

Deutscher Amateur Radio Club

Ortsverband Vellmar – F73

OV - Abend



Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

HEUTE:

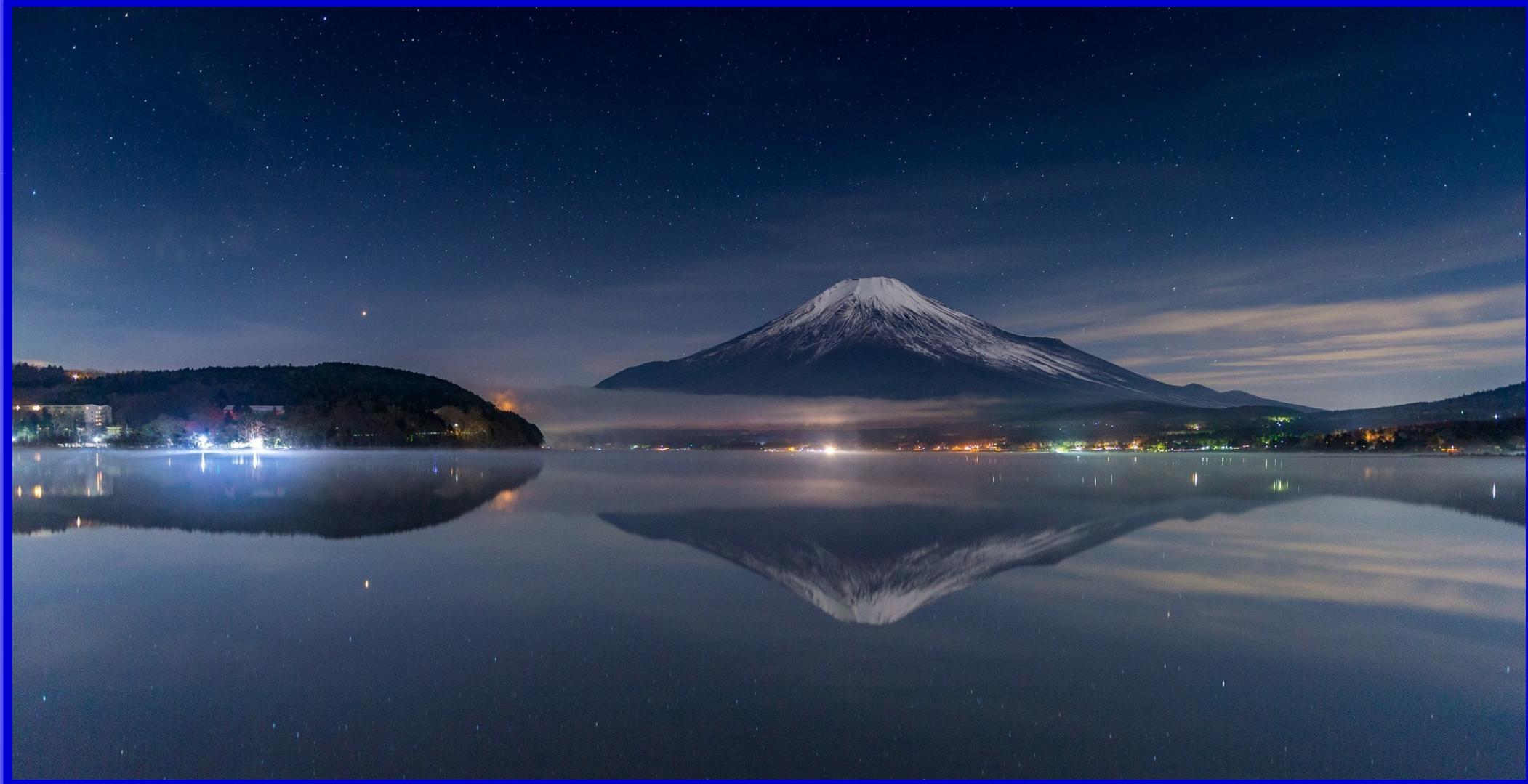
Ein Lieblingsthema der Funkamateure,

Die

Stehwelle

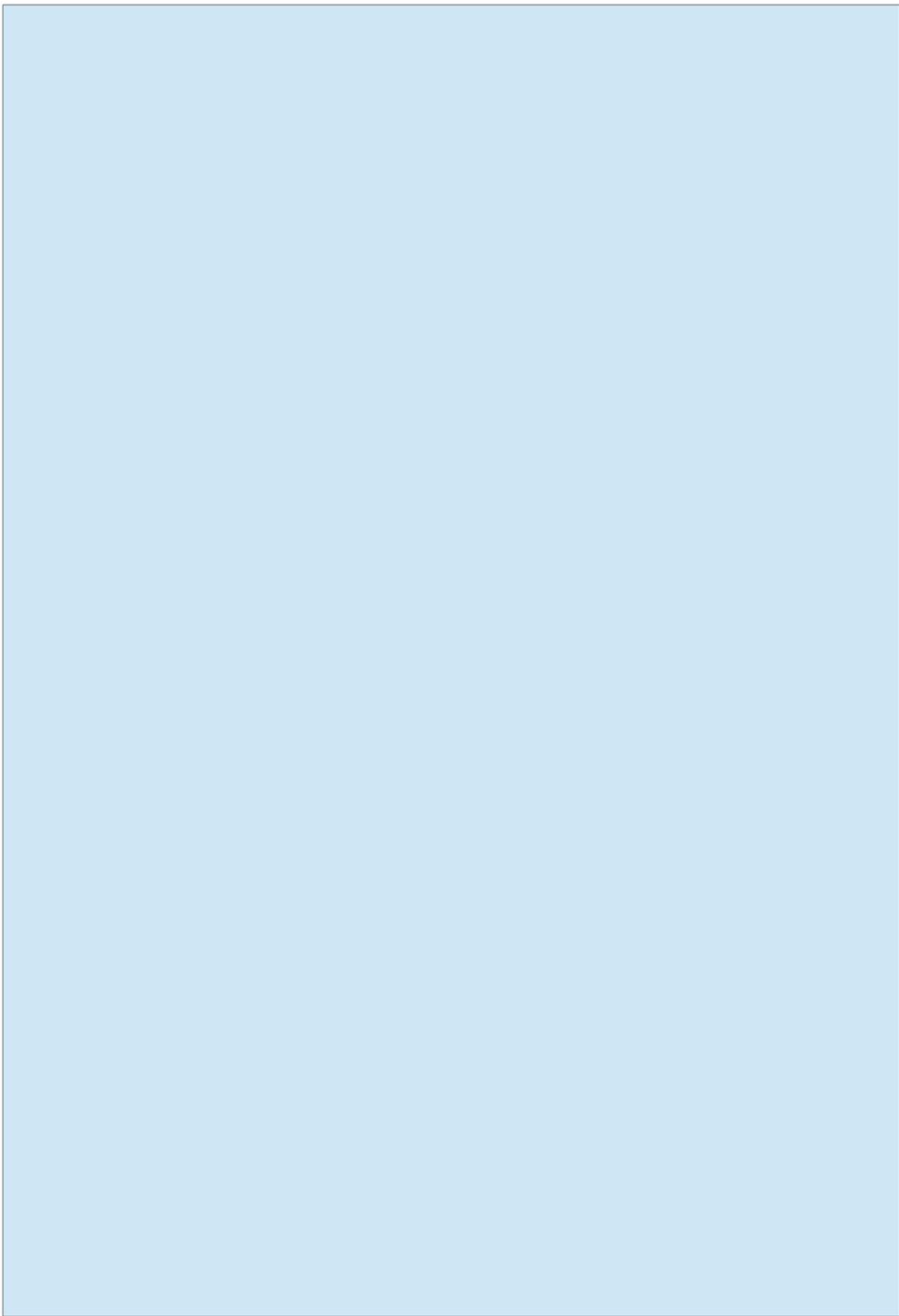
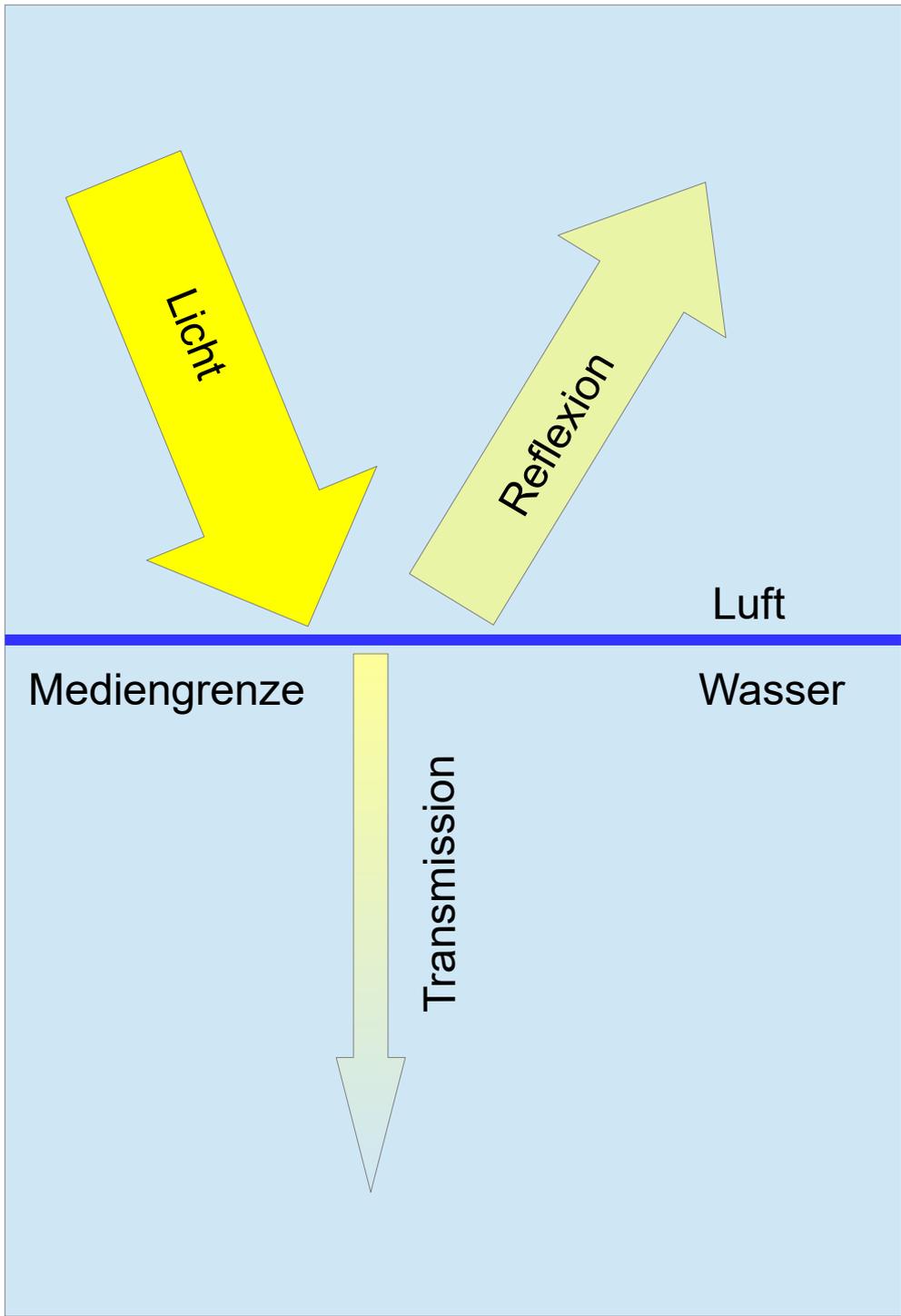
und was sonst noch damit zusammen hängt.

Tolles Foto vom Fuji in Japan



Welche Stehwelle hat dieses Foto ?

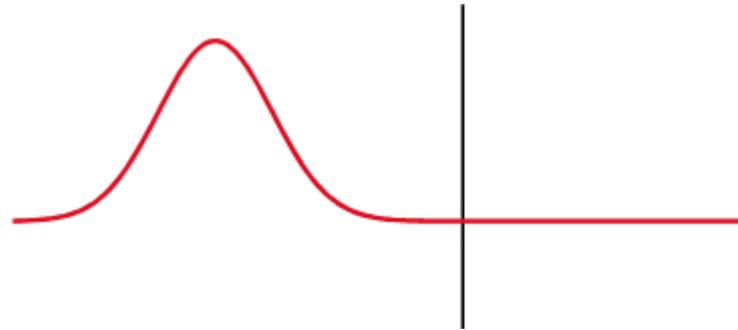
A: 1,2 B: 3 C: >19



SYSTEM 1

$Z = 50 \Omega$

Systemgrenze



SYSTEM 2

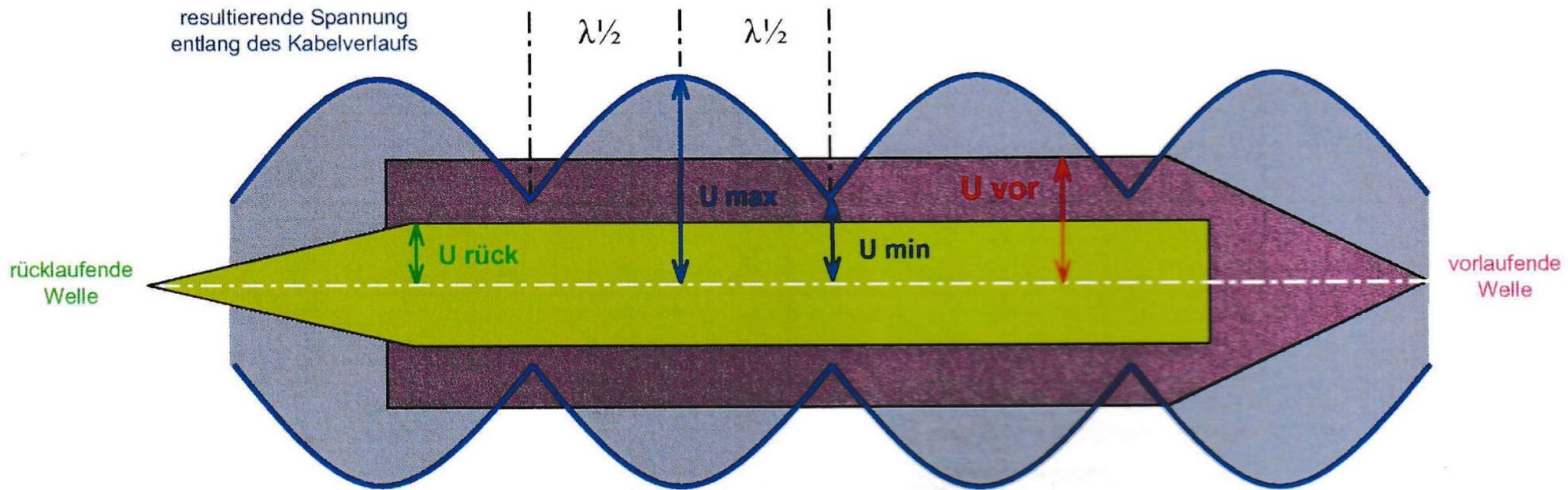
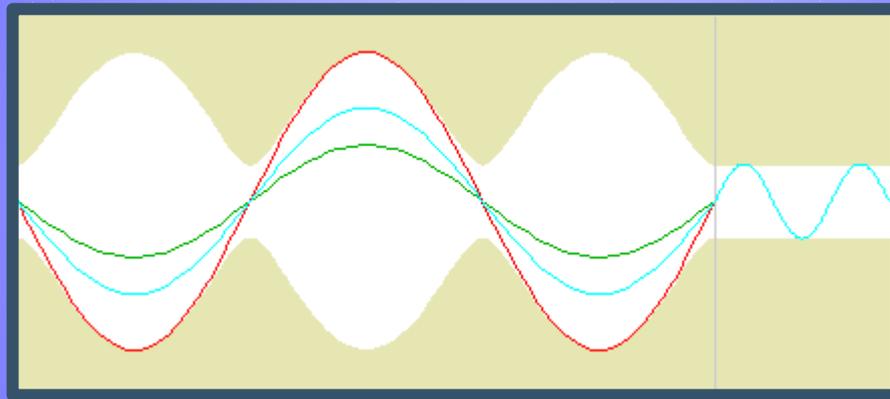
Wo liegt die Impedanz ?

A: $Z > 50 \Omega$

oder

B: $Z < 50 \Omega$

NEUE Betriebsart : FT - STEHWELLE



$$s = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

$$r = \frac{U_r}{U_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$$

$$r = \frac{R_2 - Z}{R_2 + Z}$$

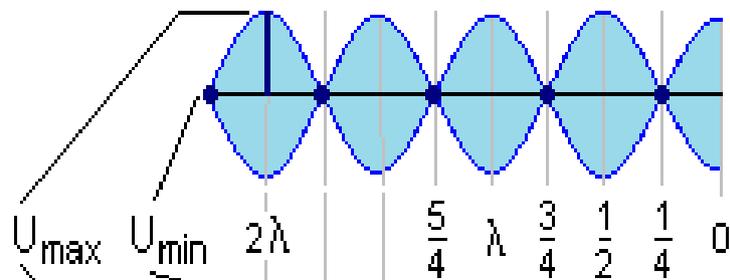
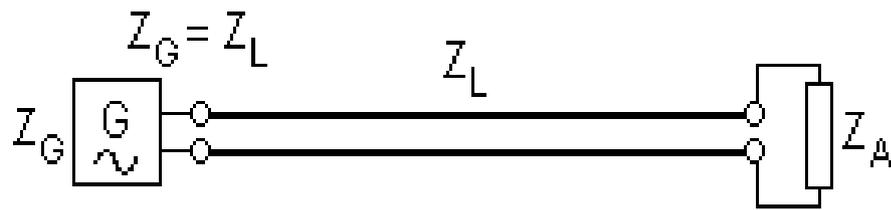
$$s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r}$$

$$P_r = P_v \cdot \left(\frac{s-1}{s+1} \right)^2 \quad \text{mit} \quad P_r \neq P_v$$

$$s = \frac{R_2}{Z} \quad \text{wenn} \quad R_2 > Z \quad \text{und} \quad s = \frac{Z}{R_2} \quad \text{wenn} \quad R_2 < Z$$

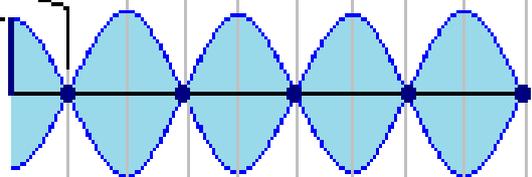
mit

s	Welligkeit oder Stehwellenverhältnis (VSWR)	U_v	Spannung der hinlaufenden Welle	U_r	Spannung der rücklaufenden Welle
r	Reflektionsfaktor	P_v	vorlaufende Leistung	P_r	rücklaufende (reflektierte) Leistung
Z	Wellenwiderstand der HF-Leitung	R_2	reeller Abschlusswiderstand der HF-Leitung		

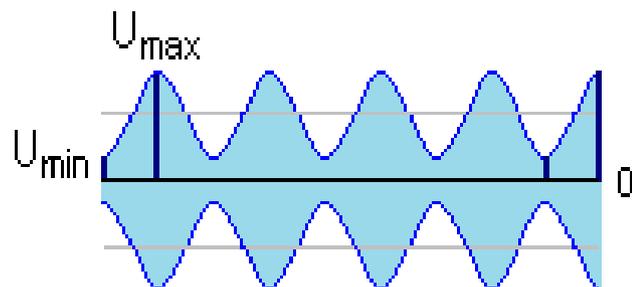


$Z_A = \infty$
 Leerlauf

$$VSWR = \infty$$

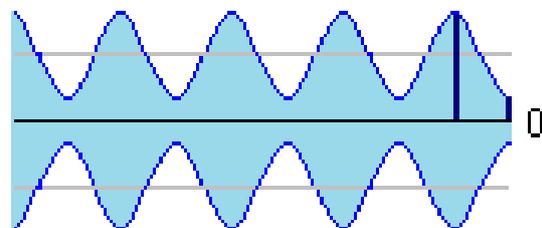


$Z_A = 0$
 Kurzschluss



$Z_A > Z_L$

Fehlanpassung



$Z_A < Z_L$

$$VSWR = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{U_{hin} + U_{rück}}{U_{hin} - U_{rück}}$$

erweitern mit $\frac{1}{U_{hin}}$

$$VSWR = \frac{1 + \frac{U_{rück}}{U_{hin}}}{1 - \frac{U_{rück}}{U_{hin}}}$$

Reflexionsfaktor

$$|r| = \frac{U_{rück}}{U_{hin}} = \frac{Z_A - Z_L}{Z_A + Z_L}$$

Stehwellenverhältnis

$$VSWR = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

Spannungsreflexionsfaktor $ r $	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Leistungsreflexionsfaktor $ r^2 $	0	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1
Stehwellenverhältnis (VSWR) s	1	1,2	1,5	1,9	2,3	3	4	5,7	9	19	∞
Nutzbare Leistung am Lastwiderstand %	100	99	96	91	84	75	64	51	36	19	0
Reflektierte Leistung (Verlust) %	0	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100
Rückflußdämpfung dB	∞	-20	-14	-10	-8	-6	-4	-3	-2	-1	0
Gegenüberstellung der Reflexionsfaktoren, des Stehwellenverhältnisses, der nutzbaren bzw. "verlorenen" Leistung und der Rückflußdämpfung - Zahlenstrahldarstellung - gerundet											

Gegenüberstellung von Anpassungsgrößen

Rückfluß- dämpfung	Stehwellen- verhältnis	reelle Impedanz bei $Z_x > 50$	reelle Impedanz bei $Z_x < 50$	Spannungs- reflexions- faktor	Leistungs- reflexions- faktor	reflektierte Leistung	übertragene Leistung	Anpassfaktor
a_r in dB	s	Z_x in Ω	Z_x in Ω	r	r^2	in %	in %	m
unendlich	1,000	50,00	50,00	0,0000	0,0000	0,00	100,00	1,0000
-40	1,020	51,01	49,01	0,0100	0,0001	0,01	99,99	0,9802
-35	1,036	51,81	48,25	0,0178	0,0003	0,03	99,97	0,9651
-30	1,065	53,27	46,93	0,0316	0,0010	0,10	99,90	0,9387
-25	1,119	55,96	44,86	0,0562	0,0032	0,32	99,68	0,8935
-20	1,222	61,11	40,91	0,1000	0,0100	1,00	99,00	0,8182
-15	1,433	71,63	34,90	0,1778	0,0316	3,16	96,84	0,6980
-14	1,499	74,93	33,37	0,1995	0,0398	3,98	96,02	0,6673
-13	1,577	78,84	31,71	0,2239	0,0501	5,01	94,99	0,6342
-12	1,671	83,54	29,92	0,2512	0,0631	6,31	93,69	0,5985
-11	1,785	89,24	28,01	0,2818	0,0794	7,94	92,06	0,5603
-10	1,925	96,25	25,97	0,3162	0,1000	10,00	90,00	0,5195
-9	2,100	104,99	23,81	0,3548	0,1259	12,59	87,41	0,4762
-8	2,323	116,14	21,53	0,3981	0,1585	15,85	84,15	0,4305
-7	2,615	130,73	19,12	0,4467	0,1995	19,95	80,05	0,3825
-6	3,010	150,48	16,61	0,5012	0,2512	25,12	74,88	0,3323
-5	3,570	178,49	14,01	0,5623	0,3162	31,62	68,38	0,2801
-4	4,419	220,97	11,31	0,6310	0,3981	39,81	60,19	0,2263
-3	5,848	292,40	8,55	0,7079	0,5012	50,12	49,88	0,1710
-2	8,724	436,21	5,73	0,7943	0,6310	63,10	36,90	0,1146
-1	17,391	869,55	2,88	0,8913	0,7943	79,43	20,57	0,0575
0	unendlich	Leerlauf	Kurzschluss	1,0000	1,0000	100,0000	0,0000	0,0000

DK 3 WM - Oktober 2019

Ohne Mathematik läuft nicht viel im Leben – da müsst ihr durch!

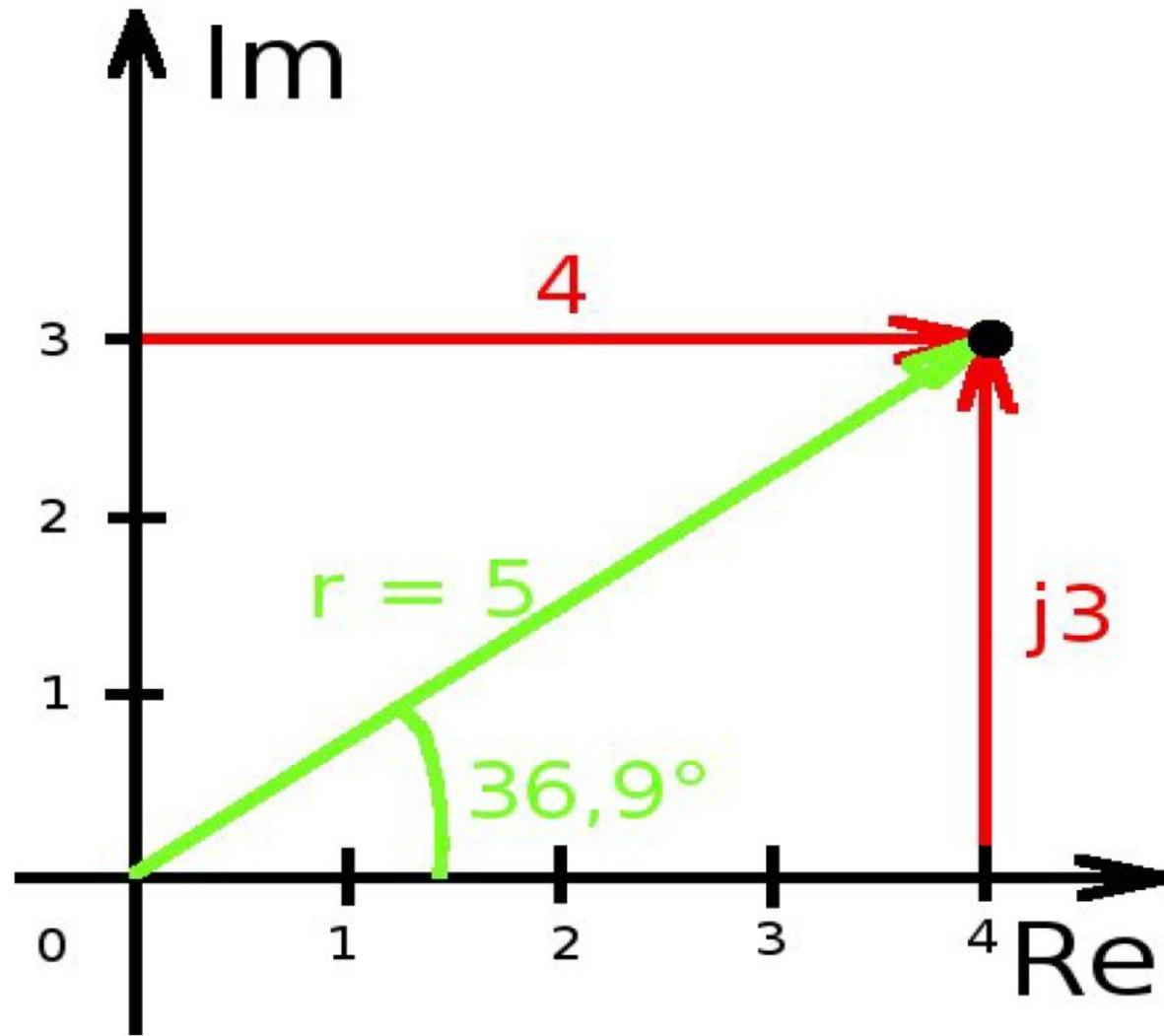
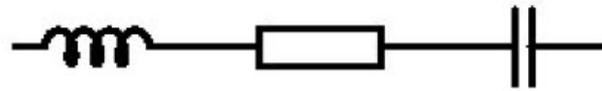


Bild 1: Die Darstellung einer komplexen Zahl (schwarzer Punkt) in kartesischen Koordinaten (rot) und polaren Koordinaten (grün).



$$X = j \cdot 10 \text{ k}\Omega + 5 \text{ k}\Omega - j \cdot 5 \text{ k}\Omega = 5 \text{ k}\Omega + j 5 \text{ k}\Omega;$$

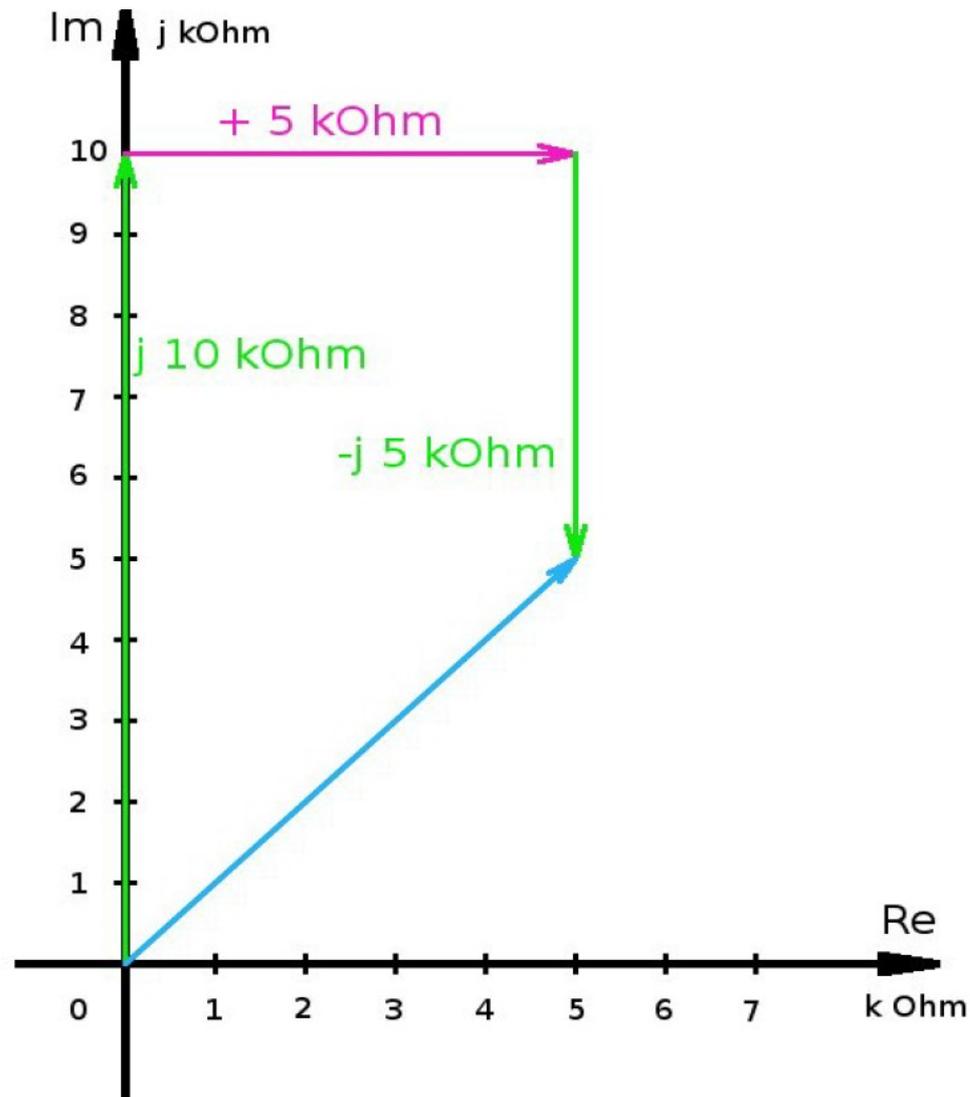


Bild 2: Graphische Addition komplexer Widerstände. (Das Ergebnis ist blau dargestellt).

Gut



Wirkleistung (KW)

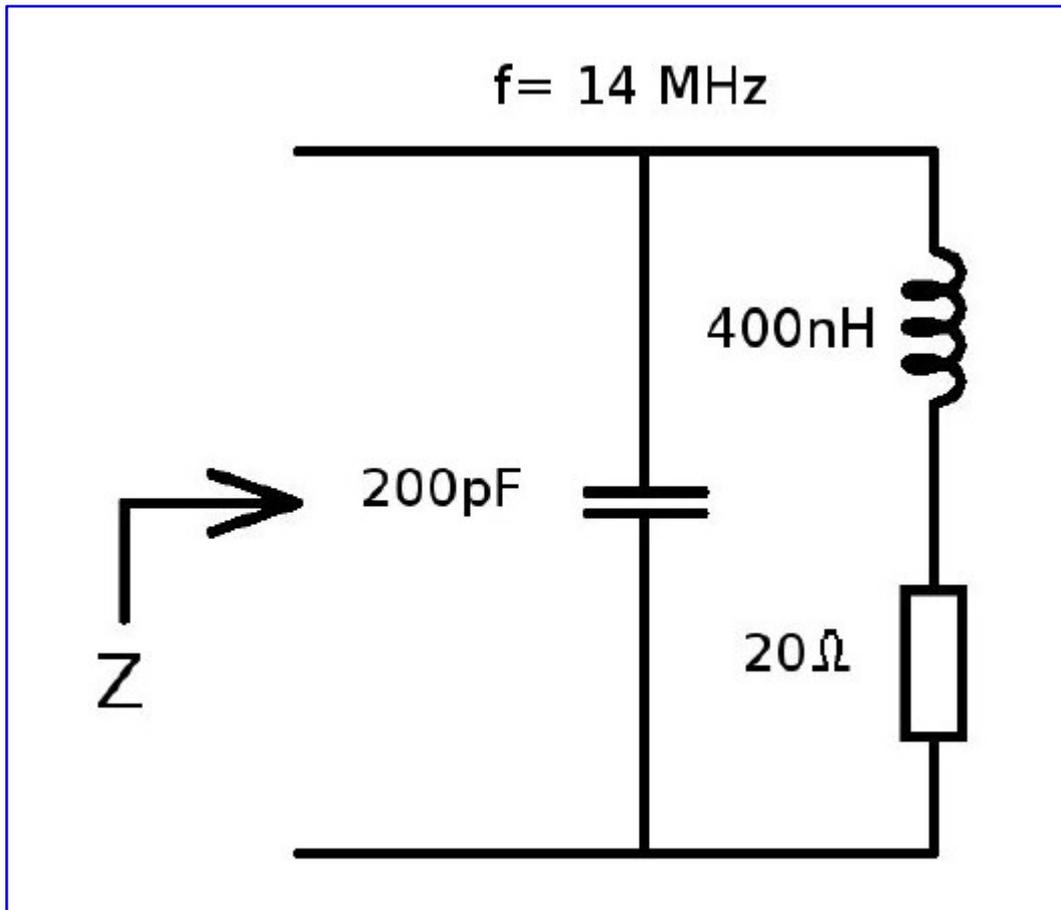
Scheinleistung (KVA)

NICHT Gut



Wirkleistung (KW)

Blindleistung (kvar)



Ein graphisches Verfahren, um wie in der oben gezeigten komplexen Ebene die Admittanz (Kehrwert der Impedanz) zu einer gegebenen Impedanz zu konstruieren, gibt es nicht.

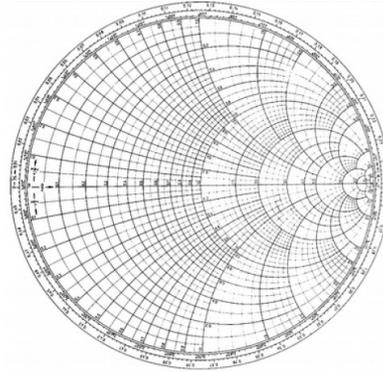
Abhilfe:

Die Abbildung der oben gezeigten komplexen Ebene muss in eine andere Form gebracht werden.

Diese Form wird als

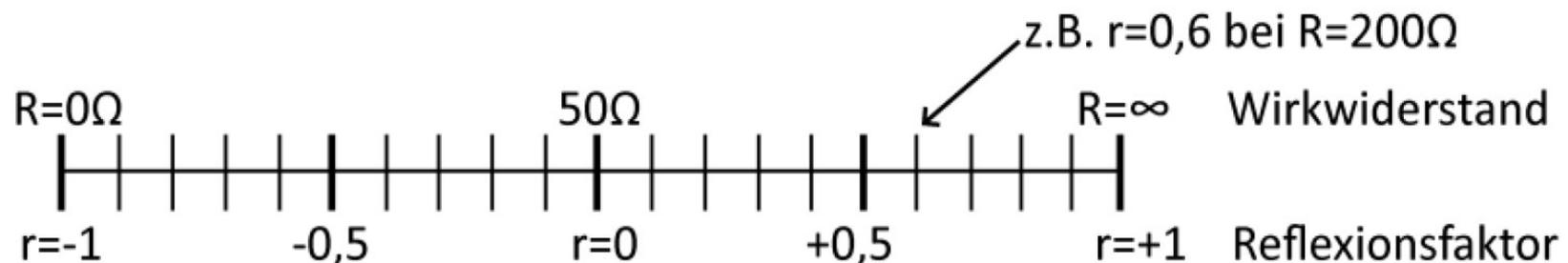
Reflexionsfaktorebene

bezeichnet.

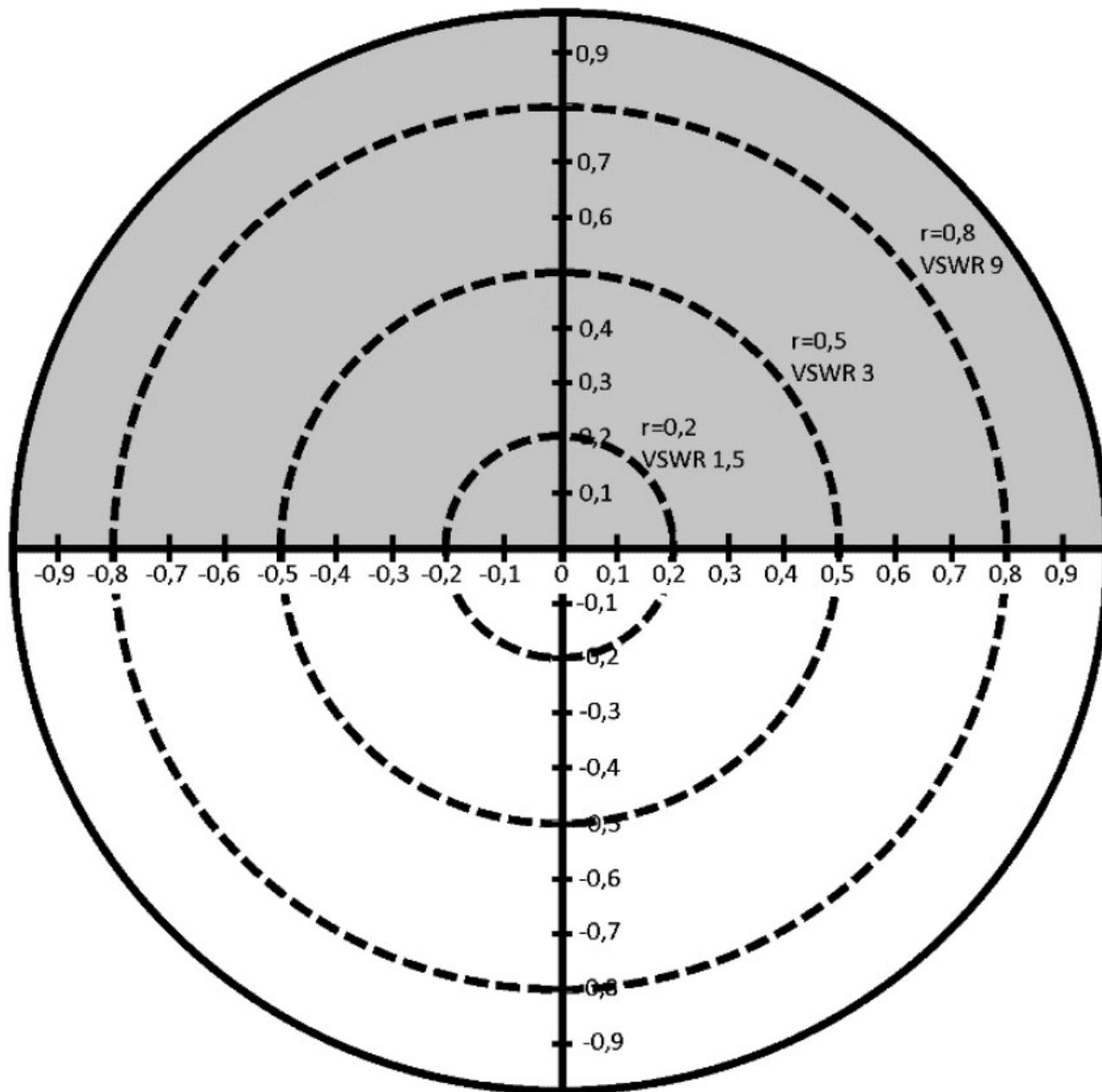


Ein Ingenieur namens Smith fand ca. 1940 eine Methode, um komplexe Widerstände und Leitwerte grafisch anschaulich darzustellen und um einfach zeichnerisch mit ihnen zu rechnen. Auch wenn man heute das Rechnen eher einem Computerprogramm überläßt, ist die Visualisierung der Zusammenhänge durch das Smith Diagramm unverändert wertvoll für das Verständnis.

Die Basis des Smith Diagramms - der Reflexionsfaktor (oder die „ STEHWELLE“)



Auf jeder Kreislinie liegen Punkte mit gleichem VSWR.



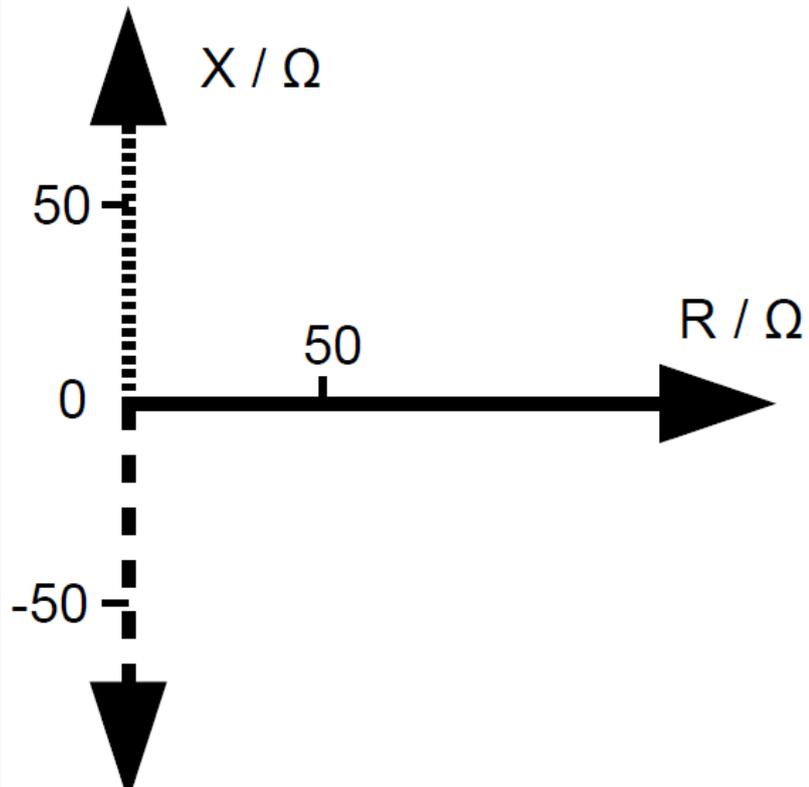
Oberer Halbkreis
Reflexionen hervorgerufen durch
induktive Blindwiderstände

Reelle Achse
Reflexion hervorgerufen durch
reelle Widerstände

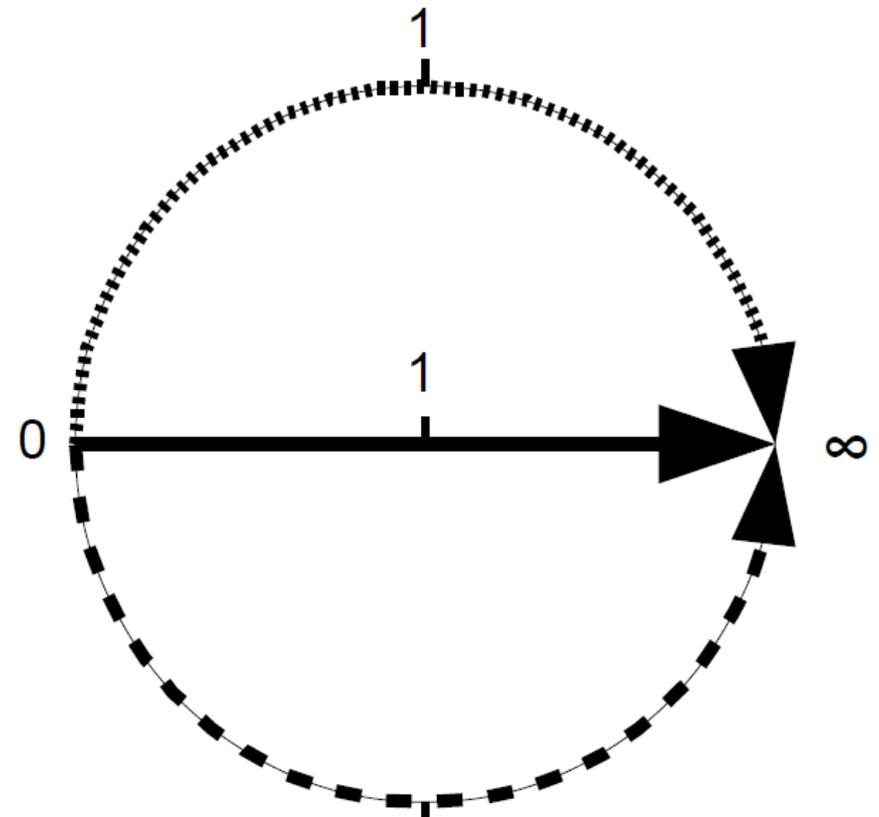
Unterer Halbkreis
Reflexionen hervorgerufen durch
kapazitive Blindwiderstände

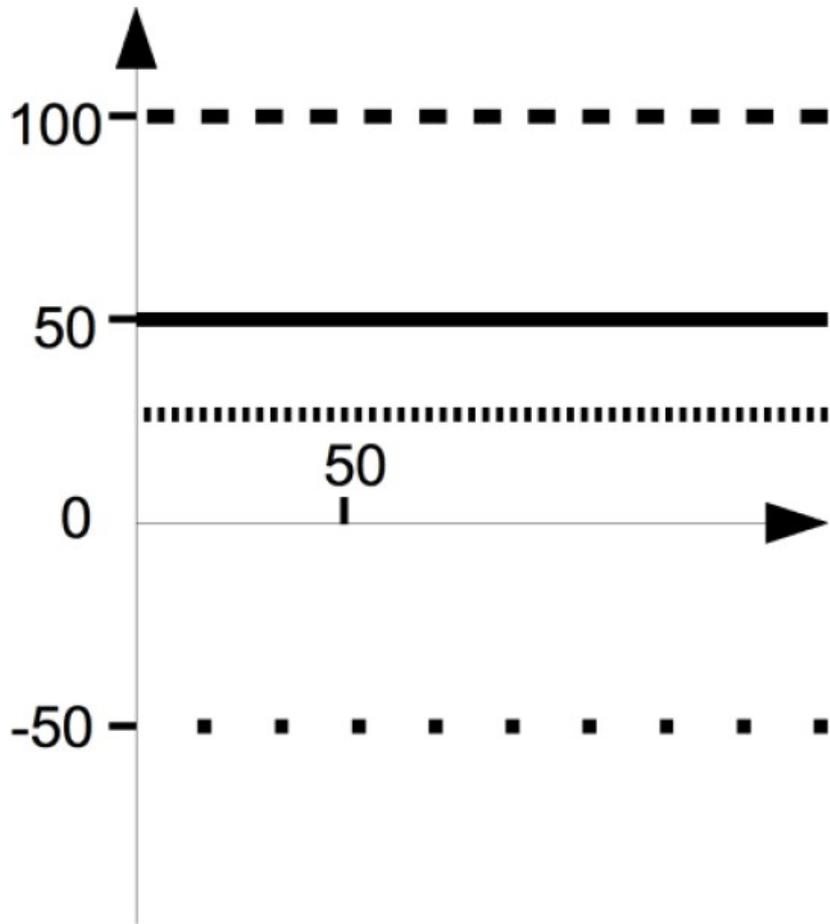
Darstellung der Reflexionsfaktoren in Form eines Kreisdiagramms

Rechtwinkliges Koordinatensystem

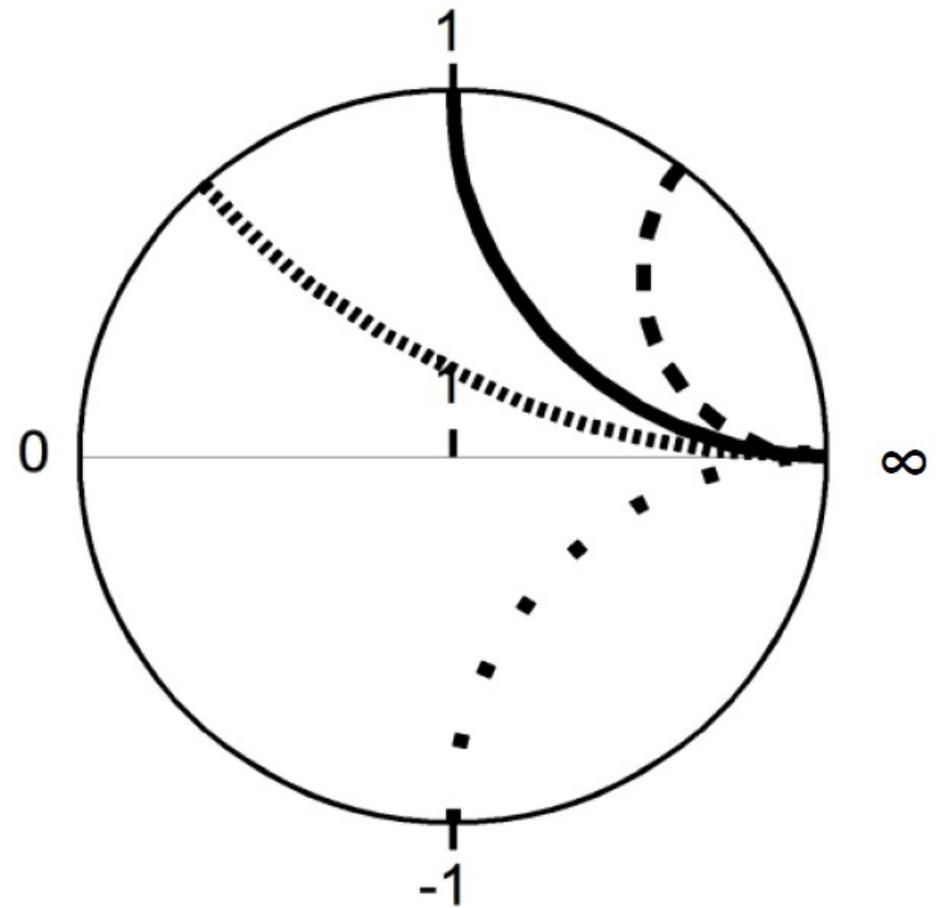


Smith Diagramm

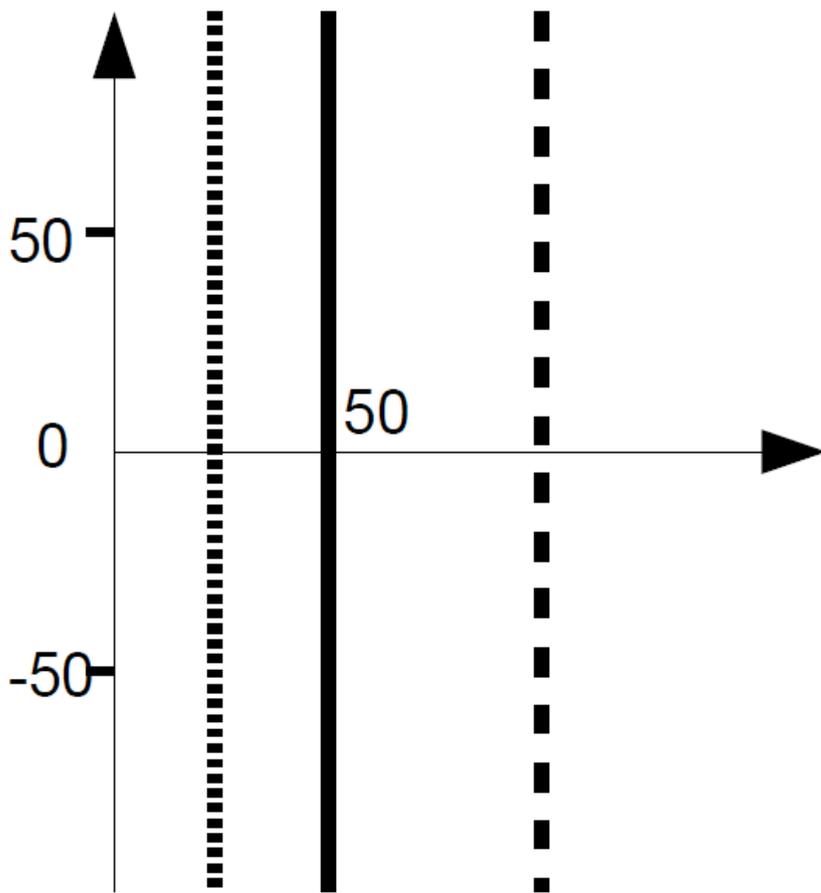




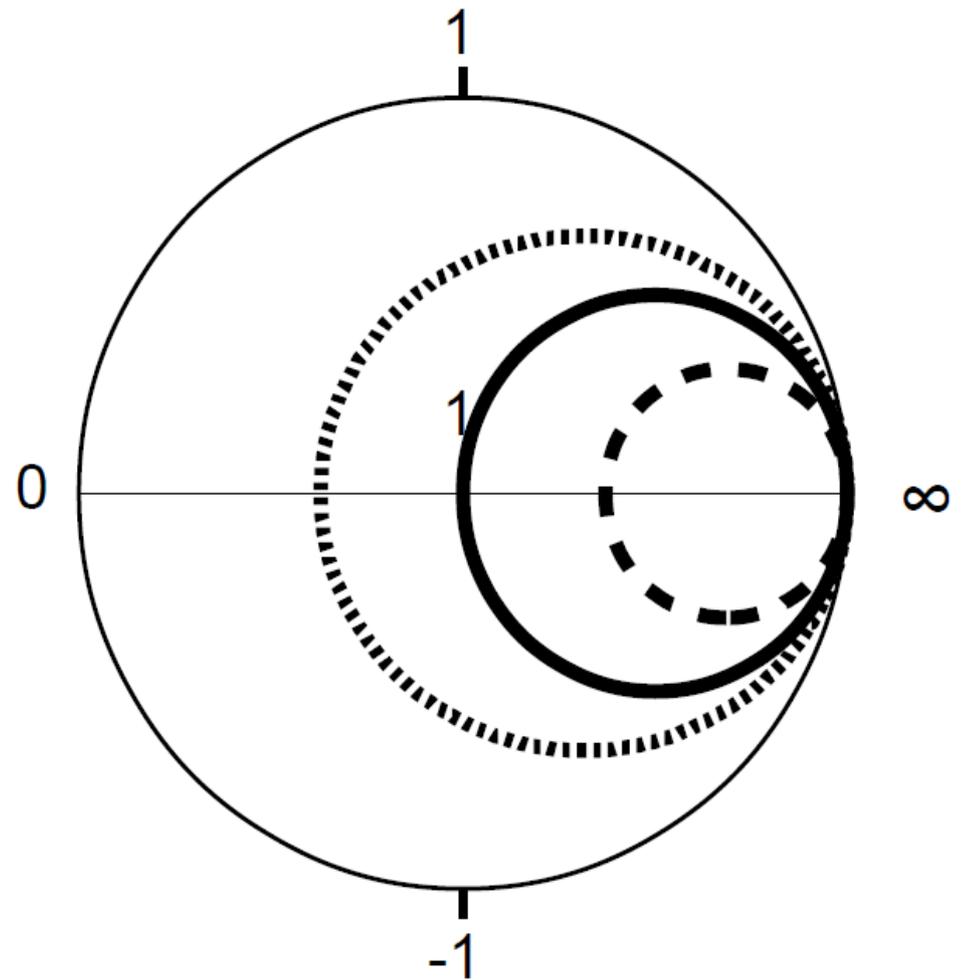
Darstellung der Linien gleichen Blindwiderstandes in kartesischer Darstellung (normales XY-Diagramm)



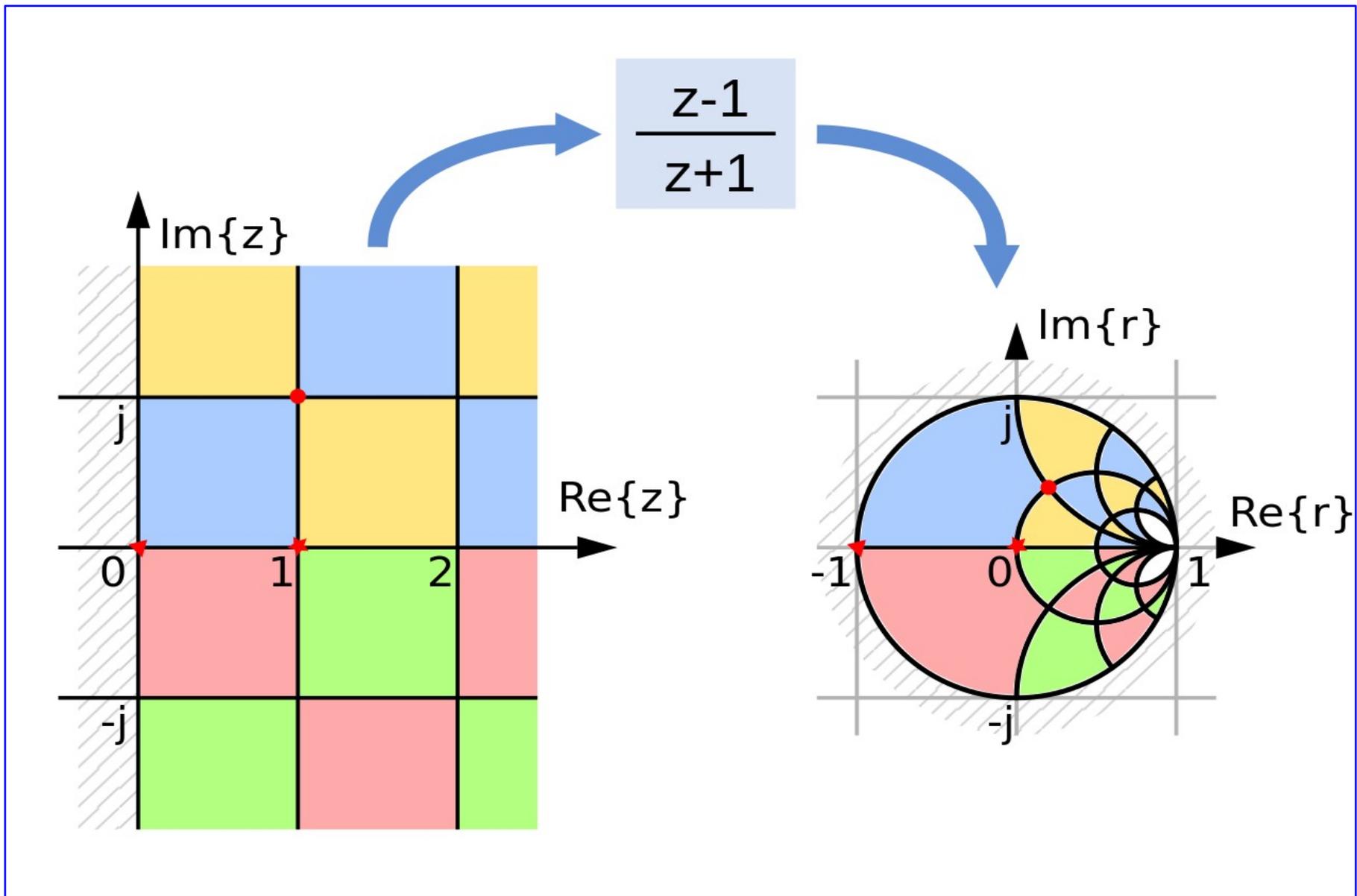
Darstellung der Linien gleichen Blindwiderstandes im Kreisdiagramm



reellen Widerstandes in
kartesischer Darstellung
(normales XY-Diagramm)

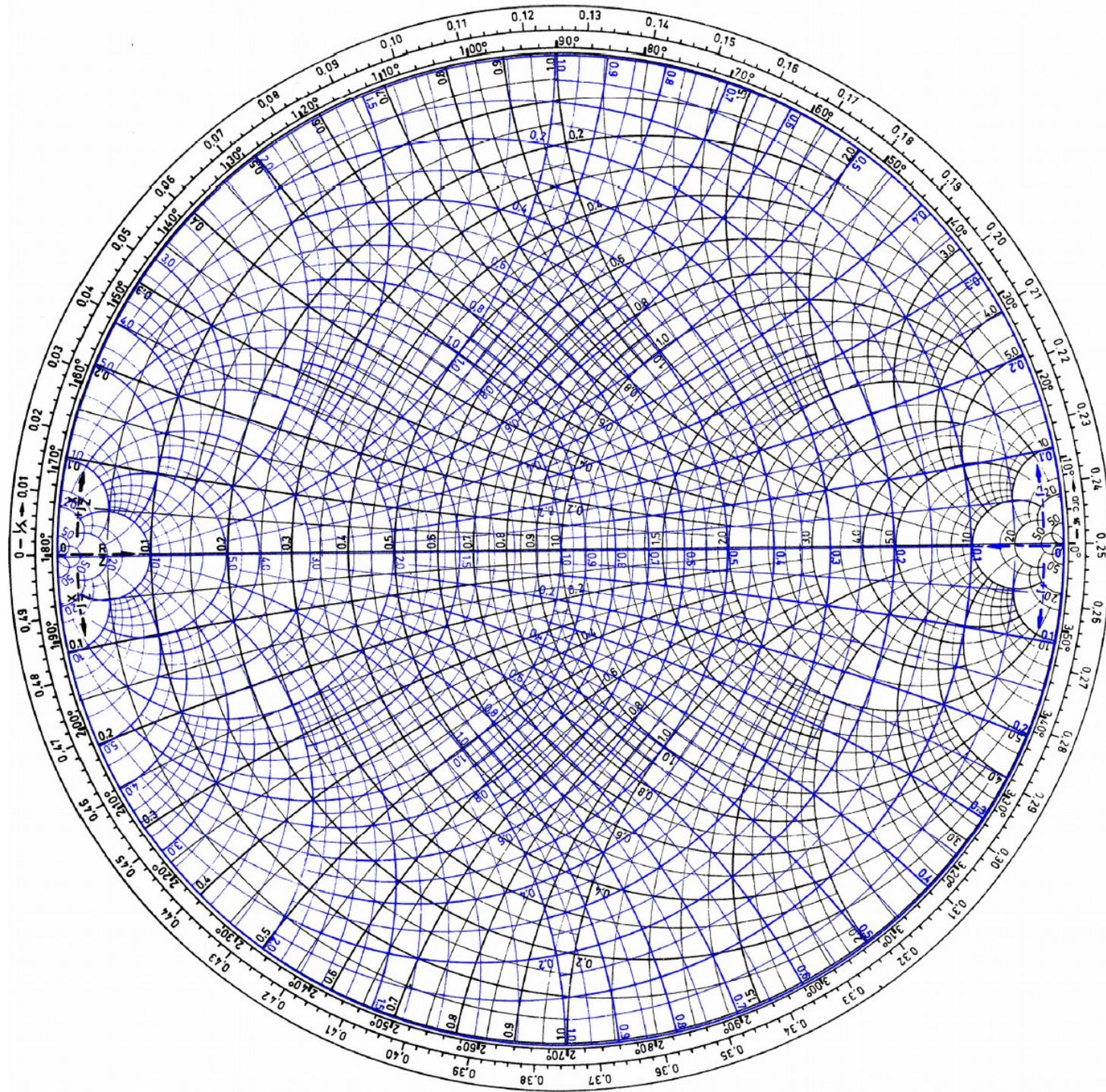


Widerstandes im Kreisdiagramm

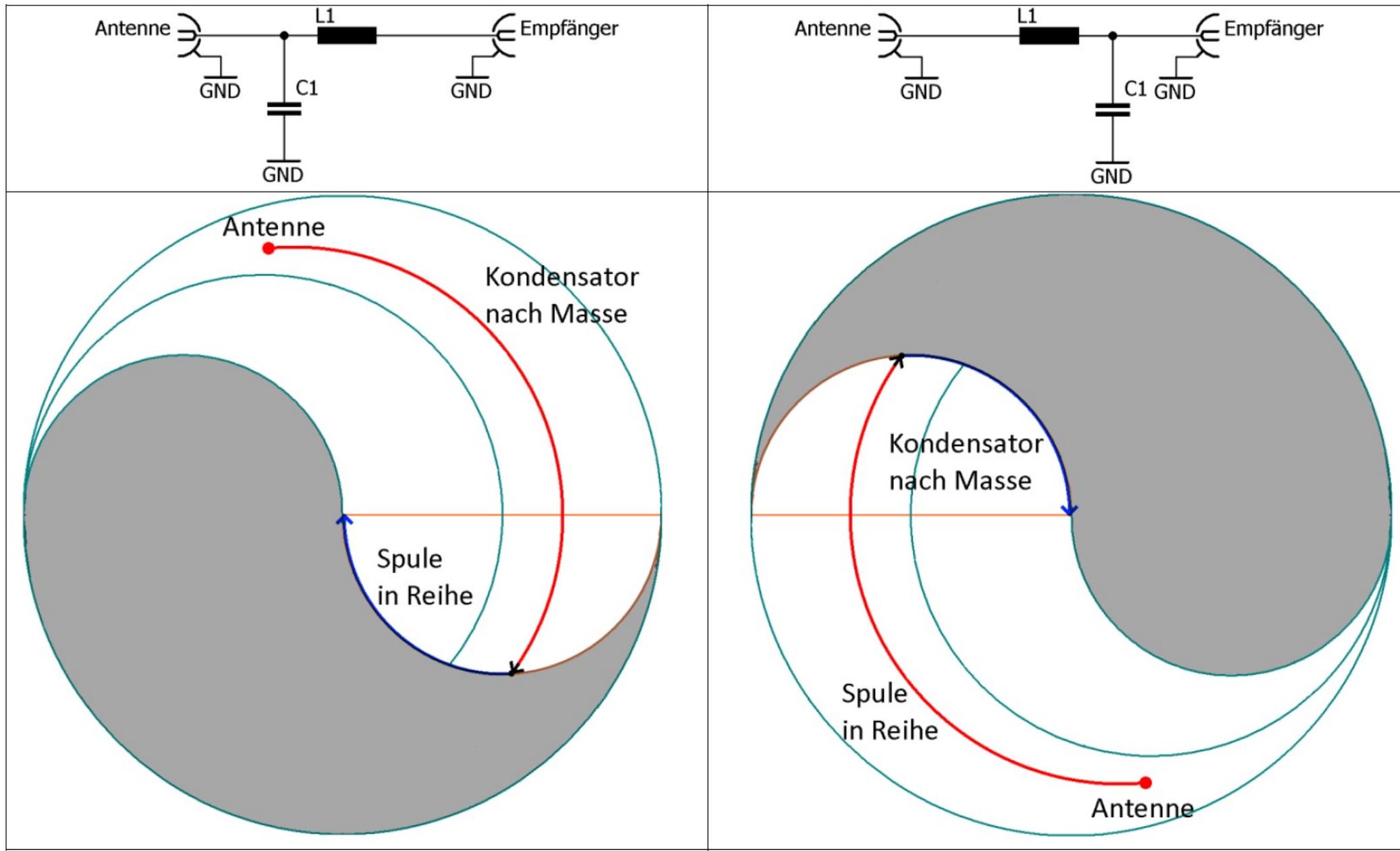


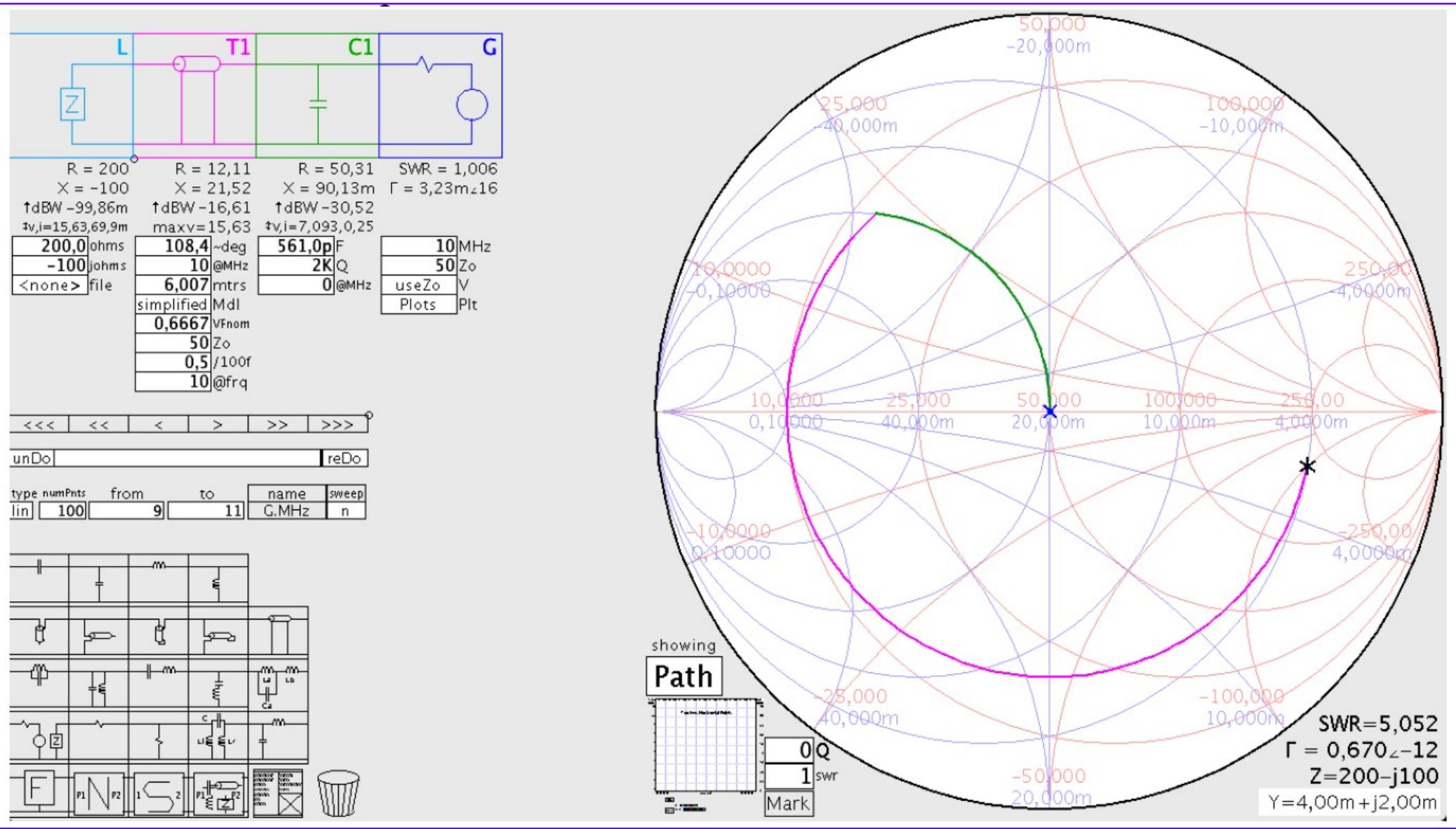
Wikipedia schreibt:

Konforme Abbildung der Impedanzebene (Z-Ebene) in die Reflexionsfaktorebene (r-Ebene), welche innerhalb des Einheitskreises das Smith-Diagramm bildet



Das folgende Bild zeigt welche Bereiche mit welcher Schaltung angepasst werden können. Nicht mögliche Bereiche sind grau hinterlegt. Ein Beispiel wurde jeweils mit eingezeichnet:





Die freie Software: **SimSmith** bieten einen guten Einstieg.

Kurze Vorführung von SimSmith:

Beispiel 1:

DK7ZB 2m (145MHz) 5 Elemente Yagi, Fußpunkt - $Z = (28-j0,1)\Omega$

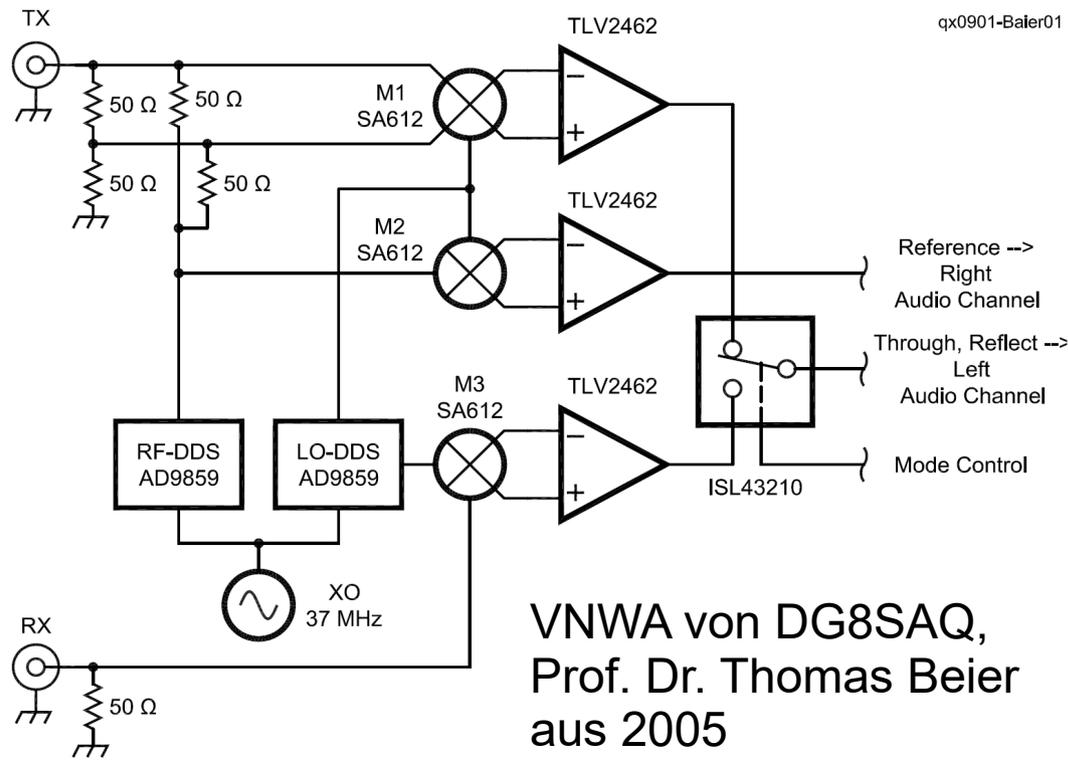
Beispiel 2:

Dipol 2x 13m mit 10m Hühnerleiter hat bei 7100kHz eine Fußpunkt Impedanz von $Z = (19+j22)\Omega$

Nun endlich zur Atraktion des Abends:

Der nanoVNA



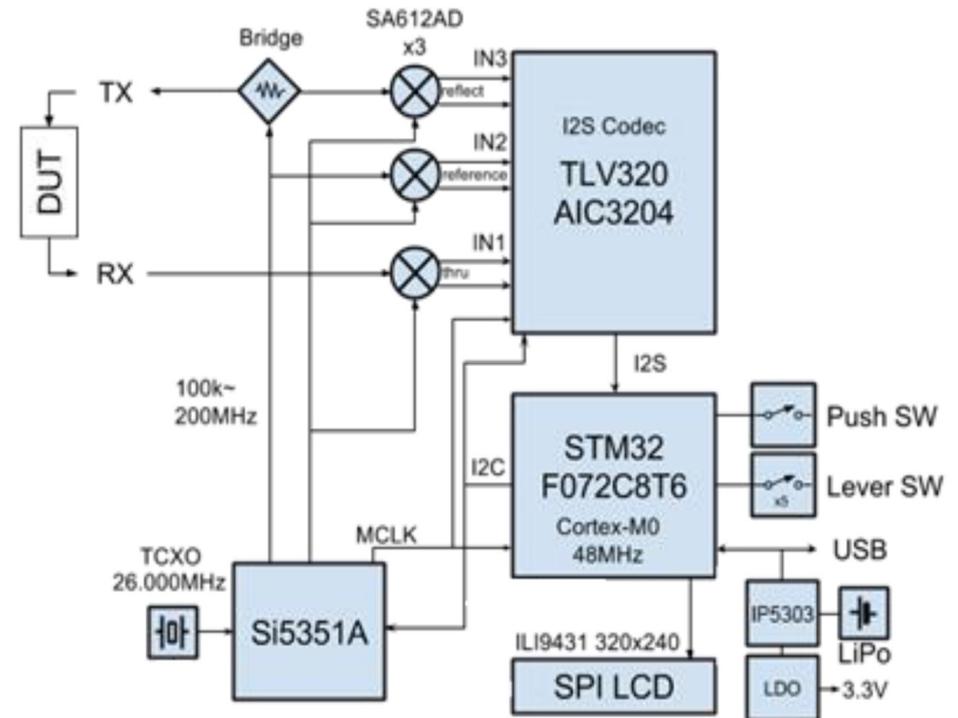


VNWA von DG8SAQ,
Prof. Dr. Thomas Beier
aus 2005



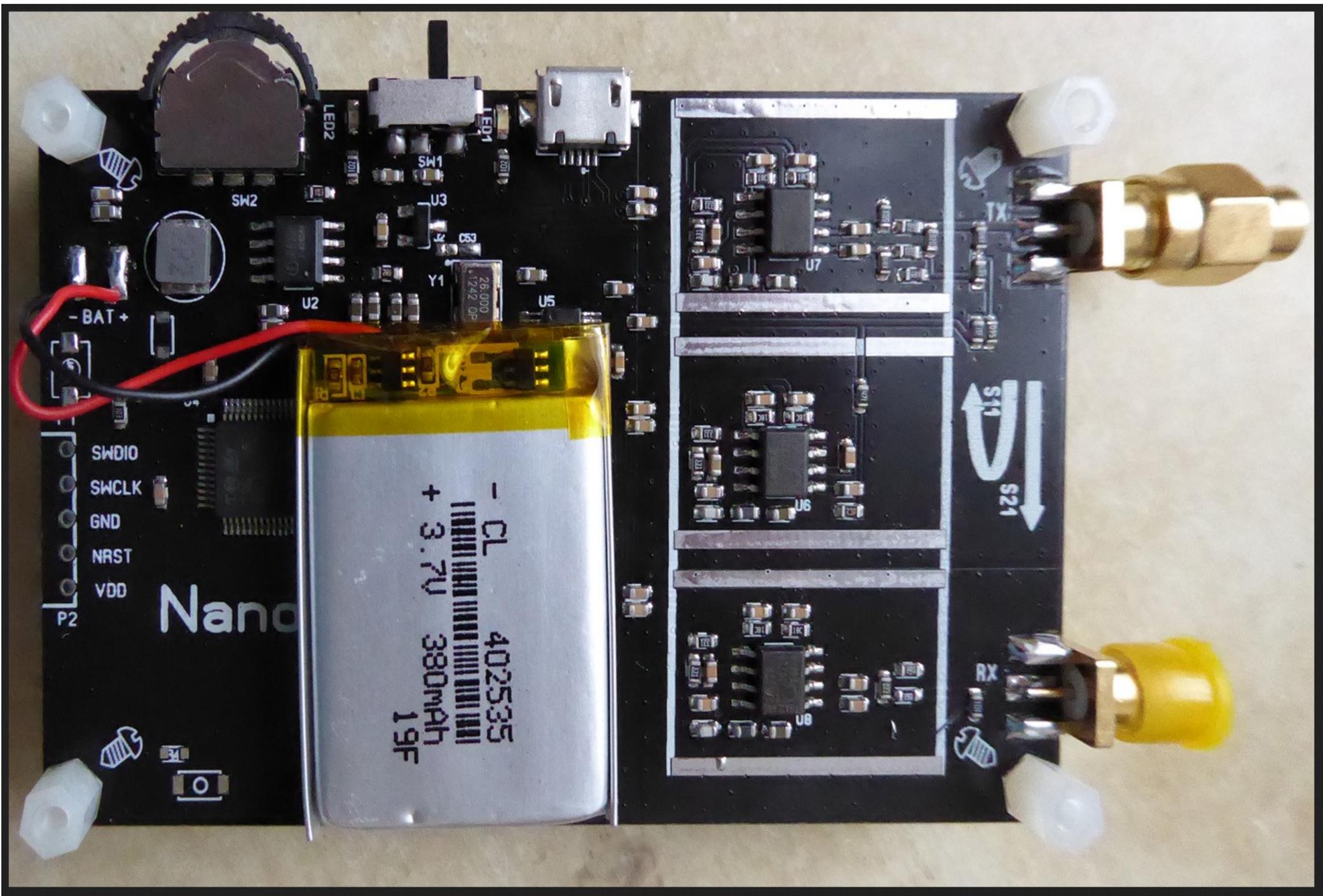
NanoVNA

Block diagram :



nanovna

entwickelt von @eddy555,
ein Funkamateuer aus Japan -
1000 fach in China kopiert.

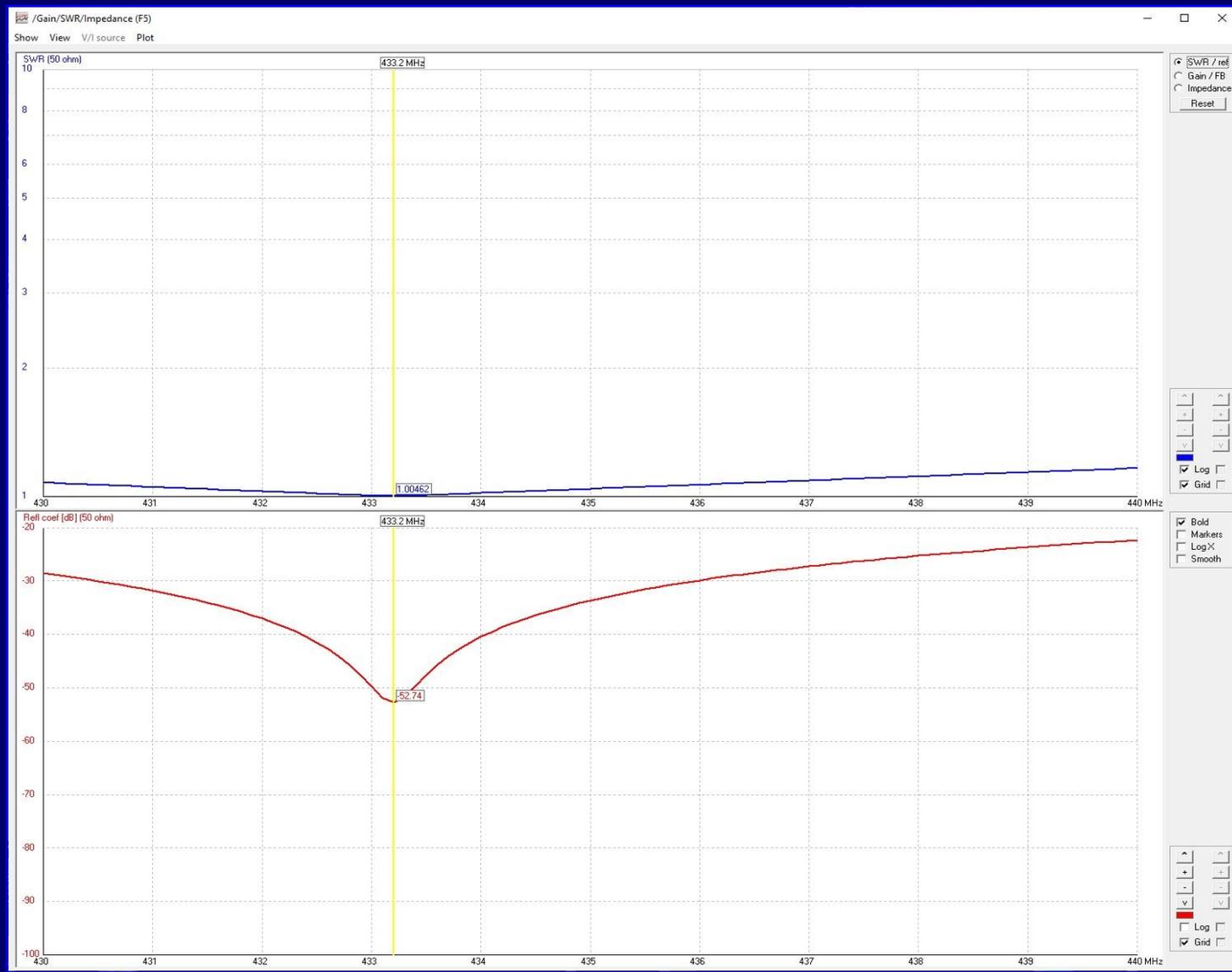


Die Grundleistung der nanoVNA:

- Leiterplatte: 54 mm x 85,5 mm x 11 mm (ohne Stecker, Schalter)
- Messfrequenz: 50KHz ~ 300MHz (50KHz -900MHz, erweiterte Firmware aktivieren)
- HF-Ausgang: -13 dBm (maximal -9 dBm)
- Frequenzgenauigkeit: <0,5 ppm
- Messbereich: 70 dB (50 kHz - 300 MHz), (50 dB (300 MHz - 600 MHz), 40 dB (600 MHz - 900 MHz) ermöglichen erweiterte Firmware);
- Port-SWR: <1.1
- Anzeige: 2,8-Zoll-TFT (320 x 240)
- USB-Schnittstelle: USB-Kommunikationsmodus Typ C: CDC (seriell)
- Stromversorgung: USB 5V 120mA, eingebauter 400mAh Akku, maximaler Ladestrom 0,8A
- Anzahl der Kalibrierpunkte: 101 (fest)
- Anzahl der Scanpunkte: 101 (fest)
- Display-Tracking: 4, Markierung: 4, Einstellung Speichern: 5

Messung von S-Parametern, Stehwellenverhältnis, Phase, Verzögerung, Smith-Diagramm ...

433 Mhz
 Axis 0.1 mtr
 Theta Phi
 63 324
 < zoom >
 Ident Res
 Rotc Col
 True rad.
 Axis
 Ground
 Surfaces
 Structure
 Transpare
 Tot-gain
 ARRL style
 Magnitur



**Die 4NEC2 – Simu
 Verspricht ein tolles
 SWR.**

**Was ergibt die
 Messung nach
 dem Abgleich ?**

Versuch macht klug!

Sweep control

Start Center
Stop Span
Segments 4.950 kHz/step

Sweep settings

100%

Sweep Stop

Markers

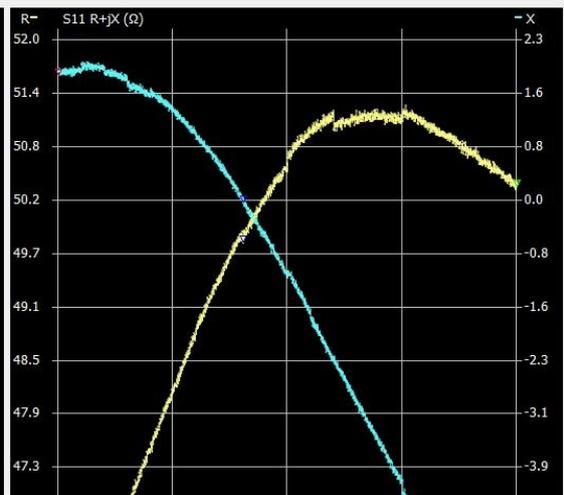
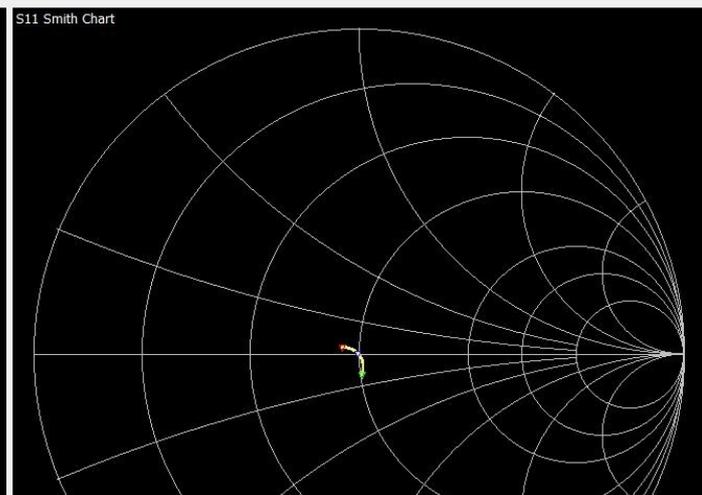
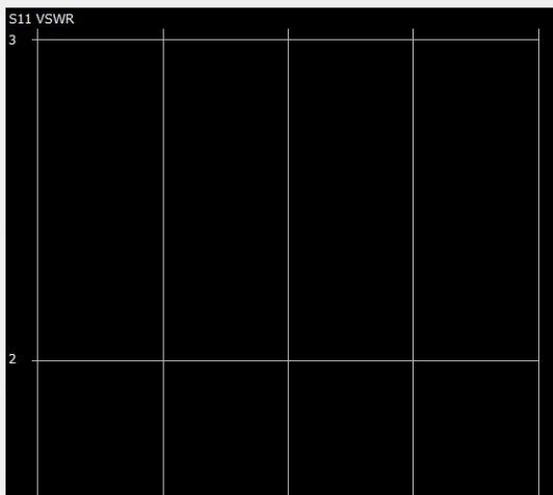
Marker 1
Marker 2
Marker 3

Show data

TDR

Estimated cable length: 20183.327 m

Time Domain Reflectometry ...



Das war bei mir zu hause im Bastelkeller - mal sehn, was hier im Clubraum passiert

Reference sweep

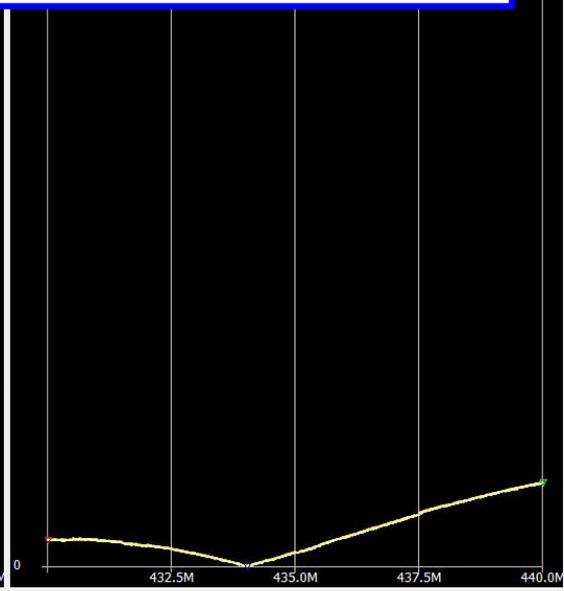
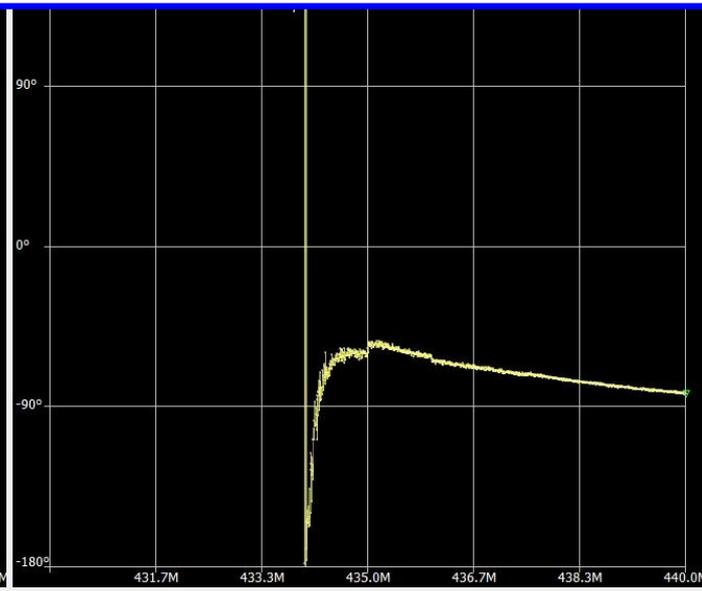
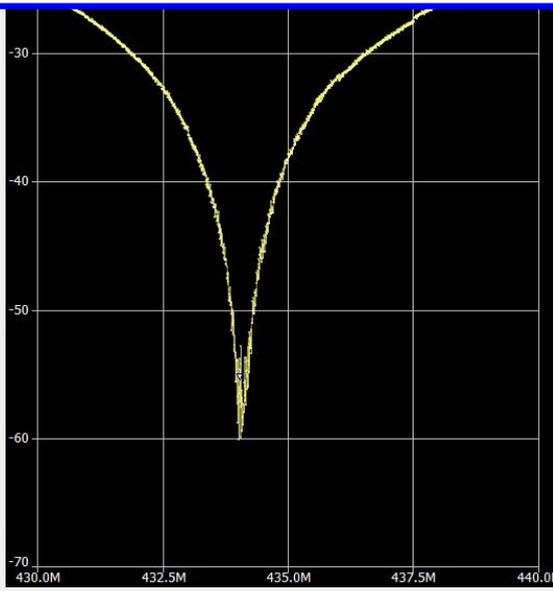
Set current as reference
Reset reference

Serial port control

Serial port Rescan
Disconnect

Files ... Calibration ...

Display setup ... About ...



Was kann man damit machen?

z. B. ein Bandpassfilter für 80m abgleichen

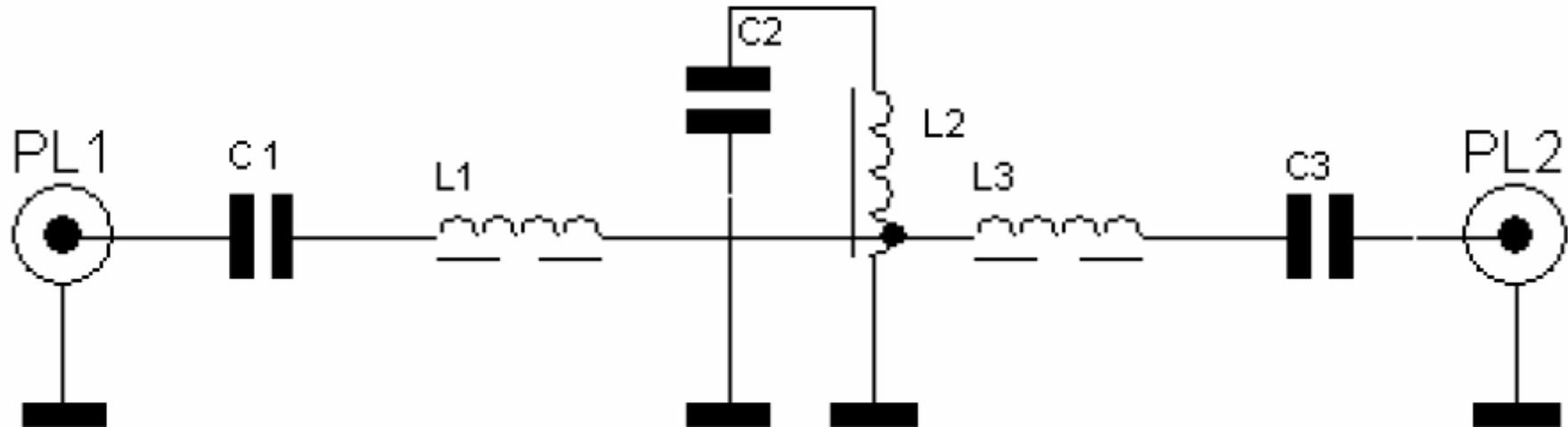
oder

den Verlauf der Dämpfung einer Drossel checken

und ... und ... und.

nach DG 0 SA

Filter für das 80-m-Band



L1 = 10,62 μ H; 26 Windungen 1mm CuL auf T106-2 (rot)

L2 = 2,39 μ H; 4 Windungen über den Kern verteilt – Anzapfung - 8 Windungen daneben legen

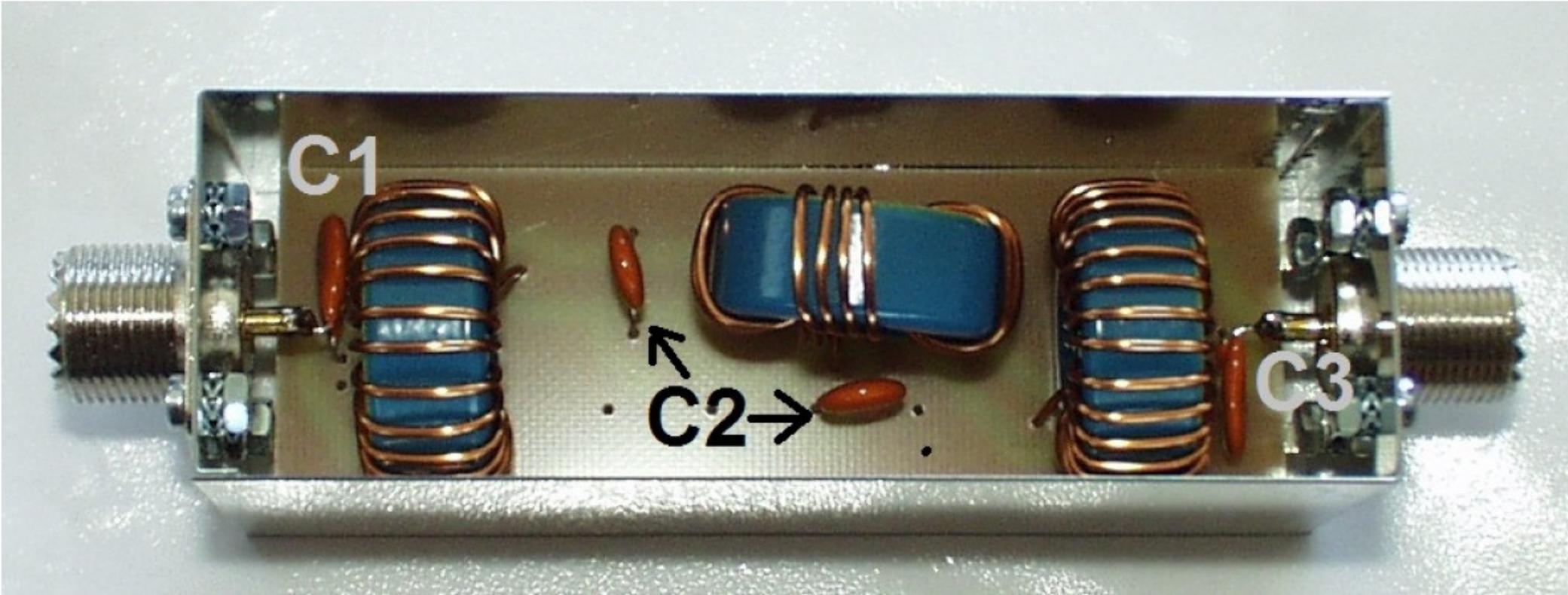
L3 = 10,62 μ H; 26 Windungen 1mm CuL auf T106-2 (rot)

C1 = 180 pF

C2 = 800 pF (330 pF +470 pF)

C3 = 180 pF

Resonanzfrequenzen: 3,64 MHz für C1/L1, C2/L2 und C3/L3



Sweep control

Start Center
Stop Span
Segments 149 Hz/step

100%

Markers

Marker 1

Marker 2

Marker 3

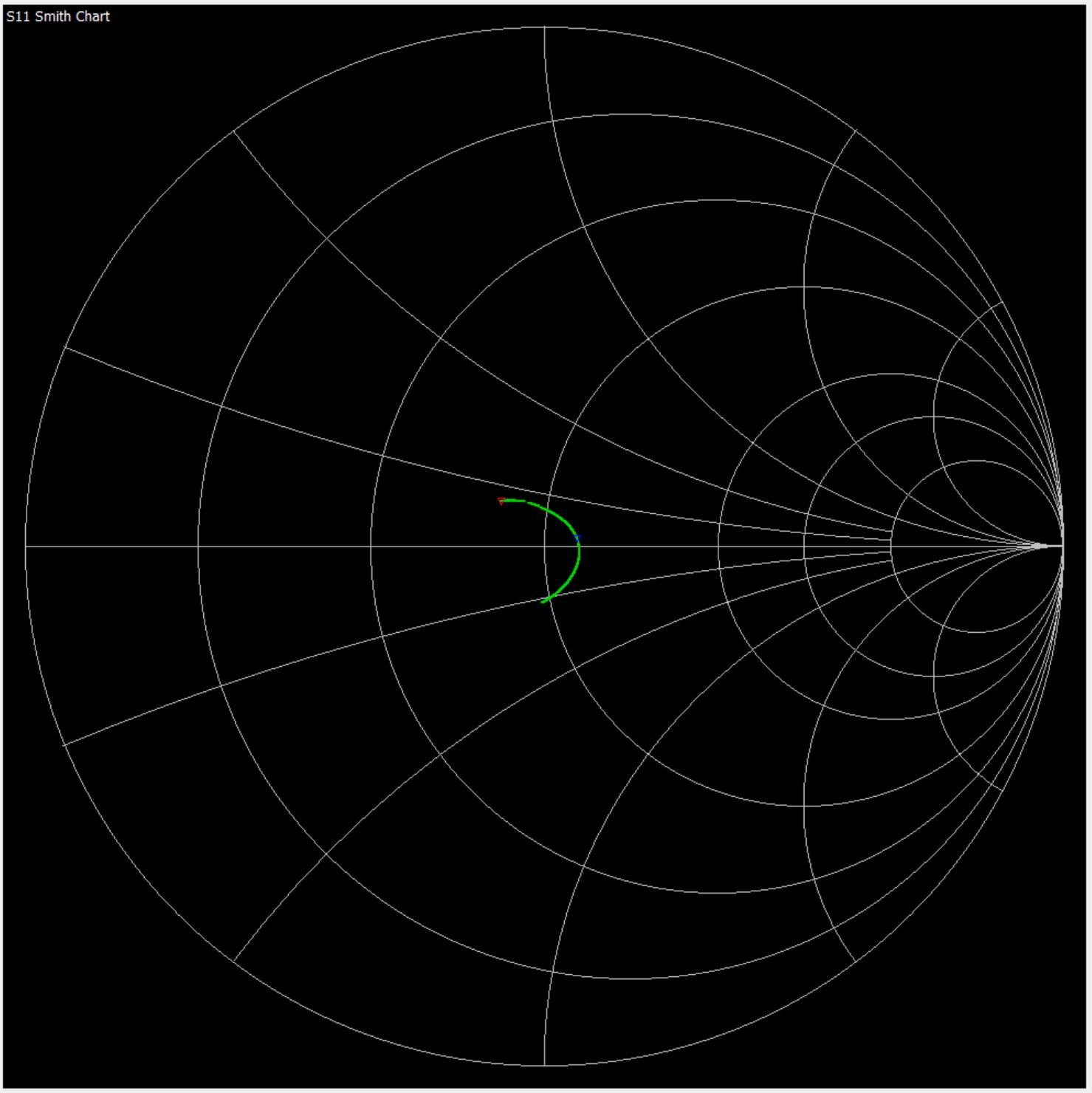
TDR

Estimated cable length: 193.8 m

Reference sweep

Serial port control

Serial port



Ausblick:

Der nanoVNA ist ein sehr preiswertes (< 50,00 €) Hilfsmittel für den experimentierfreudigen Funkamateurl.

Da alles „offen“ ist, sind Erweiterungen in der Firmware und der Software zu erwarten.

Der Spassfaktor beim Experimentieren mit dem kleinen Teil ist toll.

Die vom Entwickler angegebenen Parameter werden alle erreicht.

Wer es genauer wissen will, sollte die nanoVNA gegen sein deutlich teureres Equipment vergleichen.

Ich vermute, der kleine aus Japan (China), wird eine guten Platz im Mittelfeld einnehmen.

In Foren spricht man bereits über eine neue Version. Sie soll bis 3 GHz gehen und eine bessere Dynamik bei annähernd gleichem Preis haben. Ich bin gespannt!

Quellen und Literatur Empfehlungen:

Software: SimSmith >> <https://www.w0qe.com/SimSmith.html> (tolle Videos) und SW
>> http://harriman.ddns.net/Smith_Charts.html

https://www.darc.de/fileadmin/filemounts/distrikte/c/ortsverbaende/19/Smith_Diagramm_Tutorial.pdf

https://www.darc.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/Vortrag_Smith-Diagramm_V1_0.pdf

<https://www.darc.de/der-club/distrikte/g/ortsverbaende/73/dl6sdi/simulationen/komplexe-wechselstromrechnung/>

Exelente DOKU zur vektoriellen Netzwerkanlyse von DK7JB (2 teilig in deutsch):

<https://www.bartelsos.de/dk7jb.php/workshop-notes?download=173>

<https://www.bartelsos.de/dk7jb.php/workshop-notes?download=176>

Liteatur: 29,80 € beim DARC-Verlag <https://darcverlag.de/Smith-Diagramm>

NanoVNA >> EBAY

PC – Software >> <https://github.com/mihtjel/nanovna-saver/releases/tag/v0.1.1>

Läuft auf WIN 7 und 10 z. Zt. Gibt es fast wöchentlich Updates.

Danke für die Aufmerksamkeit !

Und denkt dran:

Wer viel misst, misst Mist!