

Magnetische Schleifenantennen für Empfang

für 10kHz...30MHz

Jörg Logemann, DL2NI



Verschiedene Konzepte

Loopantennen Leerlauf, schmalband/breitband

Loopantennen Kurzschluss, breitband

Huygen'scher Elementarstrahler u. Derivate

Loop Arrays

Verschiedene Konzepte

Abgestimmte schmalbandige Loop, Leerlaufbetrieb

Vorteil: um Q höherer Pegel des passiven Antennenelements, zusätzliche Selektion

Nachteil: muss nachgestimmt werden, Gewinn steigt mit 6dB/Oktave

Verschiedene Konzepte

Breitbandige Loop, Leerlaufbetrieb

Vorteil: einfache Konstruktion, kein Nachstimmen

Nachteil: Gewinn steigt mit 6dB/Oktave

Verschiedene Konzepte

Breitbandige Loop, Kurzschlussbetrieb

Gewinn, Pegel frequenzunabhängig

Vorteil: auf allen Frequenzen gleicher Gewinn

Nachteil: geringere Nutzspannung also
mehr Verstärkung nötig, keine zusätzliche
Selektion

Verschiedene Konzepte

Cardioid Strahler als Looparray oder Huygen'scher Elementarstrahler

Vorteil: eindeutiges Richtdiagramm, gute Störunterdrückung

Nachteil: geringe Nutzspannung, viel Verstärkung nötig

Verschiedene Konzepte

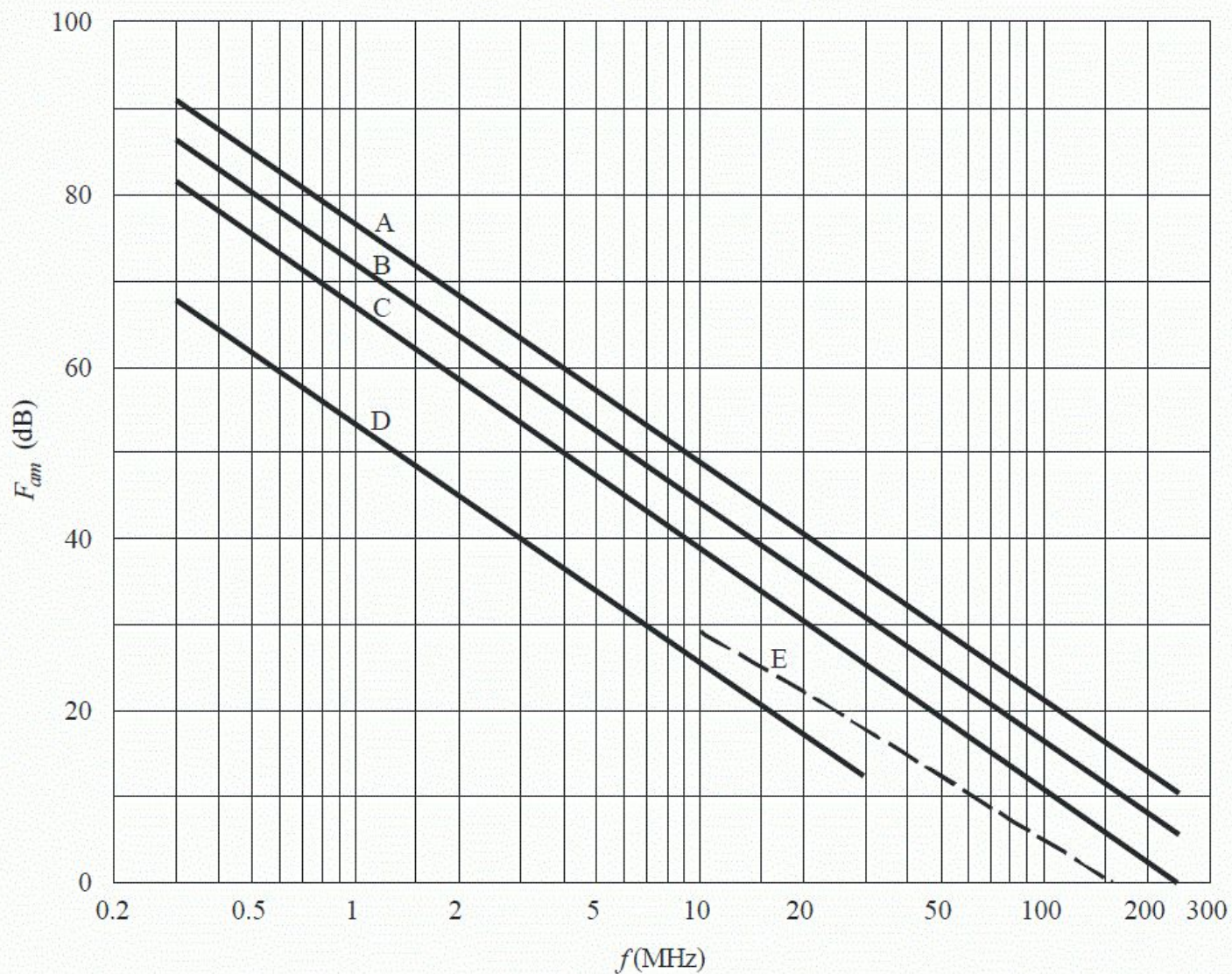
Sind diese Unterschiede von Bedeutung?

Die höhere Ausgangsspannung des Leerlaufbetriebs ist allenfalls auf den Bändern über 10MHz von Bedeutung (siehe nachfolgende Rauschkurven)

Die Selektion einer Antenne sollte nur als ein „Zusatzgeschenk“ betrachtet werden, moderne Empfänger sind nicht darauf angewiesen

Rec. ITU-R P.372-12

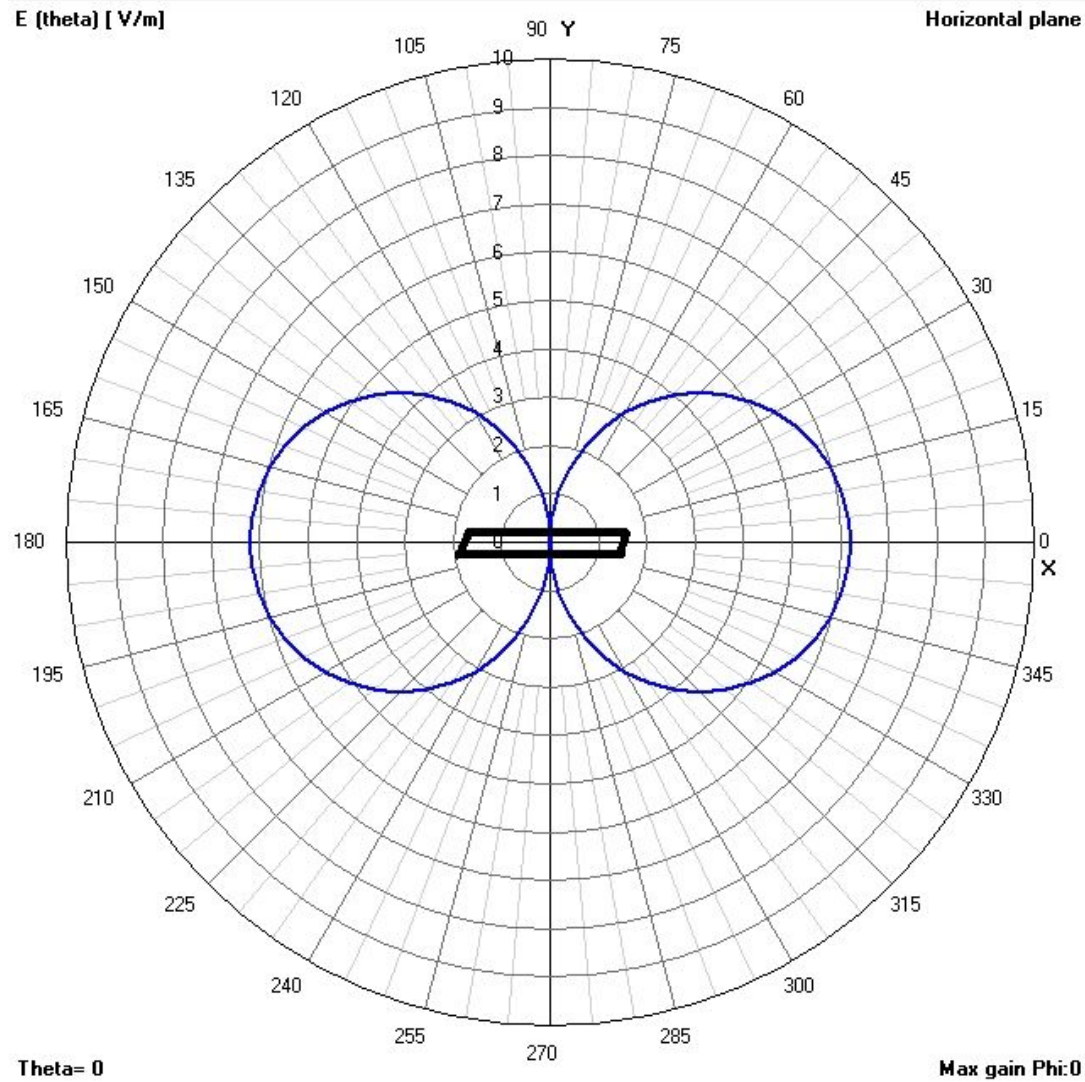
Median values of man-made noise power
for a short vertical lossless grounded monopole antenna



Environmental category:

- Curves A: city
- B: residential
- C: rural
- D: quiet rural
- E: galactic

Diagramm einer Loop



Ausgangsspannung der Loop, Leerlauf

Die Leerlaufspannung über den Anschlüssen einer ins Maximum gedrehten Loop errechnet sich aus

Hierbei sind

U Spannung in V

A Fläche der Loop in m²

N Anzahl der Windungen

E Feldstärke in V/m

λ Wellenlänge in m

π Konstante Pi = 3,141592654...

$$U = \frac{2 \cdot \pi \cdot A \cdot N \cdot E}{\lambda}$$

Ausgangsspannung der Loop

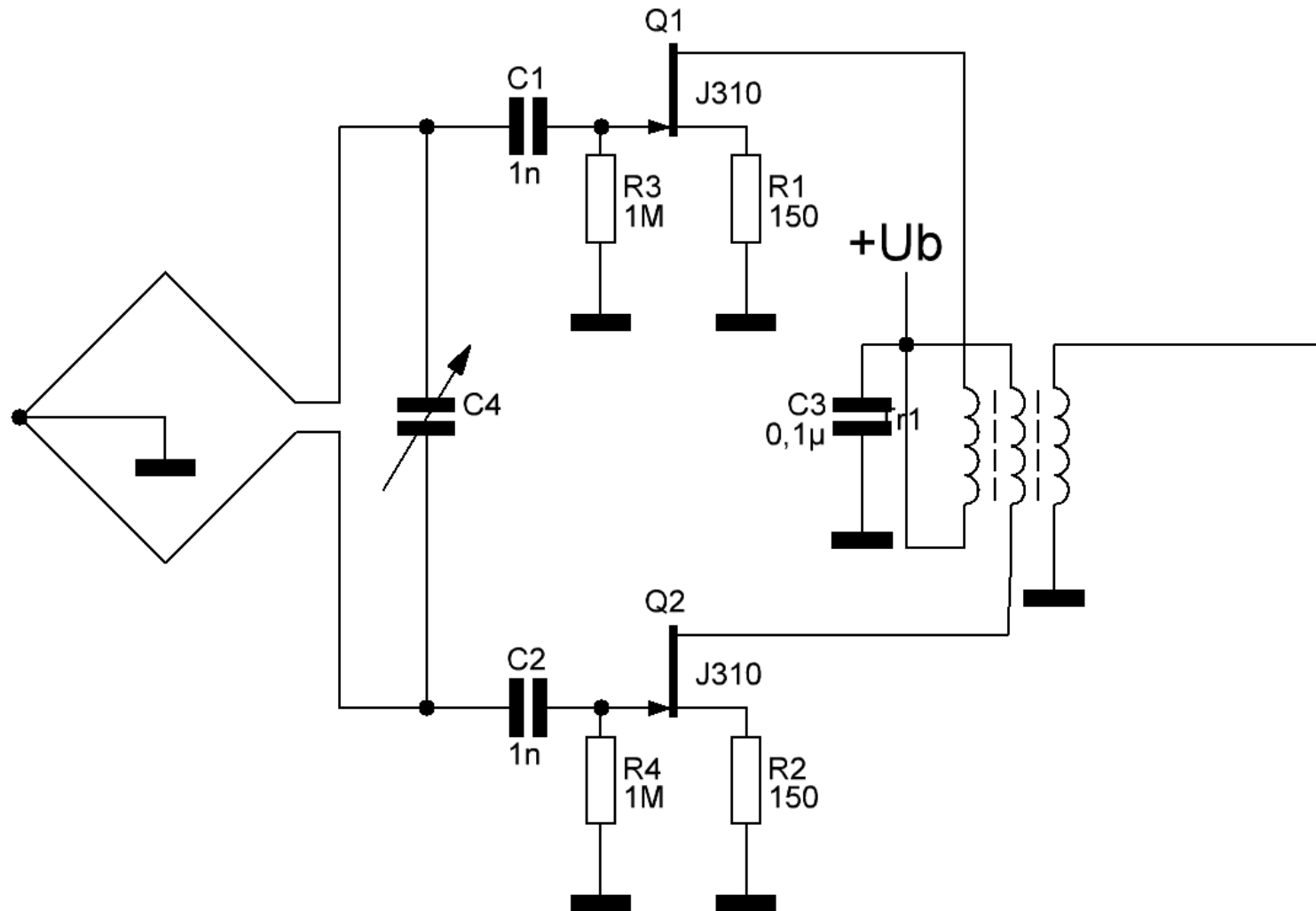
Nach obenstehender Formel steigt die Ausgangsspannung proportional zur Frequenz mit 6dB/Oktave

Das gilt im Leerlaufbetrieb mit oder ohne Resonanz (Resonanzbandbreite nicht berücksichtigt)

Hochohmiger Verstärker notwendig

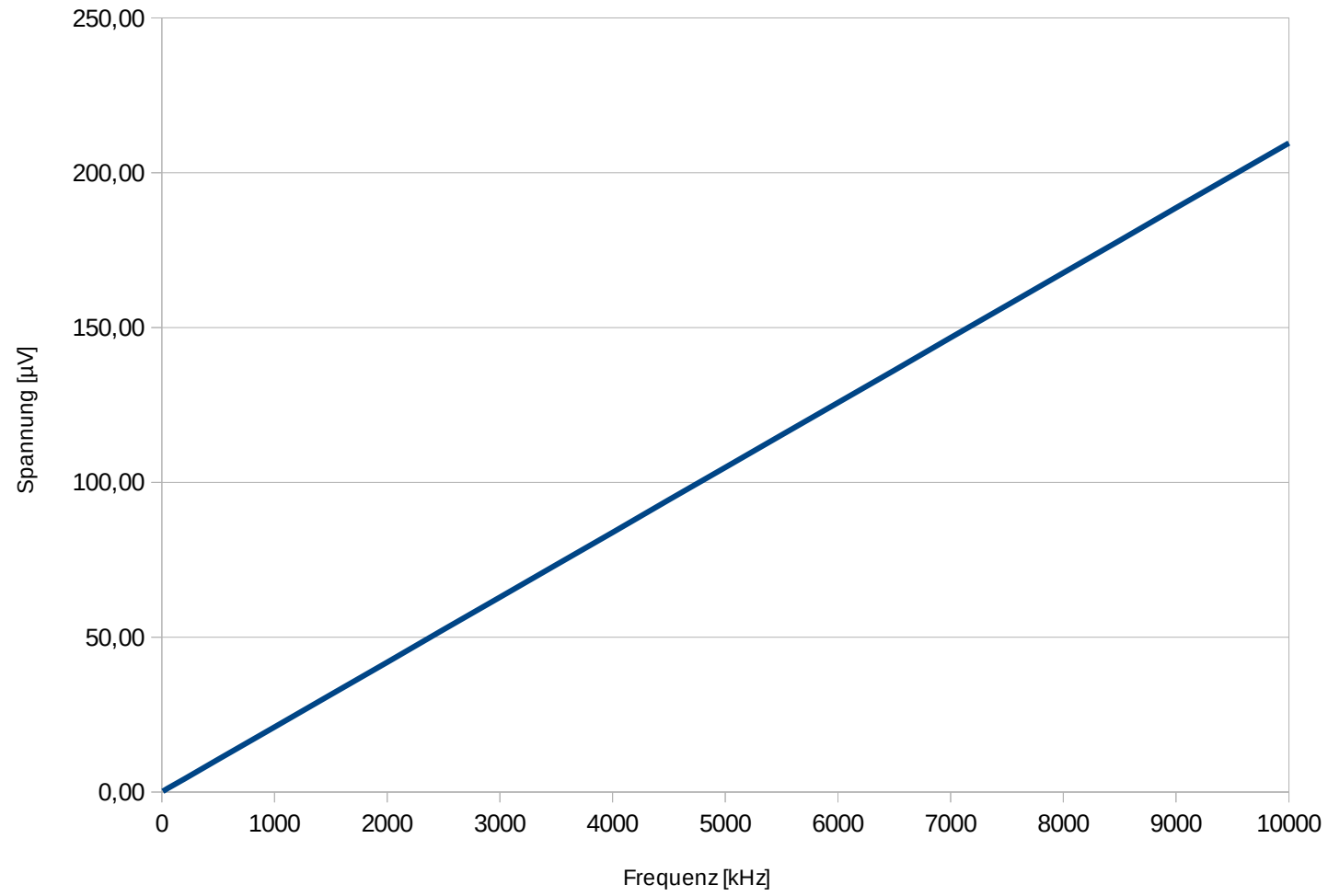
Mehr Windungen u.U. besser als eine, Eigenresonanz (mit Wicklungskapazität) ist die Grenze

Leerlaufbetrieb Gegentakt



Leerlaufbetrieb

Loop-Ausgangsspannung Leerlauf



Induktivität eines Quadr.Rahmens

$$L [\mu H] = 0,008 \cdot N^2 \cdot s \cdot \left[\ln \left(\frac{\sqrt{2} \cdot s \cdot N}{(N+1) \cdot \ell} \right) + 0,37942 + \frac{0,3333 \cdot (N+1) \cdot \ell}{s \cdot N} \right]$$

(nach ARRL Antenna Book)

Hierbei sind

N Anzahl der Windungen

s Kantenlänge der Loop in cm

ℓ Länge der Spule in cm (bei einer Windung: Drahtstärke)

ln natürlicher Logarithmus

Induktivität eines Quadr.Rahmens

Es ergibt sich bei 1 m Kantenlänge eine Induktivität von $4,37 \mu\text{H}$ entsprechend einem Blindwiderstand von $49,4 \Omega$ bei 1,8 MHz.

Kurzschlussbetrieb

Lässt man die Loop statt auf einen Leerlauf auf einen Kurzschluss laufen, fließt ein Strom I:

$$I = \frac{U_{\text{leer}}}{Z}$$

$$Z \Rightarrow X_L$$

(R_s vernachlässigt)

Kurzschlussbetrieb

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Somit gilt:

$$I = \frac{U_{\text{leer}}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}$$

U_{leer} steigt mit f

f unter Bruchstrich
kompensiert das!

also I bleibt konstant

Ausgangsspannung der Loop

Die Leerlaufspannung über den Anschlüssen einer ins Maximum gedrehten Loop errechnet sich aus

Hierbei sind

U Spannung in V

A Fläche der Loop in m²

N Anzahl der Windungen

E Feldstärke in V/m

λ Wellenlänge in m

π Konstante Pi = 3,141592654...

$$U = \frac{2 \cdot \pi \cdot A \cdot N \cdot E}{\lambda}$$

Induktivität eines Quadr.Rahmens

$$L [\mu H] = 0,008 \cdot N^2 \cdot s \cdot \left[\ln \left(\frac{\sqrt{2} \cdot s \cdot N}{(N+1) \cdot \ell} \right) + 0,37942 + \frac{0,3333 \cdot (N+1) \cdot \ell}{s \cdot N} \right]$$

(nach ARRL Antenna Book)

Hierbei sind

N Anzahl der Windungen

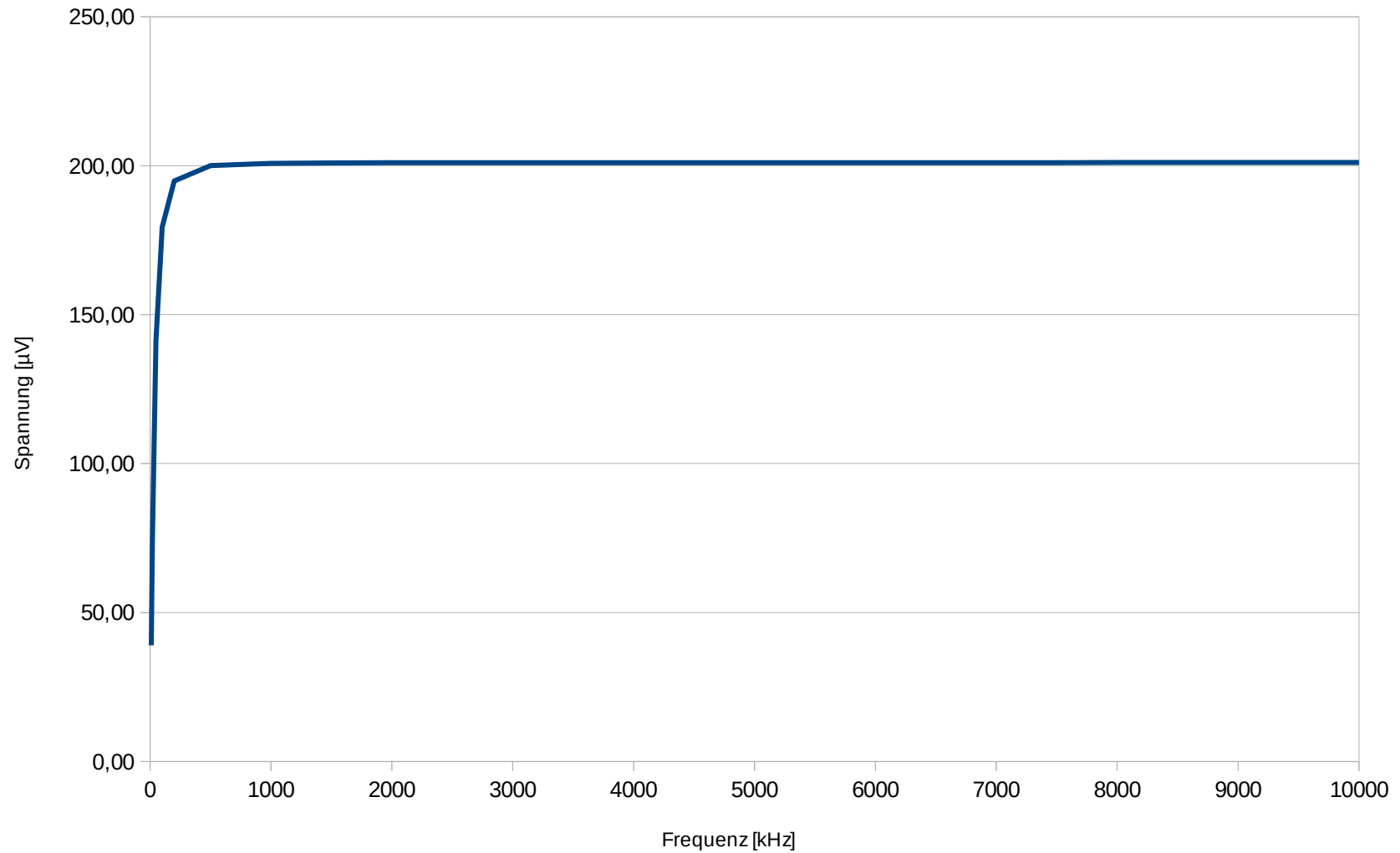
s Kantenlänge der Loop in cm

ℓ Länge der Spule in cm (bei einer Windung: Drahtstärke)

ln natürlicher Logarithmus

Kurzschlussbetrieb

Loop-Ausgangsspannung (Trafo+Amp)

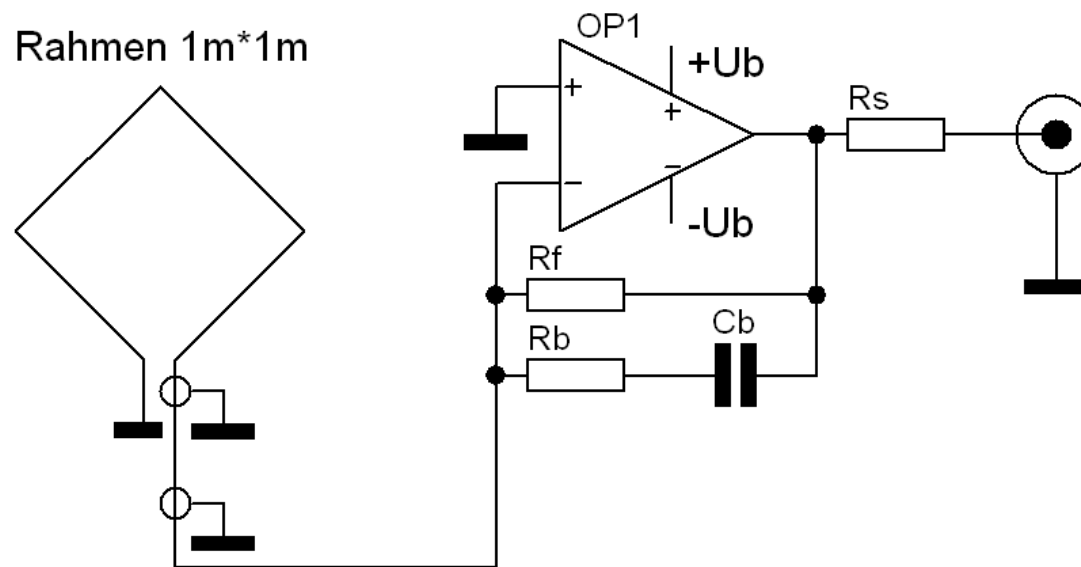


Kurzschlussbetrieb

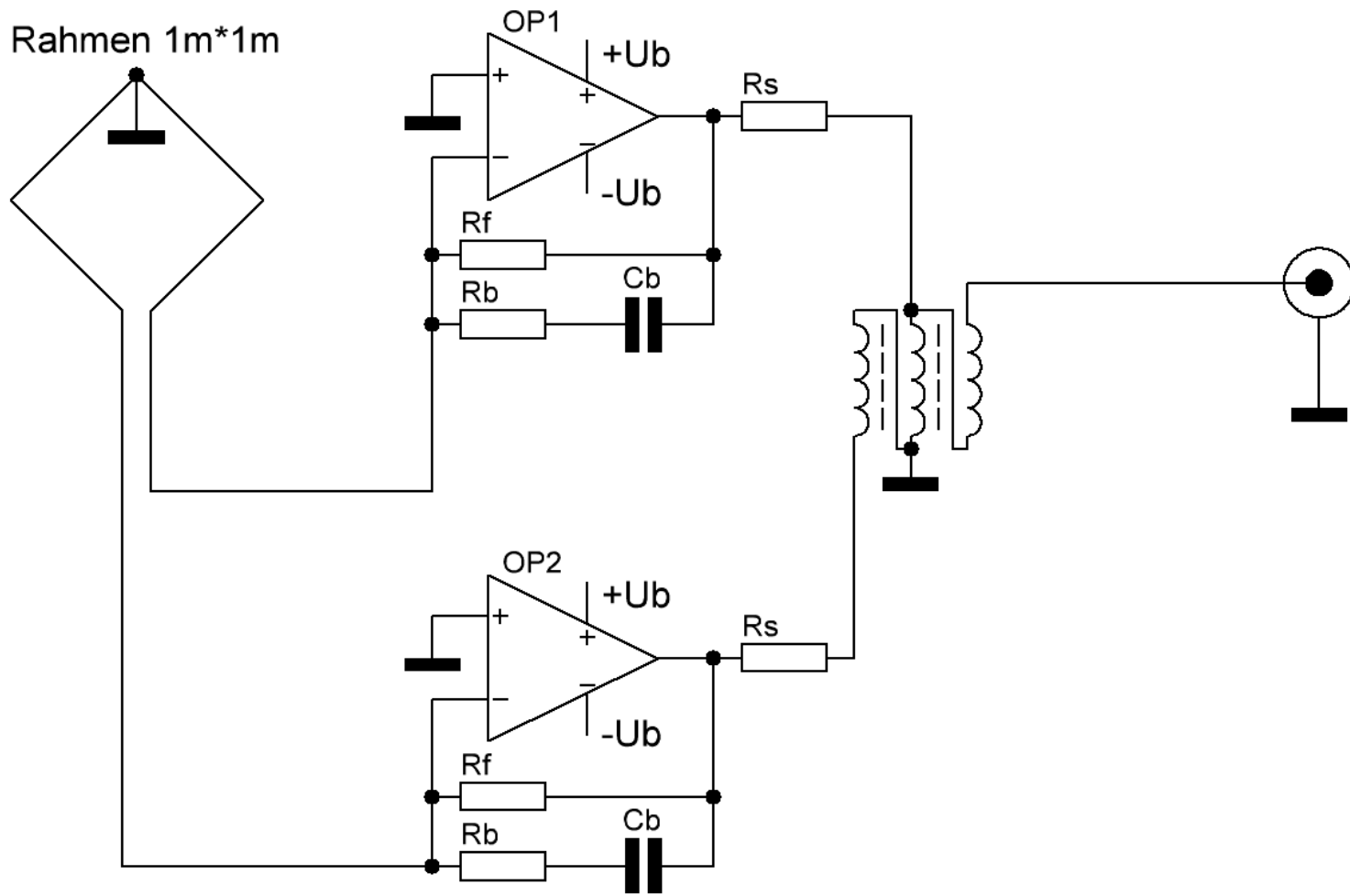
Bei Kurzschlussbetrieb ist also die Verwendung von mehr als einer Rahmenwindung nicht sinnvoll! Denn die Induktivität steigt mit dem Quadrat und die Spannung nur linear mit der Windungszahl!

Kurzschlussbetrieb, Transimpedanz

Eingangsimpedanz des Verstärkers = 0 !!! Eingangsstrom somit stark durch Induktivität des Rahmens bestimmt!
Transimpedanzverstärkung wird in Ohm angegeben!

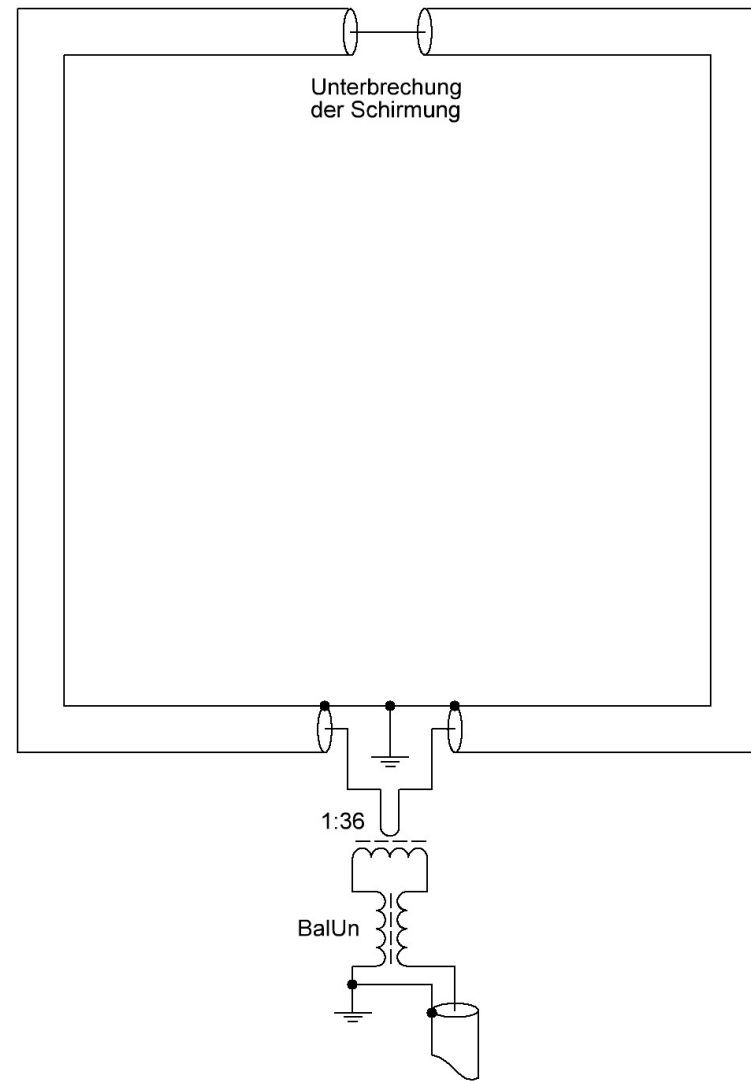


Transimpedanz Gegentaktverstärker

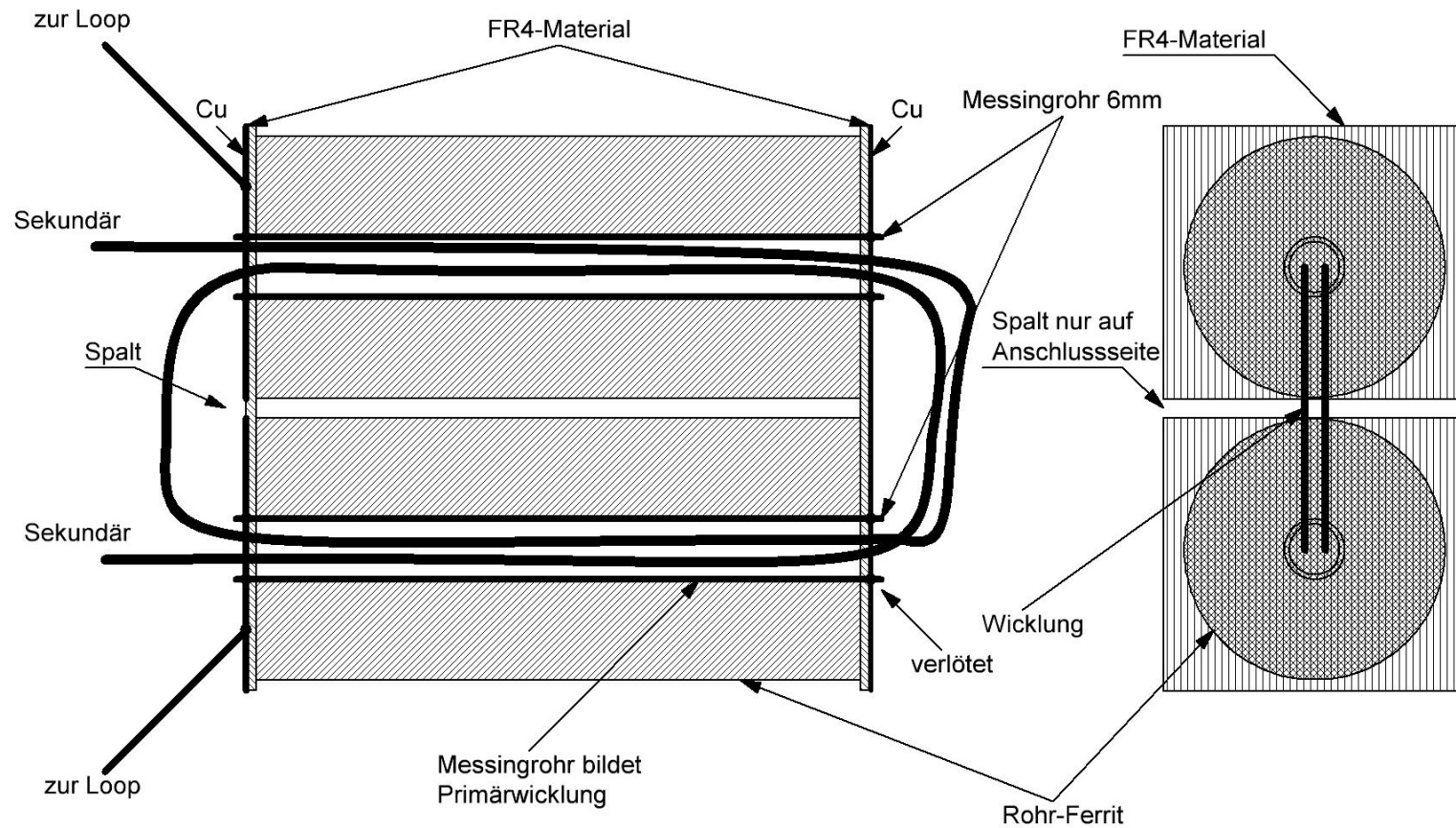


„Kurzschlussbetrieb“ mit Trafo

Bei 36:1 und 50Ω Last
ergeben sich $1,39\Omega$
Eingangswiderstand
aus „Sicht“ der Loop,
also fast ein
Kurzschlussbetrieb

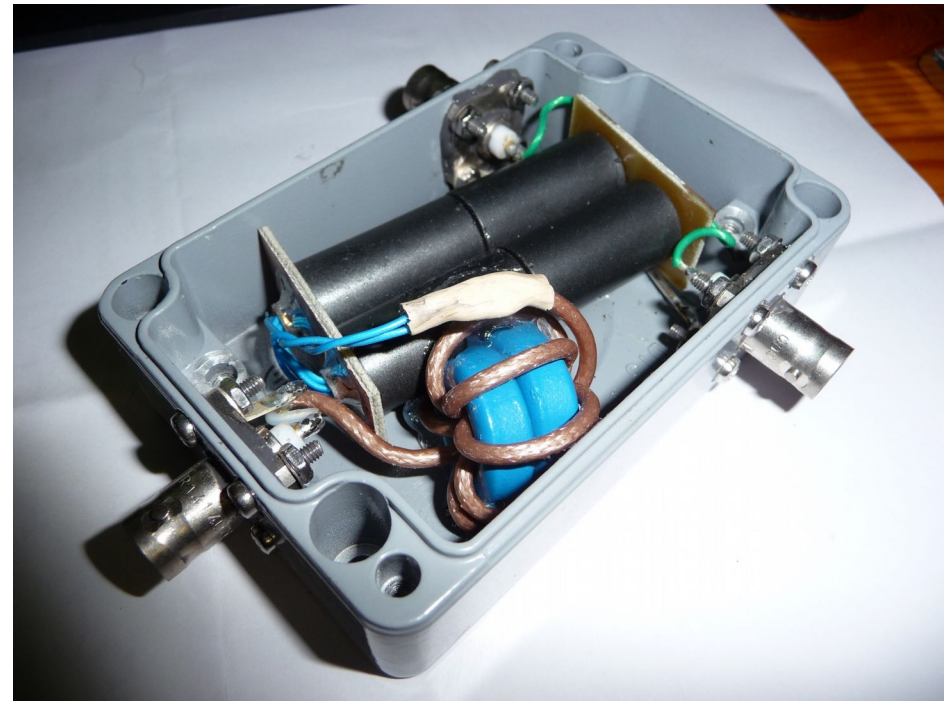
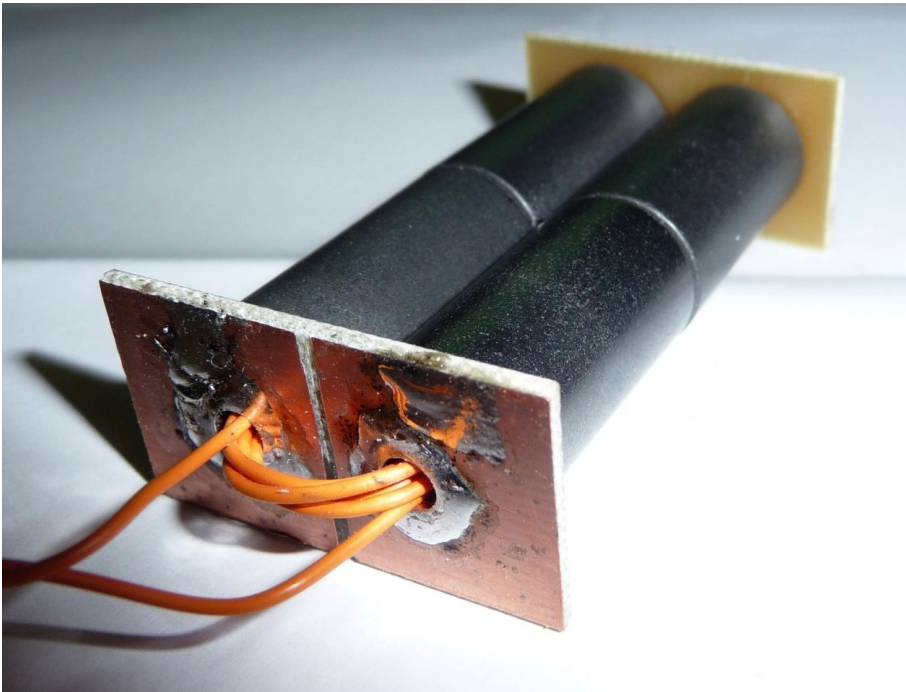


Eingangstrafo für „quasi Kurzschlussbetrieb“



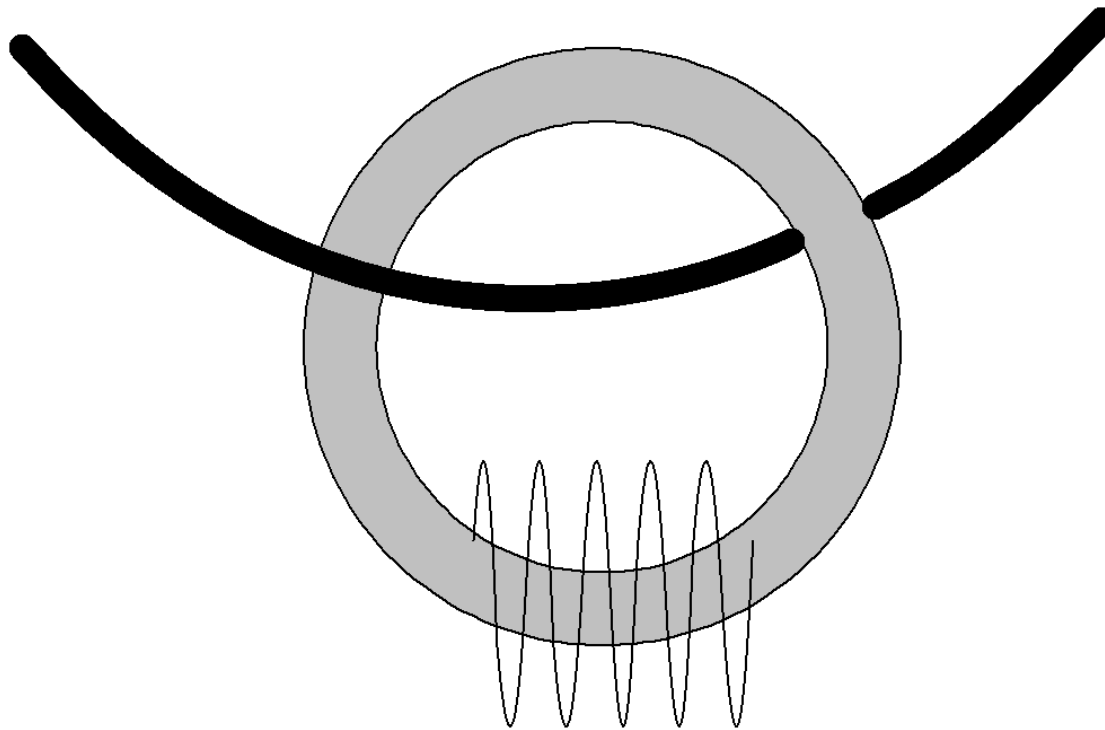
Beispiel eines Trafos

Praktische Beispiele der Ausführung



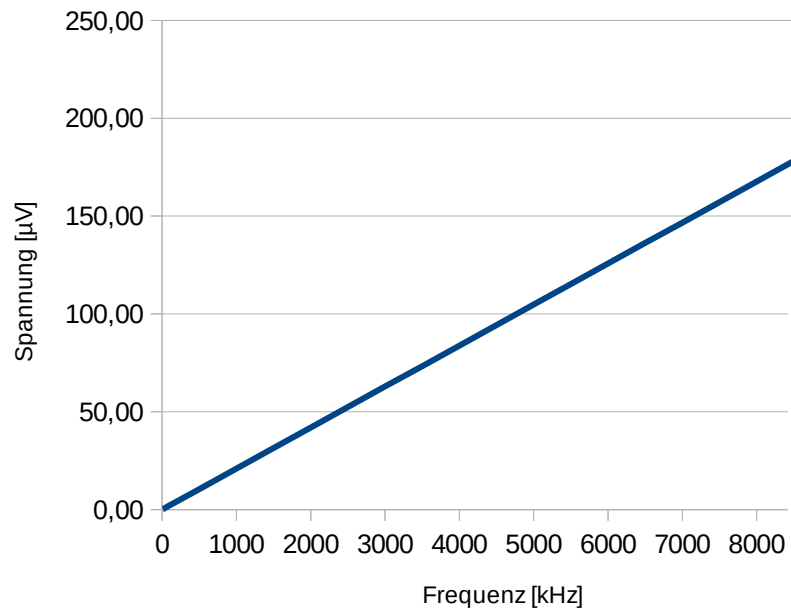
Kopplung mit Ringkern

Auskopplung mit Ringkern, Loop = 1 Windung, Auskopplung z.B. 6 Windungen (1:36)

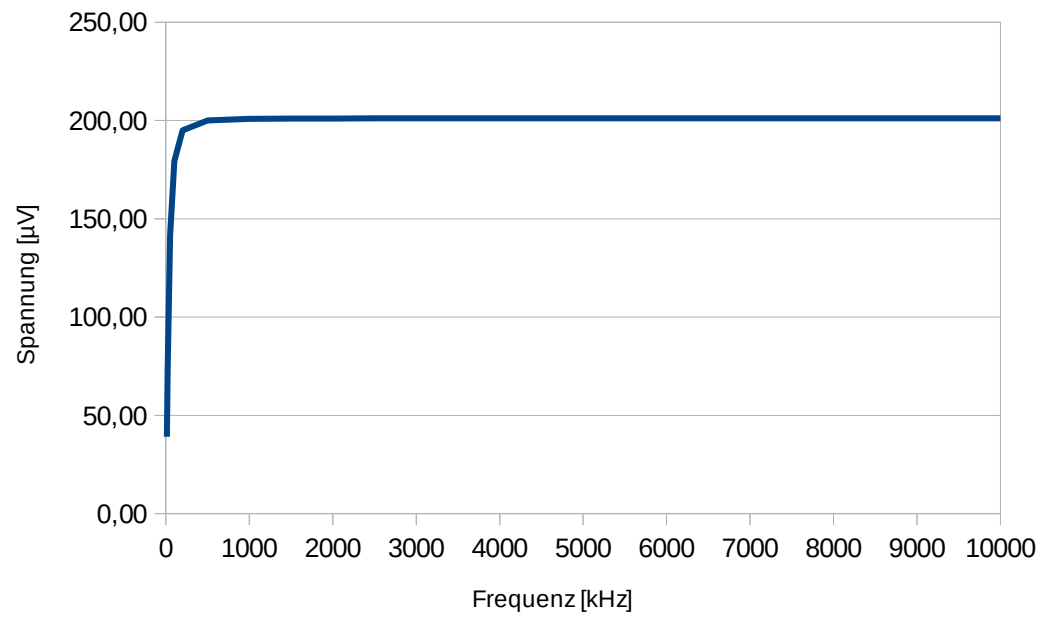


Leerlauf- vs. Kurzschlussbetrieb

Loop-Ausgangsspannung Leerlauf



Loop-Ausgangsspannung (Trafo+Amp)



Fazit

Pegel der Loop im Leerlaufbetrieb steigt mit 6dB/Okt., bei tiefen Frequenzen wenig Pegel

Pegel der Loop im Kurzschlussbetrieb über der Frequenz konstant, bei tiefen Frequenzen Gewinn gegenüber Leerlaufbetrieb

Der Verlust einer Breitbandloop gegen Resonanzloop ist verschmerzbar wegen Umgebungsrauschen

Kreuzrahmen mit Stabantenne

**Kommerzielle
Ausführung einer
aktiven Kreuzrah-
menantenne mit
Aktiver Stabantenne
(AEG-Telefunken)**



Rahmen mit GFK-Stäben und RG58

Doppelrahmen
2*1,5m*1,5m
mit Trafos 1:36



Loop „Kurzschlussstrafa“



Huygen'scher Elementarstrahler

Der Huygen'sche Elementarstrahler ist in der theoretischen Antennenliteratur beschrieben

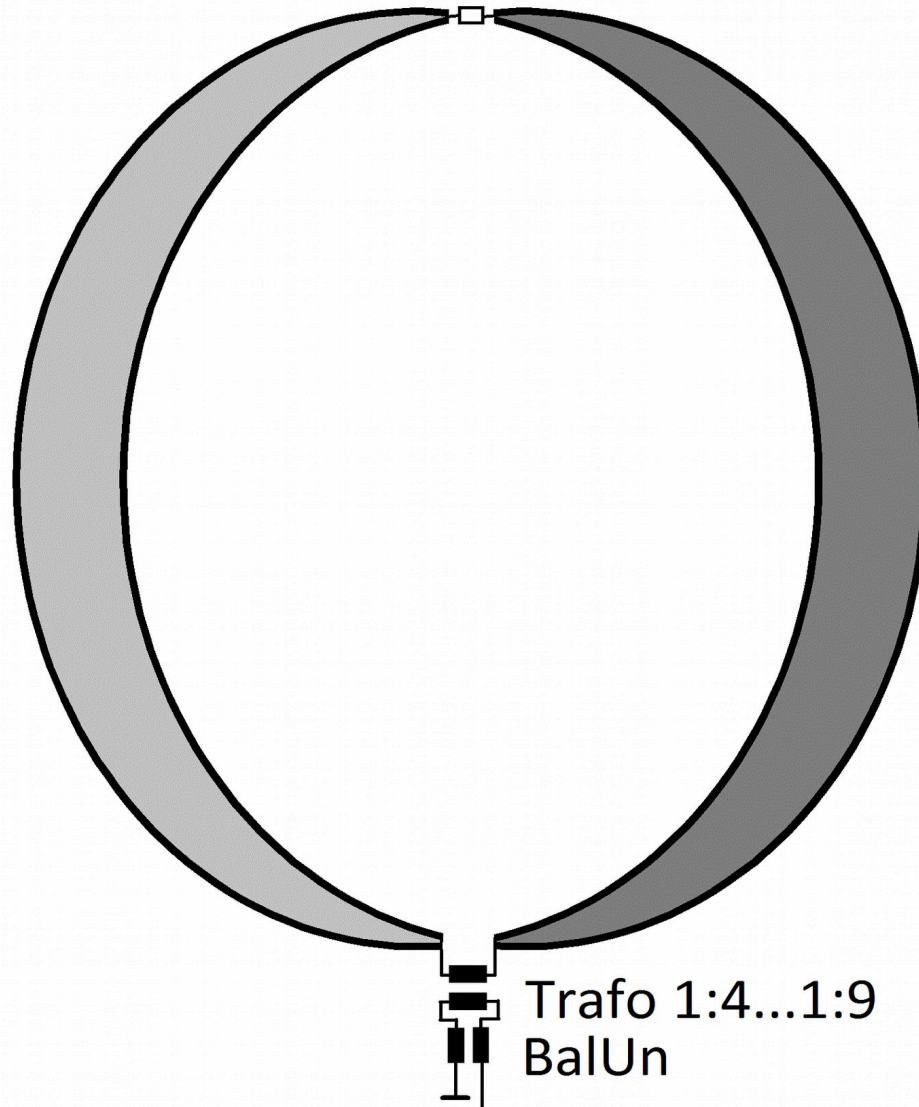
Es ist eine einelementige Antenne mit Cardioid-Diagramm und allerdings sehr geringem Gewinn

Das Grundprinzip wird in vielen

Veröffentlichungen von Amateurantennen angewendet

Huygen'scher Elementarstrahler

$R \sim 200 \dots 450 \text{ Ohm}$



Grundprinzip

Es ist ein „Zwitter“ von E-Feldantenne (Dipol) und H-Feldantenne (Schleife)

Widerstand „unendlich“ → Dipol

Widerstand „0“ → Schleife

„ausgewogene“ Dimensionierung: E-Feld und H-Feld Komponenten gleich → Cardioid

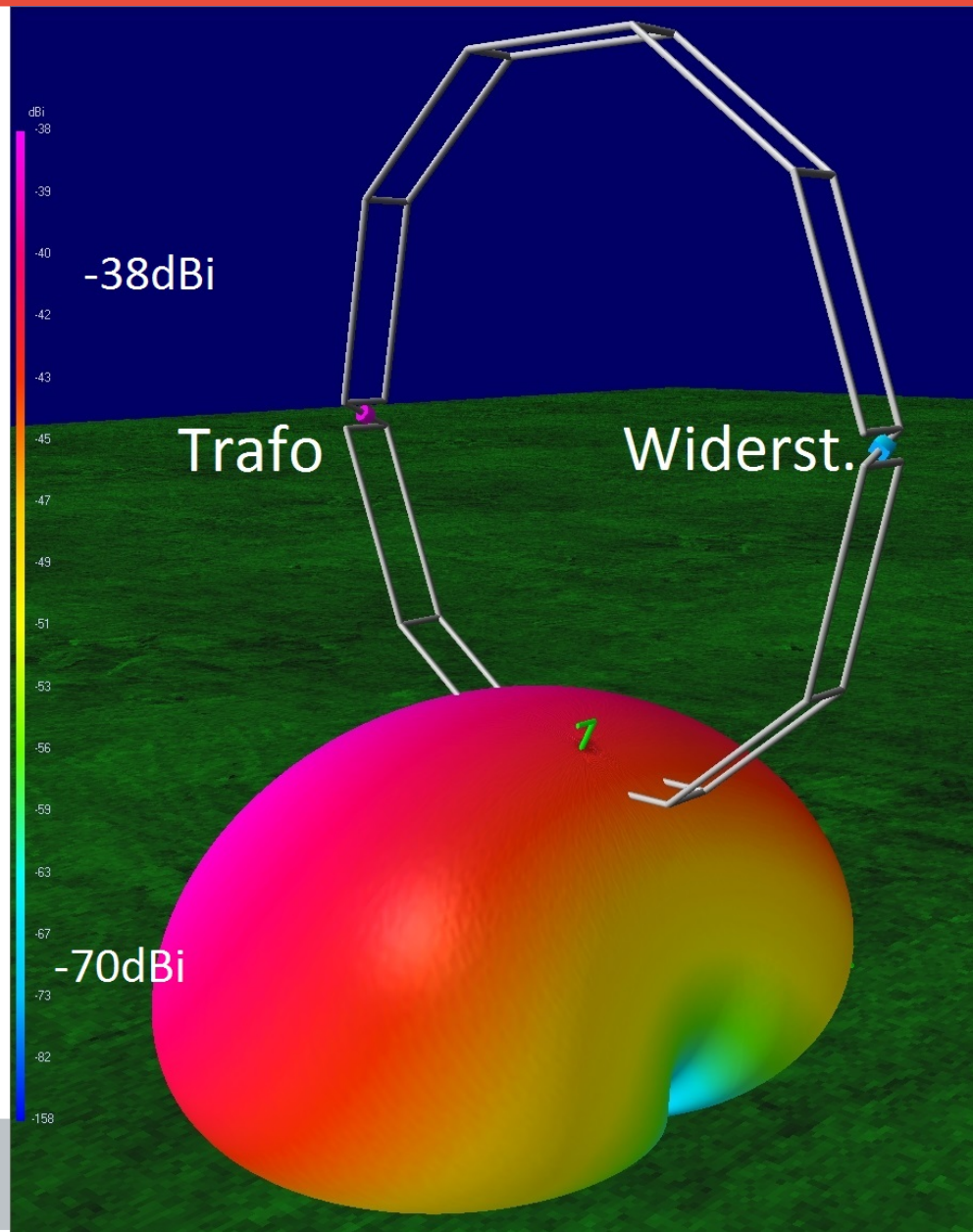
Es entsteht eine einelementige Richtantenne mit ausgeprägter Nullstelle

Huygen'scher Erreger 1m / 7cm

Trafo 9:1
(450 Ohm)

Widerstand
ca. 390 Ohm

mit 4NEC2
simuliert



Simulation mit EZNEC+

View Antenna: C:\Users\logejo\NEC\diverse\Hu

File Edit View Options Reset

Zoom

Display Current

Reset

Move Image

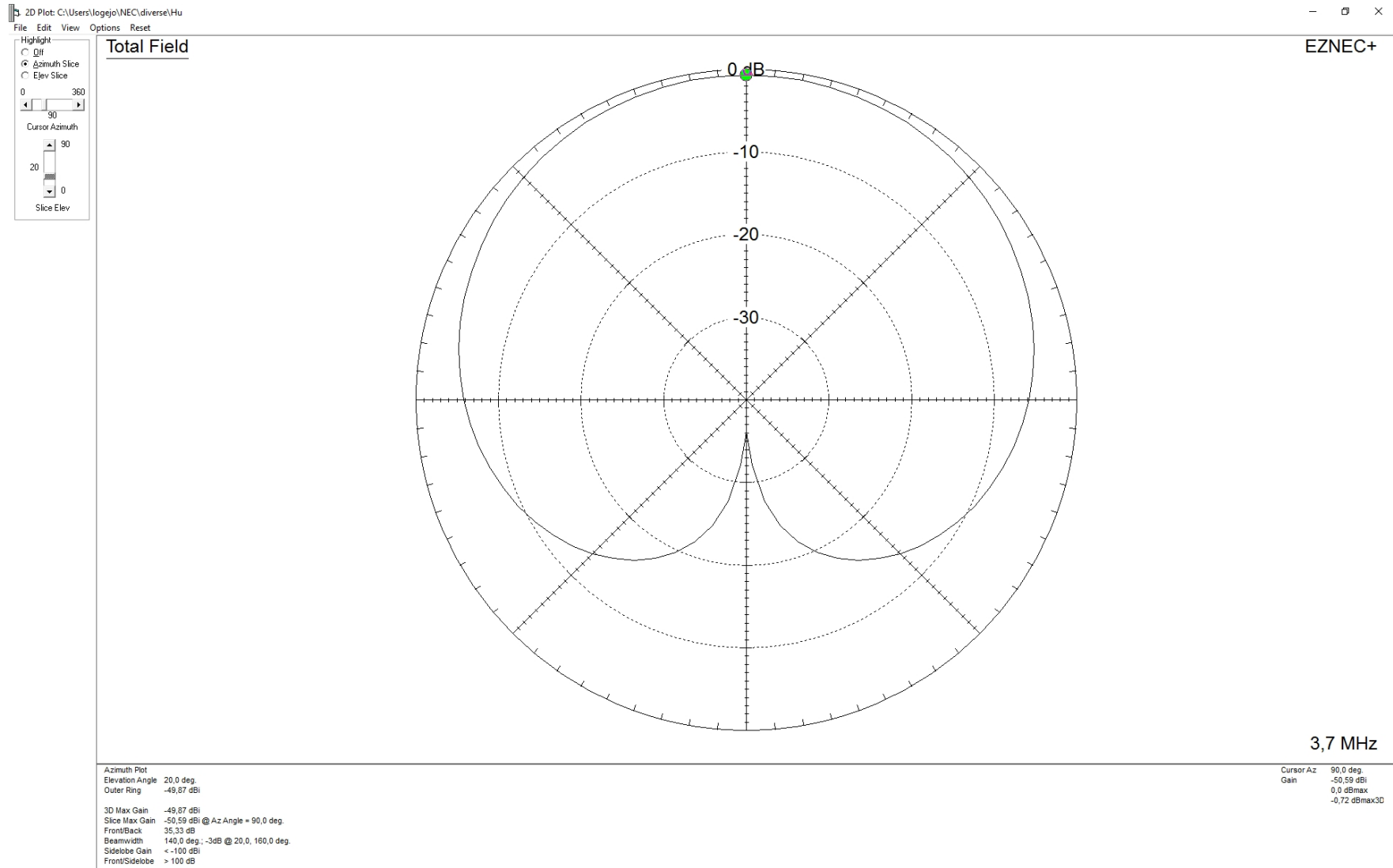
X Y Z

Reset

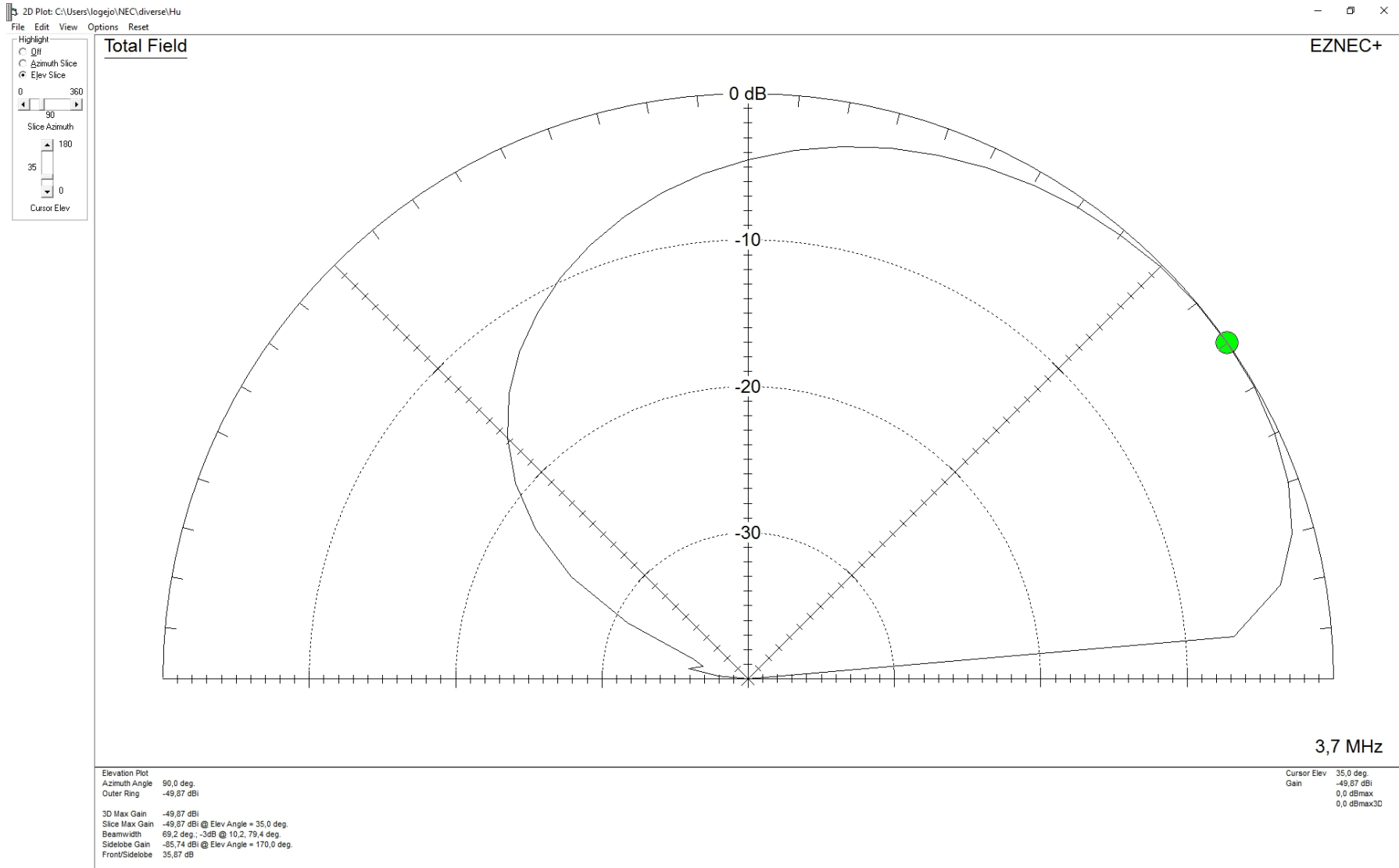
Center Ant Image

Wire Number 1
Length 0,0389631 m
Seg Length 0,0389631 m
Diameter 0,001 mm

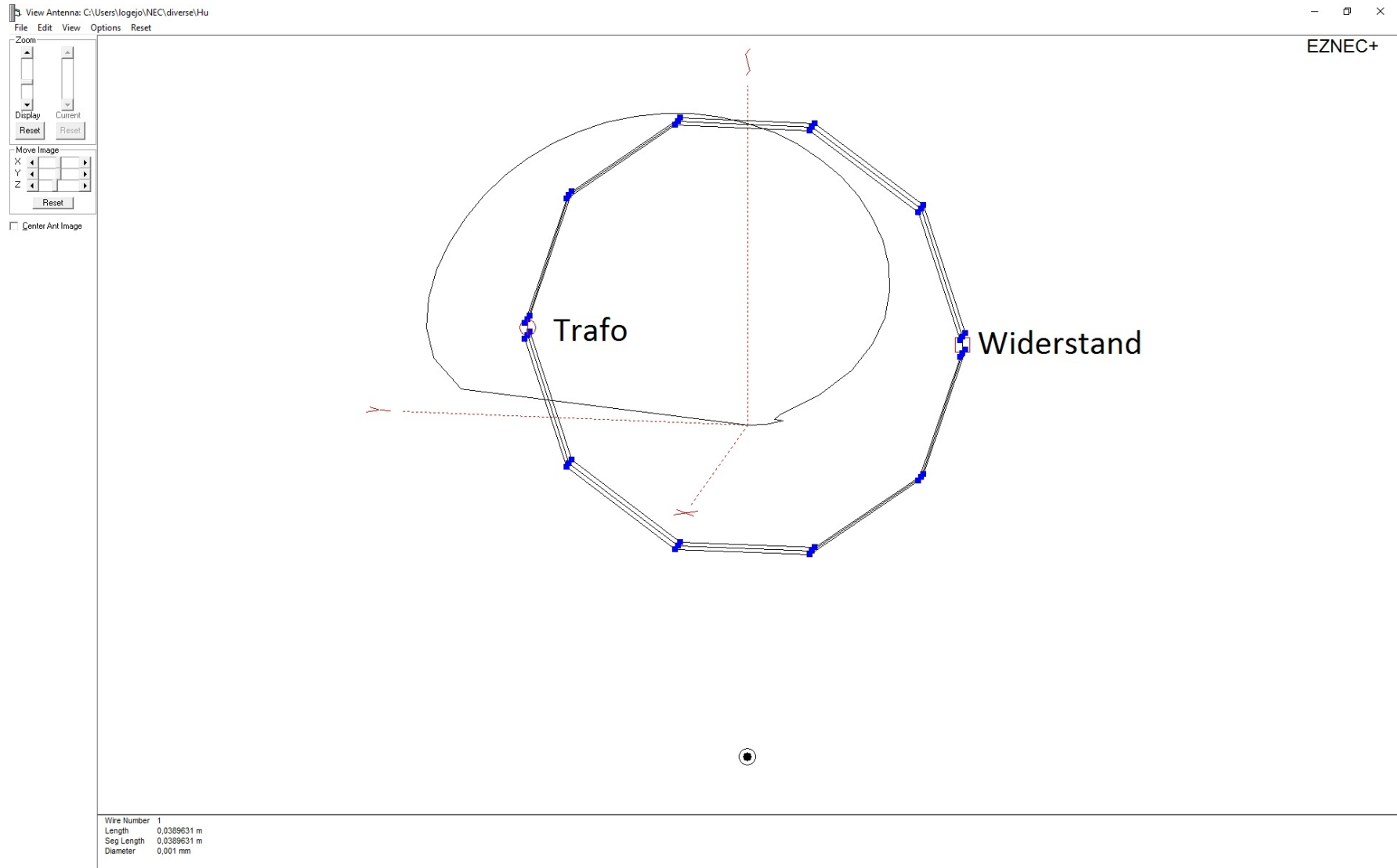
Cardioid Diagram mit EZNEC+



Elevationsdiagramm



Elevationsdiagramm mit Antenne



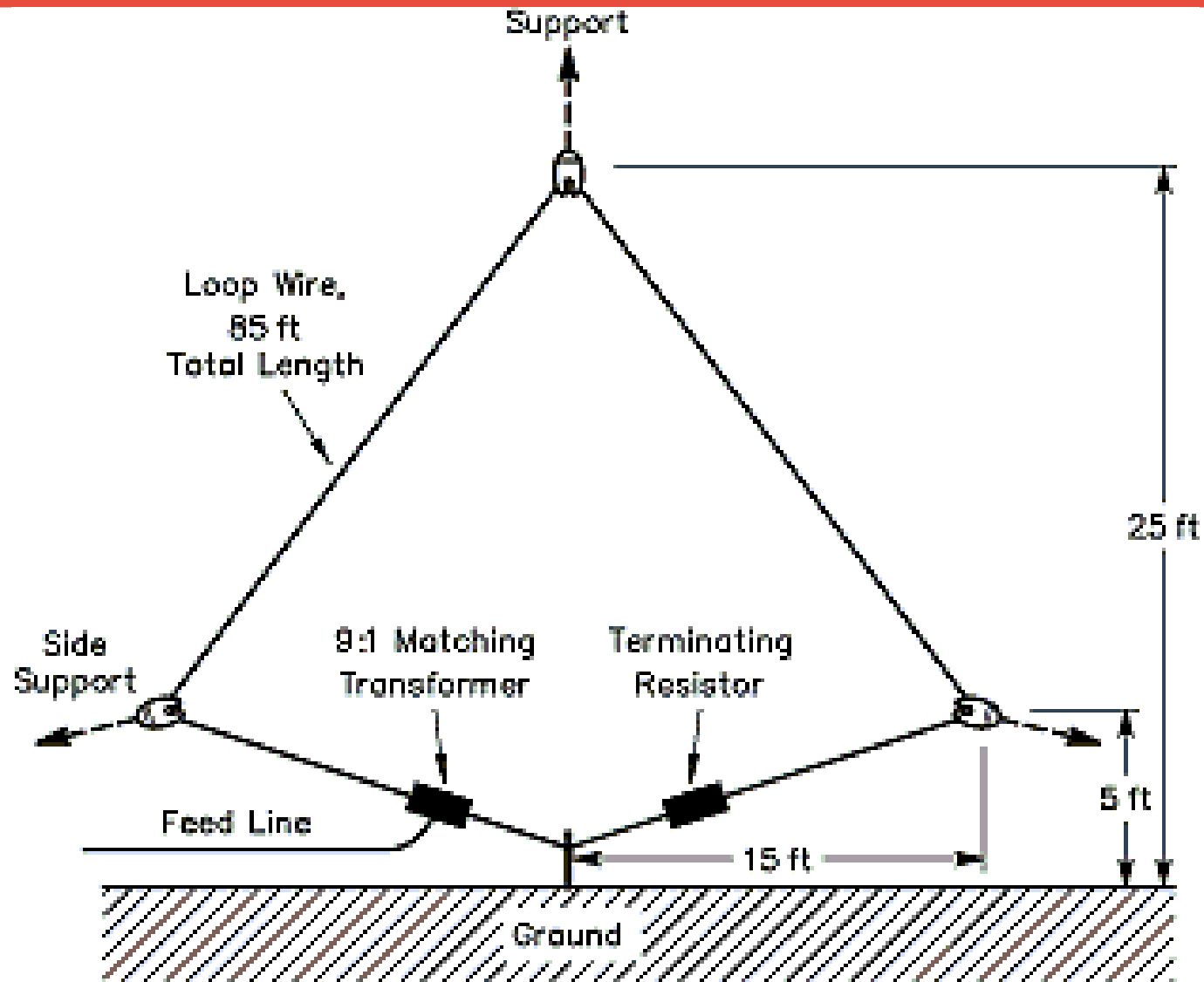
Handpeilantenne



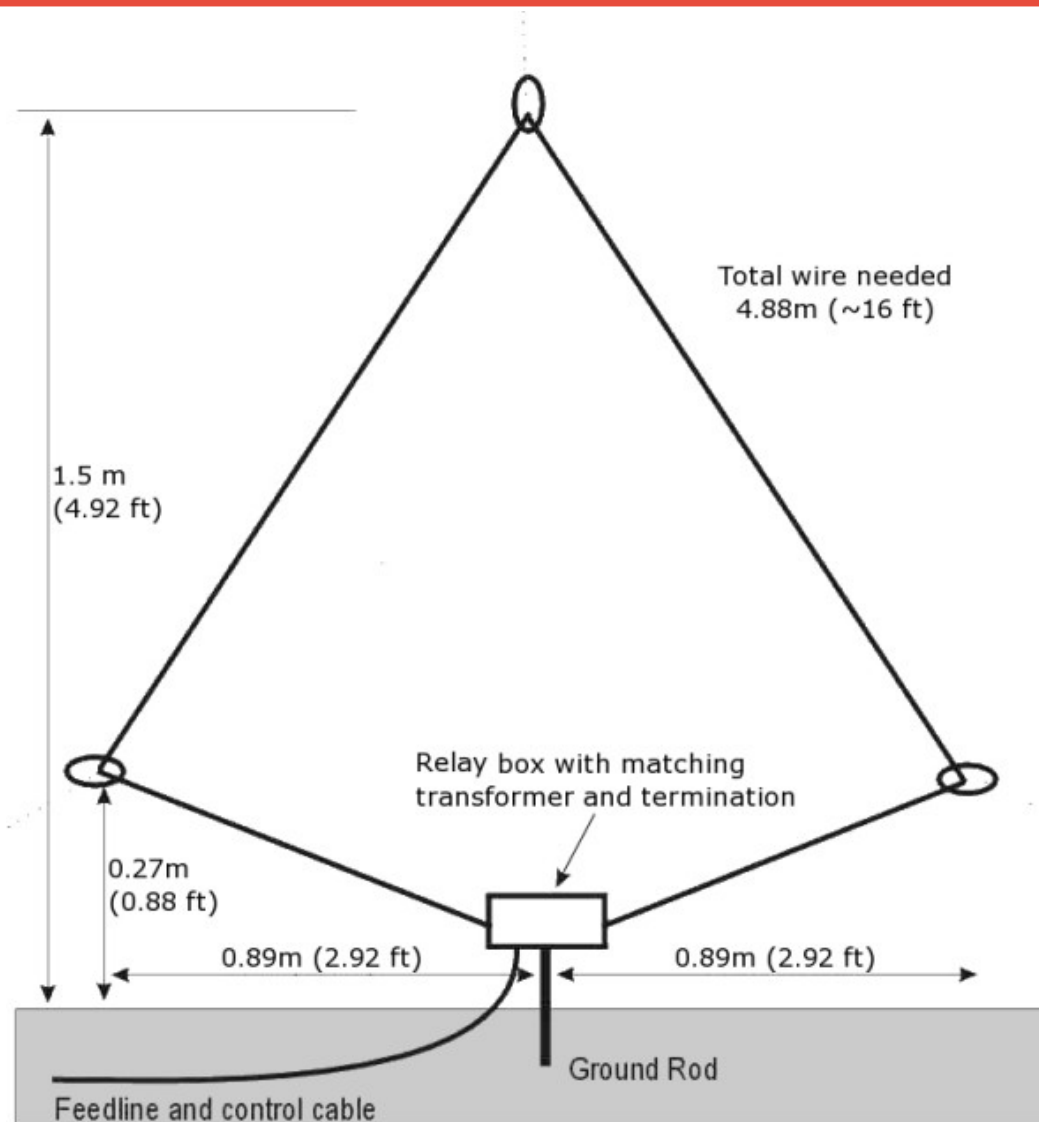
R&S HE300



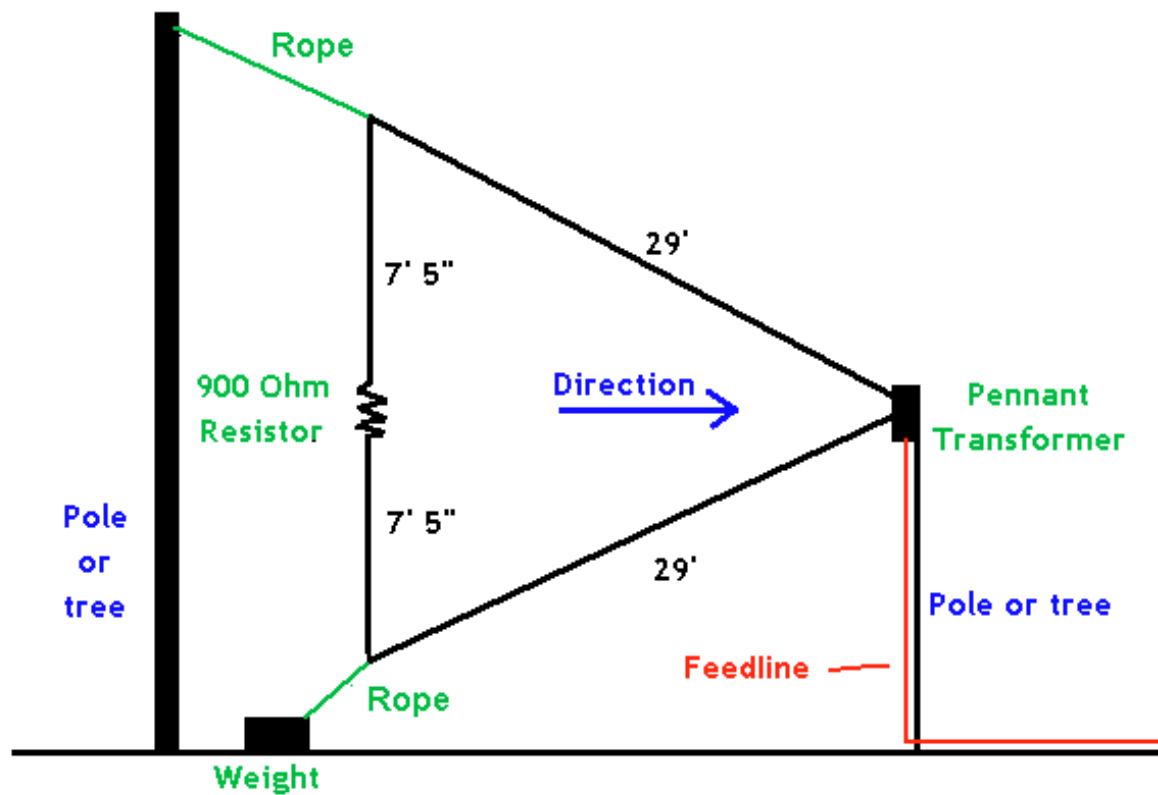
K9AY



Mini-K9AY



Pennant



Praktische Ausführung Huygen'scher Strahler



Loop Arrays

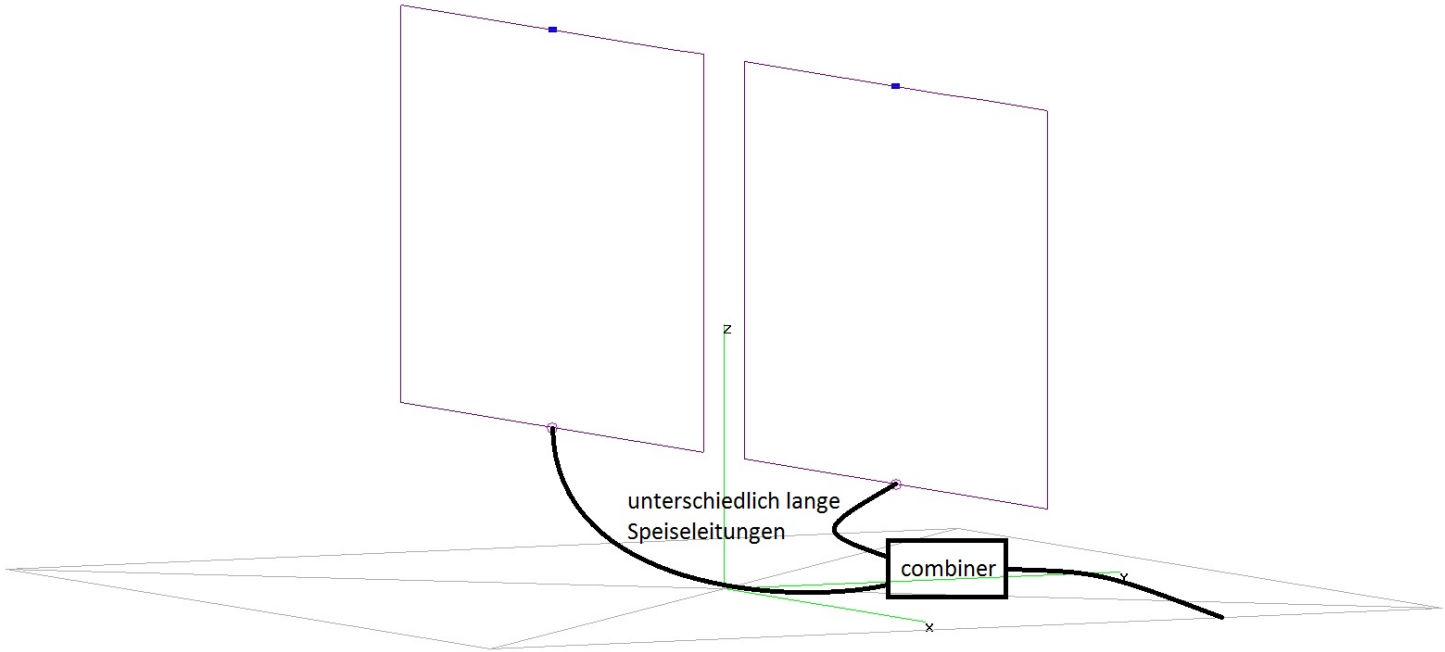
Durch Anordnung mehrerer/vieler Einzelstrahler und phasenrichtige Einspeisung kann man Gewinne bzw. gute Richtwirkung erzielen.

Array der Firma TCI



Cardioiddiagramm durch Array

Geometry (F3) Show View Validate Currents Far-field Near-field Segm. Plot
doppelrahmen.out 3.7 MHz



Verzögerungsleitung

Abstand der beiden Rahmen = a

Daraus folgt: Längenunterschied der beiden Speisekabel

$dL = a \cdot V$, V =Verkürzungsfaktor

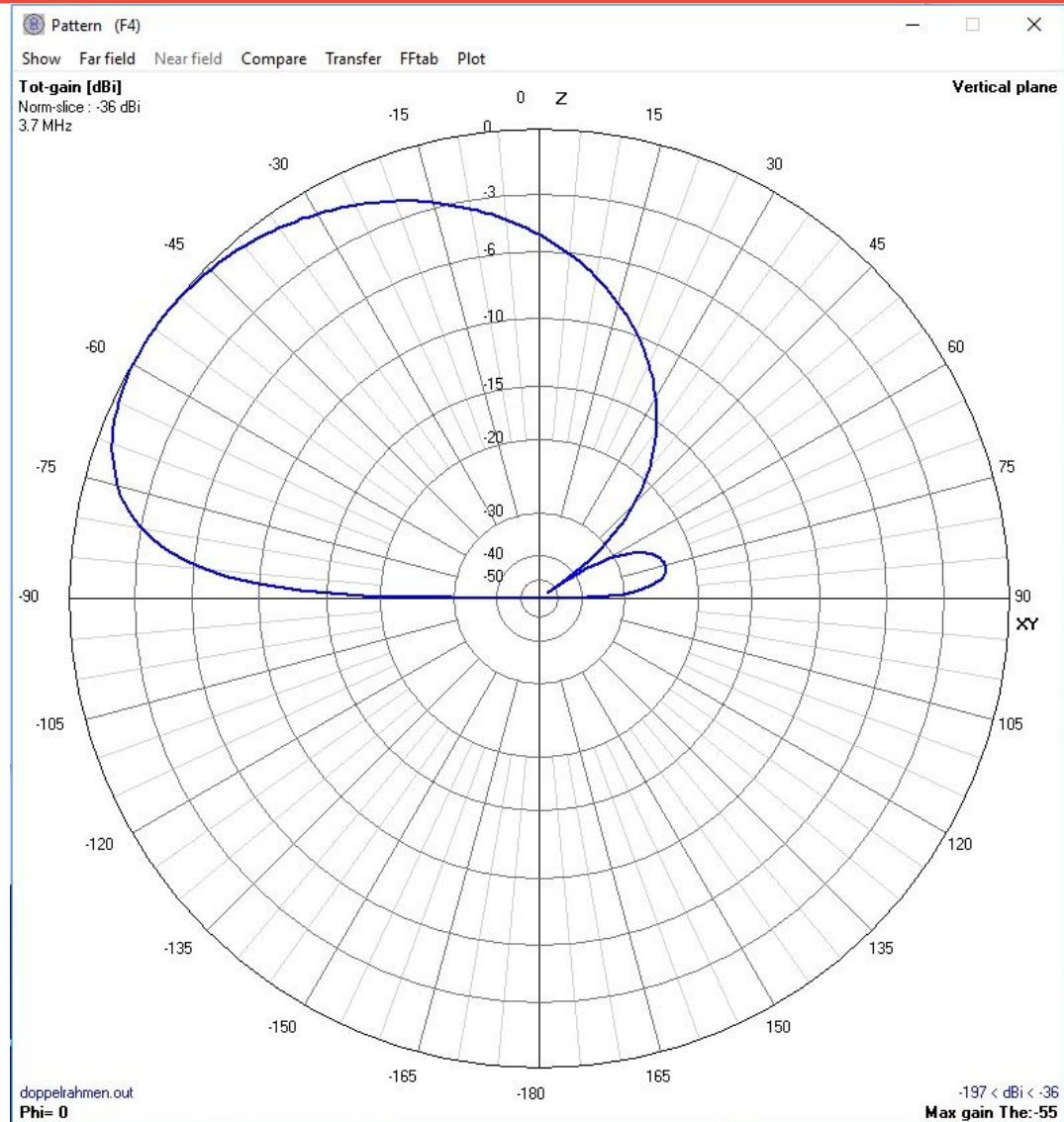
Bei gegenphasiger Speisung der Loops liegt Minimum zur Seite des längeren Kabels

Die Verzögerung erfolgt frequenzunabhängig!

Doppellooparray im Test



Cardioiddiagramm durch Array



Loop Array „shared apex loop“

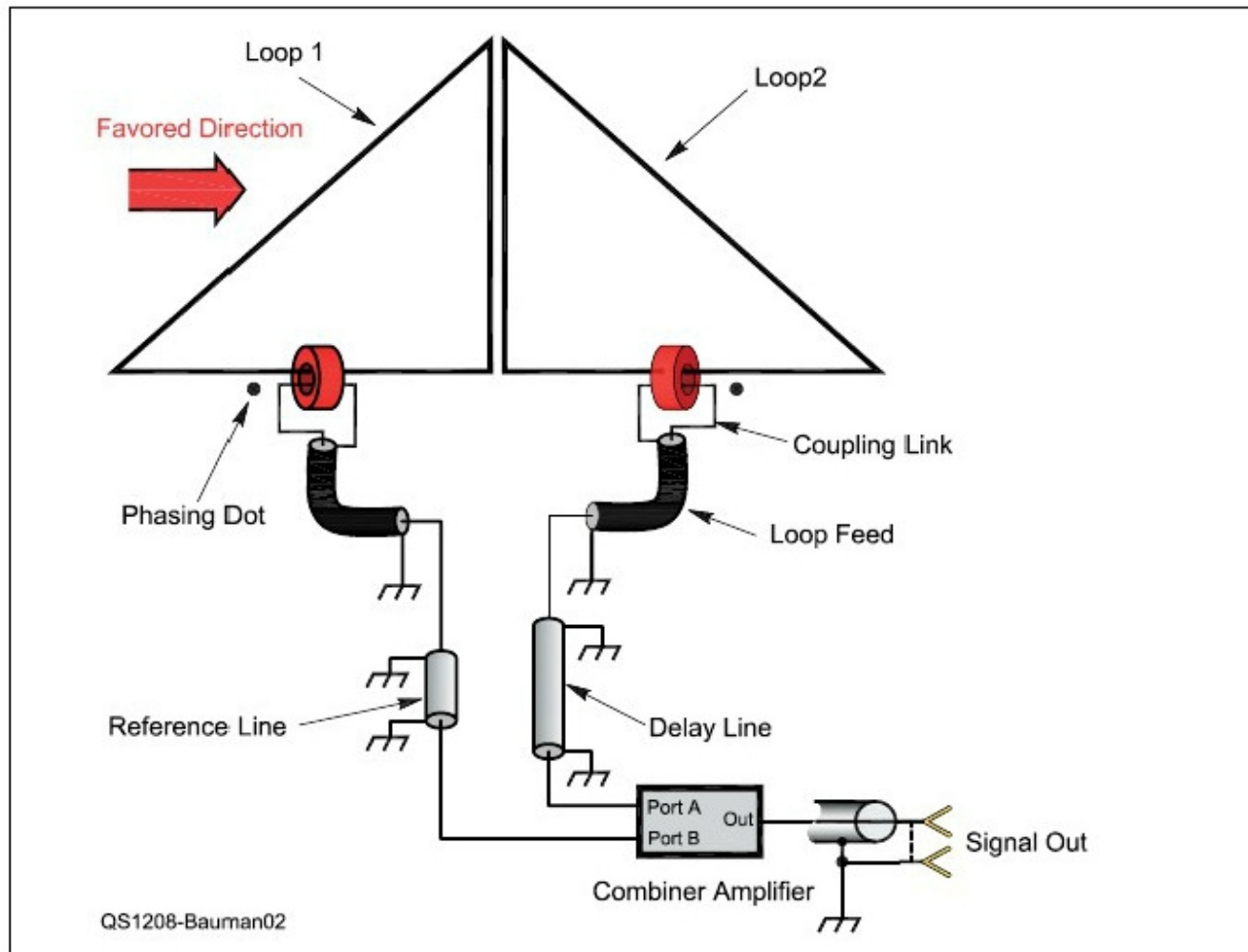
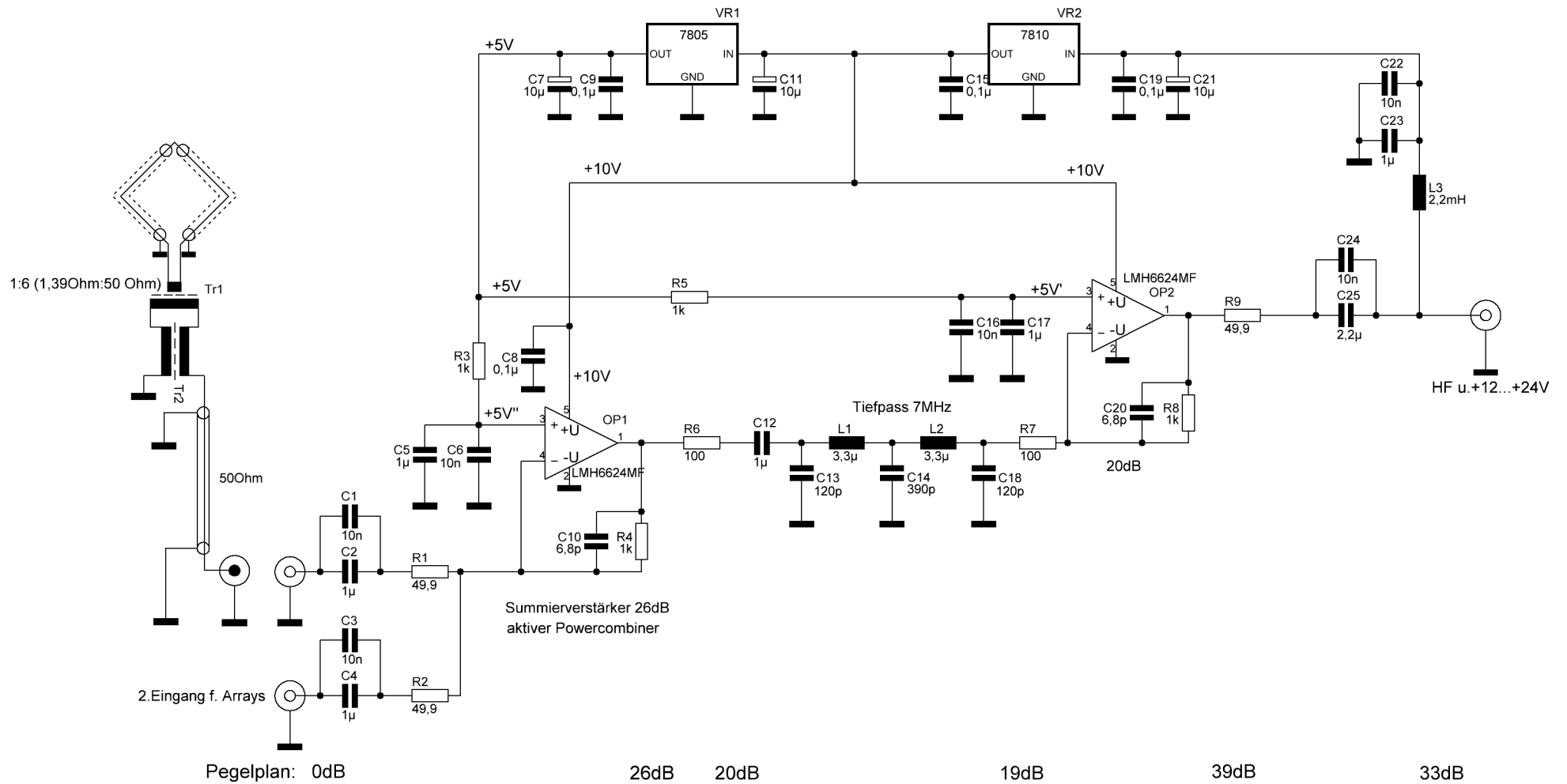


Figure 2 — Schematic of the basic array.

Verstärker mit Summierer



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Noch Fragen?

