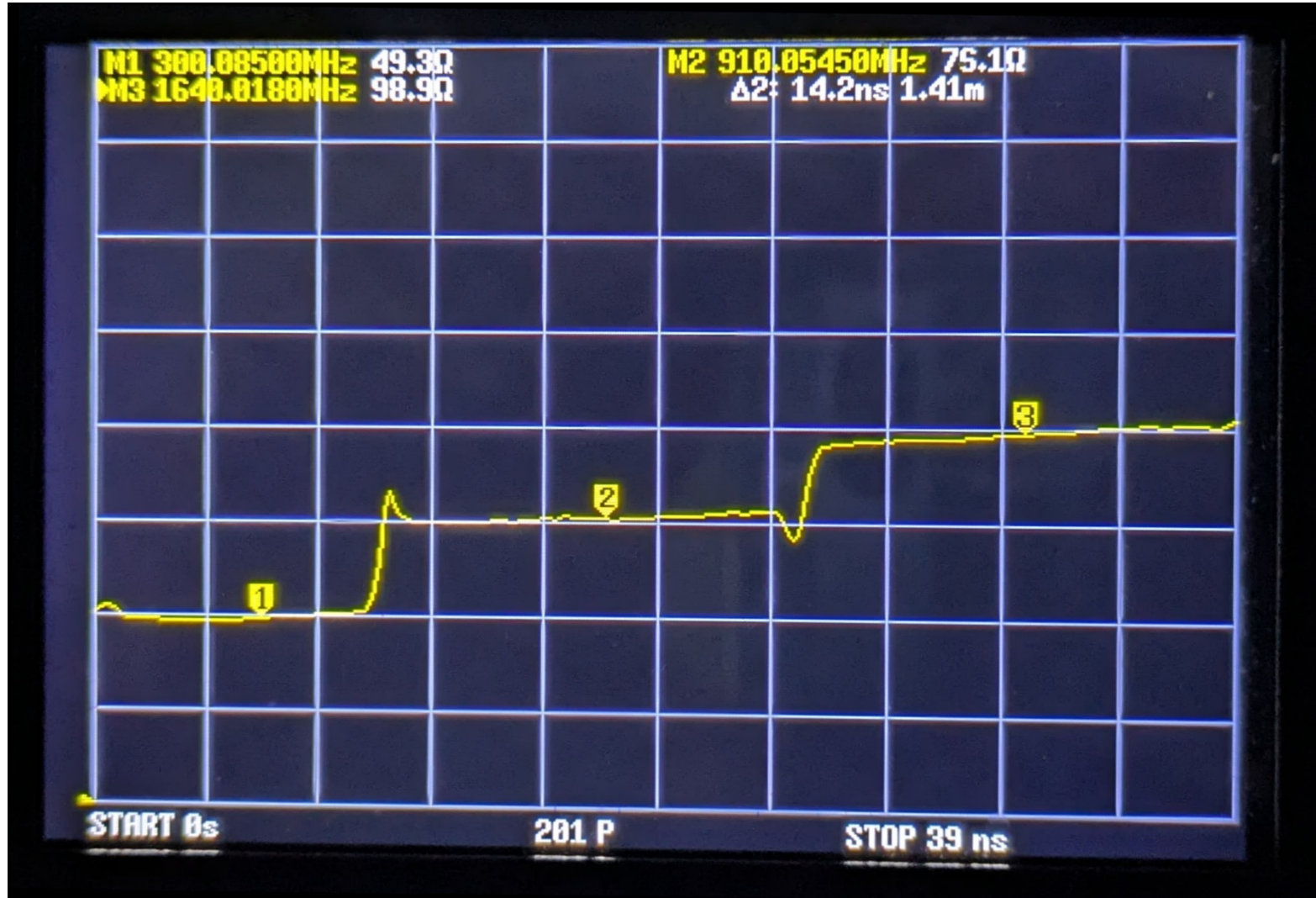


Arbeiten mit dem NanoVNA

Praxis



Der NanoVNA

- Vektorieller Netzwerk-Analysator
- Frequenzbereich: 50 kHz – 900 MHz (V2.2 -3GHz; V2 plus4 -4GHz; NanoRFE VNA6000 -6 GHz)
- Einsatzbereich: Antennen, Bauelemente, Übertrager, Verstärker, Kabel, Filter, ...
- Messung von Reflexions (S11)- und Transmissionsfaktoren (S21) nach Betrag und Phase
- Berechnung und Darstellung von VSWR, Impedanzen, Bauteilwerten...
- Signalgenerator
- Preis: V2 plus 259€; NanoRFE VNA6000 684€

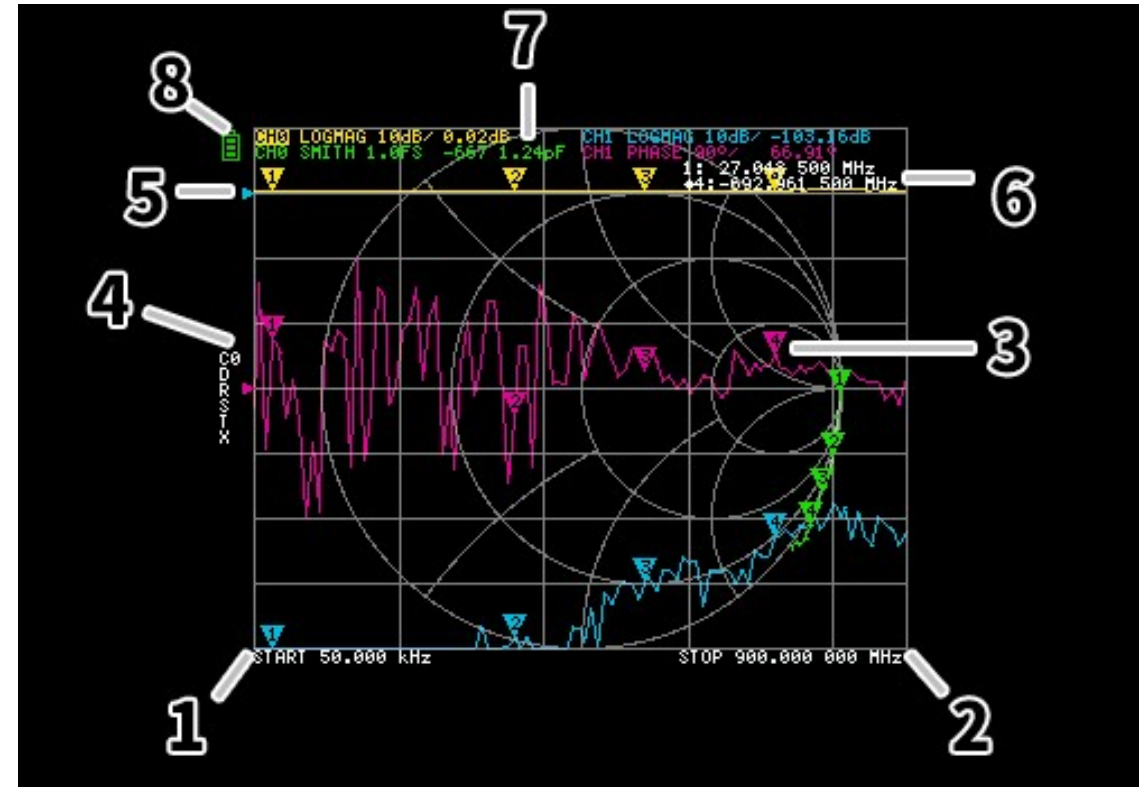
Praktische Messungen

- **Vorbereitungen**
- Nur die Kurven anzeigen, die notwendig sind!
- DISPLAY: TRACE / FORMAT / SCALE / CHANNEL (CH0 = Port 1, CH1 = Port 2)
- STIMULUS: START – STOP oder CENTER – SPAN / SWEEP POINTS

- **Kalibrieren mit SOLT** (Short – Open – Load – Through)
- CAL – RESET - CALIBRATE – OPEN – SHORT – LOAD – THRU - DONE
- SAVE (0 – 4)

Der Bildschirm

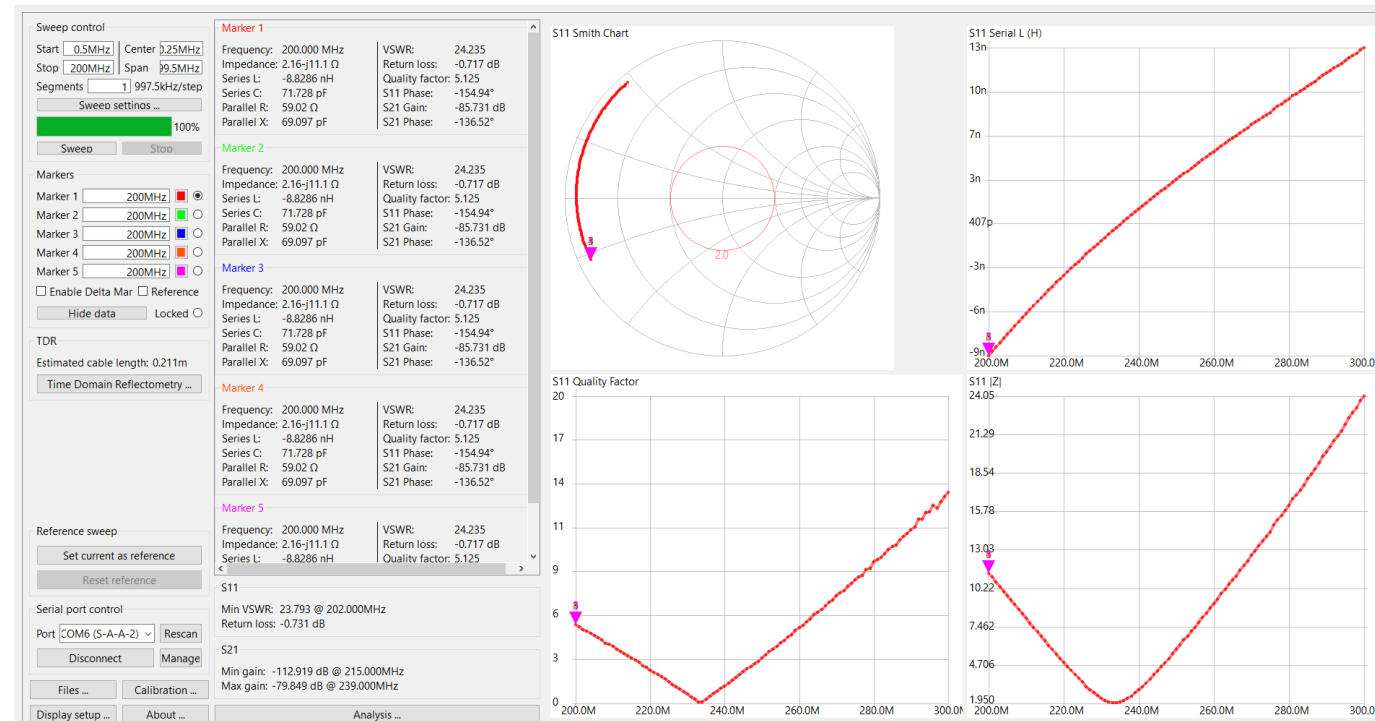
- 1 Startfrequenz
- 2 Stopffrequenz
- 3 Cursor
- 4 Calibrierstatus
- 5 Bezugslinie
- 6 Cursorinformation
- 7 Anzeige / Cursorinformation
- 8 Batteriestatus



NanoVNA-Saver

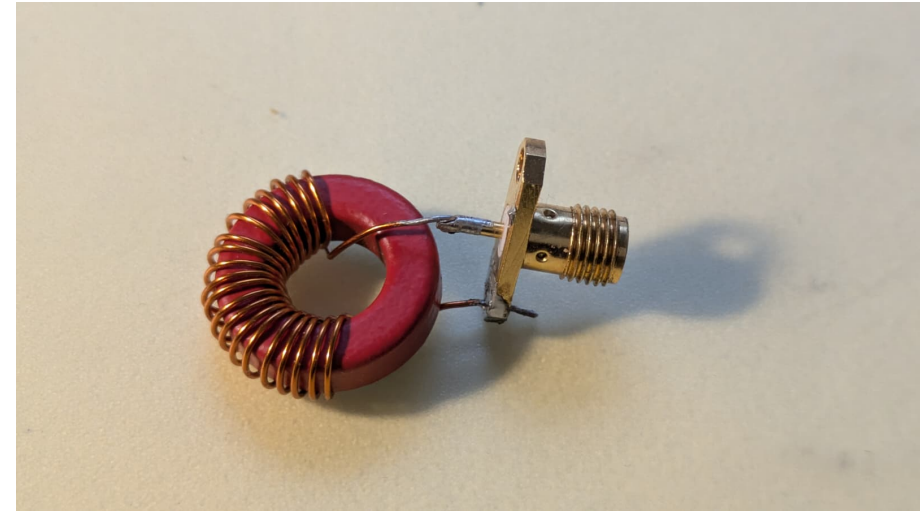
Programm zum Anzeigen der Messungen auf dem Bildschirm eines PCs

- Programm für Windows und Linux
- Abspeichern der Messungen
- Abspeichern von Kalibrierdaten
- Unbegrenzte Kalibrierspeicherung
- Darstellung von Daten wie Induktivität, Kapazität, Güte, R, X, Z, etc...
- Mittelwertbildung (auch beim Kalibrieren)
- Höhere Auflösung (bis 1024)
- Mehr Cursor
- Kalibrierung vom NanoVNA wird nicht übernommen

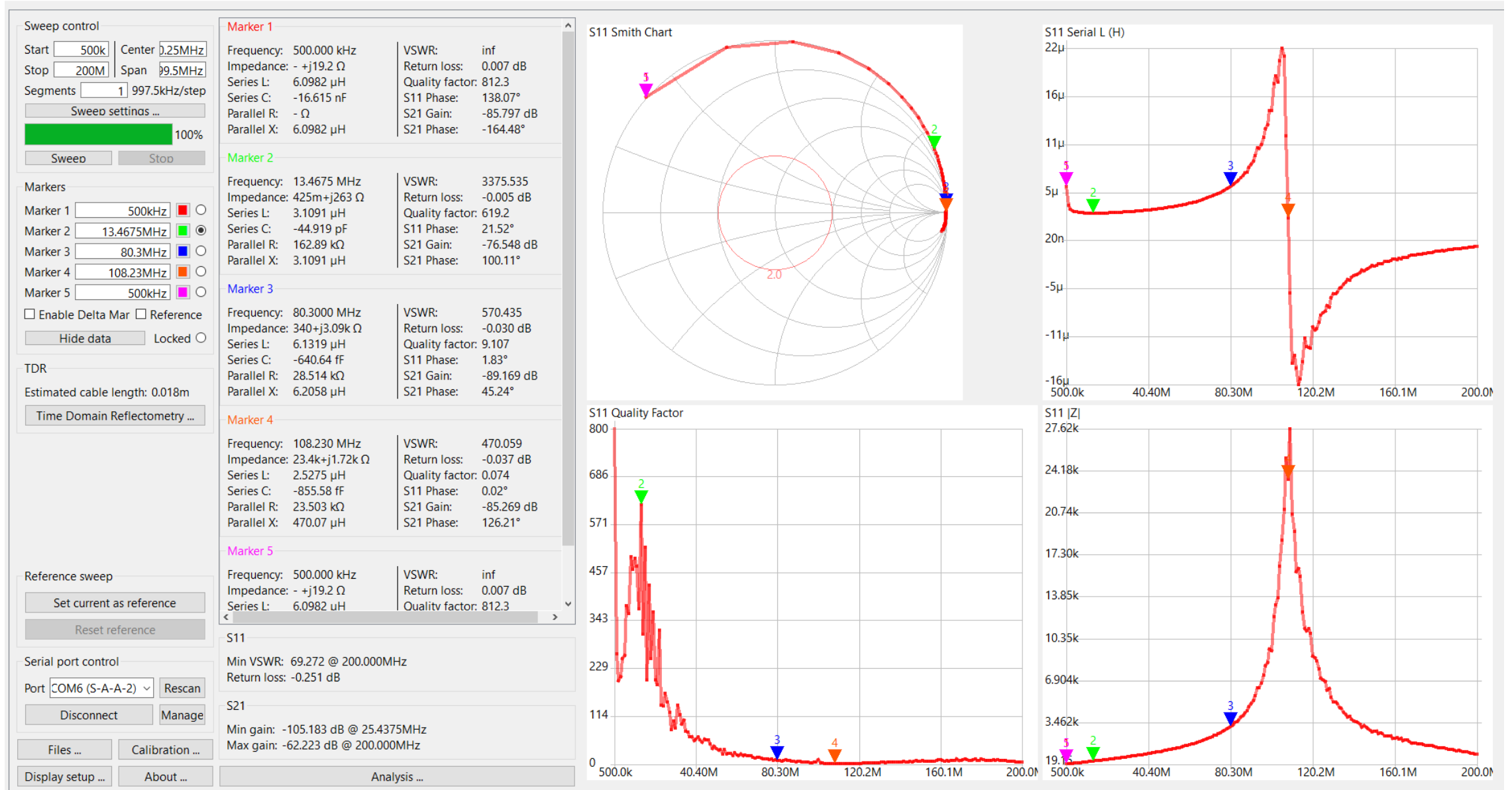


Bauteilmessung L (1-Tor)

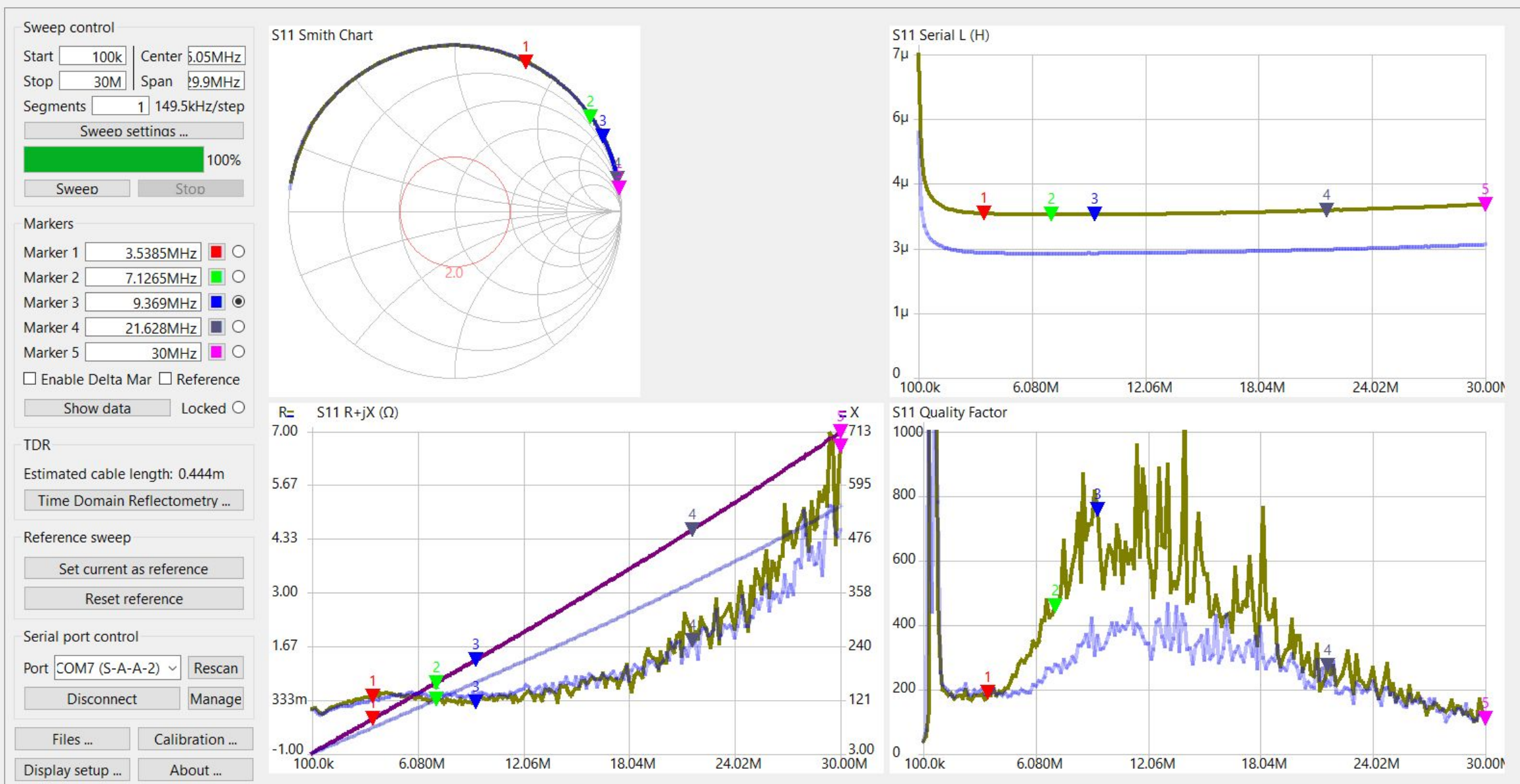
- STIMULUS 0.5 MHz – 200 MHz
- CAL SOLT (short, open, load) mit average 5!
- Zu messende Spule an SMA-Buchse anlöten.
- Induktivität bestimmen bei Phase = 90°
(Messgenauigkeit hoch) mit Cursor (L-Wert ablesen)
- Eigen-Resonanzfrequenz bestimmen bei Phase = 0°
- Messung von Z und Güte Q (Sweep average 5!)
- Abstimmen der Spule durch Spreizen der Wicklung



Messergebnisse 0.1 MHz – 200 MHz L (SC, L, Q, |Z|)

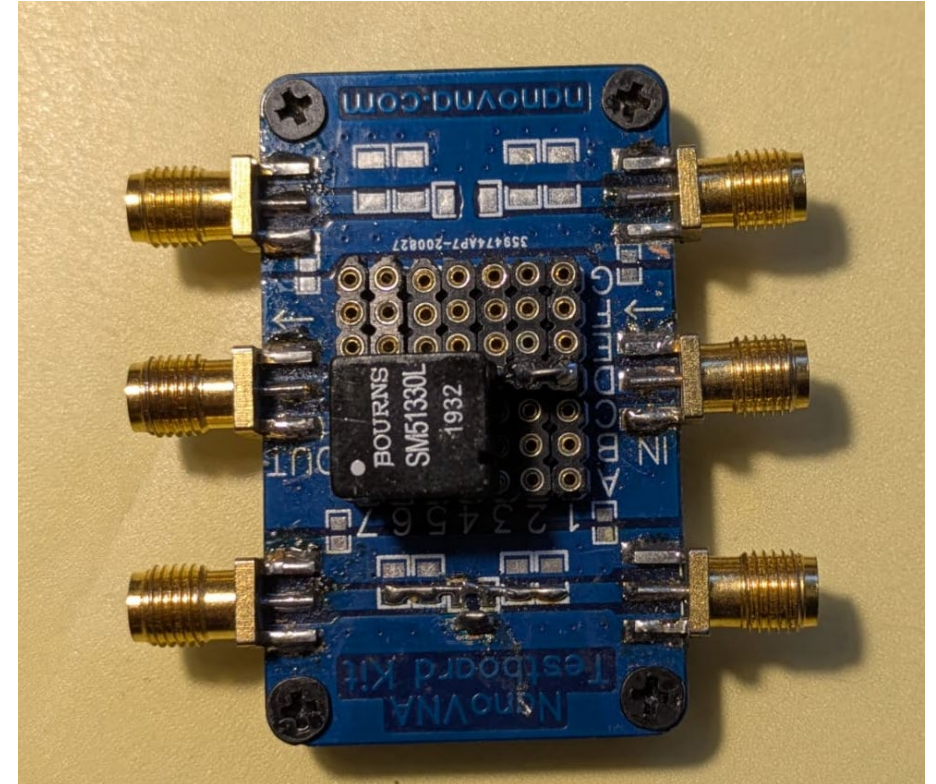
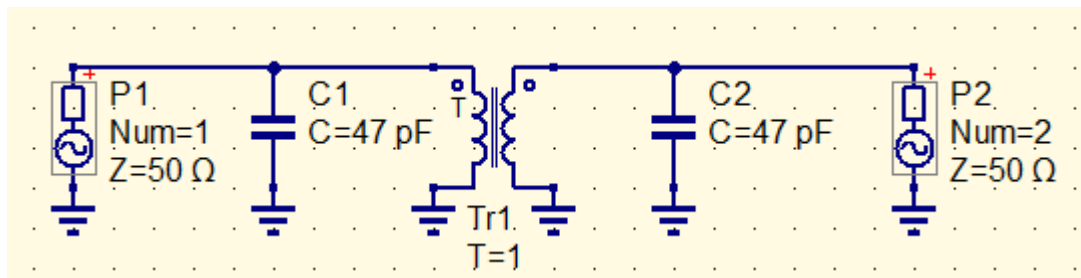


Messergebnisse L1, L2: 0,1 MHz – 30 MHz (SC, L, R X, Q,)



Bauteilmessung Übertrager (2-Tor)

- Frequenzbereich 0.5 MHz – 100 MHz
- Übertrager auf Testboard stecken
- Messung von S11, VSWR und S21
- Kompensation des Frequenzganges mit C am Ein- und Ausgang



Sweep control

Start Center
 Stop Span
 995.0kHz/step
 Sweep settings ...
 100%
 Sweep Stop

Markers

Marker 1
 Marker 2
 Marker 3
 Marker 4
 Marker 5
 Enable Delta Marker
 Show data Locked

TDR

Estimated cable length: 99.022 m
 Time Domain Reflectometry ...

Reference sweep

Serial port control

Port Rescan

Marker 1

Frequency:	1.49500 MHz	VSWR:	1.015
Impedance:	49.7-j645m Ω	Return loss:	-42.733 dB
Series L:	-68.691 nH	Quality factor:	0.013
Series C:	164.99 nF	S11 Phase:	-117.15°
Parallel R:	49.672 Ω	S21 Gain:	-0.152 dB
Parallel X:	27.845 pF	S21 Phase:	-2.95°

Marker 2

Frequency:	3.48500 MHz	VSWR:	1.041
Impedance:	49.7-j1.97 Ω	Return loss:	-33.991 dB
Series L:	-90.016 nH	Quality factor:	0.04
Series C:	23.169 nF	S11 Phase:	-97.17°
Parallel R:	49.79 Ω	S21 Gain:	-0.138 dB
Parallel X:	36.367 pF	S21 Phase:	-5.96°

Marker 3

Frequency:	15.4250 MHz	VSWR:	1.200
Impedance:	46.4-j8.05 Ω	Return loss:	-20.824 dB
Series L:	-83.036 nH	Quality factor:	0.173
Series C:	1.2821 nF	S11 Phase:	-109.11°
Parallel R:	47.832 Ω	S21 Gain:	-0.215 dB
Parallel X:	37.384 pF	S21 Phase:	-23.60°

Marker 4

Frequency:	30.3500 MHz	VSWR:	1.311
Impedance:	41.3-j8.7 Ω	Return loss:	-17.421 dB
Series L:	-45.632 nH	Quality factor:	0.211
Series C:	602.63 pF	S11 Phase:	-129.69°
Parallel R:	43.091 Ω	S21 Gain:	-0.332 dB
Parallel X:	25.668 pF	S21 Phase:	-46.03°

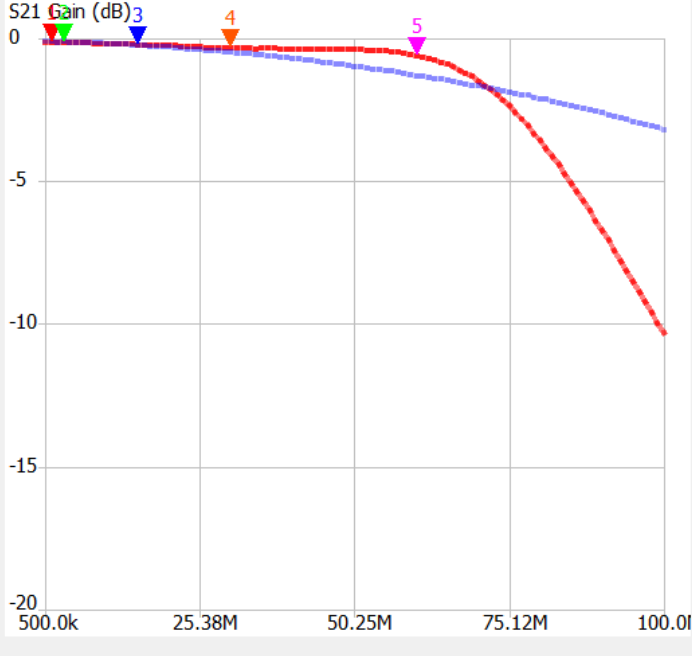
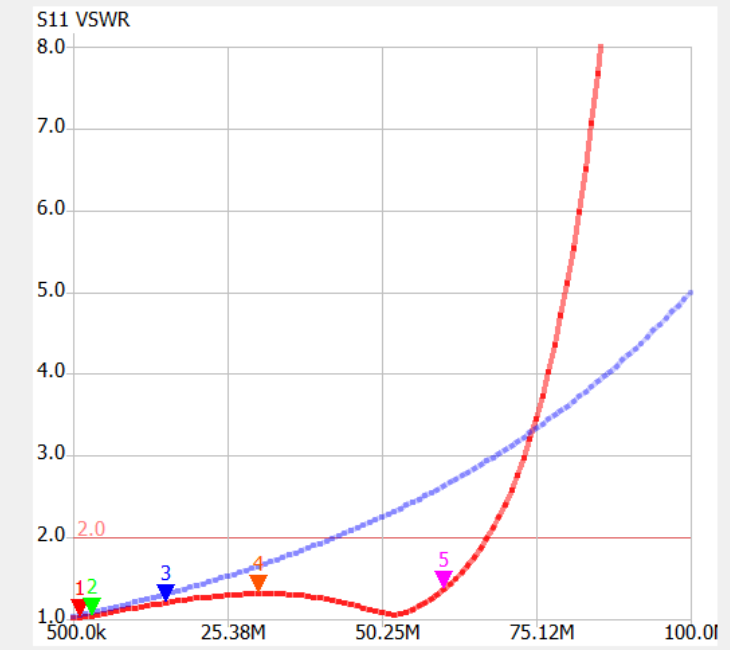
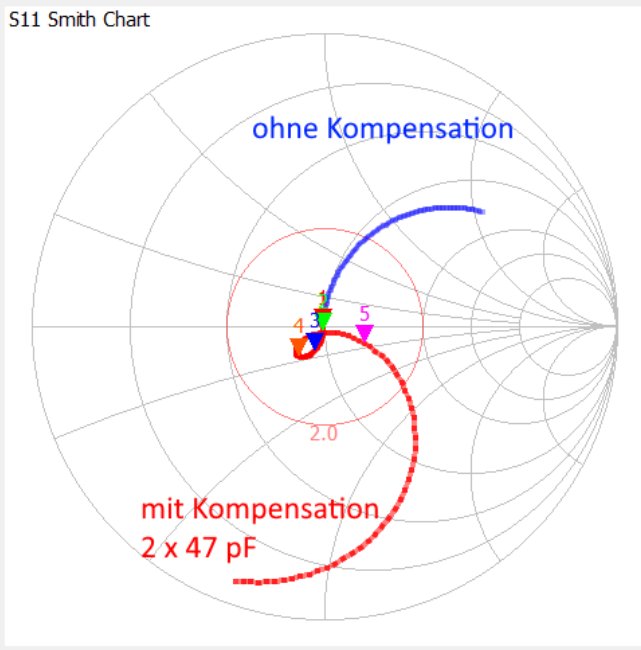
Marker 5

Frequency:	60.2000 MHz	VSWR:	1.361
Impedance:	65.7-j8.19 Ω	Return loss:	-16.313 dB
Series L:	-21.654 nH	Quality factor:	0.125
Series C:	322.78 pF	S11 Phase:	-23.45°
Parallel R:	66.754 Ω	S21 Gain:	-0.597 dB
Parallel X:	4.9348 pF	S21 Phase:	-102.32°

S11
 Min VSWR: 1.011 @ 500.000kHz
 Return loss: -45.524 dB

S21
 Min gain: -10.329 dB @ 100.000MHz
 Max gain: -0.127 dB @ 500.000kHz

Analysis ...



Zeitbereichsanalyse (TDR – Time Domain Reflexion)

- Durch inverse Fourie-Transformation wird eine Impulsmessung im Reflexionsbereich (S11) simuliert gemacht.
- Längenmessung von Kabeln
- Reflexionsstellenermittlung
- Maximal darstellbare Kabellänge: $L_{max} = \frac{1}{2} \frac{DP}{\Delta f} \cdot v \cdot c_0$; DP: Anzahl Datenpunkte, Δf : Bandbreite, v : Verkürzungsfaktor, c_0 : Lichtgeschwindigkeit
- $\Delta f_{max} = \frac{DP}{2L} \cdot v \cdot c_0$
- Filterabstimmung

Längen- und Fehlermessung an Kabeln

Beispiel: Koaxkabel Länge ca. 2,50 m; Ende offen.

- $\Delta f_{max} = \frac{DP}{2L} \cdot v \cdot c_0 = \frac{201}{2 \cdot 3m} \cdot 0,66 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = 7,96 \text{ GHz}$
- Wahl: 0,1 MHz – 2 GHz
- Kalibrieren
- Display setup – S11 VSWR; TDR
- TDR – Velocity factor: RG58/U = 0.66; Format: Refl (bandpass)
- Im TDR-Fenster: Fixed span: 0 – 3m

Sweep control

Start Center
 Stop Span
 9.999MHz/step

 100%

Markers

Marker 1
 Marker 2
 Marker 3
 Marker 4
 Marker 5
 Enable Delta Mar Reference
 Locked

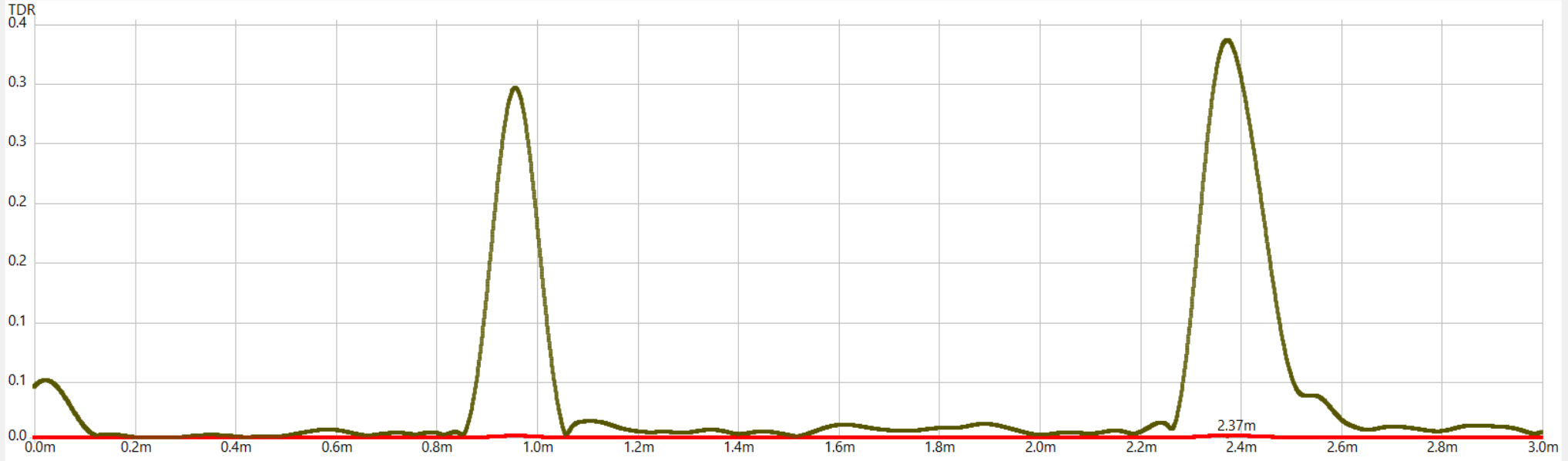
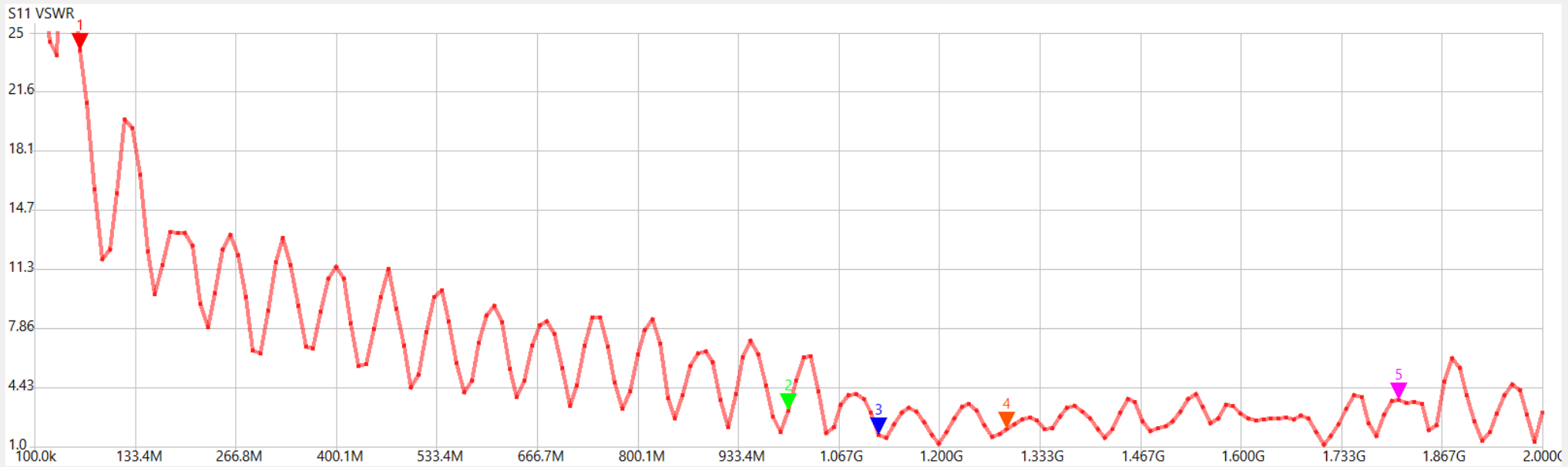
TDR

Estimated cable length: 2.374m

Reference sweep

Serial port control

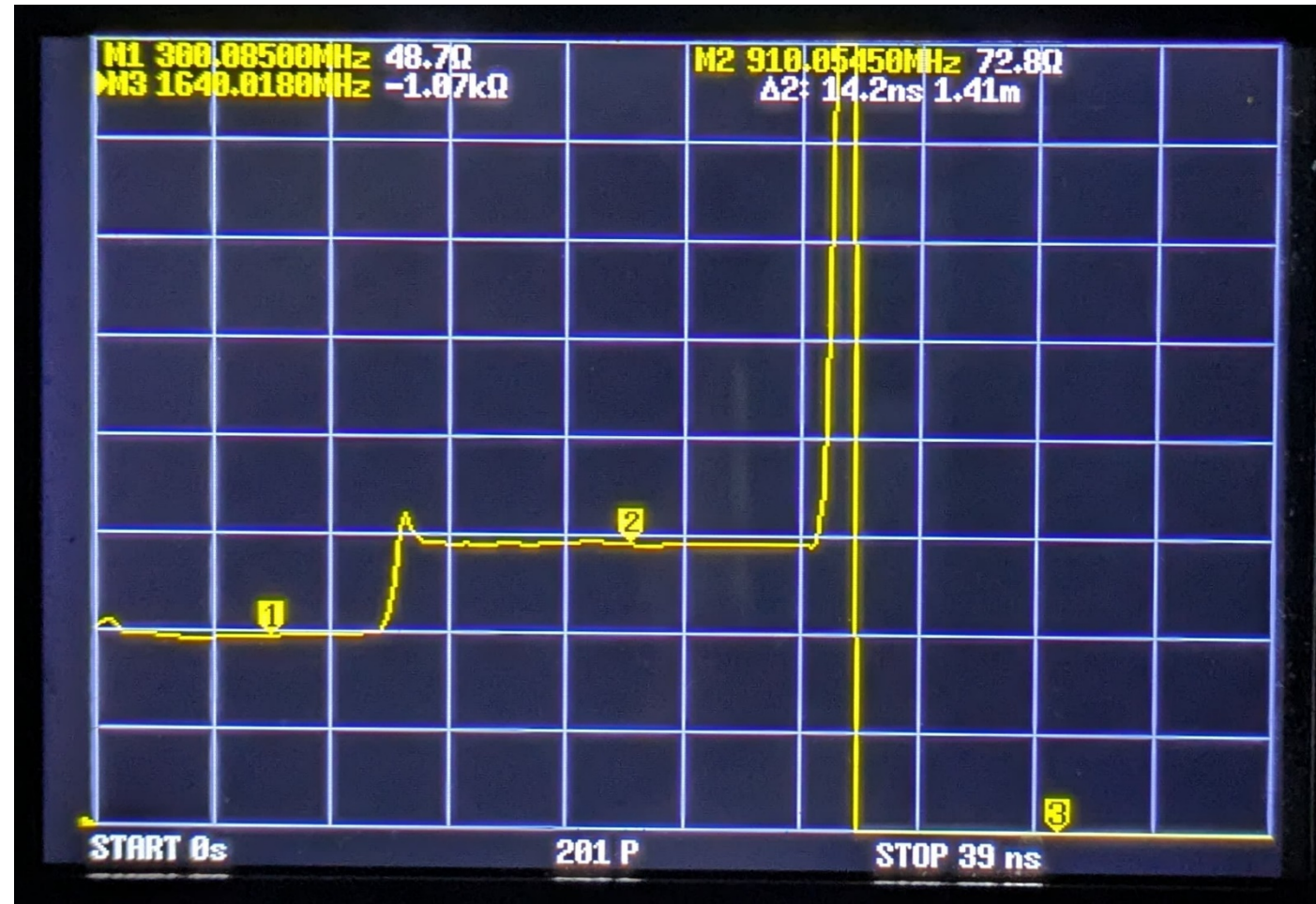
Port



TDR - Impedanzmessung

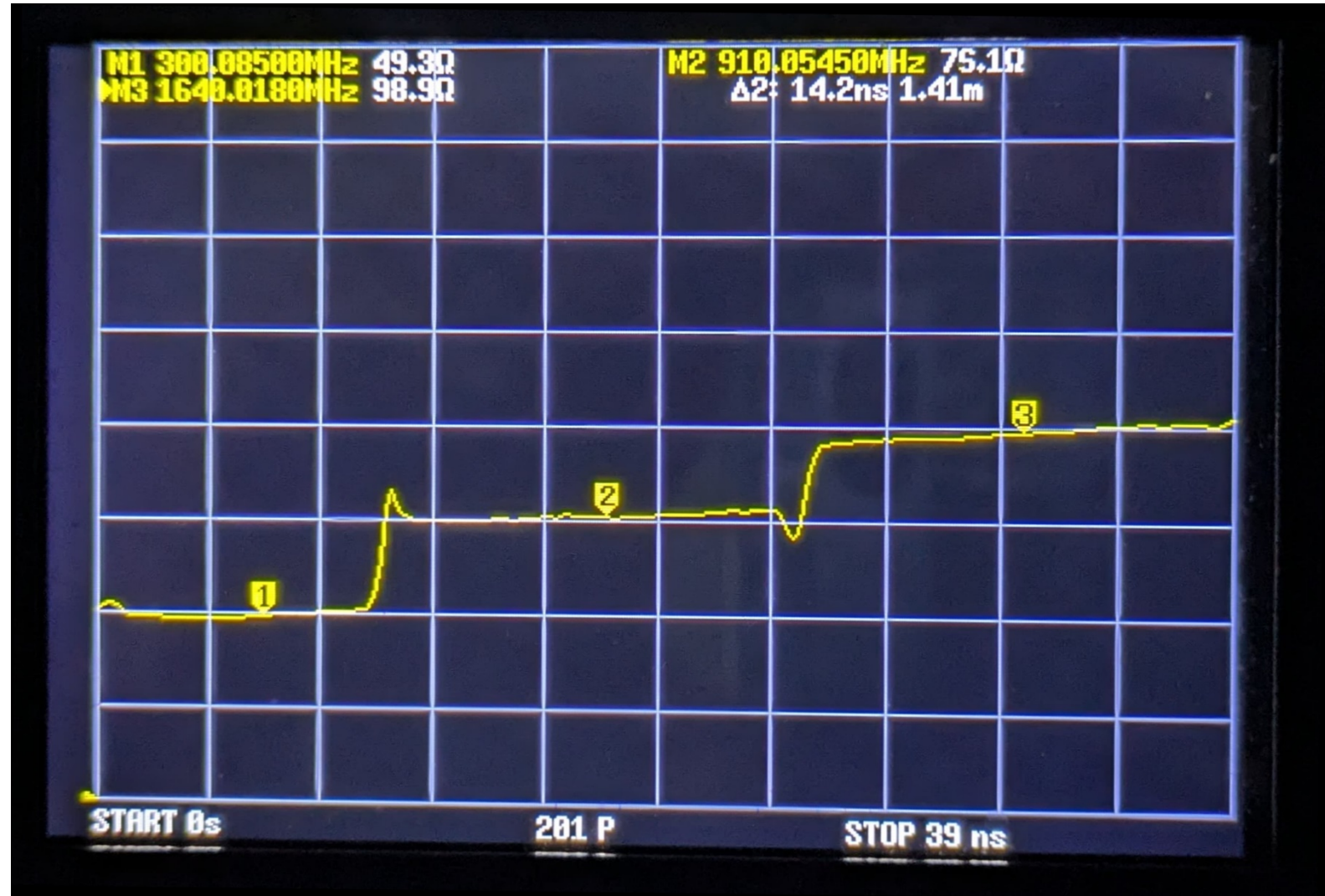
Durch Messung mit einer Sprungfunktion lassen sich auch Wellenwiderstandsänderungen und ihre Auswirkung auf das VSWR ermitteln.

- Messung: Vorheriges Kabel mit Reflexionsstellen; Leerlauf am Ende
- Gleicher Frequenzbereich
- Darstellung nicht möglich bzw. fehlerhaft mit NanoVNA-Saver
- DISPLAY – TRANSFORM – LOW PASS
STEP – TRANSFORM ON
- DISPLAY – FORMAT – MORE –
RESISTANCE

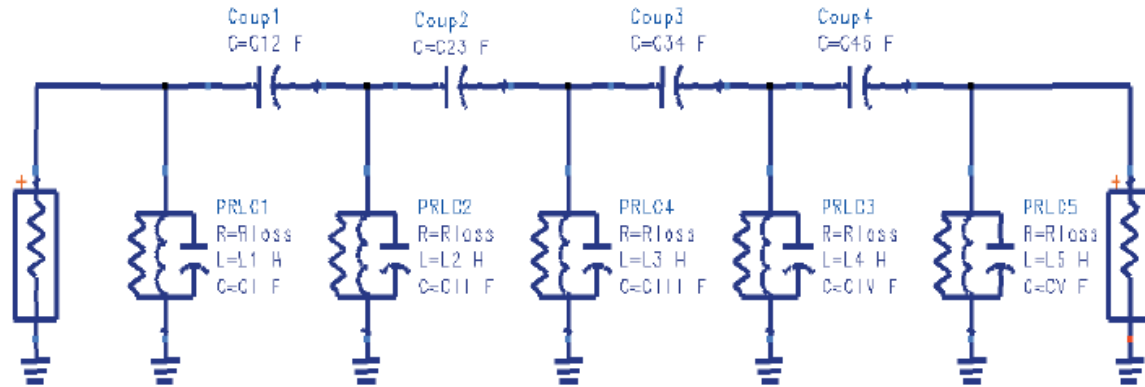


TDR - Impedanzmessung

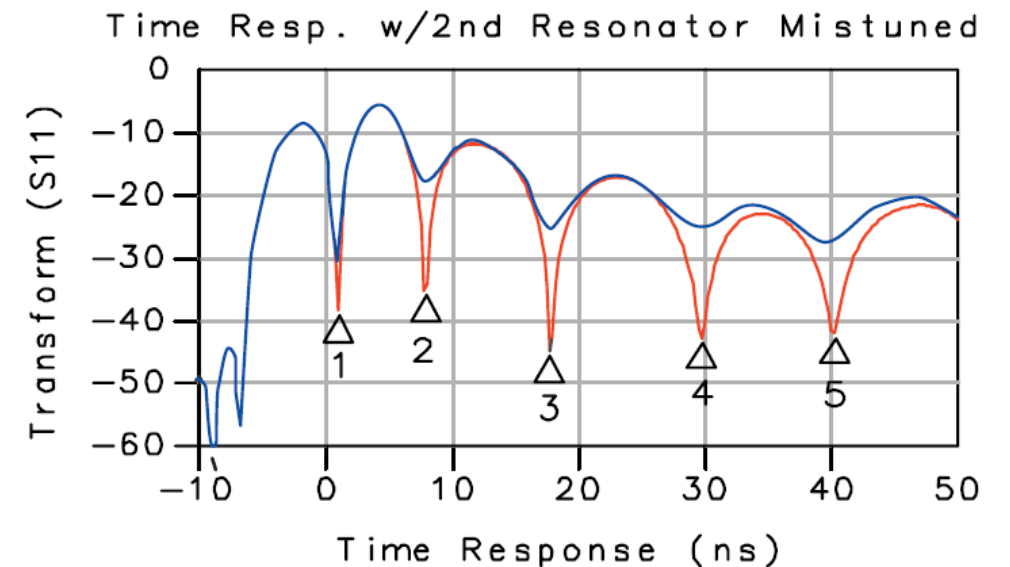
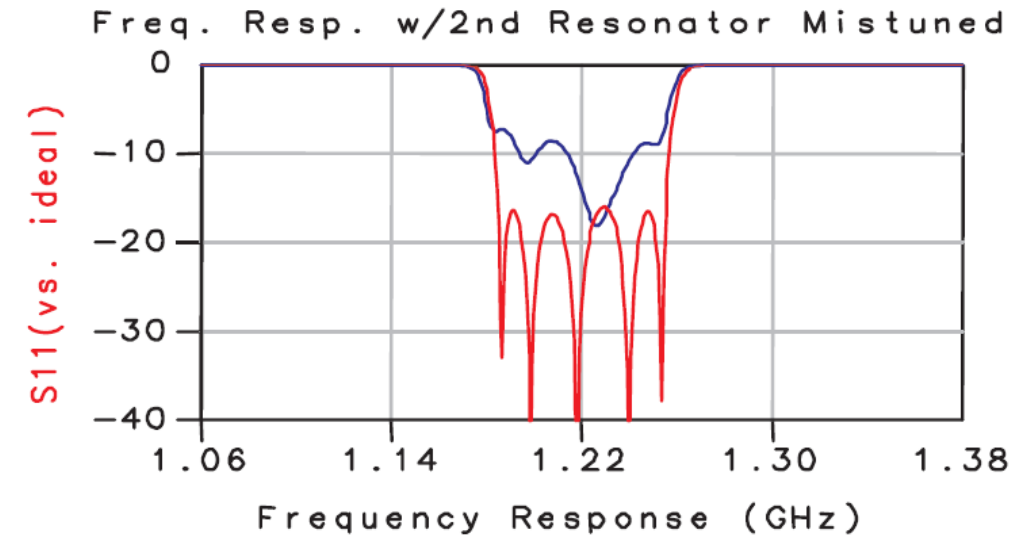
- Gleiche Messung wie vorher
- Kabelende 100 Ohm



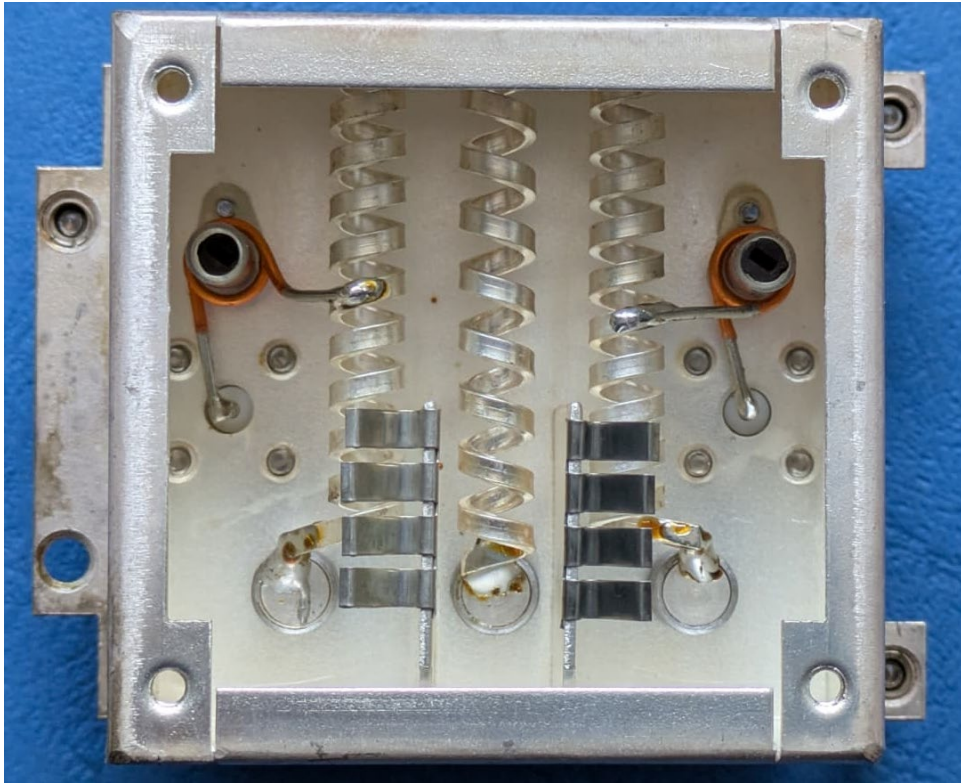
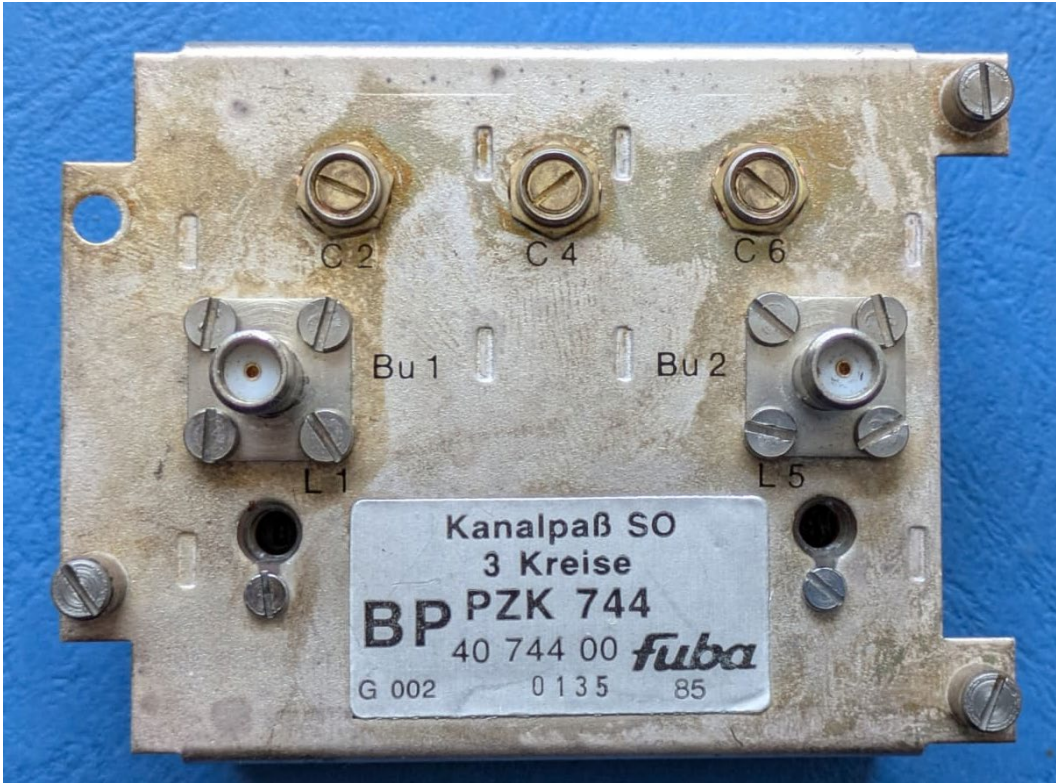
Messung und Abgleich von Bandfiltern



- Die Abstimmung von Bandfiltern mit mehr als 2 Resonatoren ist im Frequenzbereich schwierig und zeitaufwändig.
- Im Zeitbereich (TDR) deutlich einfacher, da jeder Resonator als „DIP“ einzeln sichtbar auf ein Minimum abgeglichen werden kann.
- Diese Methode wurde von HP (Agilent) bereits 1999 in den Application Notes AN-5958-5328E und AN-5980-2785EN beschrieben.



Abgleich eines 3-Kreis Bandfilters für Wettersonden (400MHz - 406 MHz)



Abgleich des 3-Kreis Filters mit TDR

- Center: gewünschte Mittenfrequenz des Filters (400 MHz) MUSS!!!
- SPAN: 2 x bis 5 x der gewünschten Filterbandbreite. (100 MHz)
- Manage – Datapoints: 201
- Sweep Settings – Averaged Sweep; Number of measurements: 3
- Calibration – Calibration assistent (2-port calibration SOLT)
- Display Setup - Display Charts: S11 Smith Chart; S11 Return Loss; S21 Gain; TDR
- TDR: Velocity factor 1; Format: Refl (bandpass); Window: Hanning
- Sweep Settings: Single sweep
- Abgleich der 3 Resonatoren: Beginnend mit dem 1. Resonator im TDR-Bild 1. „Dip“ auf 0 bringen. Danach 2. und 3. Resonator.
- Hat das Filter mehr als 3 Resonatoren, sollte man mit dem 1. und letzten Resonator beginnen (das Filter umgekehrt anschließen) und sich dann zur Mitte vorarbeiten. Wenn man den jeweils nächsten Resonator abstimmt, kann sich der vorherige leicht verstimmen. Dann diesen nachgleichen.

Sweep control

Start Center

Stop Span

Segments 500.0kHz/step

100%

Markers

Marker 1

Marker 2

Marker 3

Marker 4

Enable Delta Mar Reference

Locked

TDR

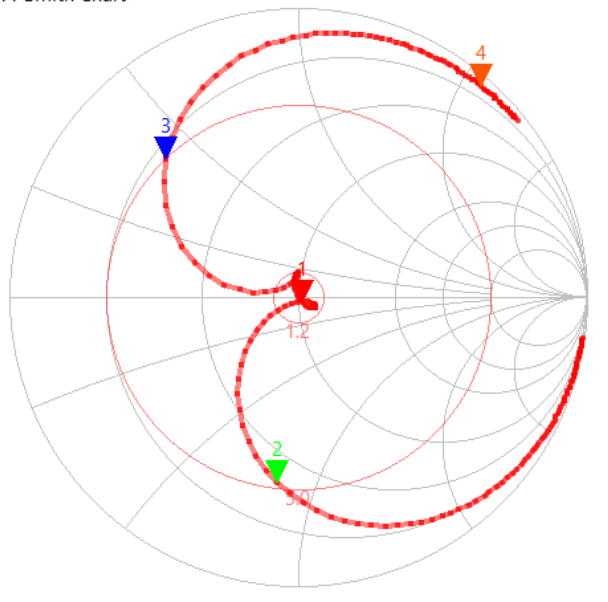
Estimated cable length: 1.196m

Reference sweep

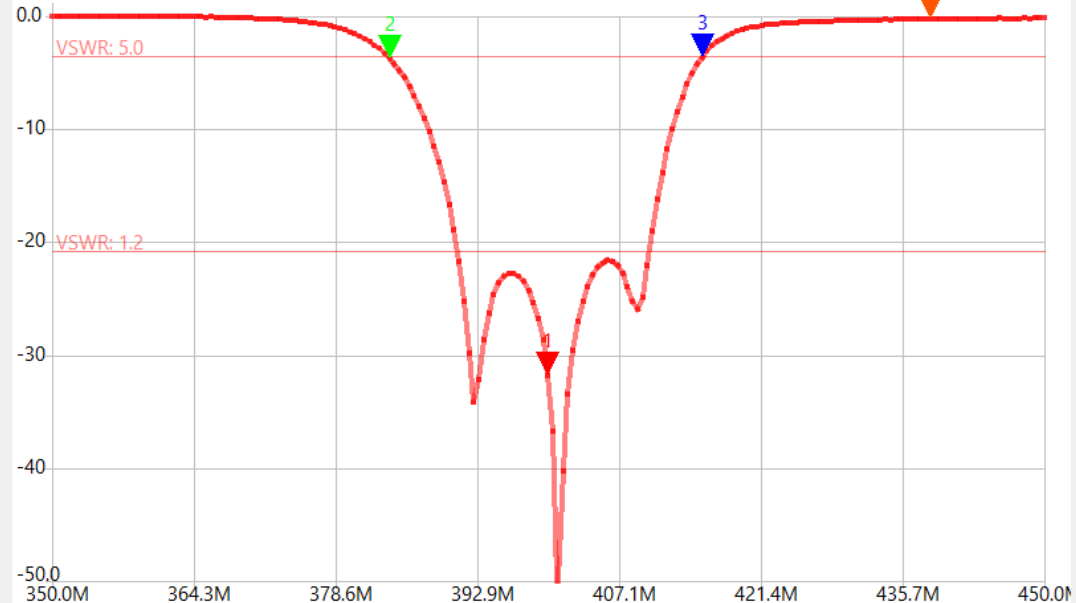
Serial port control

Port

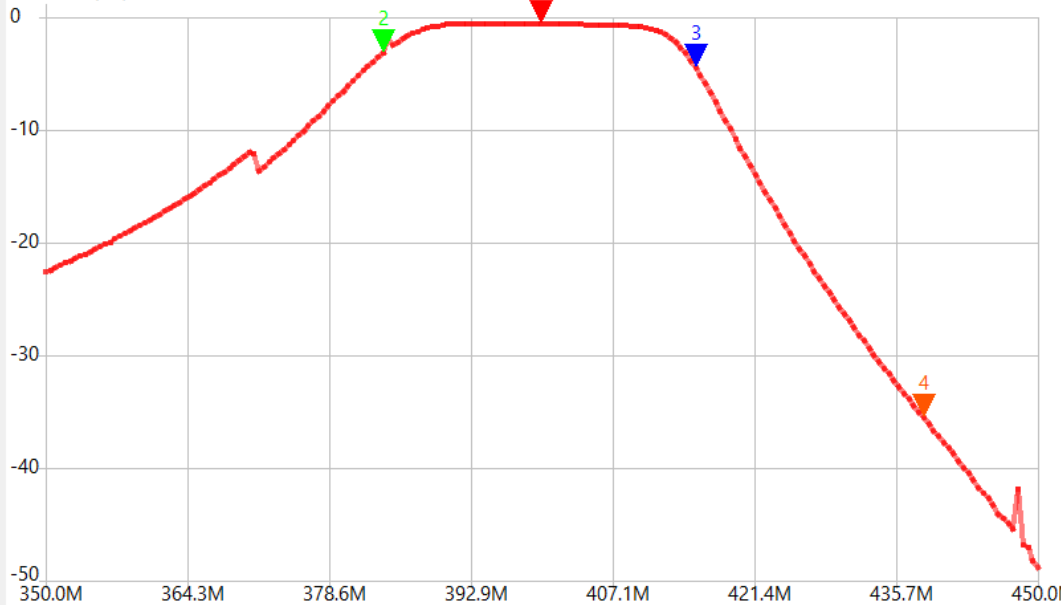
S11 Smith Chart



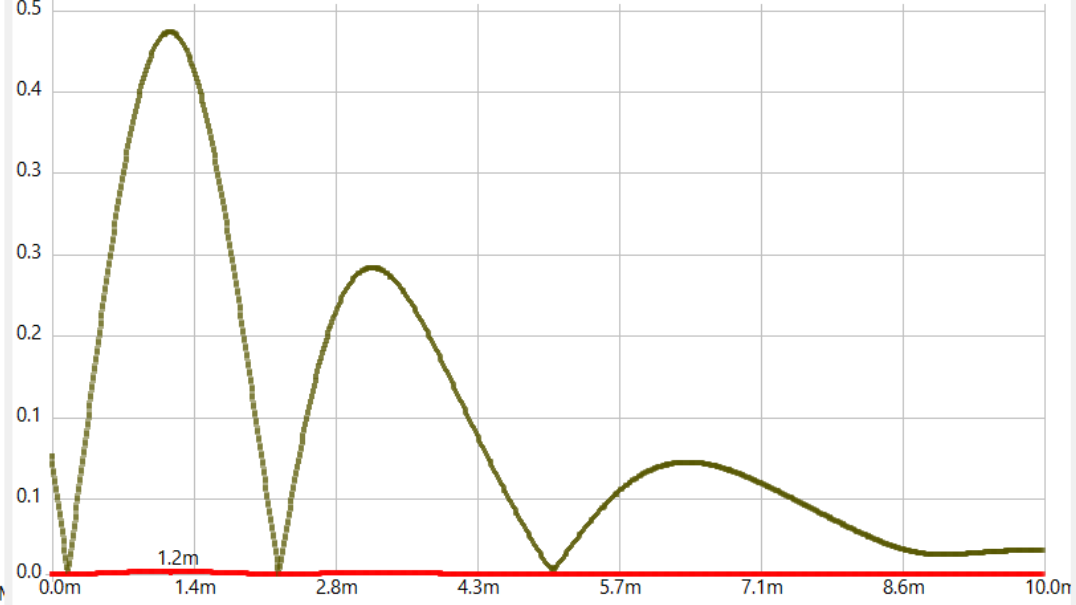
S11 Return Loss (dB)



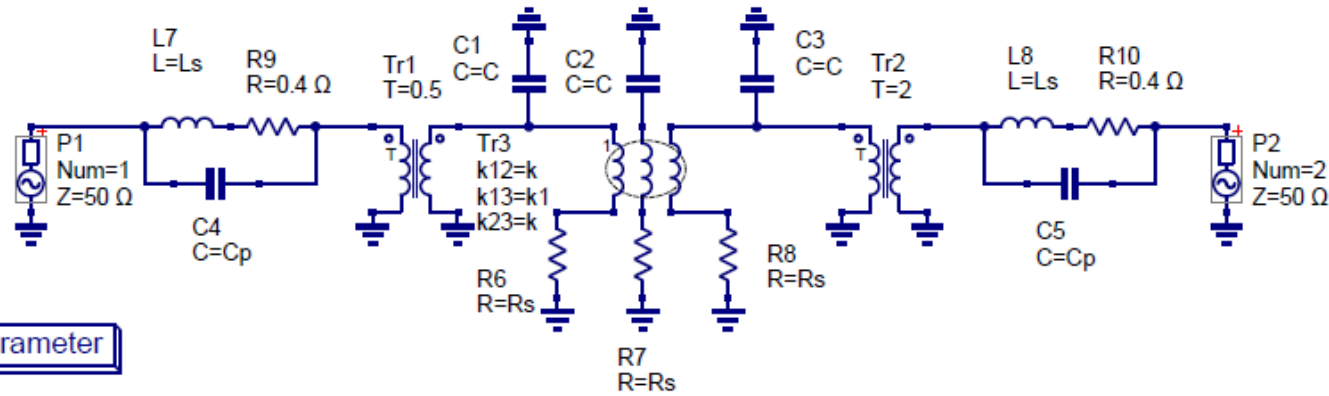
S21 Gain (dB)



TDR



Simulation des Filters mit uSimmics (Qucs-Studio)

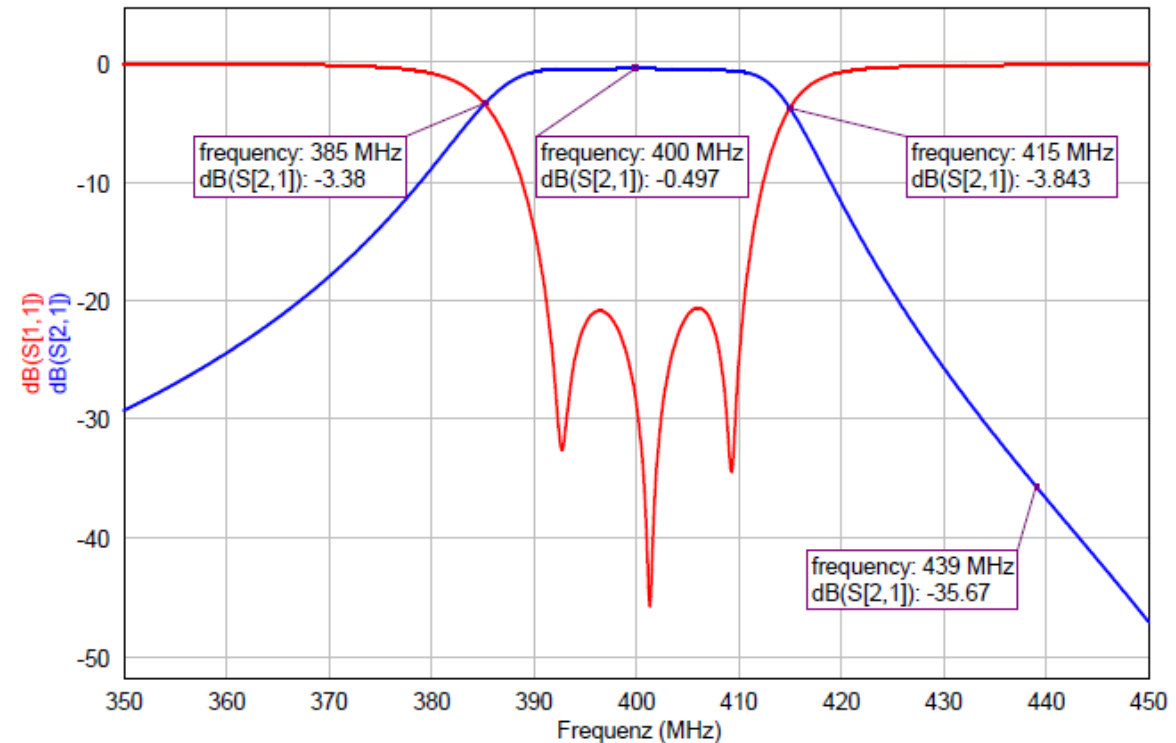
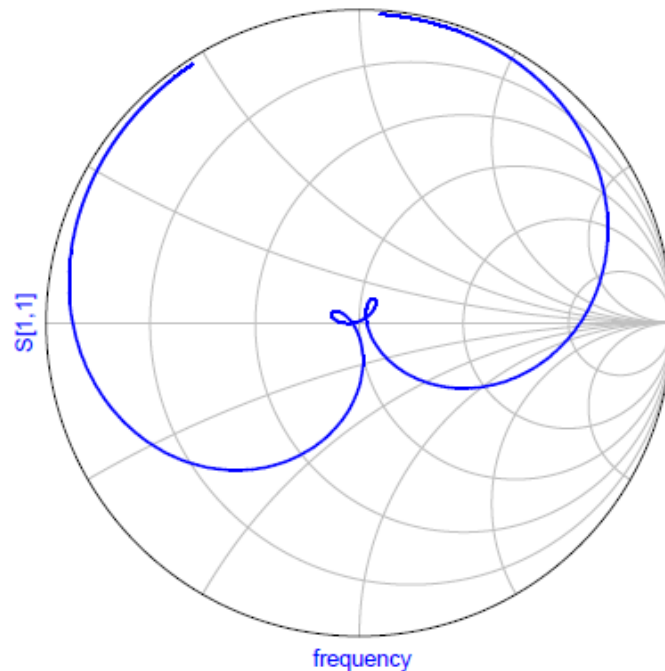


S-Parameter

SP1
Type=lin
Start=350 MHz
Stop=450 MHz
Points=1001
Noise=no

Gleichung

Eqn1
Ls=13.86 nH
L=7.295 nH
Lm=6.942 nH
C=22.65 pF
Cp=0.984 pF
k=0.05
Rs=0.03 Ohm
k1=0.0096





Noch Fragen?