichen?

Wer kurze Antennen mit QRO  
kombiniert, sollte aufpassen.

# Nahfelder kurzer Dipole

oder überhaupt kleiner Antennen, z.B. Magloops

- Mietwohnung im Mietshaus,
- kurze Dipole,
- die nach dem Funken wieder abgebaut werden  
(keine Erlaubnis vom Vermieter für Permanentes, Blitzschutz)

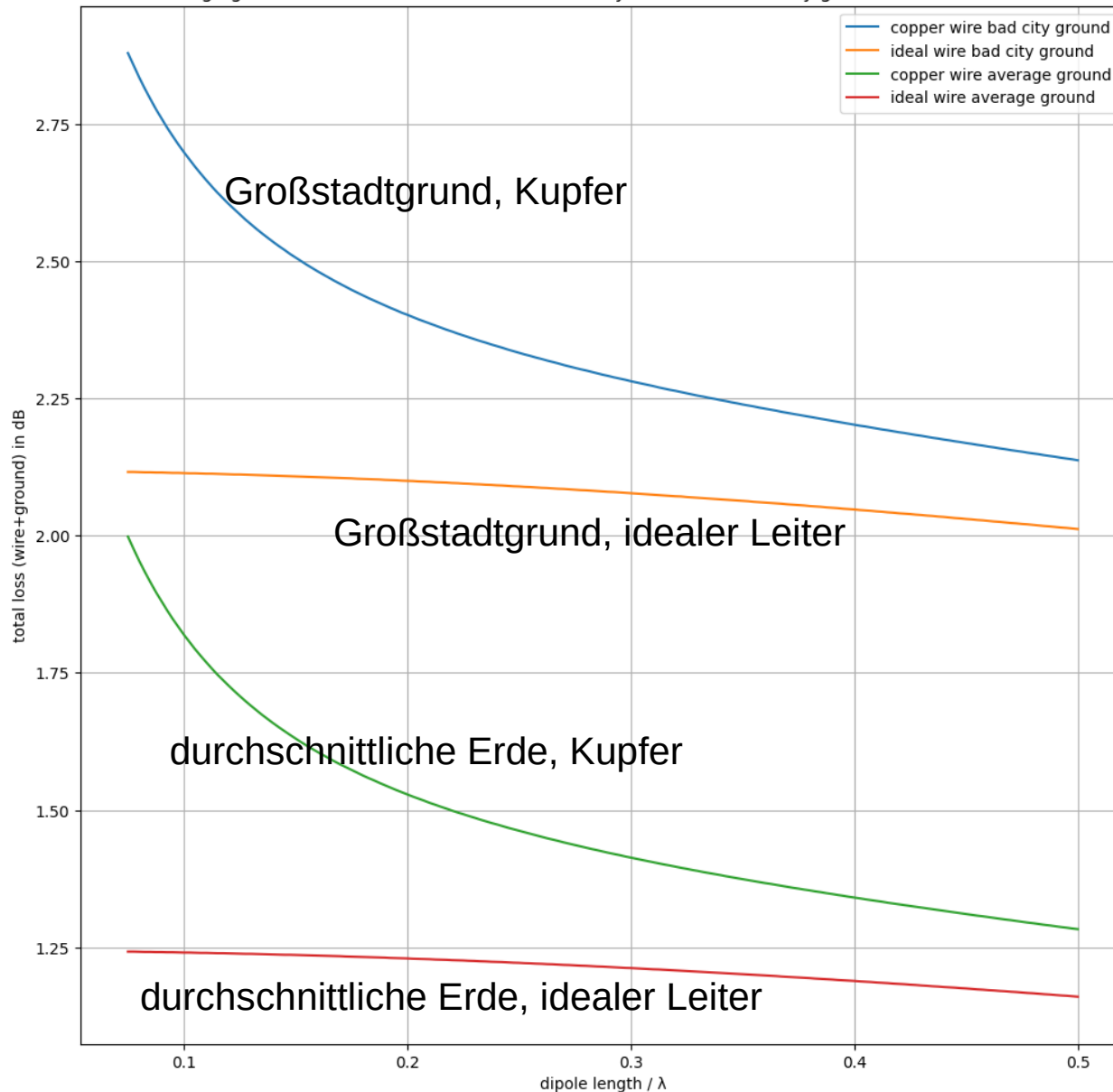
und Selbsterklärung?

Ich persönlich bleibe  
unter 10 W EIRP.

Der kurze Dipol und sein Nahfeld

# Antennenverluste

NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz.  
Average ground: diel. constant 13 and conductivity 0.005 S/m, bad city ground: 3 and 0.001 S/m.



Erd- und Drahtverluste:

Erdverluste dominieren!

Zusatzverluste durch Verkürzung messbar, aber unbedeutend; zwischen  $\lambda/2$  und  $\lambda/5$  unter 0,2 dB.

Ein  $\lambda/2$ -Dipol über Großstadtgrund hat mehr Verluste als ein  $\lambda/10$ -Dipol über durchschnittlicher Erde.

NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter wire, at 7.1 MHz, 10 m above average ground diel. constant 13 and conductivity 0.005 S/m, and bad city ground: 3 and 0.001 S/m.

Total loss (wire and ground) as a function of dipole length.

Each dipole length is followed by four loss numbers:

copper wire bad city ground

ideal wire bad city ground

copper wire average ground

ideal wire average ground

0.500  $\lambda$ : 2.14 dB, 2.01 dB, 1.28 dB, 1.16 dB

0.450  $\lambda$ : 2.17 dB, 2.03 dB, 1.31 dB, 1.18 dB

0.400  $\lambda$ : 2.20 dB, 2.05 dB, 1.34 dB, 1.19 dB

0.350  $\lambda$ : 2.24 dB, 2.06 dB, 1.37 dB, 1.20 dB

0.300  $\lambda$ : 2.28 dB, 2.08 dB, 1.41 dB, 1.21 dB

0.250  $\lambda$ : 2.33 dB, 2.09 dB, 1.46 dB, 1.22 dB

0.200  $\lambda$ : 2.40 dB, 2.10 dB, 1.53 dB, 1.23 dB

0.150  $\lambda$ : 2.51 dB, 2.11 dB, 1.63 dB, 1.24 dB

0.100  $\lambda$ : 2.70 dB, 2.11 dB, 1.82 dB, 1.24 dB

## 0,3λ – Dipol und mehr Erd-Modelle

wire	ground	diel. con.	cond / S/m	Imped. / Ω	eff / %	loss / dB
<b>ideal</b>	<b>ideal</b>	NaN	NaN	22.7-715.6j	100.0	0.00
	<b>salt water</b>	81.0	5000	22.8-715.7j	99.0	0.05
	<b>excellent</b>	20.0	30	23.5-717.7j	87.9	0.56
	<b>average</b>	13.0	5	23.1-719.8j	75.6	1.21
	<b>industry</b>	5.0	1	22.4-722.0j	63.1	2.00
	<b>city</b>	3.0	1	22.8-722.8j	62.0	2.08
<b>copper</b>	<b>ideal</b>	NaN	NaN	23.8-714.5j	95.4	0.21
	<b>salt water</b>	81.0	5000	23.9-714.7j	94.4	0.25
	<b>excellent</b>	20.0	30	24.6-716.6j	84.0	0.76
	<b>average</b>	13.0	5	24.2-718.7j	72.2	1.41
	<b>industry</b>	5.0	1	23.5-720.9j	60.2	2.21
	<b>city</b>	3.0	1	23.9-721.8j	59.1	2.28

Erdverhältnisse haben wenig Einfluss auf die Antennenimpedanz!



Antennenverluste

# Tunerverluste

# Das kommt auf den Tuner an.

- L-Tuner haben verhältnismäßig geringe Verluste.
- Die Verluste kommen fast ausschließlich von Verlusten in der Spule, abhängig von der Spulengüte  $Q$ .
- Besonders vielseitige Tuner (andere Schaltung) können die Verluste der eingebaute Spule auf SWR 1 abgleichen *ohne angeschlossene Antenne* (Verlust 100%!).

# Spulengüte

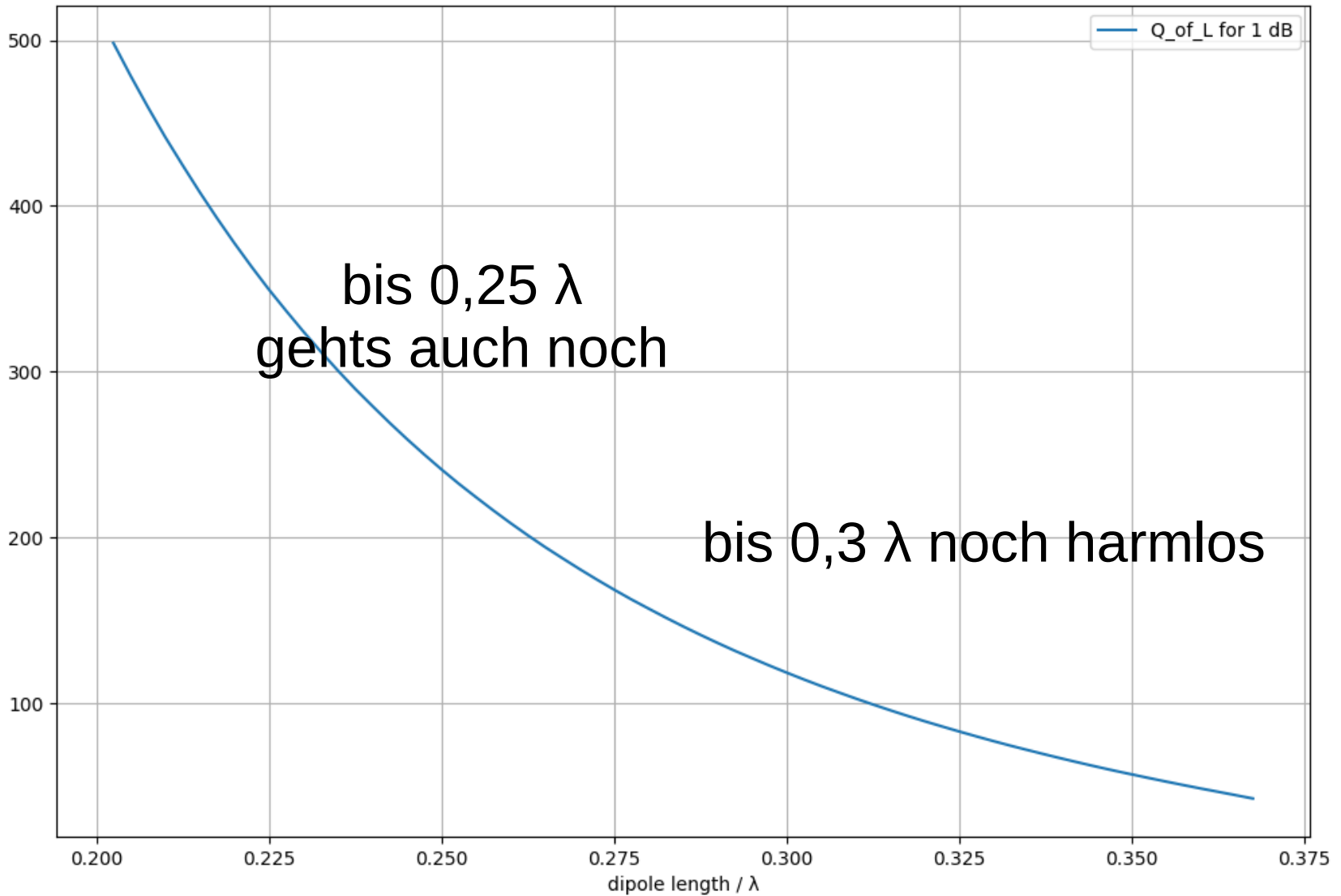
- Ich hab noch keine Spulen gewickelt und ihre Güte gemessen .
- Vom Hörensagen:
  - Wer nicht aufpasst, kriegt Güten um 100.
  - Mit etwas Aufwand lässt sich das leicht auf 200 und schwerer auf 300 erhöhen.
  - Die besten Spulen auf KW haben eine Güte um 1000.
  - VHF-Spulen können leichter sehr hohe Güten erreichen.
- Wer Formeln mag:  
Güte  $Q$  ergibt Impedanz  $X(j+1/Q)$ , bei Spulen-Scheinwiderstand  $X$ .

Szenario:

- Kurzer Dipol und L-Tuner.
- Die Zusatzverluste im Tuner bitte  $\leq 1$  dB

Welche Güte brauche ich dafür  
in der Spule im Tuner?

NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter copper wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz,  
above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.  
Quality factor  $Q_{\text{of\_L}}$  of an inductance L that, together with a lossless C,  
forms an L-type tuner with tuner loss 1 dB  
that transforms the antenna feed point impedance to 50  $\Omega$ .



NEC2 parameter study:

Short dipole from 1 mm diameter copper wire, at 7.1 MHz,

10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.

Each dipole length is followed by:

Quality factor  $Q_{\text{of}}L$  of an inductance  $L$  that, together with a lossless  $C$ ,  
forms an L-type tuner with tuner loss 1 dB

that transforms the antenna feed point impedance to  $50 \Omega$ .

0.225  $\lambda$ : 349.69

0.250  $\lambda$ : 241.11

0.275  $\lambda$ : 168.56

0.300  $\lambda$ : 118.48

0.325  $\lambda$ : 82.96

0.350  $\lambda$ : 57.08

NEC2 parameter study:

Short dipole from 1 mm diameter copper wire, at 7.1 MHz,

10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.

Each dipole length is followed by:

Quality factor  $Q_{\text{of}}L$  of an inductance  $L$  that, together with a lossless  $C$ , forms an L-type tuner with tuner loss 1 dB

that transforms the antenna feed point impedance to 50  $\Omega$ .

0.225  $\lambda$ : 349.69

0.250  $\lambda$ : 241.11

0.275  $\lambda$ : 168.56

0.300  $\lambda$ : 118.48

0.325  $\lambda$ : 82.96

0.350  $\lambda$ : 57.08

Lustiger Beifang:

Wenn der Dipol 0,367  $\lambda$  oder länger ist, müsste die Spule so große Verluste haben, dass Spulenverlust und Dipolimpedanz schon über 50  $\Omega$  hinaus schießen.

Dann würde eine andere Tunerschaltung gebraucht.

# Dipole der Verzweiflung

Ein Erlebnis:

Teilnahme IARU HF CC Contest 2018.

Bin im Urlaub und improvisiere eine Antenne.

Antennenwirkungsgrad laut Antennensimulation auf dem 80 m Band 25 %, also 6 dB Verluste Erde+Draht (noch *ohne* Tunerverluste!).

Rig: „Blue Cool Radio“, 5 W QRP CW Multiband QRP.

Verzweifeln?



# ... können Spaß machen!

- Es lief die WRTC mit den Y8-Stationen, vom damaligen QTH aus so ziemlich NVIS.
- Ich konnte 24 der Y8-Stationen arbeiten, davon 16 auf 80 m.

Total ITU Zone multipliers = 14

Total Society multipliers = 44

Total multipliers = 58

BAND/MODE	RAW	DUPE	BAD EX	BAD CL	NIL	VALID QSOs	PENALTY	QSO POINTS
80CW	38	1	0	0	2	35	2	37
40CW	60	12	0	0	1	47	1	66
20CW	51	3	0	1	0	47	1	98
TOTAL	149	16	0	1	3	129	4	201

Final score = 11658

## Verzweiflung überflüssig!

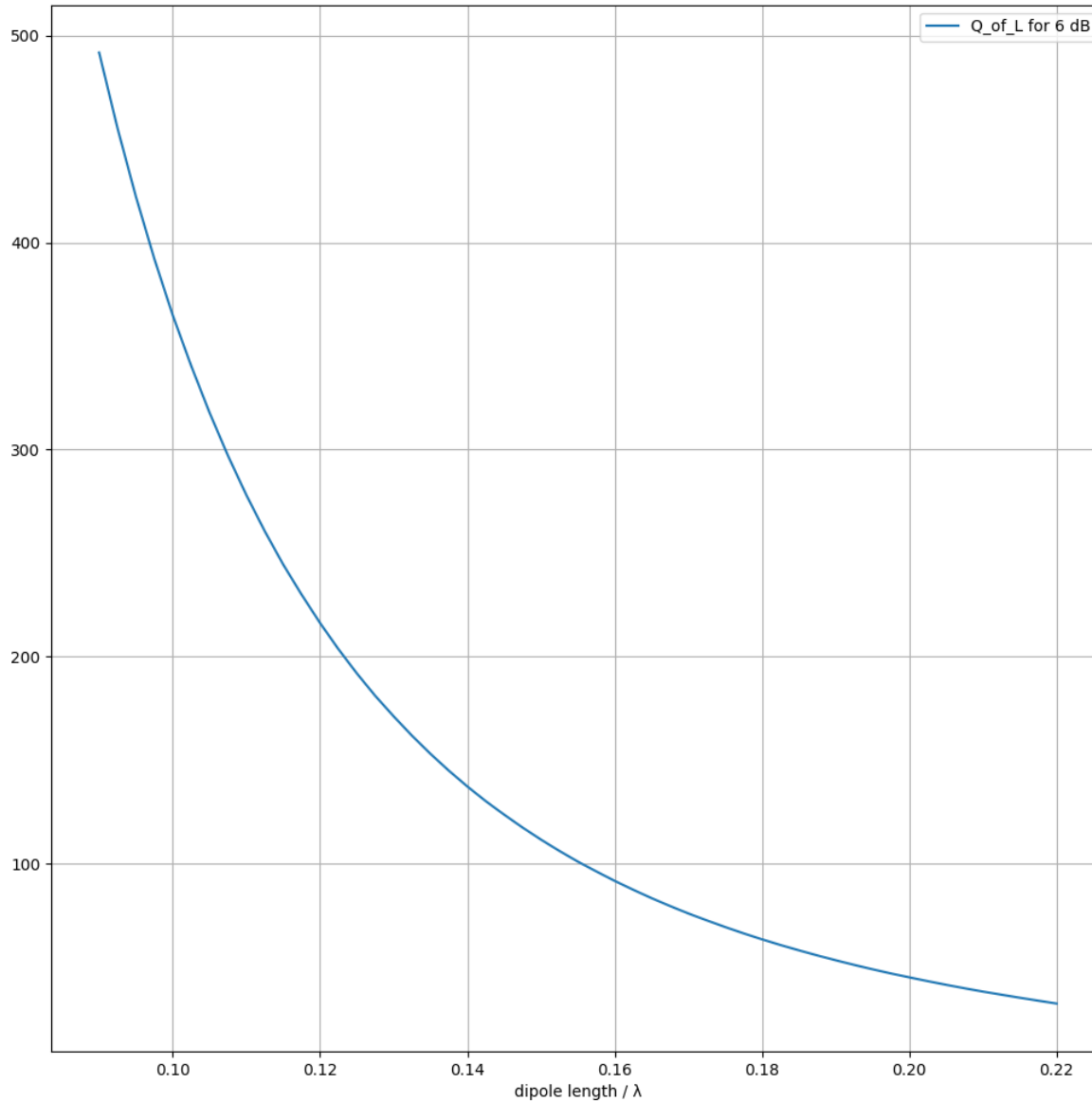
Jede noch so schlechte Antenne  
ist mindestens 20 dB besser  
als gar keine Antenne.

Szenario:

- Kurzer Dipol und L-Tuner.
- Die Zusatzverluste im Tuner bitte  $\leq 6$  dB

Welche Güte brauche ich dafür  
in der Spule im Tuner?

NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter copper wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz, above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m. Quality factor  $Q_{\text{of\_L}}$  of an inductance L that, together with a lossless C, forms an L-type tuner with tuner loss 6 dB that transforms the antenna feed point impedance to 50  $\Omega$ .



Wenn Tunerverluste bis 6 dB akzeptiert werden:  
 $\lambda/8$  – Dipol noch darstellbar.

NEC2 parameter study: Short dipole from 1 mm diameter copper wire, at 7.1 MHz, 10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.

Each dipole length is followed by:

Quality factor  $Q_{\text{of}}L$  of an inductance  $L$  that, together with a lossless  $C$ , forms an L-type tuner with tuner loss 6 dB that transforms the antenna feed point impedance to  $50 \Omega$ .

0.100  $\lambda$ : 364.83

0.112  $\lambda$ : 260.48

0.125  $\lambda$ : 191.83

0.138  $\lambda$ : 144.81

0.150  $\lambda$ : 111.55

0.162  $\lambda$ : 87.35

0.175  $\lambda$ : 69.33

0.188  $\lambda$ : 55.63

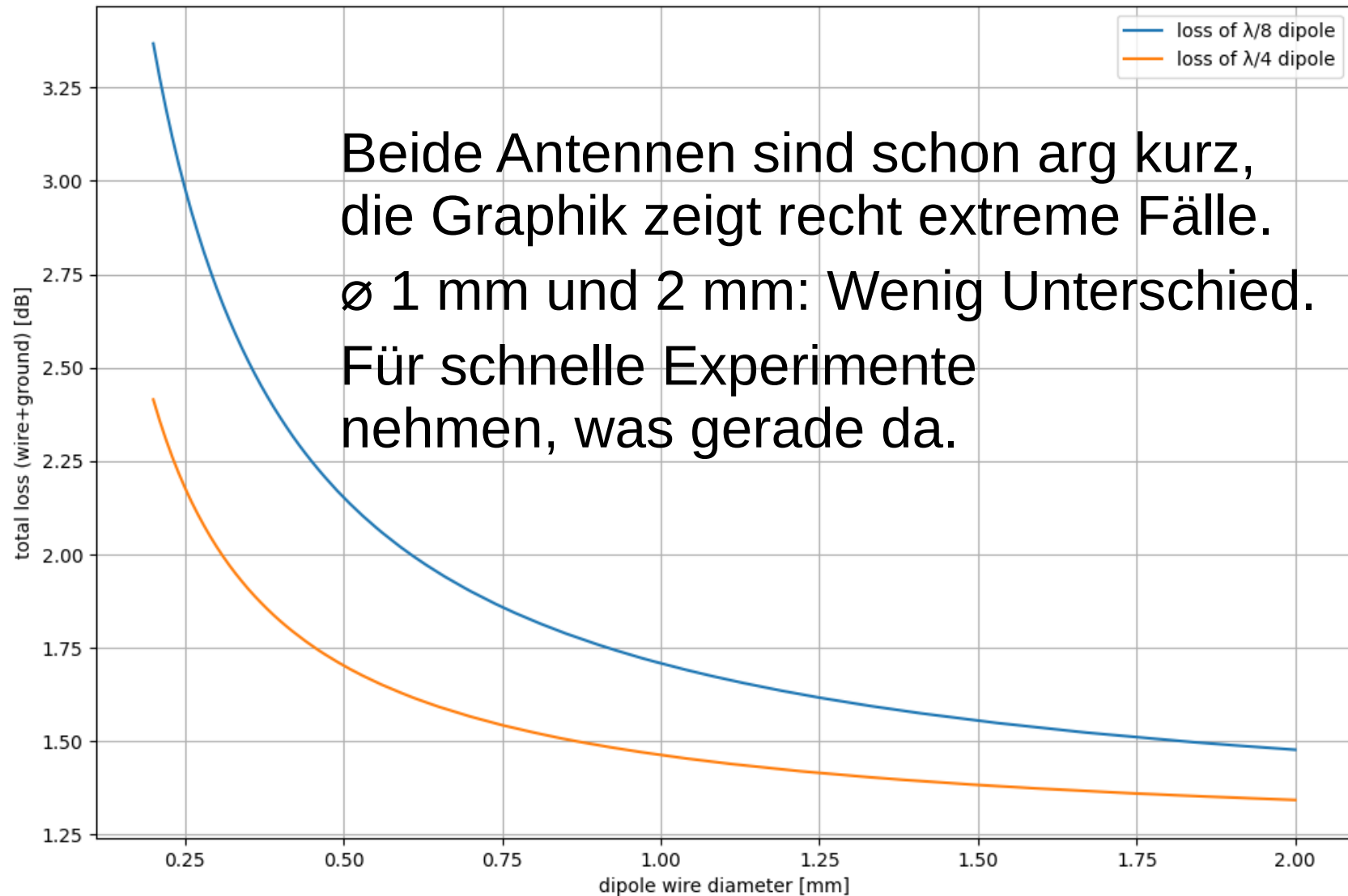
0.200  $\lambda$ : 45.02

0.213  $\lambda$ : 36.65

Tunerverluste

**Drahtdurchmesser?**

NEC2 parameter study: Two short dipoles, of length  $\lambda/8$  and  $\lambda/4$ , from different diameter copper wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz, above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.



NEC2 parameter study: Two short dipoles, of length  $\lambda/8$  and  $\lambda/4$ , from different diameter copper wire, 10 m above ground, at 7.1 MHz, above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m.

Each wire diameter is followed by two numbers:

The total loss (wire + ground) of a dipole of length  $\lambda/4$  and that of a dipole of length  $\lambda/8$ .

0.2 mm: 2.41 dB, 3.37 dB

0.3 mm: 2.02 dB, 2.71 dB

0.4 mm: 1.82 dB, 2.37 dB

0.5 mm: 1.70 dB, 2.15 dB

0.6 mm: 1.62 dB, 2.01 dB

0.7 mm: 1.57 dB, 1.90 dB

0.8 mm: 1.52 dB, 1.82 dB

0.9 mm: 1.49 dB, 1.76 dB

1.0 mm: 1.46 dB, 1.71 dB

1.1 mm: 1.44 dB, 1.67 dB

1.2 mm: 1.42 dB, 1.63 dB

1.3 mm: 1.41 dB, 1.60 dB

1.4 mm: 1.39 dB, 1.58 dB

1.5 mm: 1.38 dB, 1.55 dB

1.6 mm: 1.37 dB, 1.53 dB

1.7 mm: 1.36 dB, 1.52 dB

1.8 mm: 1.36 dB, 1.50 dB

1.9 mm: 1.35 dB, 1.49 dB

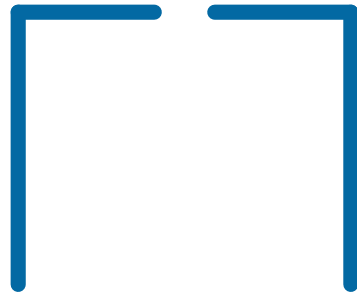
2.0 mm: 1.34 dB, 1.48 dB



Drahtdurchmesser?

**Die „Inverted-U“ Antenne.  
Oder: Hängeohrenantenne.**

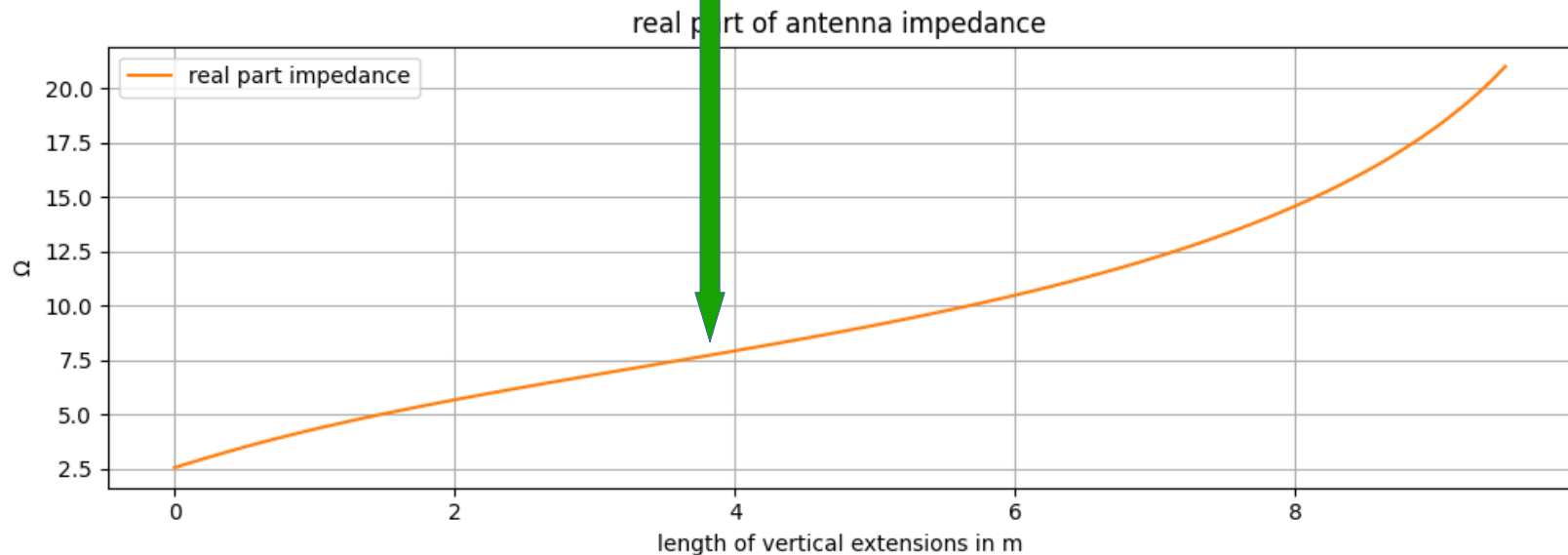
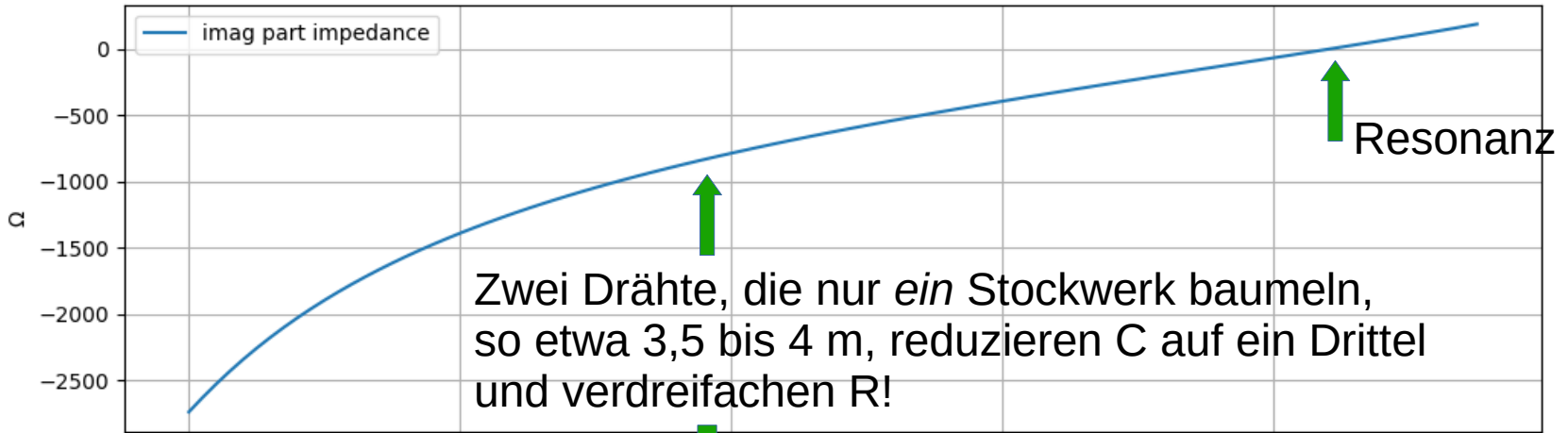
Ich hab horizontal keinen Platz,  
aber ich kann vertikal  
was runterbaumeln lassen.



So bin ich zu Hause  
QRV auf 80 m.

# Horizontal nur $0,1 \lambda$ !

NEC2 parameter study: Short dipoles of length  $\lambda/10$  at 7.1 MHz from copper wire of diameter 1 mm  
10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m  
with additional vertical wire extensions hanging down at dipole both ends:  
imaginary part of antenna impedance

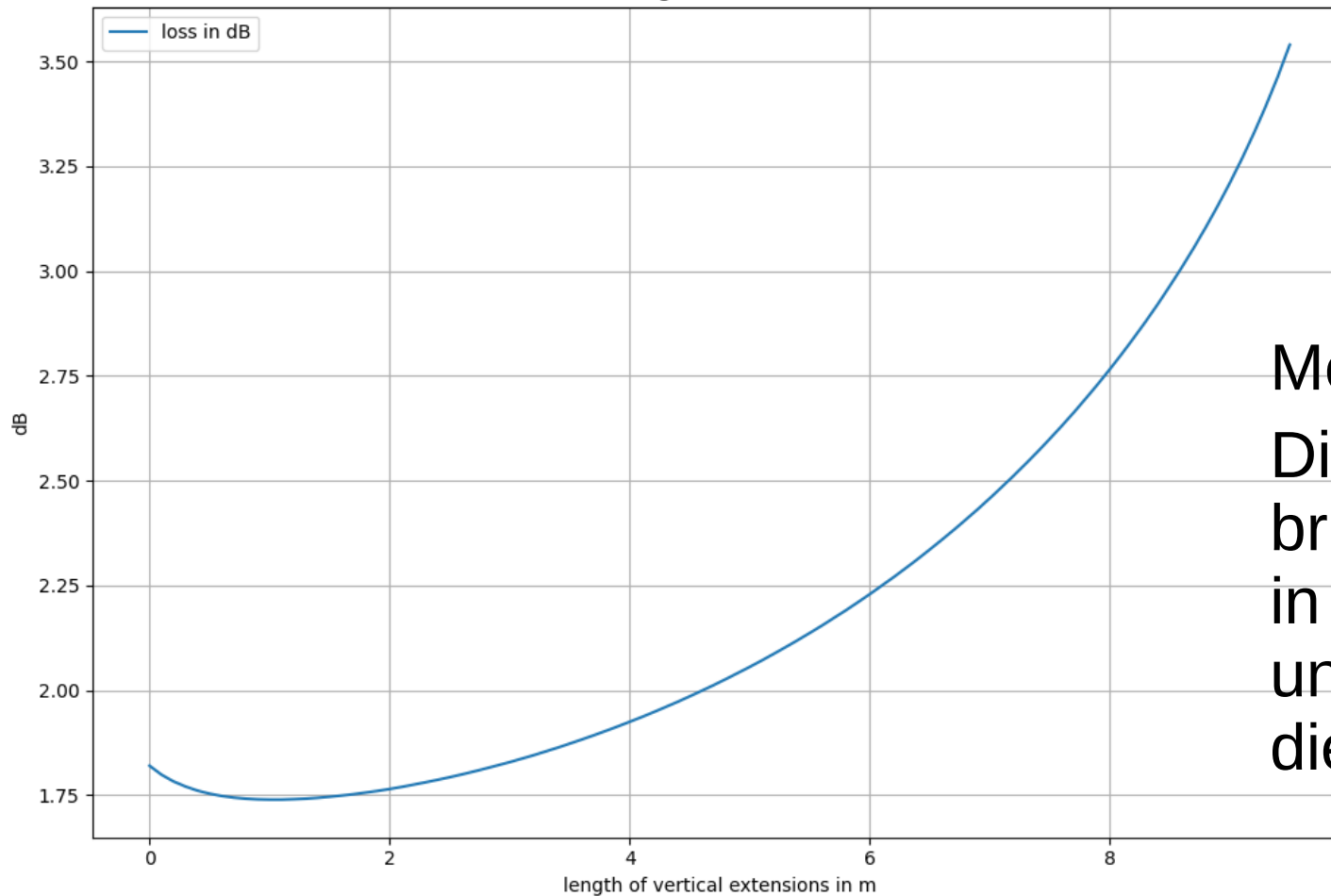


NEC2 parameter study: Short dipoles of length  $\lambda/10$  at 7.1 MHz from copper wire of diameter 1 mm  
10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m  
with additional vertical wire extensions hanging down at dipole both ends  
Each line has three numbers: Length of the two dangling vertical extensions dangling down from the  
dipole ends,  
followed by the real part, then the imaginary part of the resulting antenna impedance, both in  $\Omega$ .  
More data points are given in the 8-8.5 m length interval.

0.0 m:	2.5	-2739.0
0.5 m:	3.5	-2258.1
1.0 m:	4.3	-1896.7
1.5 m:	5.0	-1616.4
2.0 m:	5.7	-1391.4
2.5 m:	6.3	-1205.3
3.0 m:	6.8	-1047.3
3.5 m:	7.4	-910.1
4.0 m:	7.9	-788.5
4.5 m:	8.5	-678.8
5.0 m:	9.1	-578.2
5.5 m:	9.8	-484.6
6.0 m:	10.5	-396.2
6.5 m:	11.3	-311.6
7.0 m:	12.2	-229.7
7.5 m:	13.3	-149.2
8.0 m:	14.6	-69.1
8.1 m:	14.9	-53.0
8.2 m:	15.2	-36.8
8.3 m:	15.5	-20.6
8.4 m:	15.8	-4.3
8.5 m:	16.2	12.0
8.5 m:	16.2	12.0
9.0 m:	18.2	95.7
9.5 m:	21.0	185.2

# Verluste „inverted-U“

NEC2 parameter study: Short dipoles of length  $\lambda/10$  at 7.1 MHz from copper wire of diameter 1 mm  
10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m  
with additional vertical wire extensions hanging down at dipole both ends,  
combined ground and wire loss.



Meine Erklärung:  
Die Baumeldrhte  
bringen die Spannung  
in die Nhe der Erde  
und erhohen damit  
die Erdverluste.

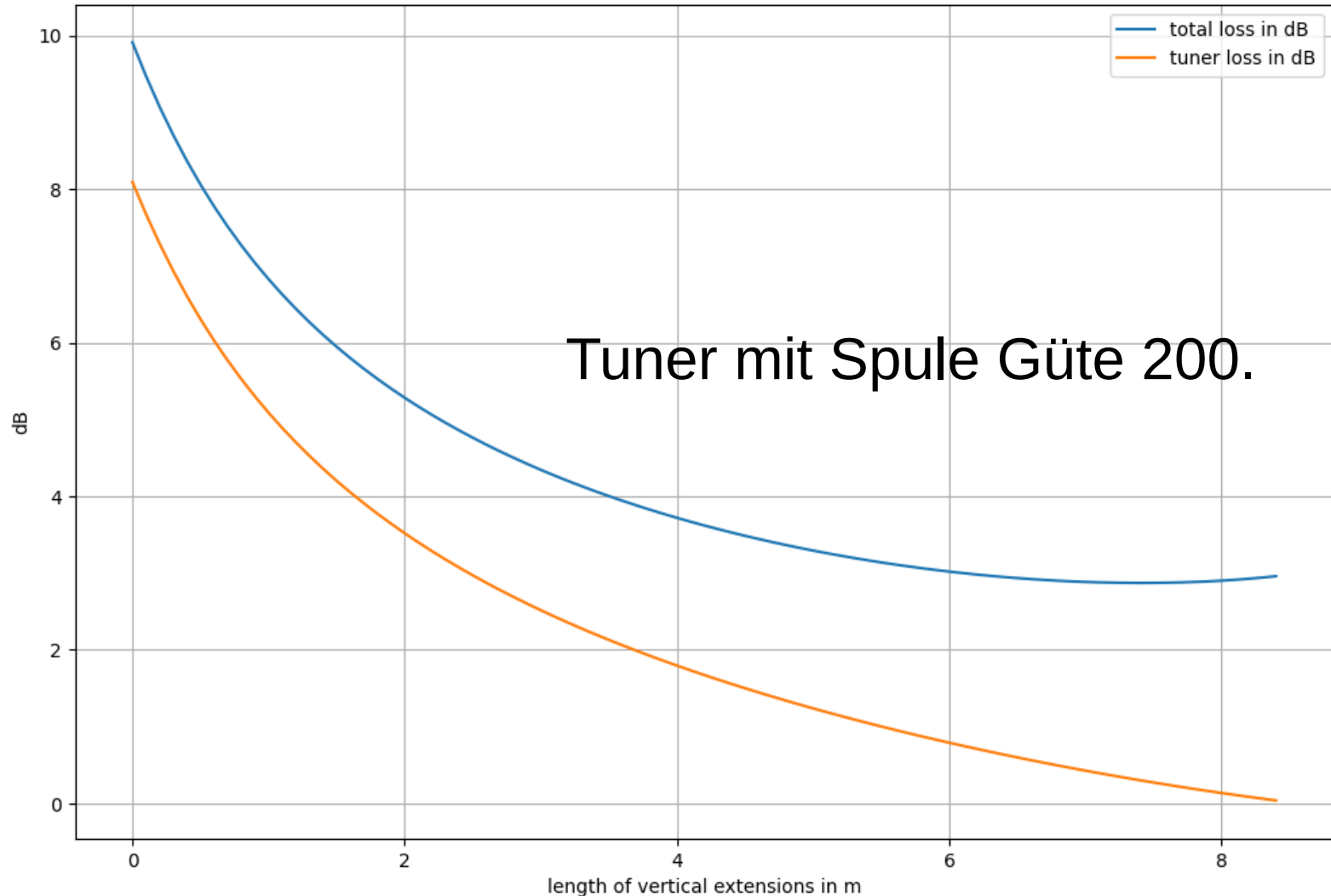
NEC2 parameter study: Short dipoles of length  $\lambda/10$  at 7.1 MHz from copper wire of diameter 1 mm

10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m with additional vertical wire extensions hanging down at dipole both ends, combined ground and wire loss.

0.0 m:	1.8 dB
0.5 m:	1.8 dB
1.0 m:	1.7 dB
1.5 m:	1.7 dB
2.0 m:	1.8 dB
2.5 m:	1.8 dB
3.0 m:	1.8 dB
3.5 m:	1.9 dB
4.0 m:	1.9 dB
4.5 m:	2.0 dB
5.0 m:	2.1 dB
5.5 m:	2.1 dB
6.0 m:	2.2 dB
6.5 m:	2.3 dB
7.0 m:	2.5 dB
7.5 m:	2.6 dB
8.0 m:	2.8 dB
8.5 m:	3.0 dB
9.0 m:	3.2 dB
9.5 m:	3.5 dB

# Wenn Tunerverluste dazukommen?

NEC2 parameter study: Short dipoles of length  $\lambda/10$  at 7.1 MHz from copper wire of diameter 1 mm  
10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m  
with additional vertical wire extensions hanging down at dipole both ends.



NEC2 parameter study: Short dipoles of length  $\lambda/10$  at 7.1 MHz from copper wire of diameter 1 mm  
10 m above average ground of diel. constant 13, conductivity 0.005 S/m  
with additional vertical wire extensions hanging down at dipole both ends.  
Each line gives the length of the dangling ends, the tuner loss, and the total loss.  
The range 7-8 m has been boosted.

0.0 m:	8.09 dB	9.91 dB
0.5 m:	6.31 dB	8.06 dB
1.0 m:	5.09 dB	6.83 dB
1.5 m:	4.20 dB	5.95 dB
2.0 m:	3.52 dB	5.28 dB
2.5 m:	2.97 dB	4.76 dB
3.0 m:	2.52 dB	4.34 dB
3.5 m:	2.13 dB	4.00 dB
4.0 m:	1.79 dB	3.72 dB
4.5 m:	1.50 dB	3.48 dB
5.0 m:	1.24 dB	3.29 dB
5.5 m:	1.00 dB	3.14 dB
6.0 m:	0.79 dB	3.02 dB
6.5 m:	0.60 dB	2.93 dB
7.0 m:	0.43 dB	2.88 dB
7.0 m:	0.43 dB	2.88 dB
7.1 m:	0.39 dB	2.88 dB
7.2 m:	0.36 dB	2.87 dB
7.3 m:	0.33 dB	2.87 dB
7.4 m:	0.30 dB	2.87 dB
7.5 m:	0.27 dB	2.87 dB
7.5 m:	0.27 dB	2.87 dB
7.6 m:	0.24 dB	2.87 dB
7.7 m:	0.21 dB	2.88 dB
7.8 m:	0.19 dB	2.88 dB
7.9 m:	0.16 dB	2.89 dB
8.0 m:	0.13 dB	2.90 dB

Tuner mit Spule der Güte 200.

Zum Vergleich:

Halbwellendipol hat über  
durchschnittlicher Erde einen  
Antennenverlust von 1,3 dB.

Bei 2,9 dB erreicht die  
Hängeohrenantenne noch etwa 70 %  
Effizienz.



# Ähnliches Prinzip

nützlicher Hinweis für Leute mit Balkon

- Sehr kurze horizontale Dipole können dramatisch „verlängert“ werden, indem sie an beiden Enden mit Metallplatten leitend verbunden werden. „Kapazitive Last“.
- Elektrisch praktisch genauso gut ist Drahtgitter (Kaninchendraht).

Die „Inverted-U“ Antenne.  
Oder: Hängeohrenantenne.

**Und Leitungsverluste?**

# Keine saubere Analyse, aber ein paar Gedanken dazu.

- Die SWR-Werte sind oft astronomisch.
- Längere Leitungen können zu großen Verlusten führen.
- Aber oft sind die Leitungen kurz:  
Bei mir etwa 2 m vom Tisch zum Fensterbrett.
- Kurze Dipole werden gerne mit „Hühnerleiter“-Speiseleitungen kombiniert, weil die besonders geringe Verluste haben.
- Außerdem transformiert jede Leitung die Antennenimpedanz. Hühnerleitern transformieren manchmal in freundlichere Bereiche, als Coax das tun würde.

# Hier nicht behandelt

- Leitungsverluste
- Richtdiagramm und Erhebungswinkel.
- Antennen, die woanders als in der Mitte gespeist werden.
- Kurze Vertikalantennen.
- Andere kleine Antennen (Magloops, ... ).
- Einfluss von und zusätzliche Verluste durch Gebäude.
- Störungen aus der Gebäudeelektrik vermeiden (separate aktive Empfangsantenne mit Abstand?).

# Herzlichen Dank!

Dasselbe mit ein paar mehr Details und mehr Text  
auf Englisch im „[Jupyter Notebook](#)“,  
dort auch der Pythoncode zum Selberspielen.