Antennen-Experimente

Helmut – DL2AVH

Serba 5/2023

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

Antenne besteht aus Erreger und Reflektor (Spiegel) .

- Antenneneigenschaften und Antennengewinn wird vom Reflektor bestimmt

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

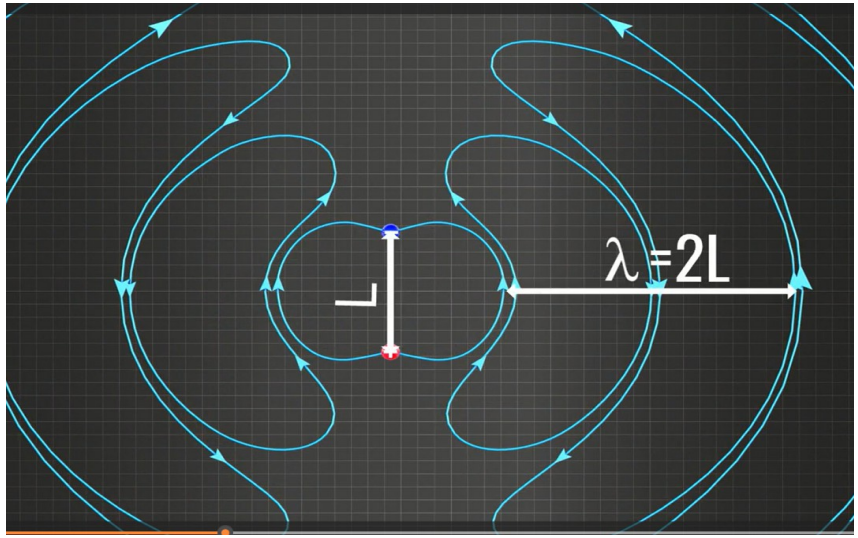
Auch auf KW besteht die Antenne aus Erreger und Reflektor .
- Haus und Erde sind der Reflektor

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

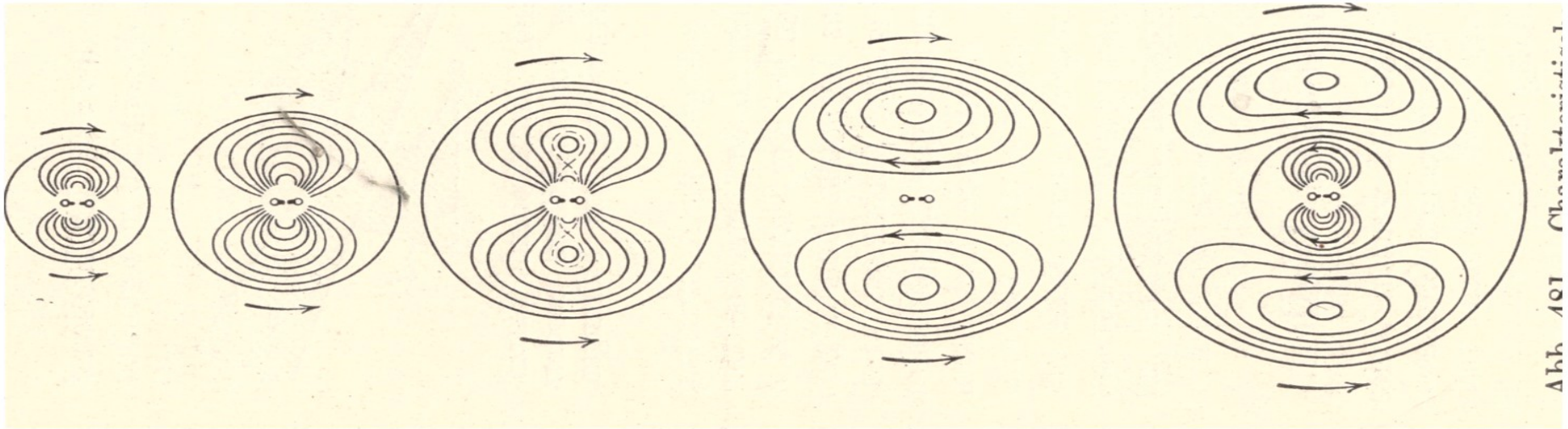
Modelbetrachtung

- so wird Energie übertragen https://youtu.be/mP4cUukIVx0

- so funktioniert eine Antenne https://youtu.be/Uj8oN3WETKo



Modelbetrachtung



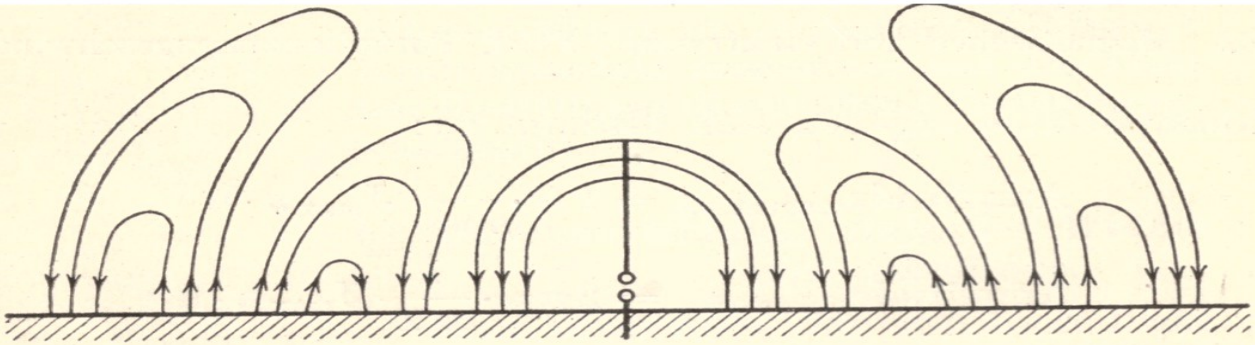


Abb. 483. Bild der elektrischen Kraftlinien beim geerdeten Oszillator (Antenne).

Dr. Eugen Nesper : Handbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie , 1921

Übertragungsverluste

Sendeleistung	an der Empfangsantenne	Übertragungsverlust
100W = 50dBm	S9 = -73dbm	123dB = 0,000000708
100W = 50dBm	S3 = -109dbm	159dB = 0,000000011
100W = 50dBm	S1 = -121dbm	171dB = 0,000000003

Übertragungsverlust = Antennenverlust (S) + Übertragungskanal + Antennenverlust (E)

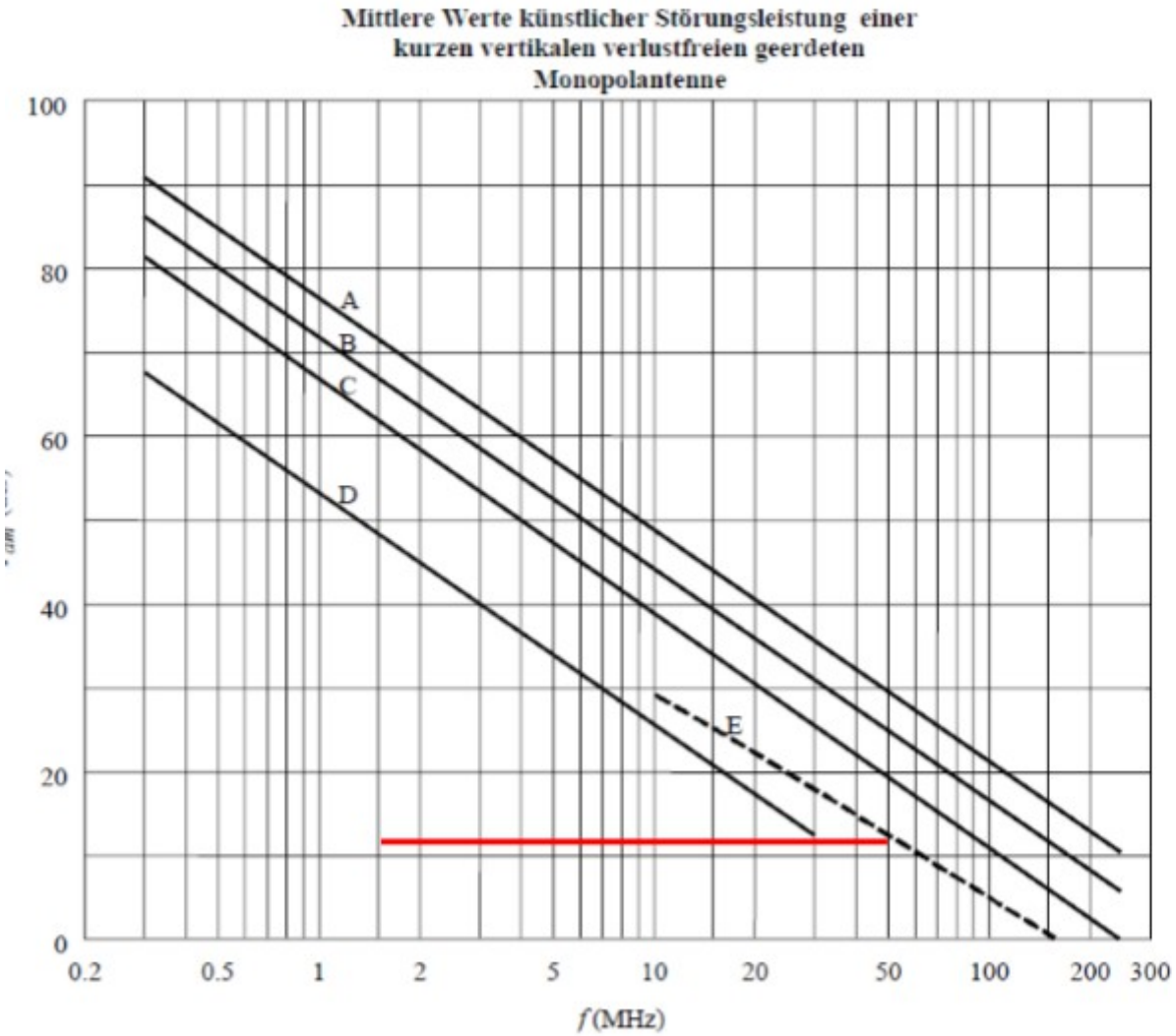
80m Dipol horizontal(S) –--- Freiraum –--- 80m Dipol horizontal , A_E = 835m²

10m Dipol horizontal(S) –--- Freiraum –--- 10m Dipol horizontal , A_E = 13m² (-18dB)

10m Dipol horizontal(S) –--- Freiraum –--- 10m Dipol vertikal , A_E = 0m² (kein Signal)

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

Übertragungsverluste



ITU 372-11 Radio-Noise

A: Man Made Noise,
in Gewerbegebieten

B: Man Made Noise,
in städtischen Wohngebieten

C: Man Made Noise,
in ländlicher Umgebung

D: Man Made Noise,
in ruhiger ländlicher Umgebung

E: Galaktisches Rauschen

Zum Vergleich in Rot: die Rauschzahl eines guten KW-RX

E-Feld Aktivantenne DL2AVH 2020/01

- Antenne 1m und Masthöhe 1m
- Nutzbar im Frequenzbereich 10 kHz … 30 MHz

DARC Projekt ENAMS 2020 gestartet

- Messsytem für HF-Störungen im Frequenzbereich 100kHz … 30 MHz

- Antenne 1m und Masthöe 1m

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

Vertikalesfeld und Horizontalesfeld über Grund

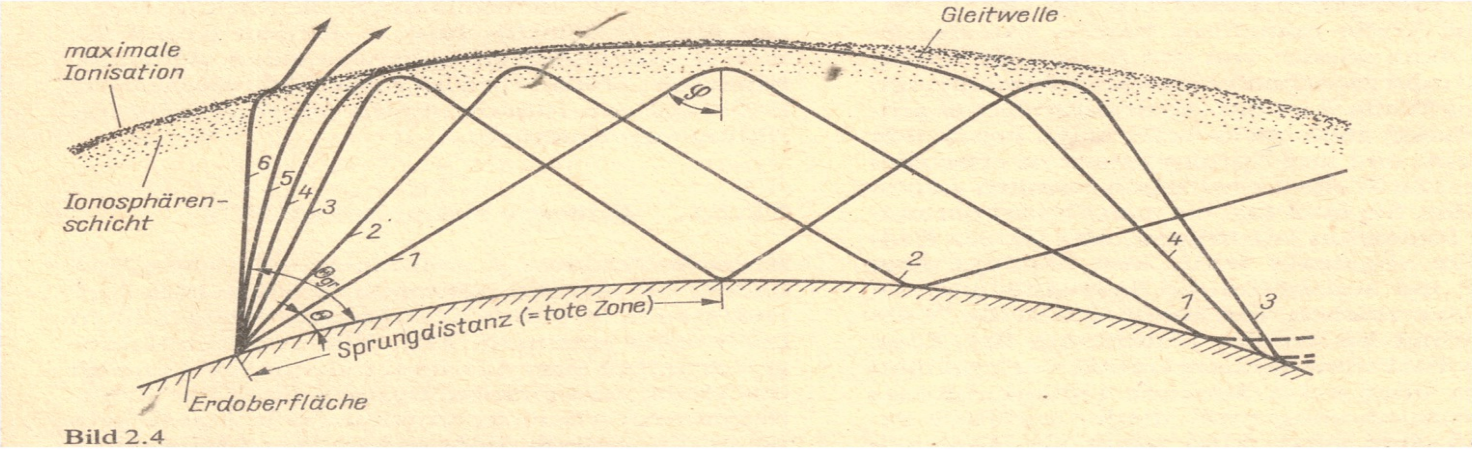
--- 2m Dipol horizontal 4m über Grund

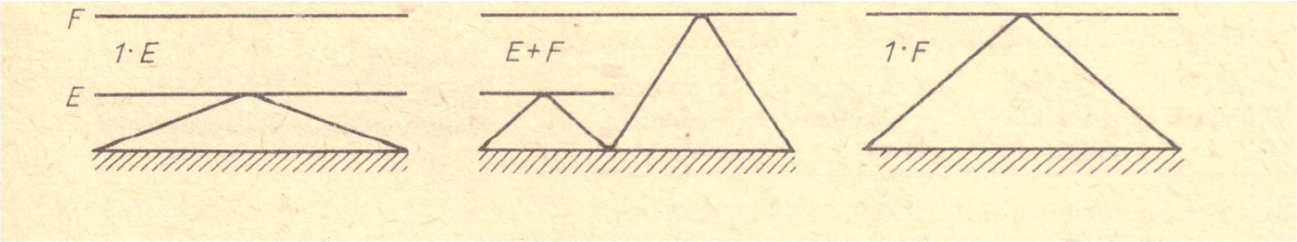
--- Messung in 40m Abstand / H-Feldsensor D = 60mm mit Verstärker

H über Grund	Feldstärke vertikal		Feldstärke horizontal		Gewinn H/V
0,05λ	-48,8dBm	0dB	-78,3dBm	-29,5dB	-29,5dB
0,1λ	-49,2dBm	-2,6dB	-57,9dBm	-9,1dB	-8,7dB
0,2λ	-56,0dBm	-7,2dB	-54,4dBm	-5,7dB	+1,6dB
0,3λ	-56,1dBm	-7,3dB	-51,0dBm	-2,2dB	+5,1dB
0,5λ	-52,5dBm	-3,7dB	-51,0dBm	-2,2dB	+1,5dB
0,75λ	-52,0dBm	-3,2dB	-48,8dBm	0,0dB	+3,2dB
1,0λ	-55,3dBm	-6,5dB	-43,4dBm	+5,4dB	+11,9dB

Helmut – DL2AVH Serba 05/2023

Übertragungsverluste





Tx ---- Anpassung ---- Erreger ---- Antenne ---- Einkoplung in den Übertragungskanal ---- Übertragungskanal ---- Auskopplung – Antenne ---- Erreger ---- Anpassung ---- Rx

Helmut – DL2AVH **Serba 05/2023**

Antennen-Experiment

634 Frequenzmessung und Frequenzmesser.

(Abb. 671) besteht aus zwei in ein Glasrohr, welches evakuiert werden kann, geführten Paralleldrähten. Bei Erregung des Systems leuchten die Schwingungsbäuche der elektrischen Feldintensität auf, während die Knoten dunkel bleiben.

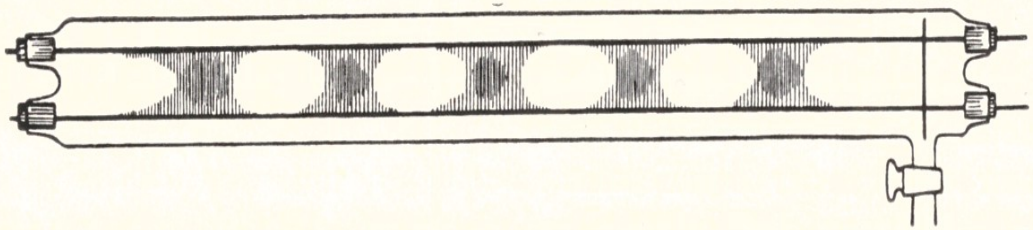


Abb. 671. Paralleldrahtanordnung für Demonstrationszwecke von Arons.

Dr. Eugen Nesper : Handbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie , 1921

Antennen-Experiment , Dipol über Grund

- Gerd Janzen : Kurze Antennen , Seite 54

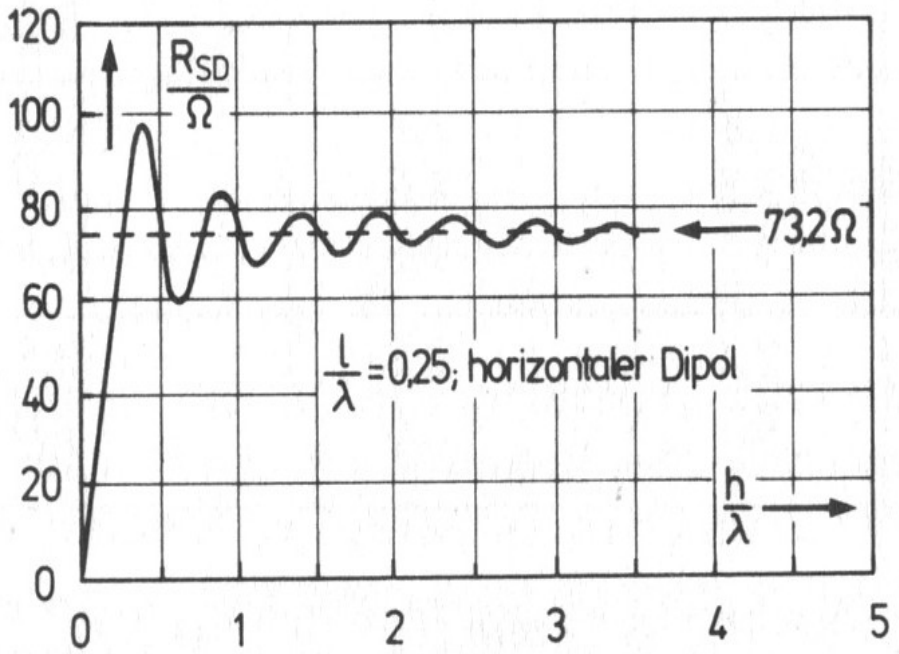
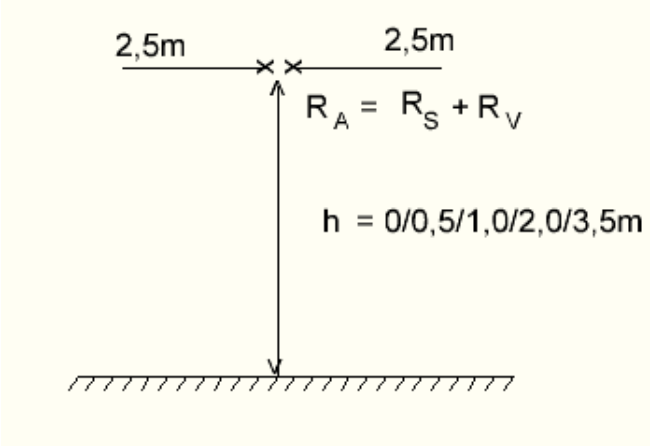
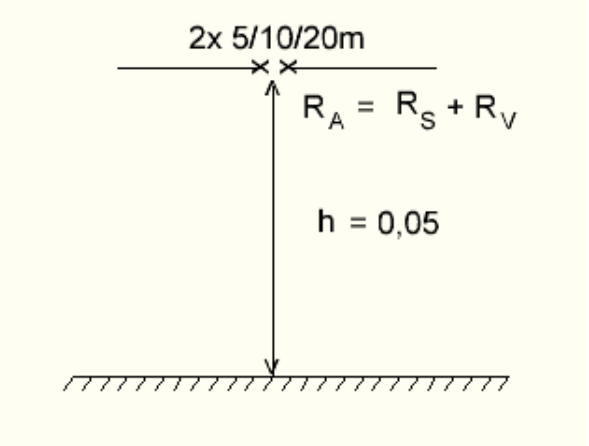


Abb 2.29 Strahlungswiderstand R_{SD} des $\lambda/2$-Dipols in Abhängigkeit von der normierten Höhe h/λ über dem Erdboden

Antennen-Experiment , Dipol über Grund





h	R_S	$R_S + R_V$	η_{ant}
3,5m	100Ω	101Ω	0,99
2,0m	70Ω	75,5Ω	0,93
1,0m	20Ω	56,8Ω	0,35
0,5m	10Ω	64,3Ω	0,16
0,0m	0Ω	158Ω	0,0

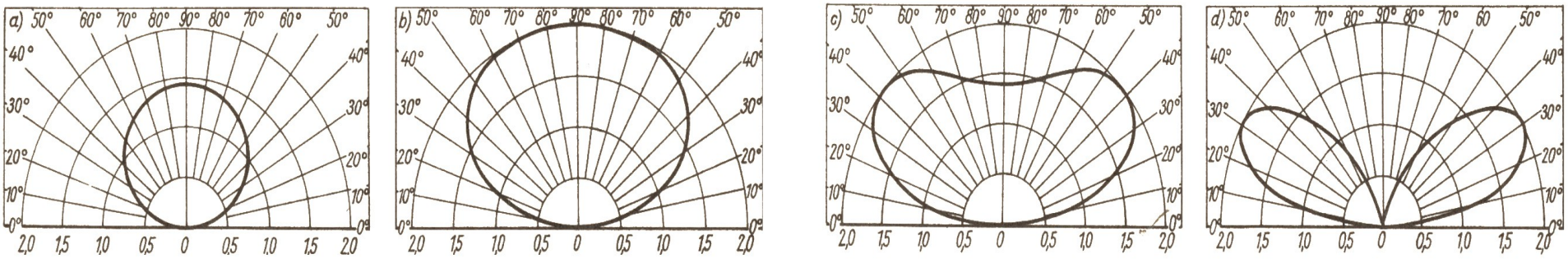
$2xl_s/h$	R_S	$R_S + R_V$	η_{ant}
5m/ 1m	10Ω	48,3Ω	0,2
10m/2m	10Ω	46,5Ω	0,24
20m/4m	10Ω	28,7Ω	0,34

Helmut – DL2AVH

Serba 5/2023

Antennen-Experiment , Dipol über Grund

Vertikaldiagramm horizontaler Halbwellendipol



Höhe 0,125λ **Höhe 0,25 λ** **Höhe 0,375 λ** **Höhe 0,5 λ**

10m Dipol über Grund

h	R_S	$R_S + R_V$	η_{ant}
0,35λ	100Ω	101Ω	0,99
0,2λ	70Ω	75,5Ω	0,93
0,1λ	20Ω	56,8Ω	0,35
0,05λ	10Ω	64,3Ω	0,16
0,0λ	0Ω	158Ω	0,0

	160	80	60	40	30	20	17	15	12	10m
0,35λ	56,7	29,0	19,6	14,7	10,5	7,3	5,9	4,9	4,2	3,5m
0,2λ	32,4	16,6	11,2	8,4	6,0	4,2	3,4	2,8	2,4	3,0m
0,1λ	16,2	8,3	5,6	4,2	3,0	2,1	1,7	1,4	1,2	1,0m

Helmut – DL2AVH

Serba 5/2023

Antennen-Experiment , Vertikalantenne über Grund

- Gerd Janzen : Kurze Antennen , Seite 55

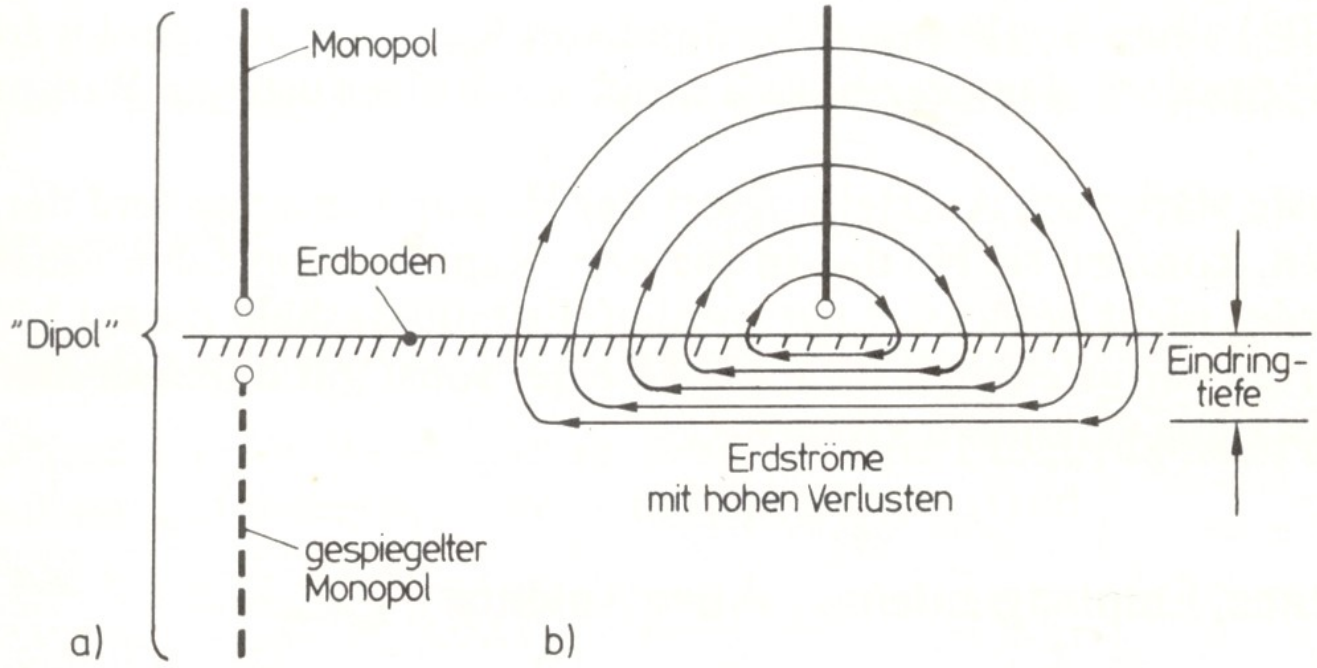


Abb. 2.30 a) Ergänzung der Monopolantenne durch Spiegelung zur Dipolantenne b) Feldlinienverlauf unter einer kurzen Monopolantenne [14]

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

Antennen-Experiment , Vertikalantenne über Grund

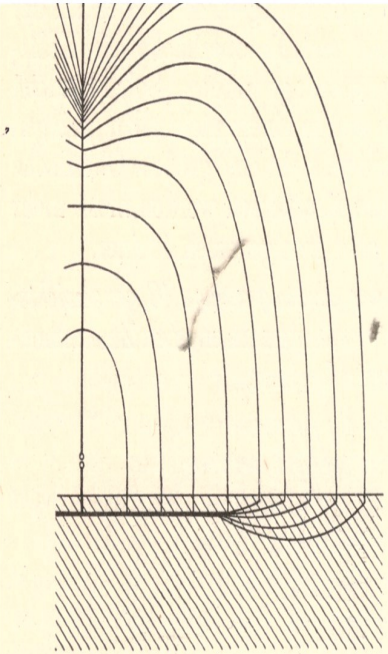


Abb. 421. Größere Erdungsanlage. Schlechte Leitfähigkeit des Erdbodens.

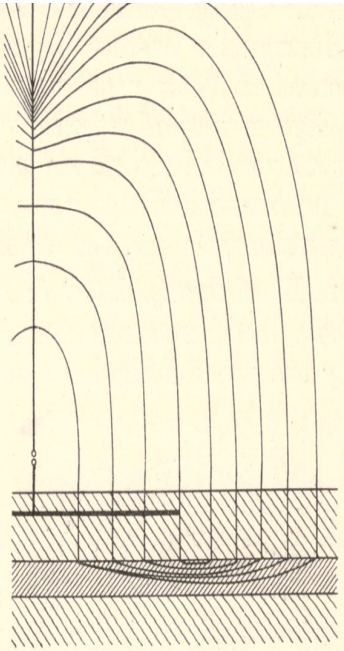


Abb. 422. Erdungsanlage in schlechtleitendem Erdboden. Unter derselben gut leitende Schicht.

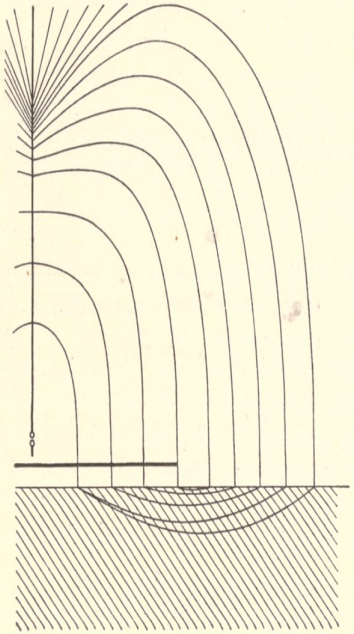


Abb. 423. Gegengewicht. Schlechte Leitfähigkeit des Erdbodens unter demselben.

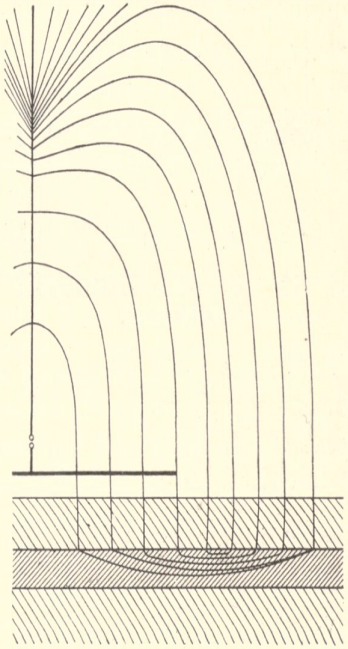


Abb. 424. Gegengewicht. Gut leitende Grundwasserschicht in nicht allzu großer Tiefe.

Dr. Eugen Nesper : Handbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie , 1921

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

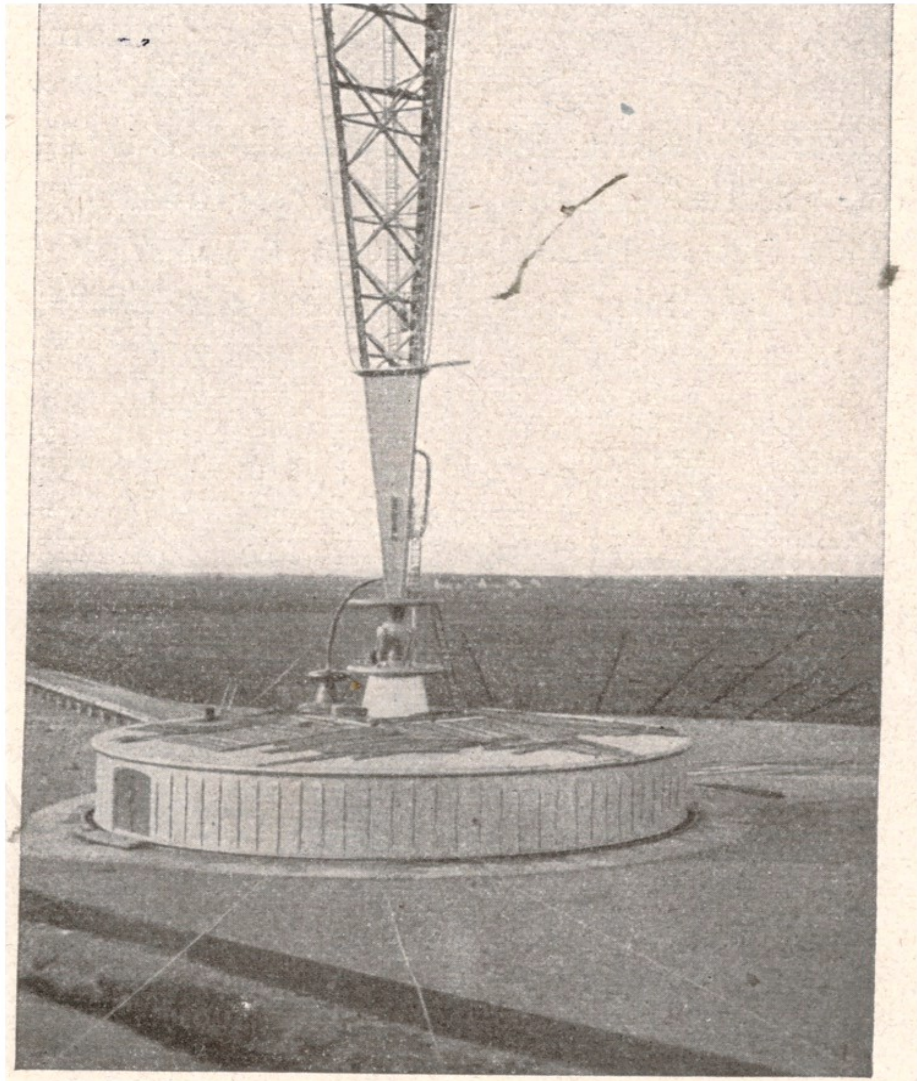
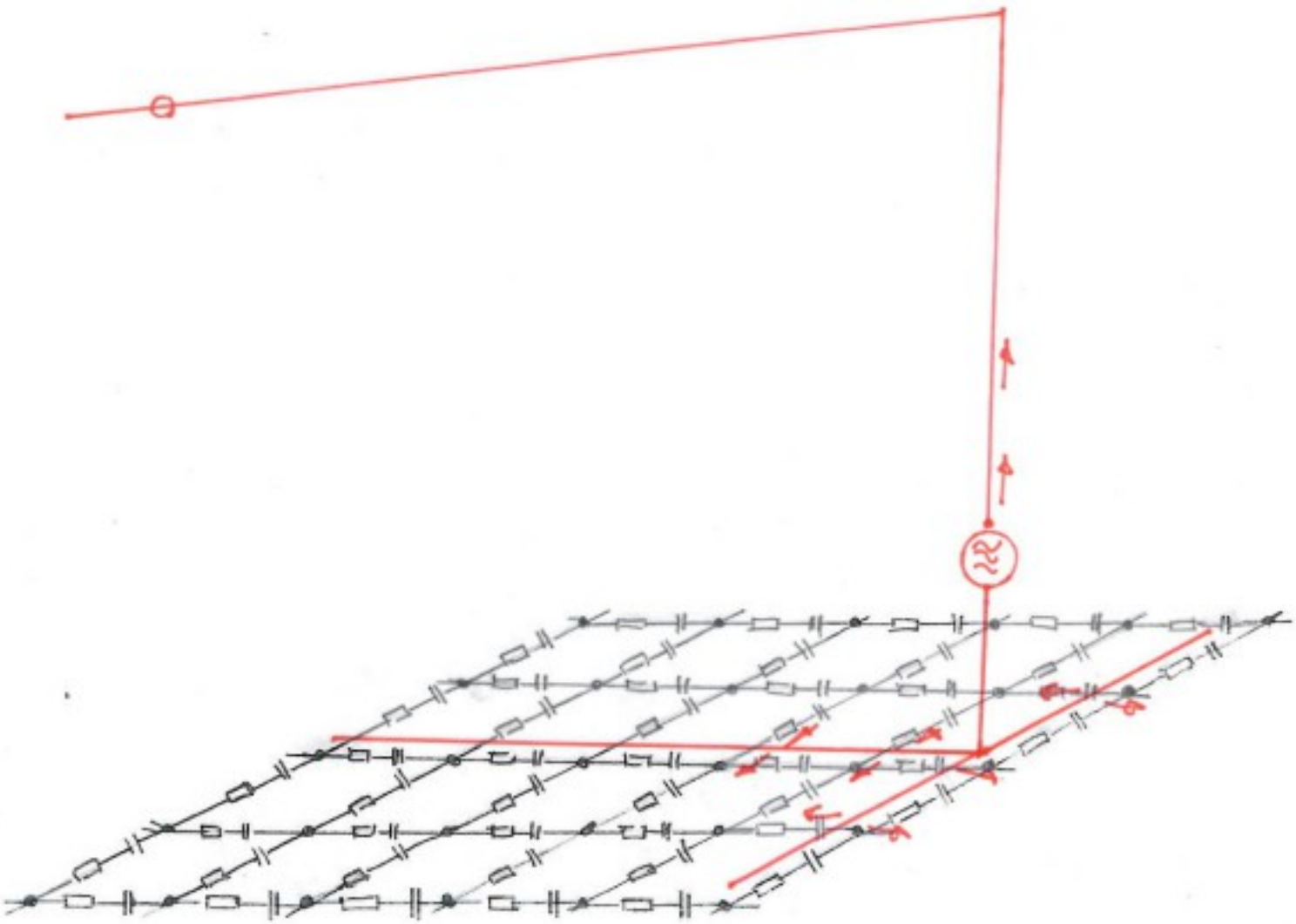


Abb. 553. Erder einer modernen Antennenanlage.

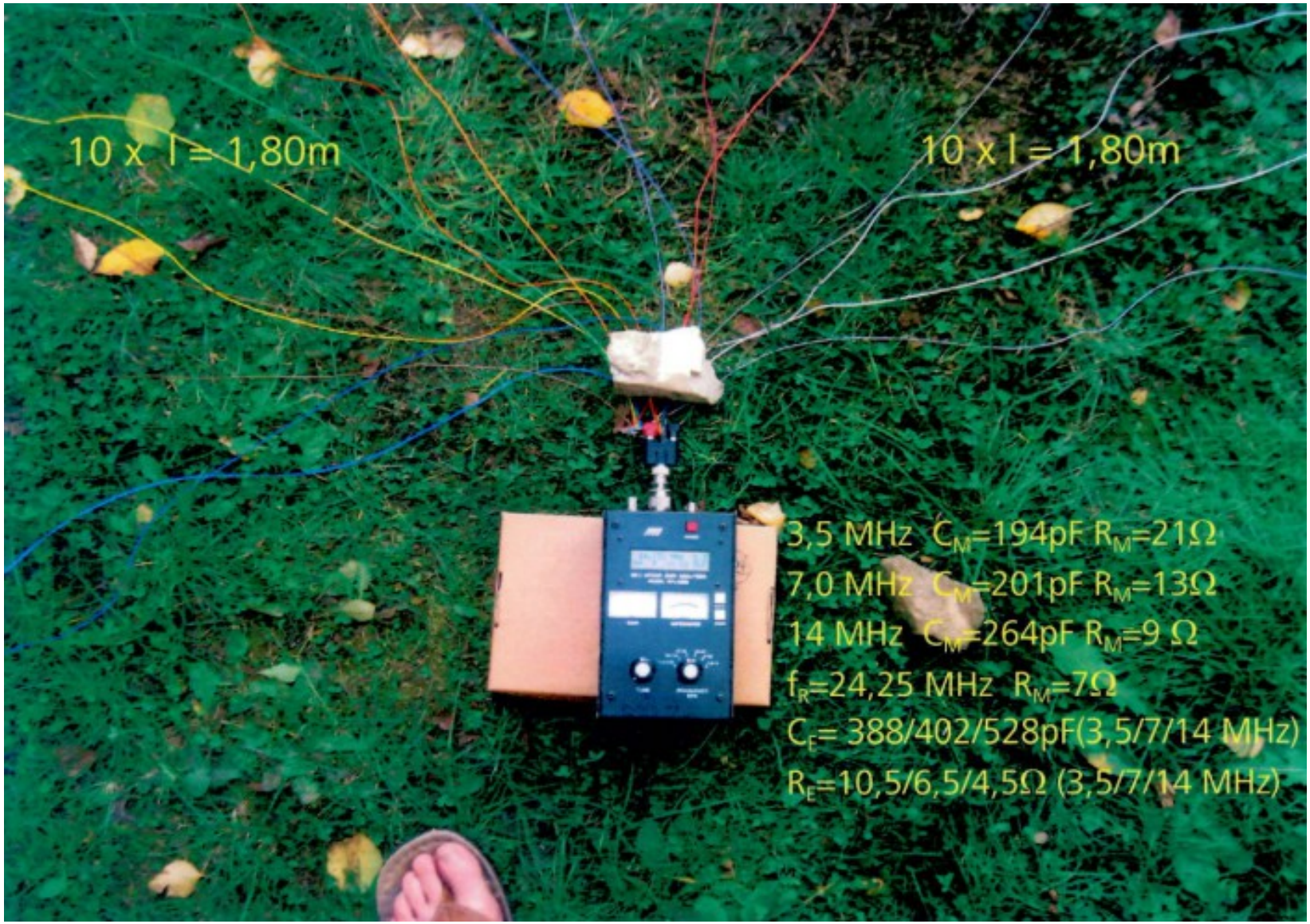
Vilbig , F : Lehrbuch derHochfrequenztechnik 1937

- **Unmittelbar unter der Antenne (Vollblecherde - Haus)fließen die stärksten Ströme .**
- **Im Haus sind die Antennenabstimmittel**
- **Von dem Vollblecherderteil führen dann radial Blechbänder hinweg .**
- **Dann sind die Blechbänder nur wenige cm in die Erde eingegraben**
- **Im äußeren Teil wird die Zahl der Bänder verringert.**

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

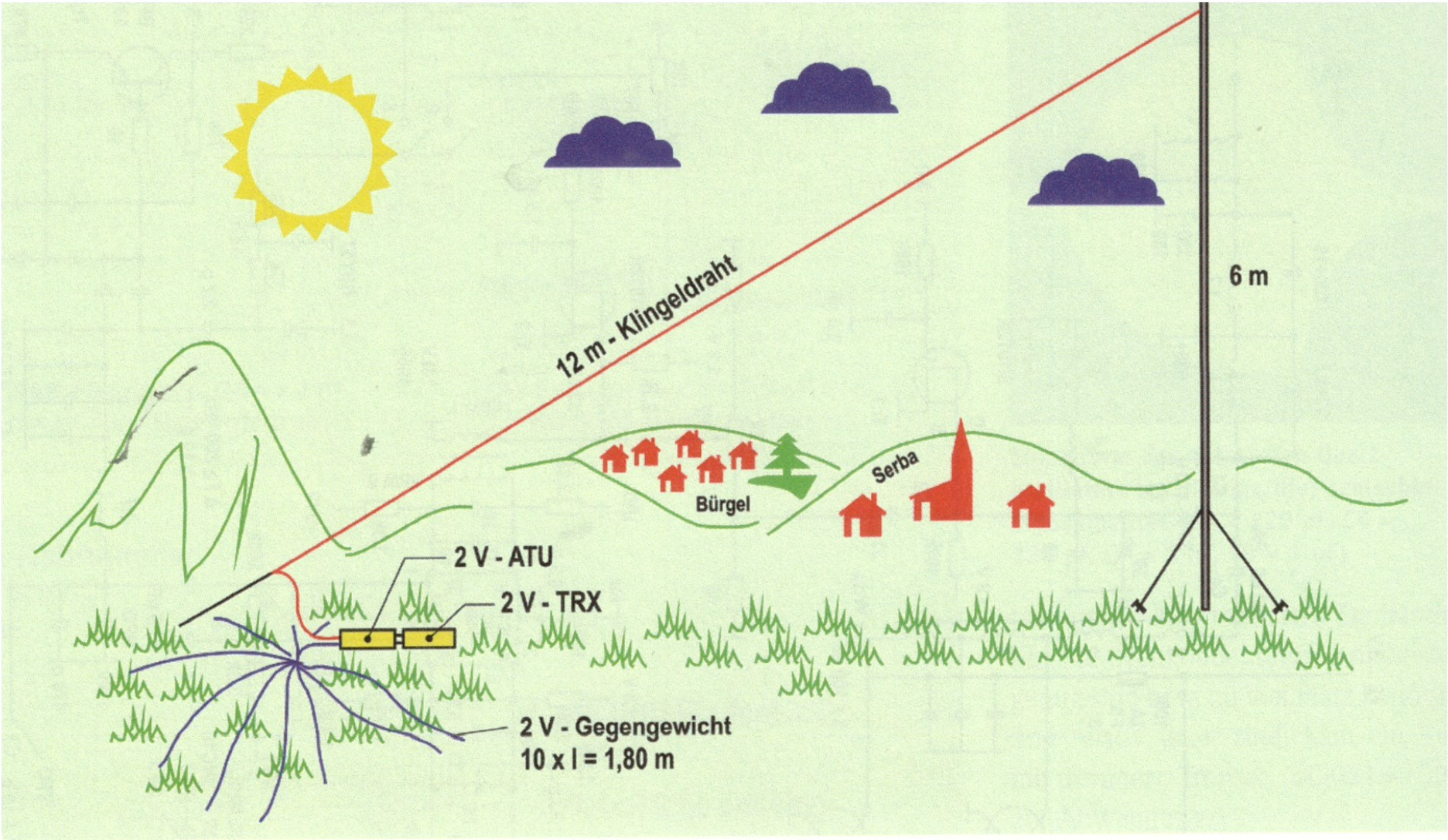


Helmut – DL2AVH **Serba 5/2010**



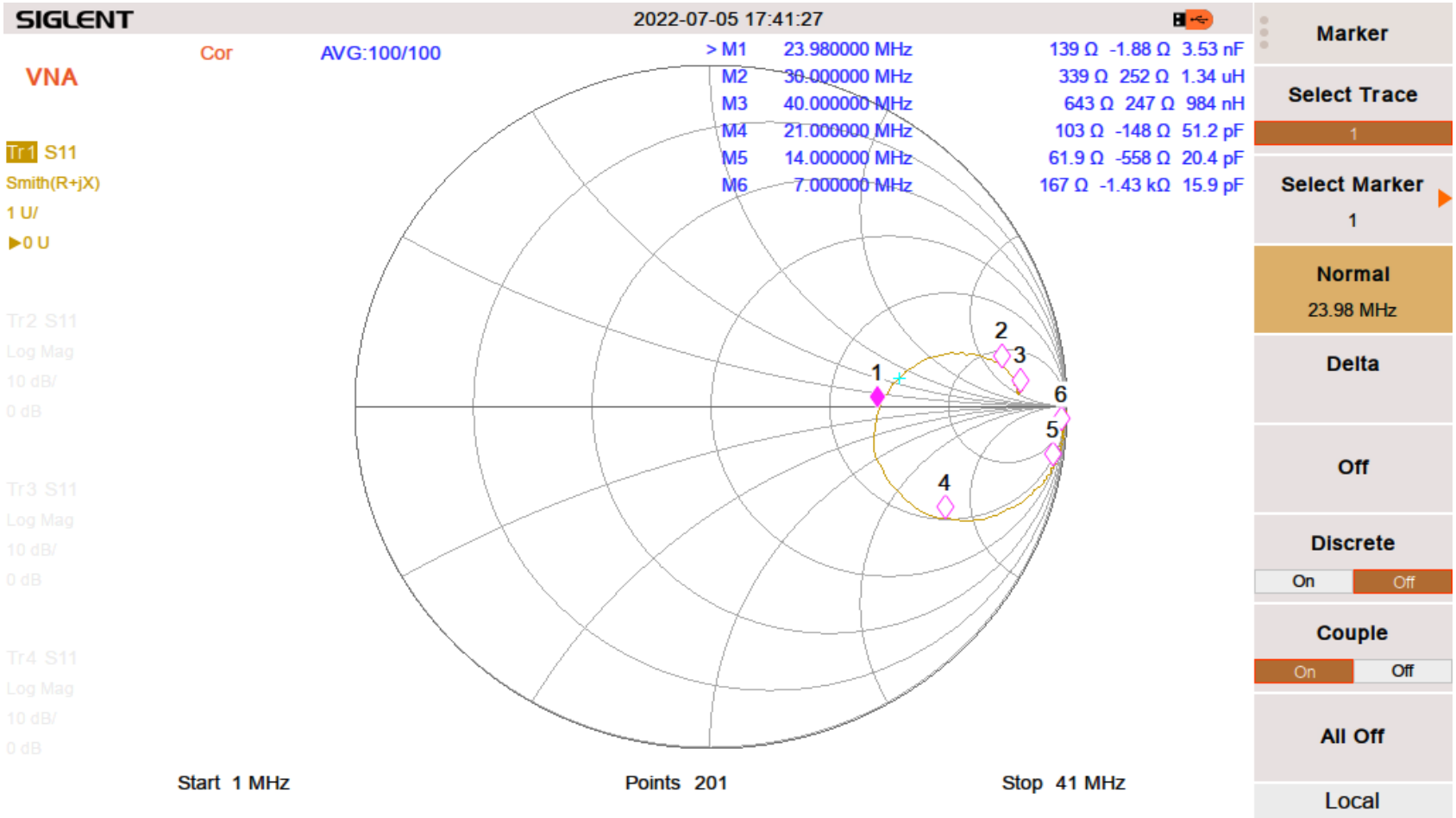
Helmut – DL2AVH **Serba 5/2010**

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2010**



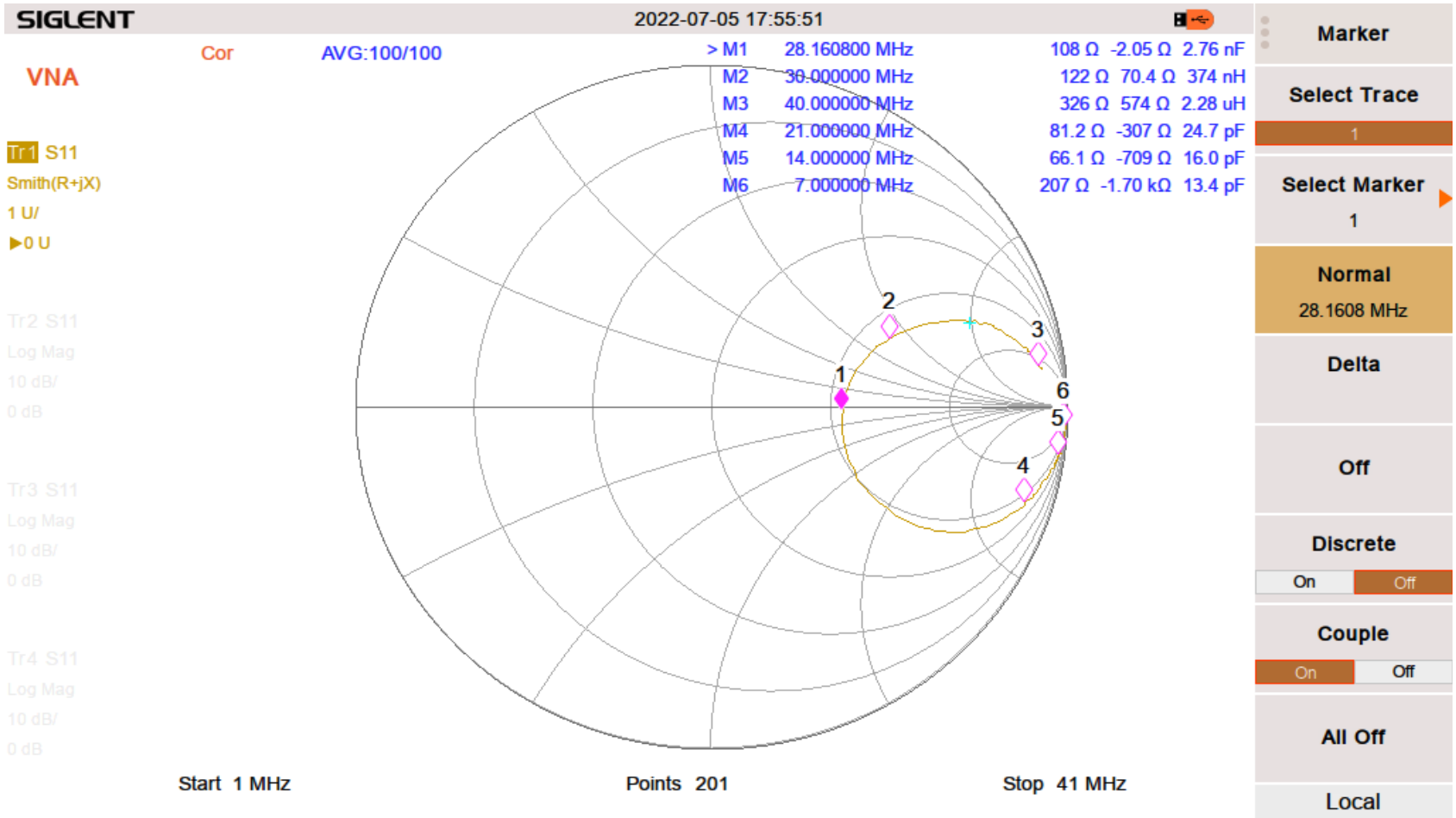
Helmut – DL2AVH **Serba 5/2010**

Antennen-Experiment , vertikal 2 x 2,5m - Mast = 2,5m /0,0m/0,0m



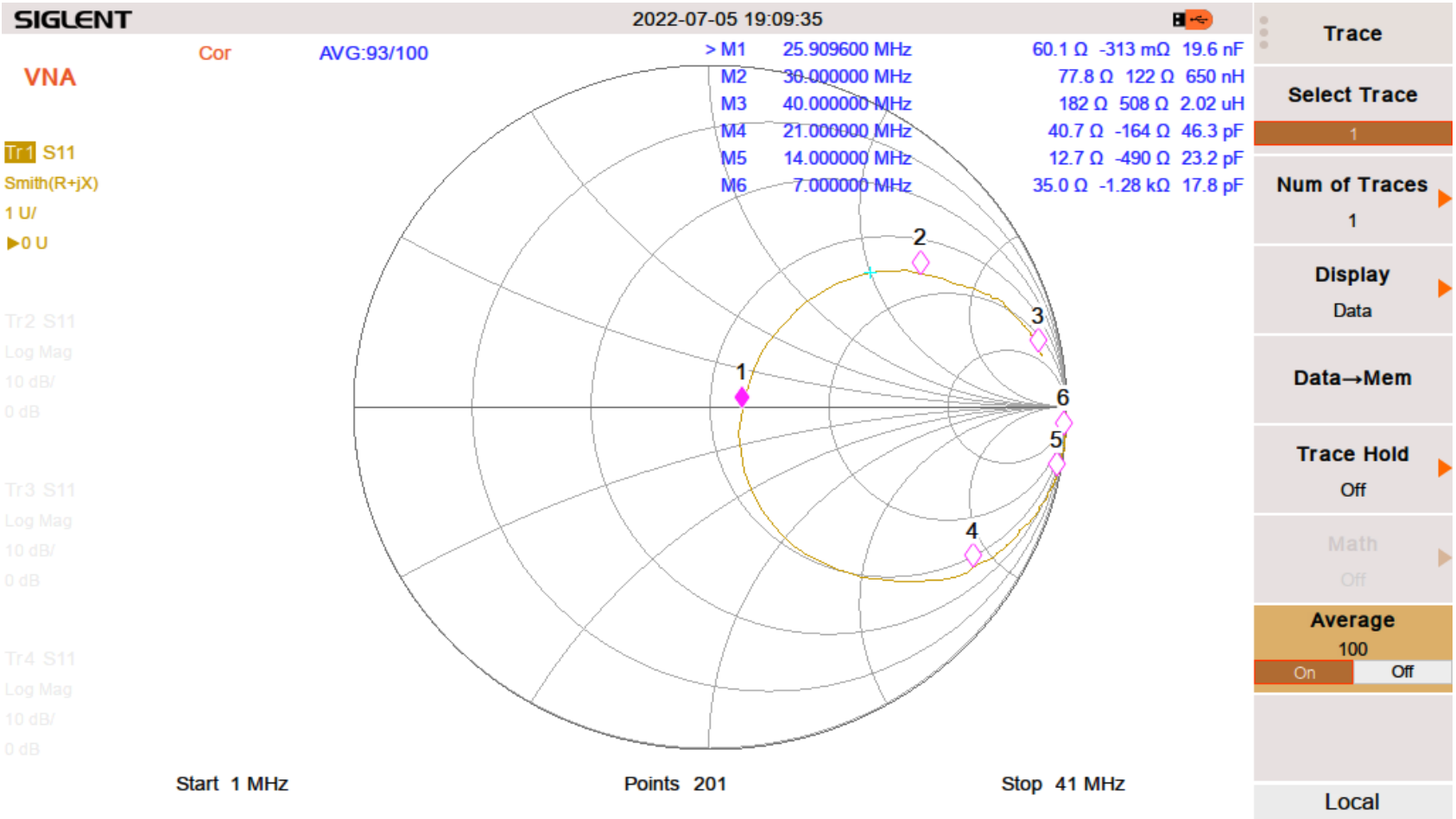
Strahlungswiderstand Rs = 36 Ω

Antennen-Experiment , vertikal 2,5m/1,7m - Mast = 2,5m /0,0m/0,0m



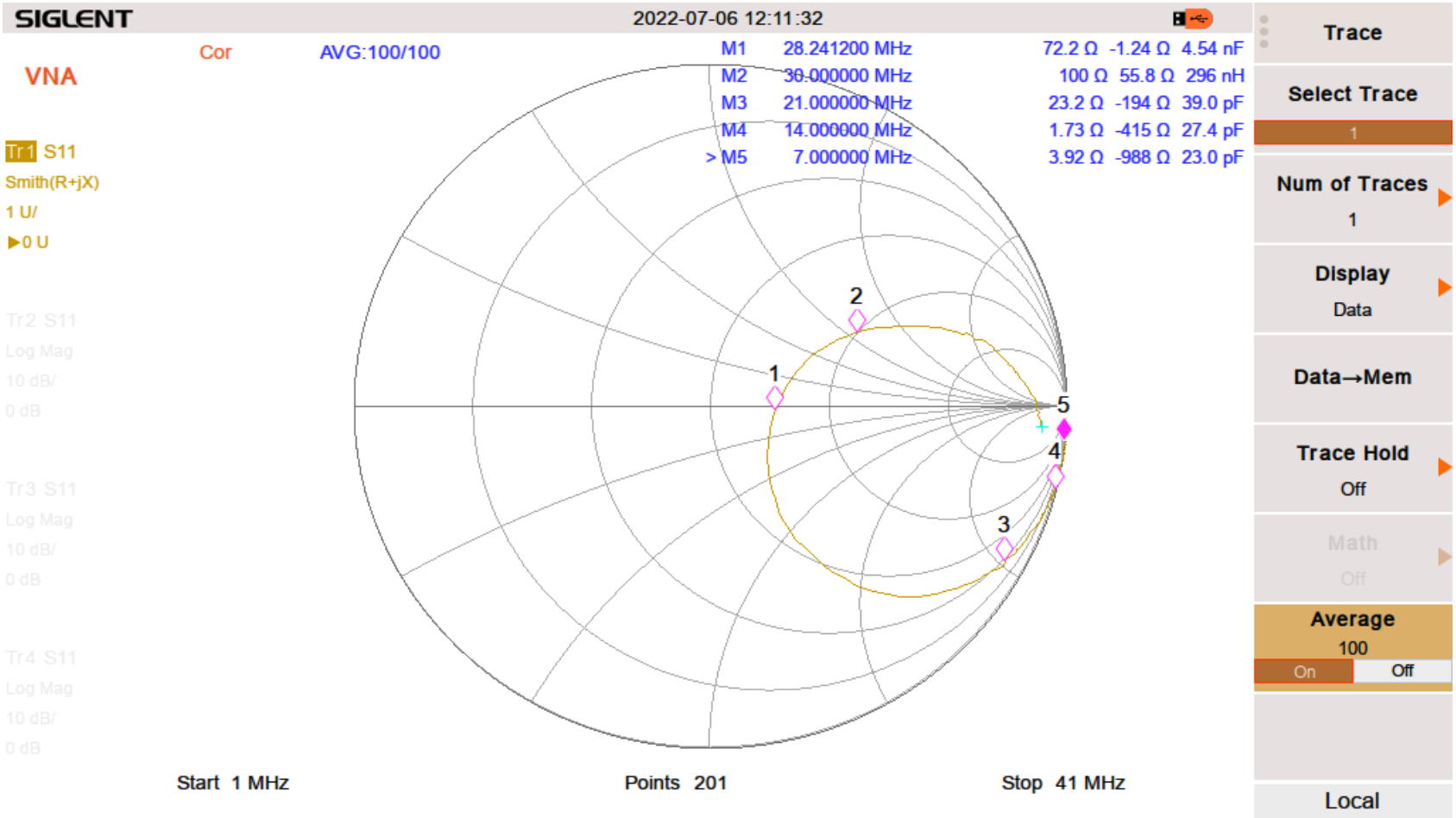
Strahlungswiderstand R_S = 36 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 0,33**

Antennen-Experiment , vertikal 2,5m/ 2V_D - Mast = 2,5m /0,0m/0,0m



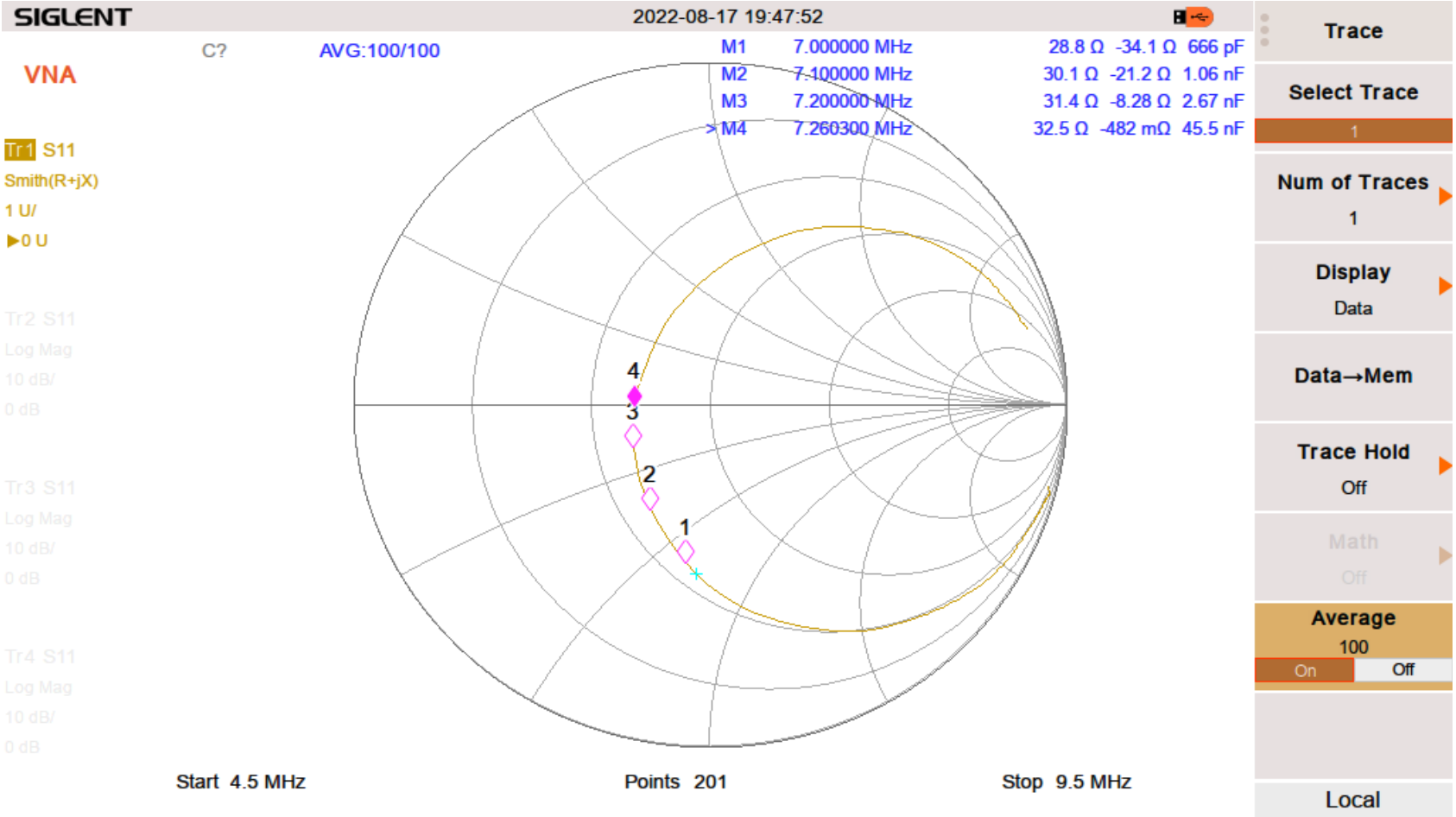
Strahlungswiderstand R_S = 36 Ω

Antennen-Experiment , vertikal 2,5m/ 2V$_D$ - Mast = 2,5m /0,0m/0,0m

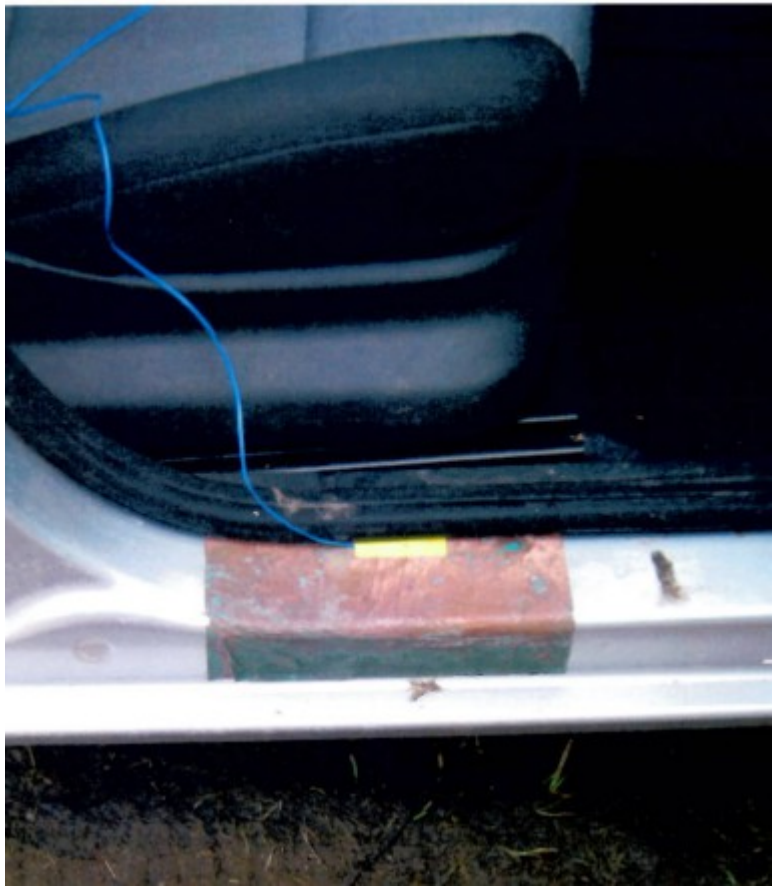


Strahlungswiderstand R_S = 36 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 0,50**

Vertikal 10m – 4x10m – h = 0,7m



Strahlungswiderstand R_S = 36 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 1,1 ?**



Auto otimales Gegengewicht für die Bänder 160m bis 10m

Helmut – DL2AVH

Serba 6/2022

Antennenanpaßgerät für die Hosentasche mit dazu passendem Meßgerät

Helmut, DL2AVH ex DM2EVH, Y25VJ

Den Wunsch, überall mit geringem Aufwand und leistungsfähigen Antennen QRV zu sein, kann sich jeder erfüllen. Dazu benötigt man das Antennenanpaßgerät für die Hosentasche, etwas Draht als Antenne und fünf Minuten Zeit, um QRV zu sein. Keine unglaubliche Erfolgsstory, sondern für jeden realisierbar.

Welche Grundphilosophie steht dahinter?

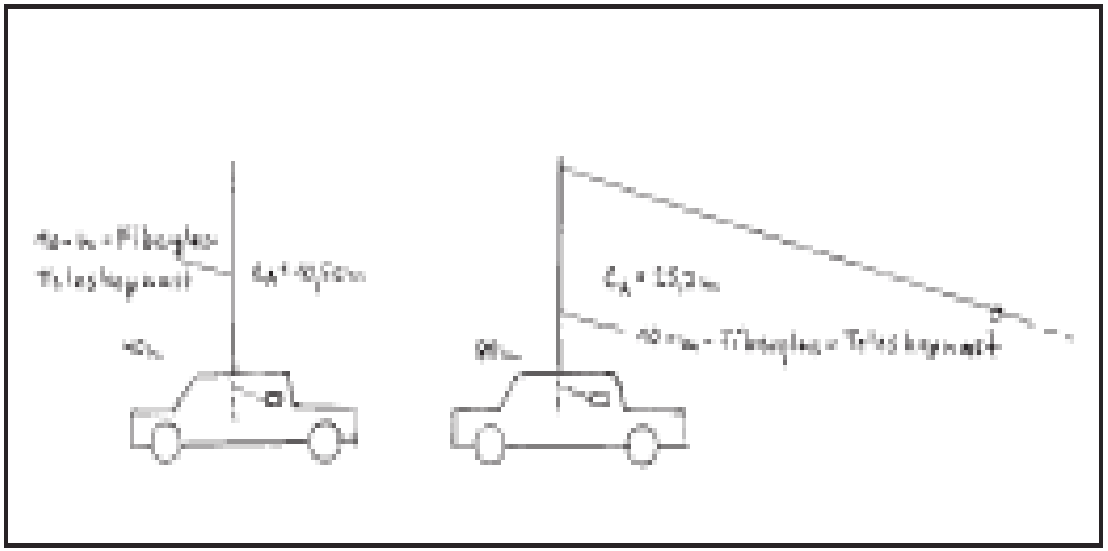


Bild 1: Verlängerte Groundplane für 40 m und L-Antenne für 80 m

QRP – Report 1/1999 , S22 bis 24

Vergleich 10m Vertikal - Auto 40m/80m

40m 0,3mm² R_S = 36Ω $R_{V\text{-}L}$ = 2,3Ω (DC=0,63Ω) $R_{V\text{-}Auto}$ = 5,4Ω η_{ant} = 0,82

40m 1,5mm² R_S = 36Ω $R_{V\text{-}L}$ = 1,0Ω (DC=0,12Ω) $R_{V\text{-}Auto}$ = 5,6Ω η_{ant} = 0,85

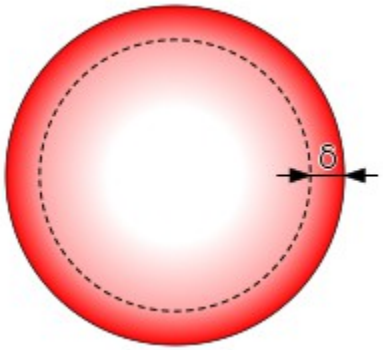
80m 0,3mm² R_S = 5,7Ω $R_{V\text{-}Sp}$ = 1,6Ω $R_{V\text{-}L}$ = 3,3Ω $R_{V\text{-}Auto}$ = 3,3Ω η_{ant} = 0,41

80m 1,5mm² R_S = 5,7Ω $R_{V\text{-}Sp}$ = 1,6Ω $R_{V\text{-}L}$ = 1,5Ω $R_{V\text{-}Auto}$ = 3,4Ω η_{ant} = 0,47

10m Klingeldraht (0,3mm²) - Gewicht = 32g

10m Aderleitung (1,5 mm²) - Gewicht = 190g

Äquivalente Leitschichtdicke δ (auch Skin-Tiefe) und tatsächliche Stromverteilung im Leiterquerschnitt als Verlauf der Rotfärbung



Frequenzabhängige Eindringtiefe (Abfall auf 1/e, ca. 37 %) in einer Kupferleitung[3]

Frequenz	Eindringtiefe	Frequenz	Eindringtiefe
5 Hz	29,7 mm	5 MHz	29,7 µm
16 Hz	16,6 mm	16 MHz	16,6 µm
50 Hz	9,38 mm	50 MHz	9,38 µm
160 Hz	5,24 mm	160 MHz	5,24 µm
500 Hz	2,97 mm	500 MHz	2,97 µm
1,6 kHz	1,66 mm	1,6 GHz	1,66 µm
5 kHz	938 µm	5 GHz	938 nm
16 kHz	524 µm	16 GHz	524 nm
50 kHz	297 µm	50 GHz	297 nm
160 kHz	166 µm	160 GHz	166 nm
500 kHz	93,8 µm	500 GHz	93,8 nm
1,6 MHz	52,4 µm	1,6 THz	52,4 nm

Drahtverlustwiderstand

- Gerd Janzen : Kurze Antennen , Seite 50

2.16.1 Drahtverlustwiderstand der λ/4-Monopolantenne

Bei vorgegebener Frequenz f und gegebenem Draht- bzw. Rohrdurchmesser d ergibt sich für eine λ/4-Monopolantenne mit sinusförmiger Stromverteilung längs der Antenne ein ohmscher Verlustwiderstand von

$$R_{\Omega M} \approx \frac{3{,}11\ \Omega}{\frac{d}{mm} \cdot \sqrt{\frac{f}{MHz}}} \cdot K_1, \qquad \frac{\ell}{\lambda} \approx 0{,}25. \qquad (2.82)$$

Für die λ/2-Dipolantenne ergibt sich wegen der doppelten Drahtlänge der doppelte Widerstandswert. Der Faktor K_1 berücksichtigt die unterschiedliche Leitfähigkeit der Metalle; für Kupfer gilt $K_1 = 1$. In Tab. 3.1 sind die K_1-Faktoren anderer Metalle aufgelistet.

Drahtverlustwiderstand

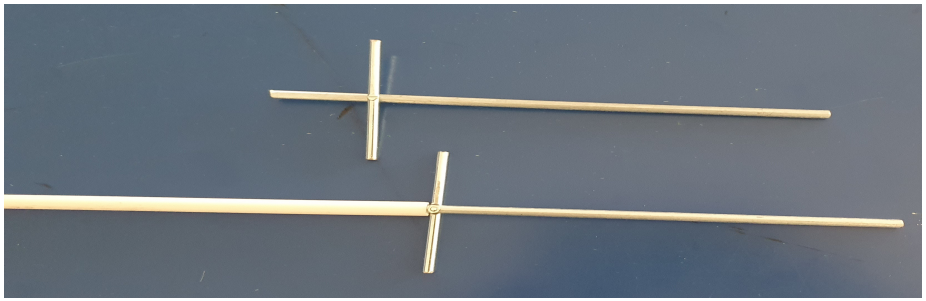
- Gerd Janzen : Kurze Antennen , Seite 57

Leiter	K_1	Leiter	K_1
Silber	0,97	Eisen	2,4
Kupfer	1,00	Stahl	2,8 – 3,6
Gold	1,14	rostfreier Stahl	7,2
Aluminium, rein	1,25	Zinn	2,7
legiert	1,3 – 2,0	Lötzinn	2,9
Chrom	1,3	Blei	3,5
Bronze	1,1 – 1,8	Graphit	28,5
Berylliumkupfer	1,4 – 2,4	Seewasser	4400
Messing	1,9 – 2,3	Flußwasser	24 000 – 76 000
Zink	1,9	Erdreich	76 000 – 760 000
Nickel	2,0 – 2,4		

Tab. 3.1 Widerstandsfaktor K_1 für verschiedene Leiter

Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

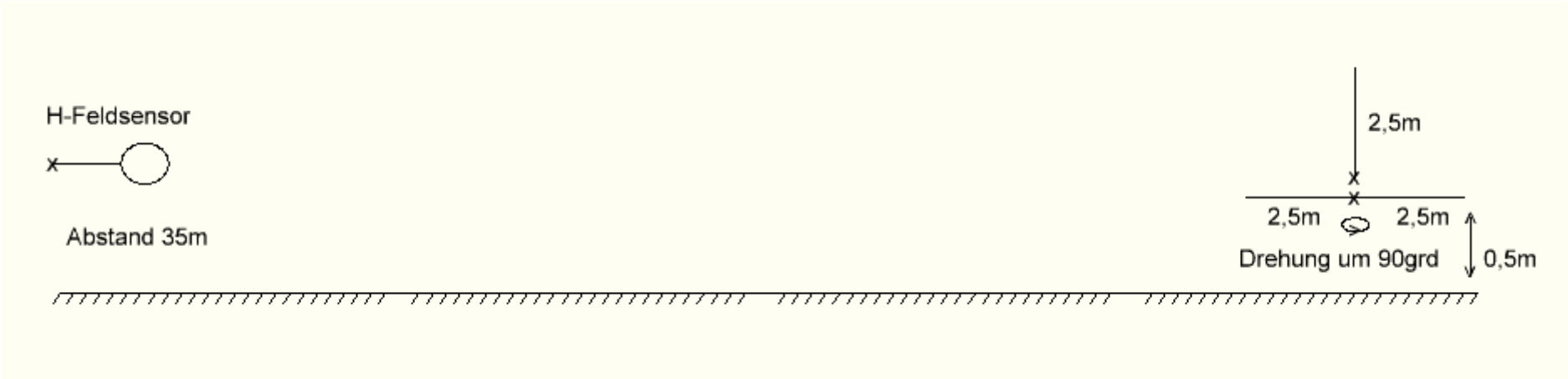
Vertikal 6,25m/ 2-6,5-2x5,0m / h = 0,5m



Helmut – DL2AVH

Serba 11/2022

Antennen-Experiment , Vertikalantenne über Grund



--- **Messung in 35m Abstand / H-Feldsensor D = 60mm mit Verstärker**

Drehung	Feldstärke vertikal	Feldstärke horizontal
0grd	-30,5dBm	-53,6dBm
90grd	-30,4dBm	-52,9dBm

Helmut – DL2AVH **Serba 12/2022**

Endkapazität 30pF

- Gerd Janzen : Kurze Antennen , Seite 232

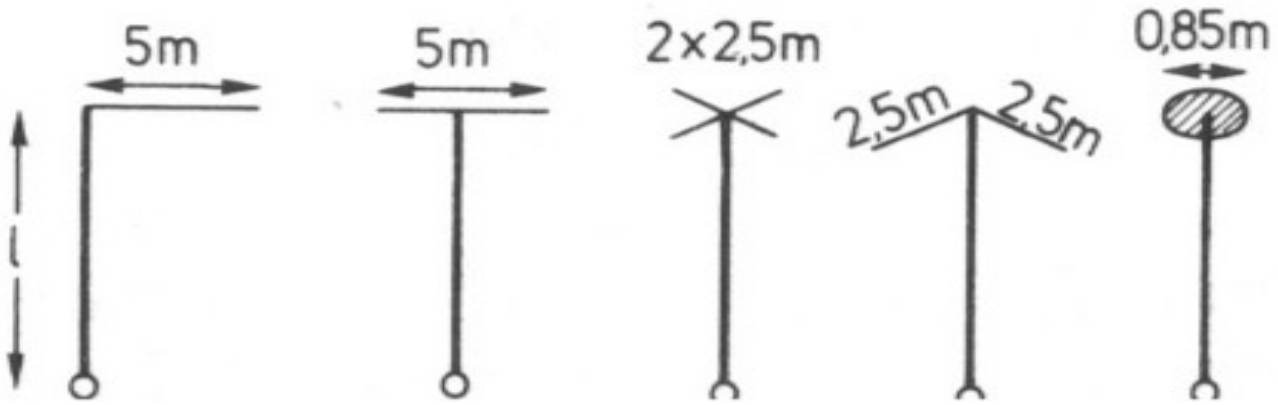
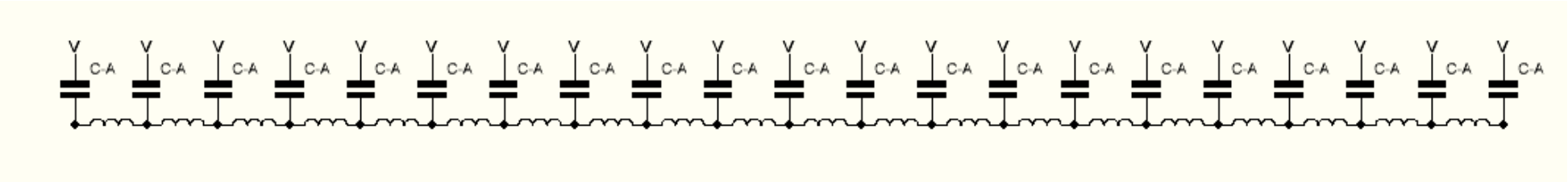


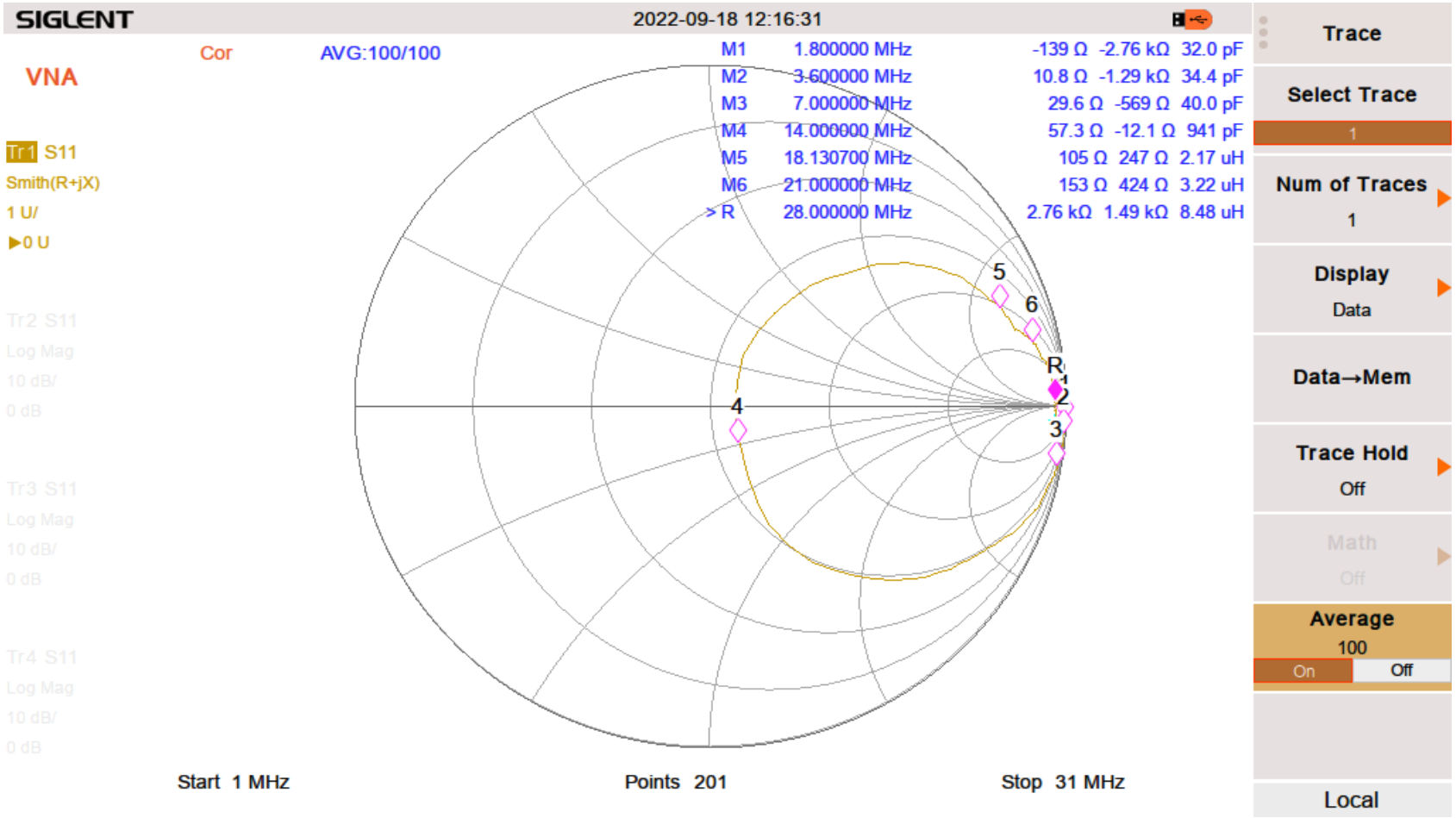
Abb. 6.16 **D = 2,5m , C_D = 88,5pF**

Verschiedene Endkapazitäten für C_D = 30pF



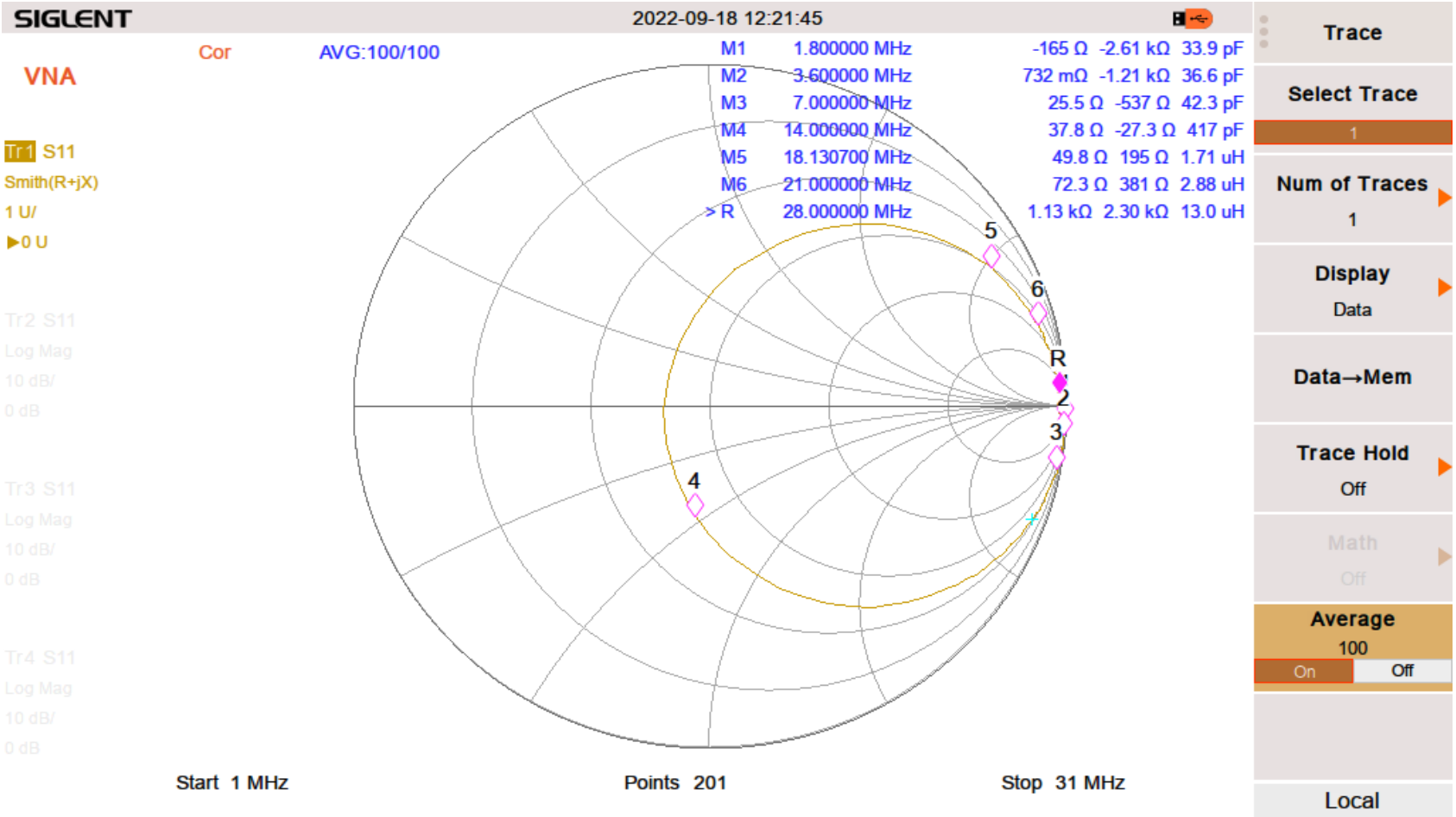
Helmut – DL2AVH **Serba 9/2022**

5m vertikal



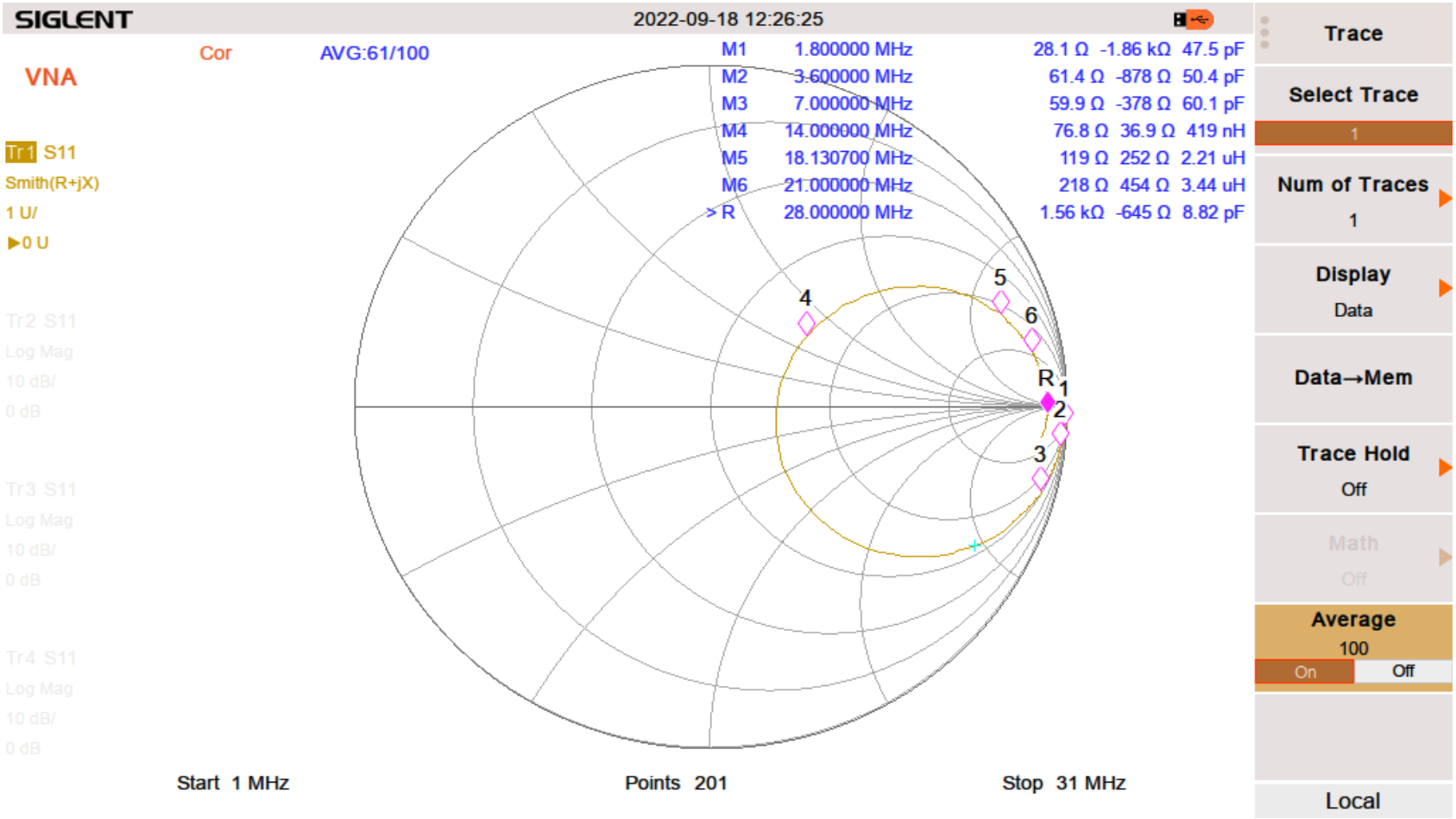
Helmut – DL2AVH **Serba 9/2022**

horizontal in 0,64m über Grund



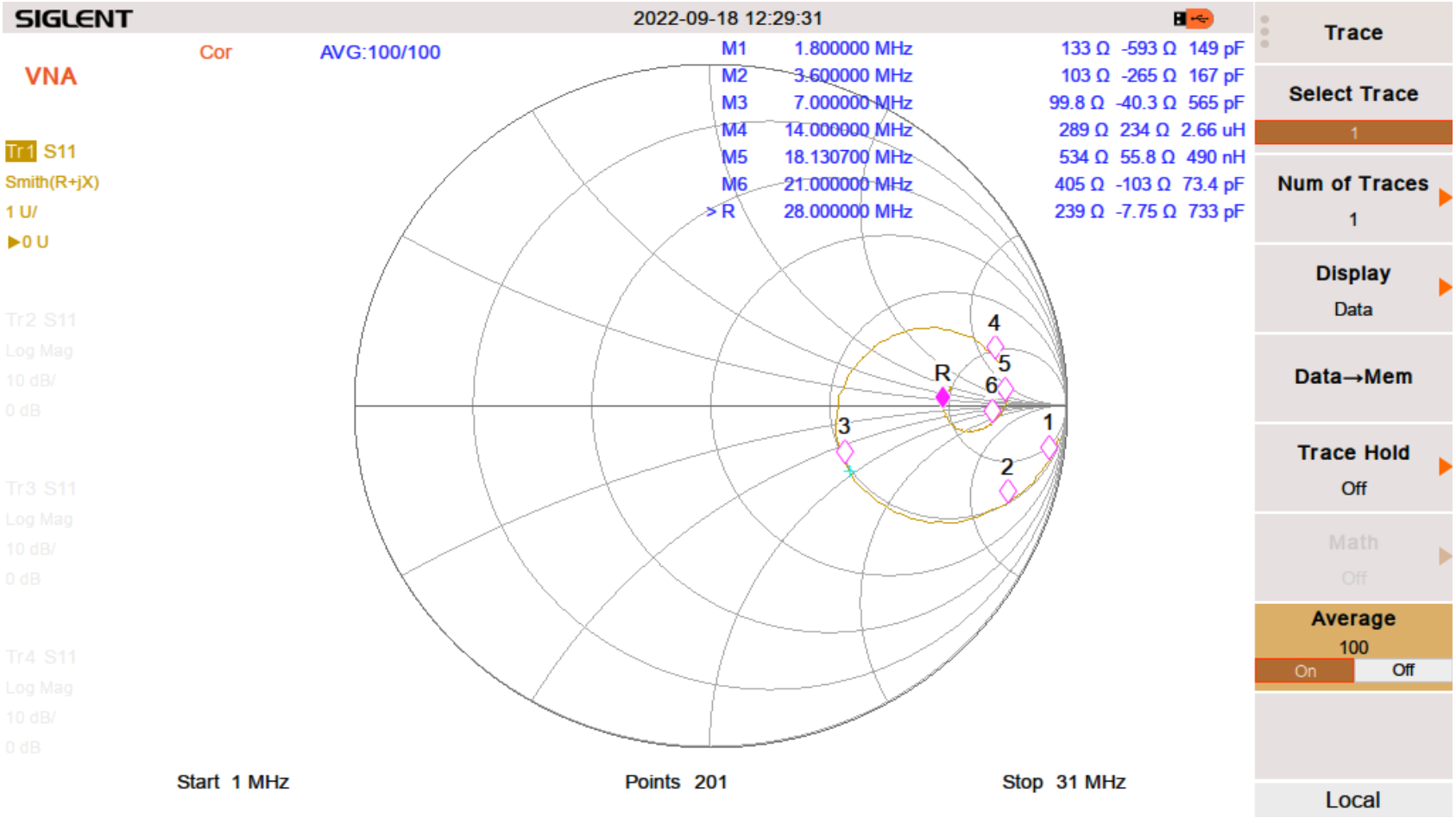
Helmut – DL2AVH **Serba 9/2022**

5m horizontal in 0,2m über Grund



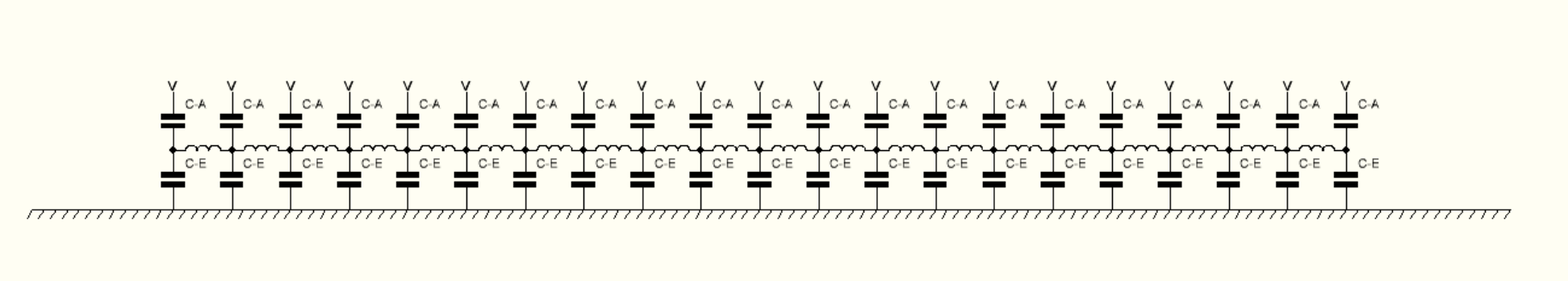
Helmut – DL2AVH **Serba 9/2022**

5m horizontal aufgelegt auf Rasen



Helmut – DL2AVH **Serba 9/2022**

5m horizontal über Grund

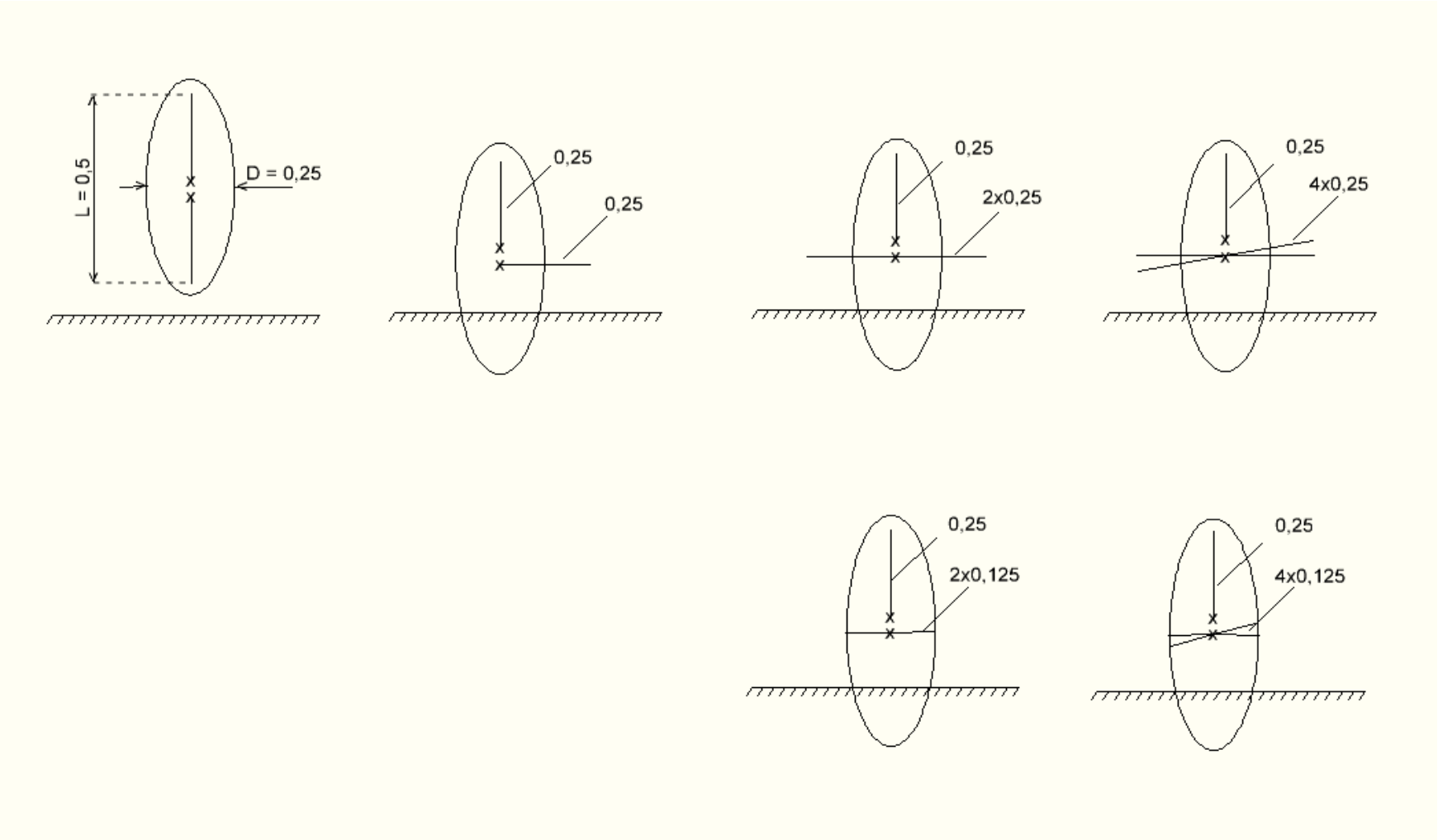


	C – E ges	C – A ges
h = 0,64m	1,9pF	32pF
h = 0,20m	15,5pF	32pF
h = 0,0m	117pF	32pF

Helmut – DL2AVH

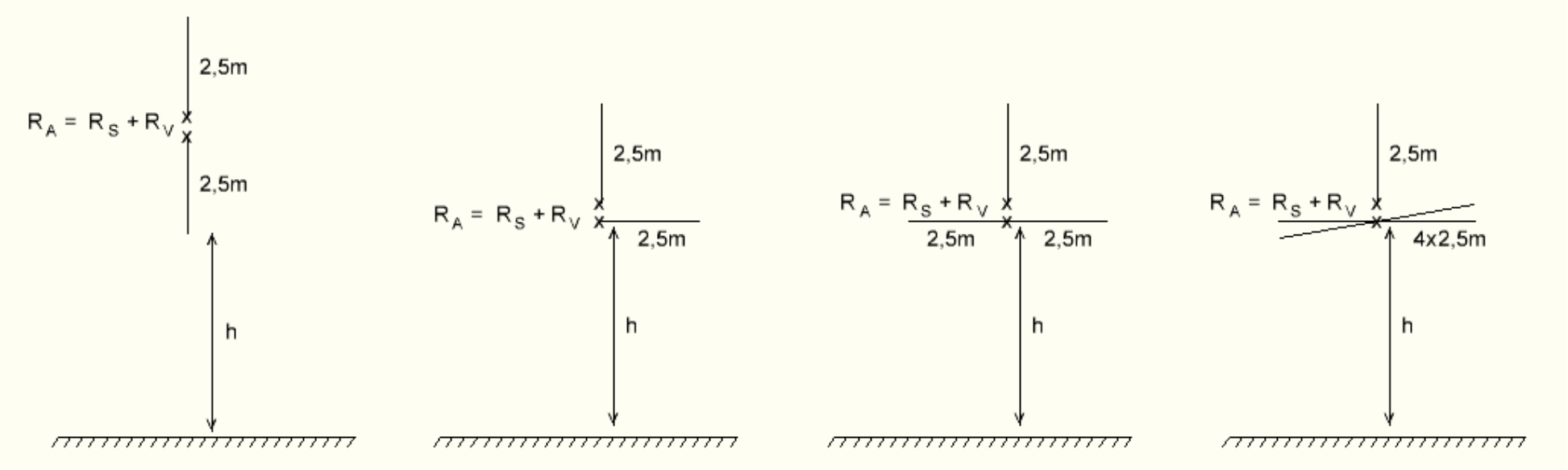
Serba 5/2023

Antennen-Experiment , Vertikalantenne über Grund



Helmut – DL2AVH **Serba 5/2023**

Antennen-Experiment , Vertikalantenne über Grund



h = 3m 28,34MHz
R_A = 66,7 Ω

h = 5,5m 29,14MHz
R_A = 35,0 Ω

h = 1m 28,39MHz
R_A = 78,1 Ω

h = 0,5m 29,34MHz
R_A = 41,8 Ω

h = 0,5m 29,34MHz
R_A = 31,9 Ω

h = 0,5m 29,34MHz
R_A = 30,4 Ω

h = 0,05m 28,45MHz
R_A = 95,0 Ω

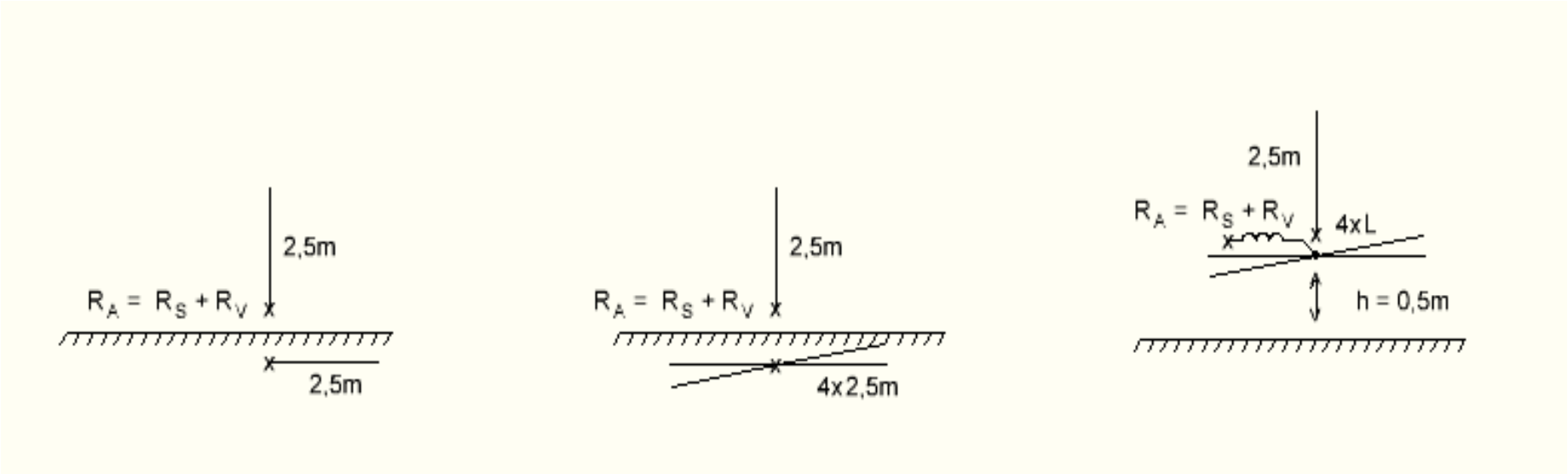
h = 0m (auf Rasen gelegt)

h = 0m 28,45MHz
R_A = 42,5 Ω

Helmut – DL2AVH

Serba 12/2022

Antennen-Experiment , Vertikalantenne über Grund



h = - 0,05m 31,91MHz
R_A = 222 Ω

h = - 0,05m 28,34MHz
R_A = 92,7 Ω

L = 1,0m L_K = 0,78µH
R_A = 29,5 Ω 28,13MHz

L = 0,5m L_K = 1,38µH
R_A = 30,8 Ω 28,91MHz

h = - 0,05m (0,05m tief im Lehmboden)

L = 0,25m L_K = 2,13µH
R_A = 41,3 Ω 28,82MHz

Helmut – DL2AVH

Serba 12/2022

AMIDON-Ringkern T94-6

L_K = 0,78µH 9Wdg/0,63Cul

R_V = 0,65 Ω

L_K = 1,38µH 12Wdg/0,63Cul

R_V = 1,56 Ω

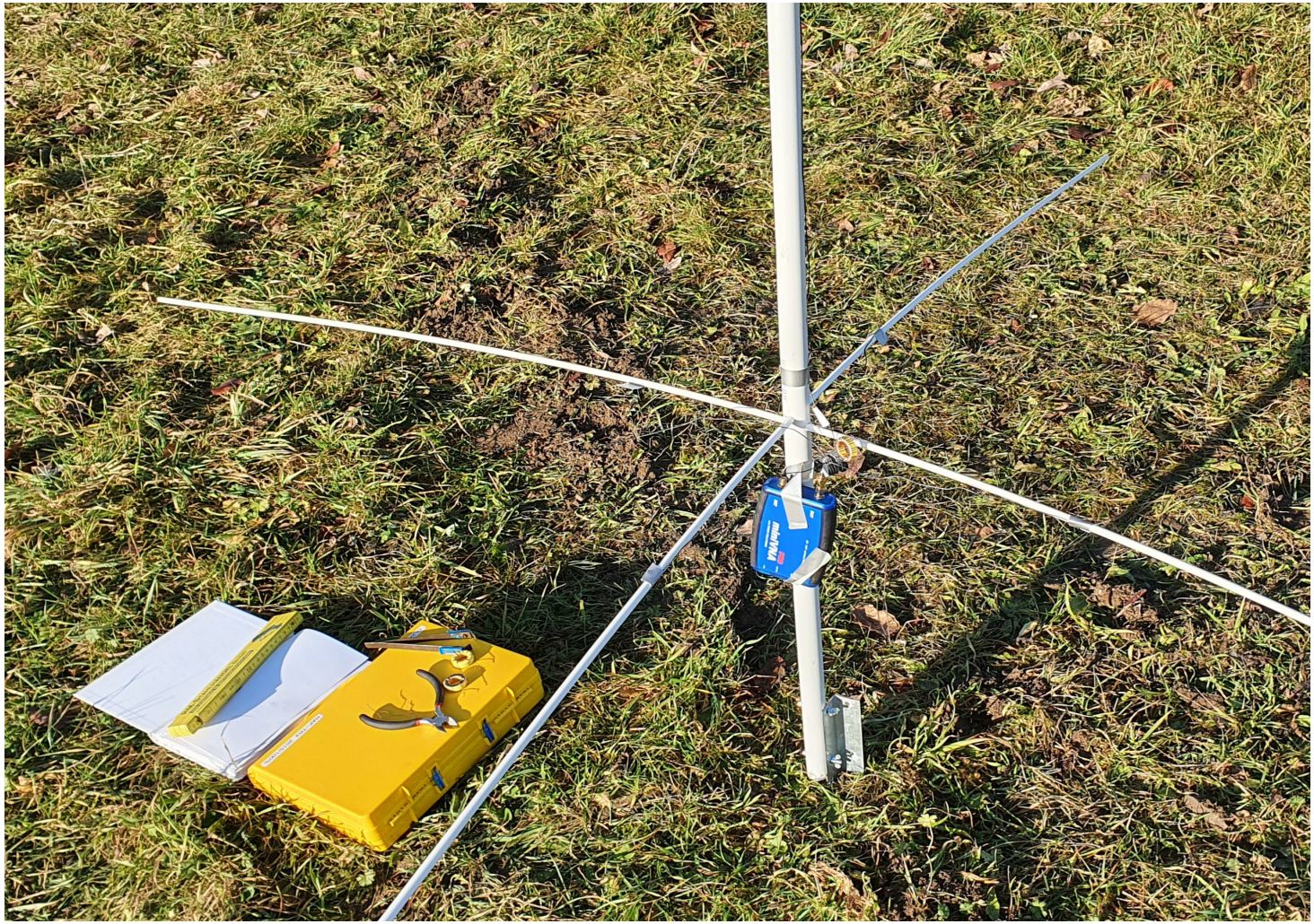
L_K = 2,13µH 15Wdg/0,63CuL

R_V = 2,64 Ω

Helmut – DL2AVH

Serba 12/2022

Messungen mit miniVNA PRO und VNA SVA1032X

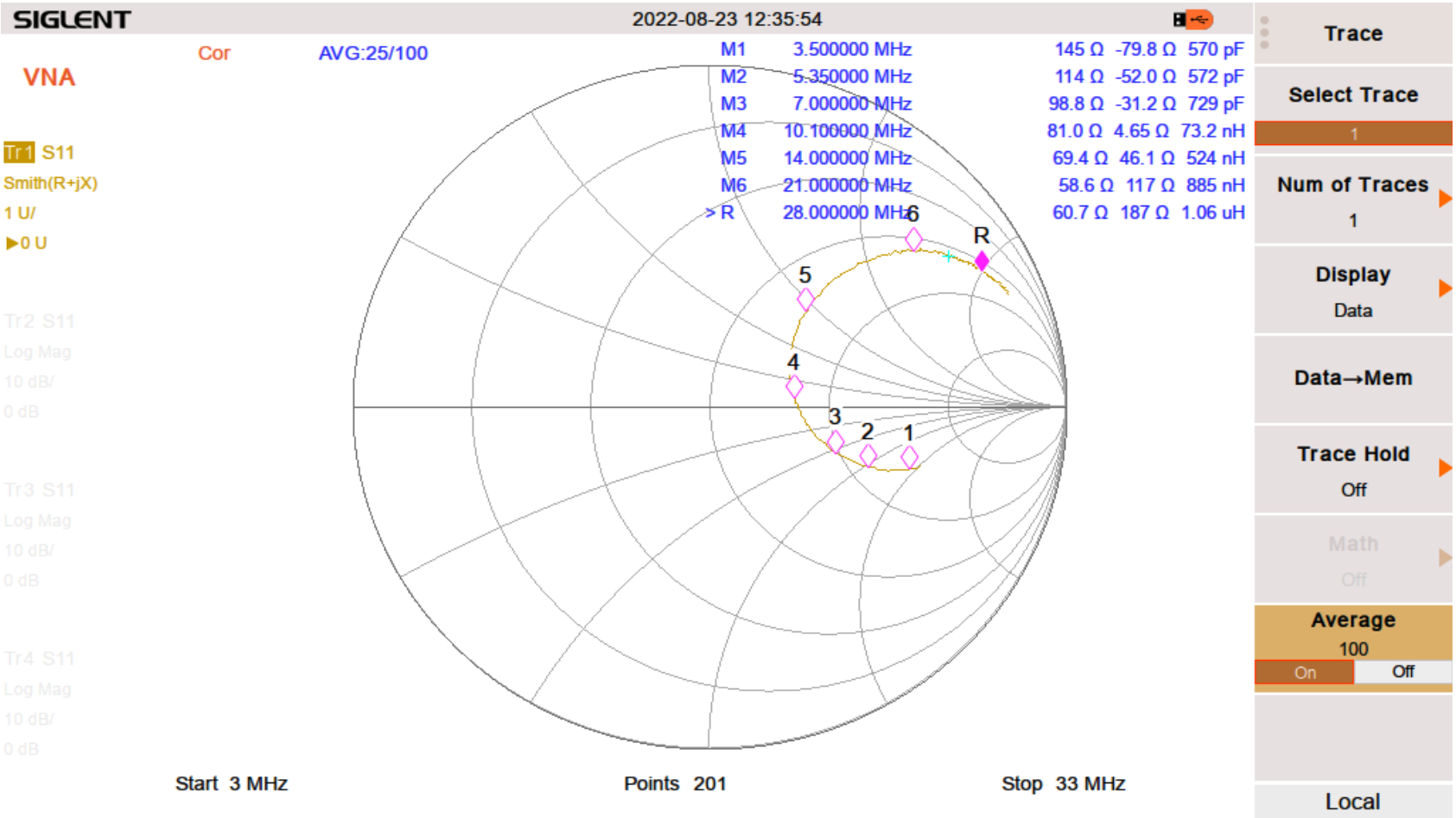


Helmut – DL2AVH **Serba 12/2022**

Tiefenerder

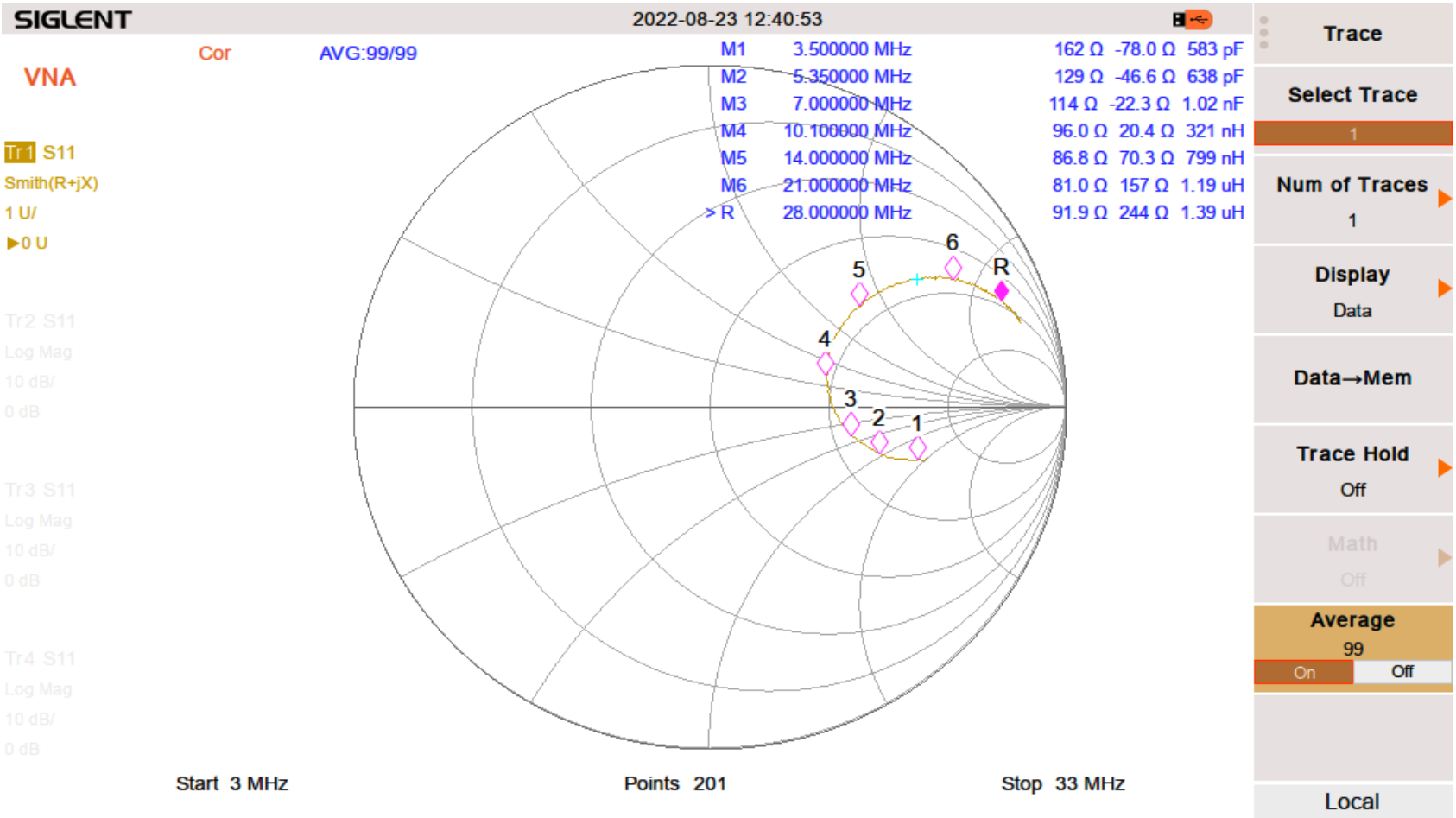
Helmut – DL2AVH **Serba 8/2022**

Tiefenerder - Abstand 0,45m



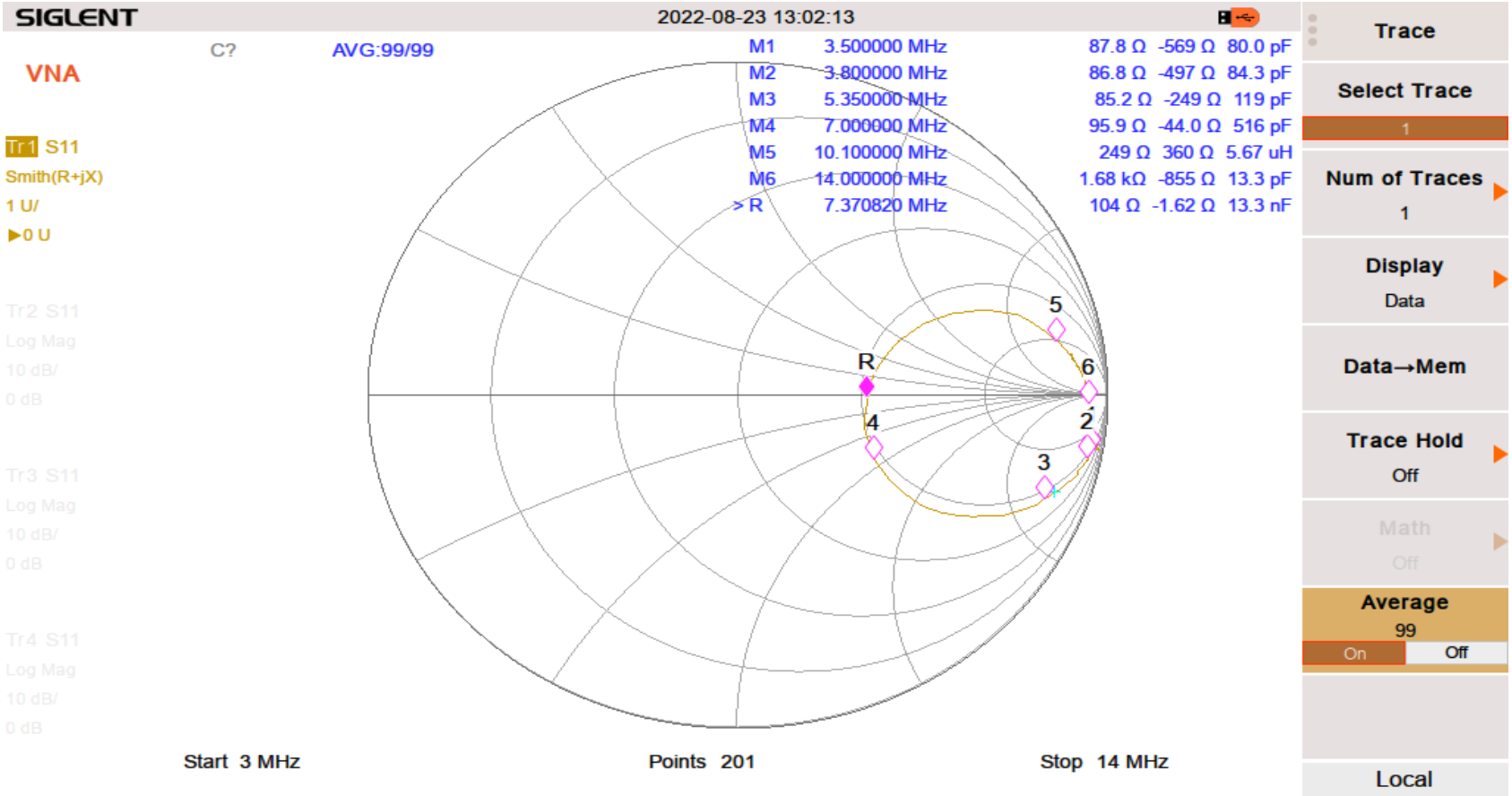
Helmut – DL2AVH **Serba 8/2022**

Tiefenerder - Abstand 0,85m



Helmut – DL2AVH **Serba 8/2022**

Vertikal 10m mit 1xTiefenerder

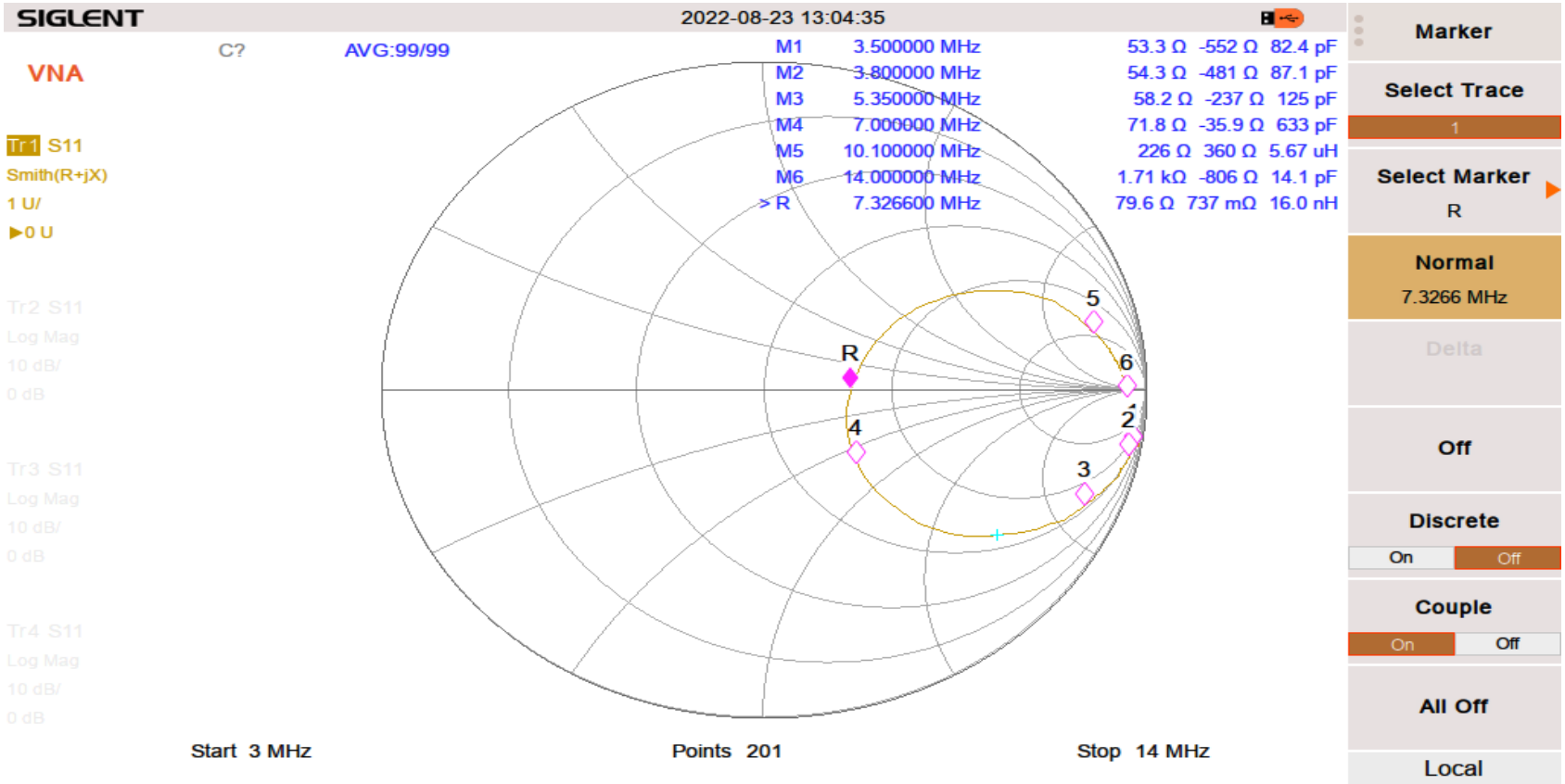


40m Strahlungswiderstand R_S = 36 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 0,35**

80m Strahlungswiderstand R_S = 5,7 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 0,08**

160m Strahlungswiderstand R_S = 1,6 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 0,02**

Vertikal 10m mit 2xTiefenerder

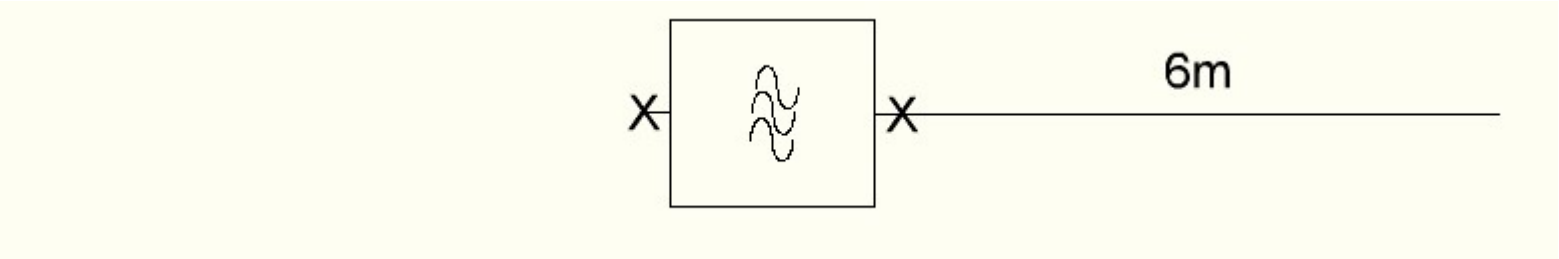


40m Strahlungswiderstand R_S = 36 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 0,45**

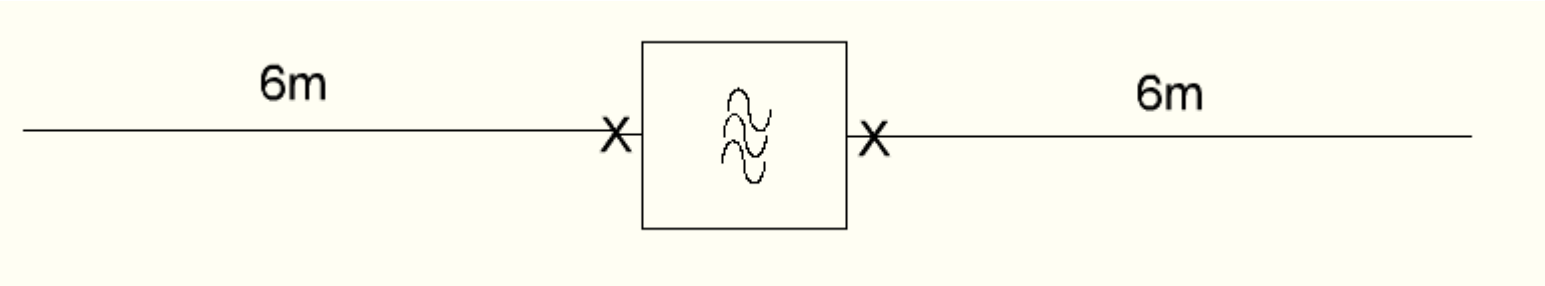
80m Strahlungswiderstand R_S = 5,7 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 0,11**

160m Strahlungswiderstand R_S = 1,6 Ω **Antennenwirkungsgrad η_{ant} = 0,035**

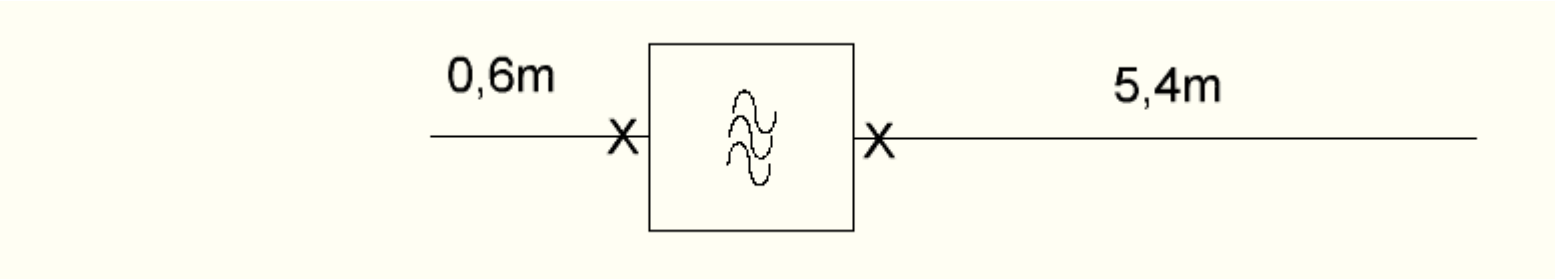
Antennen-Experiment , Endgespeichte Halbwellenantennen



Kein Gegengewicht – keine Funktion

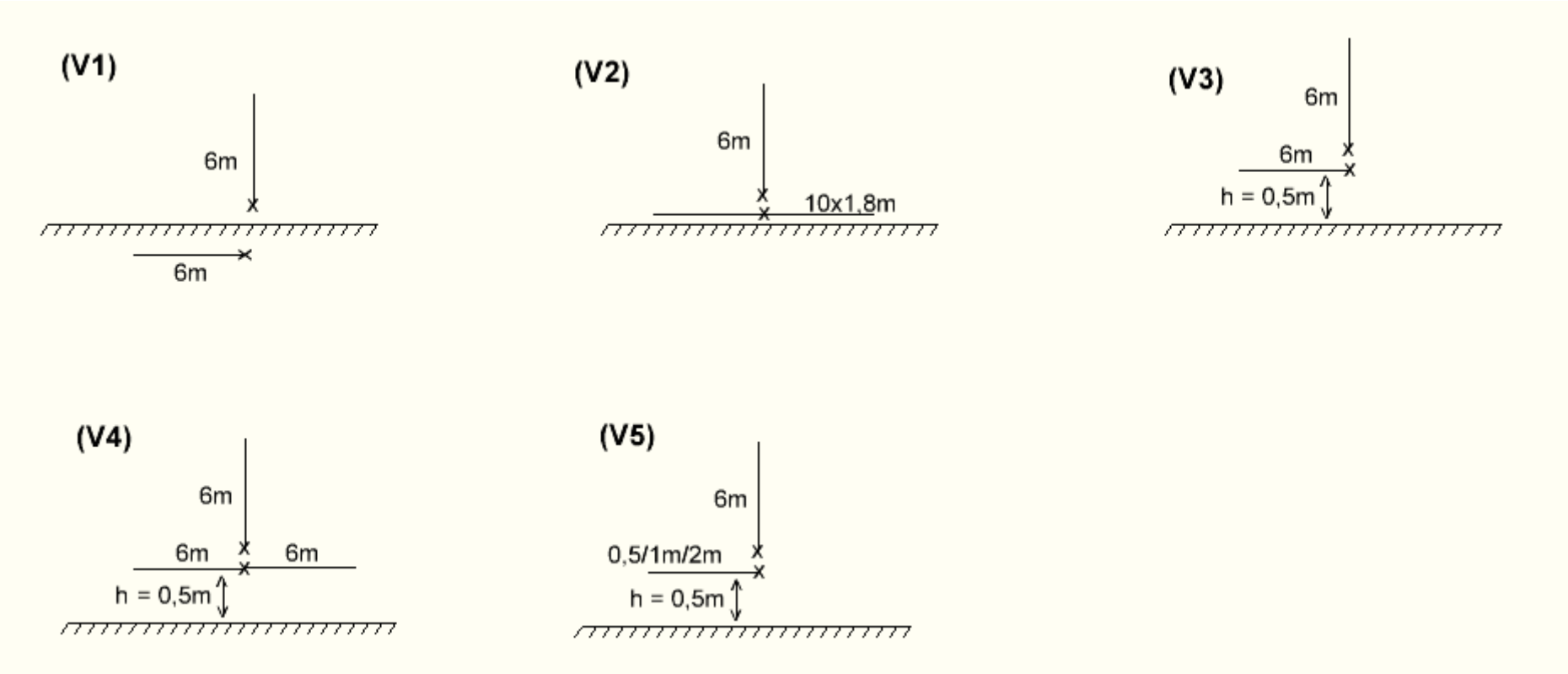


Eine Halbwellenantenne braucht ein Halbwellen - Gegengewicht



12m Halbwellenantenne 5,4m + 0,6m = 6m 0,6m = 0,05ƛ = 3,6pF

Testvarianten V1 bis V5

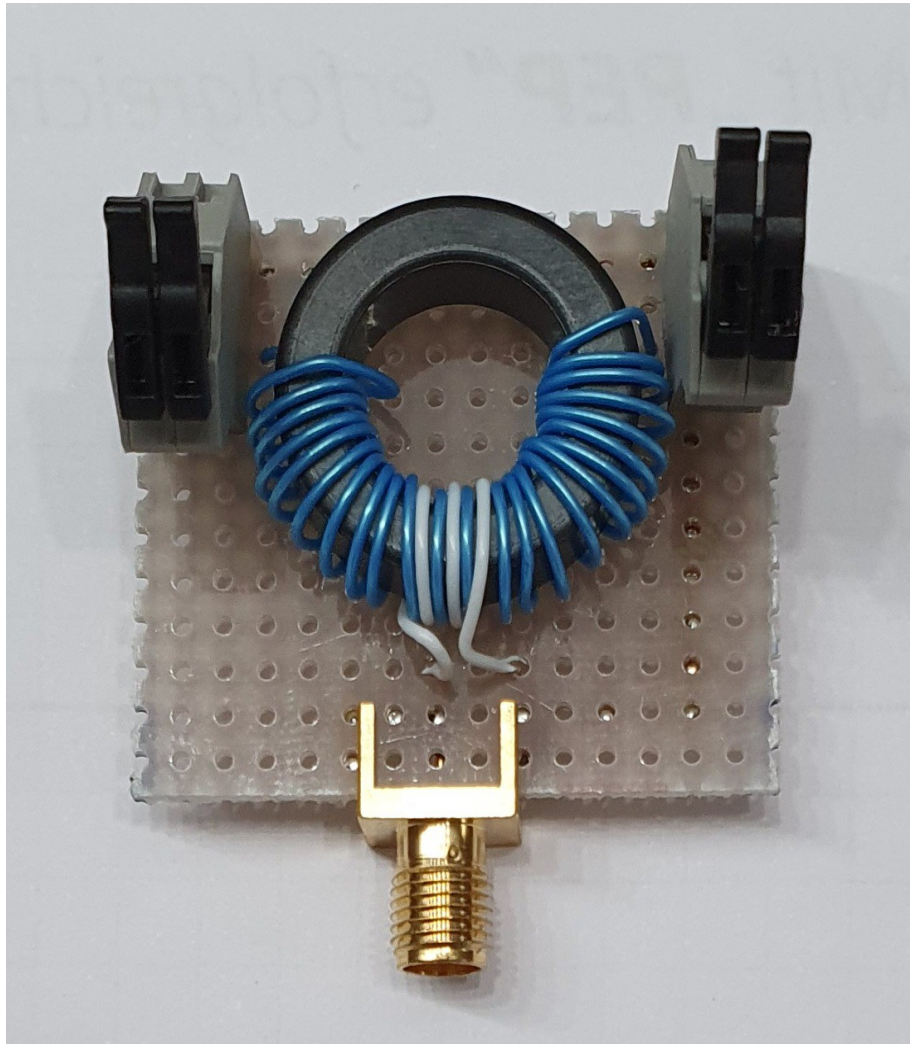


(V1) R_A = 3,6k **(V2) R_A = 3,9k** **(V3) R_A = 5,45k** **(V4) R_A = 5,5k**
(V5/2m) R_A = 4,4k **(V5/1m) R_A = 5,2k** **(V5/0,5m) R_A = 5,8k**

(V1) h = - 0,05m (0,05m tief im Lehmboden) **(V2) h = 0m (auf Rasen gelegt)**

Helmut – DL2AVH **Serba 12/2022**

Antennen-Experiment , Endgespeichte Halbwellenantennen



Trennübertrager 24Wdg zu 3Wdg

Ringkern FT82-43

Nutzbar 3,5 … 30 MHz

3,5 … 30MHz + - 0,25dB

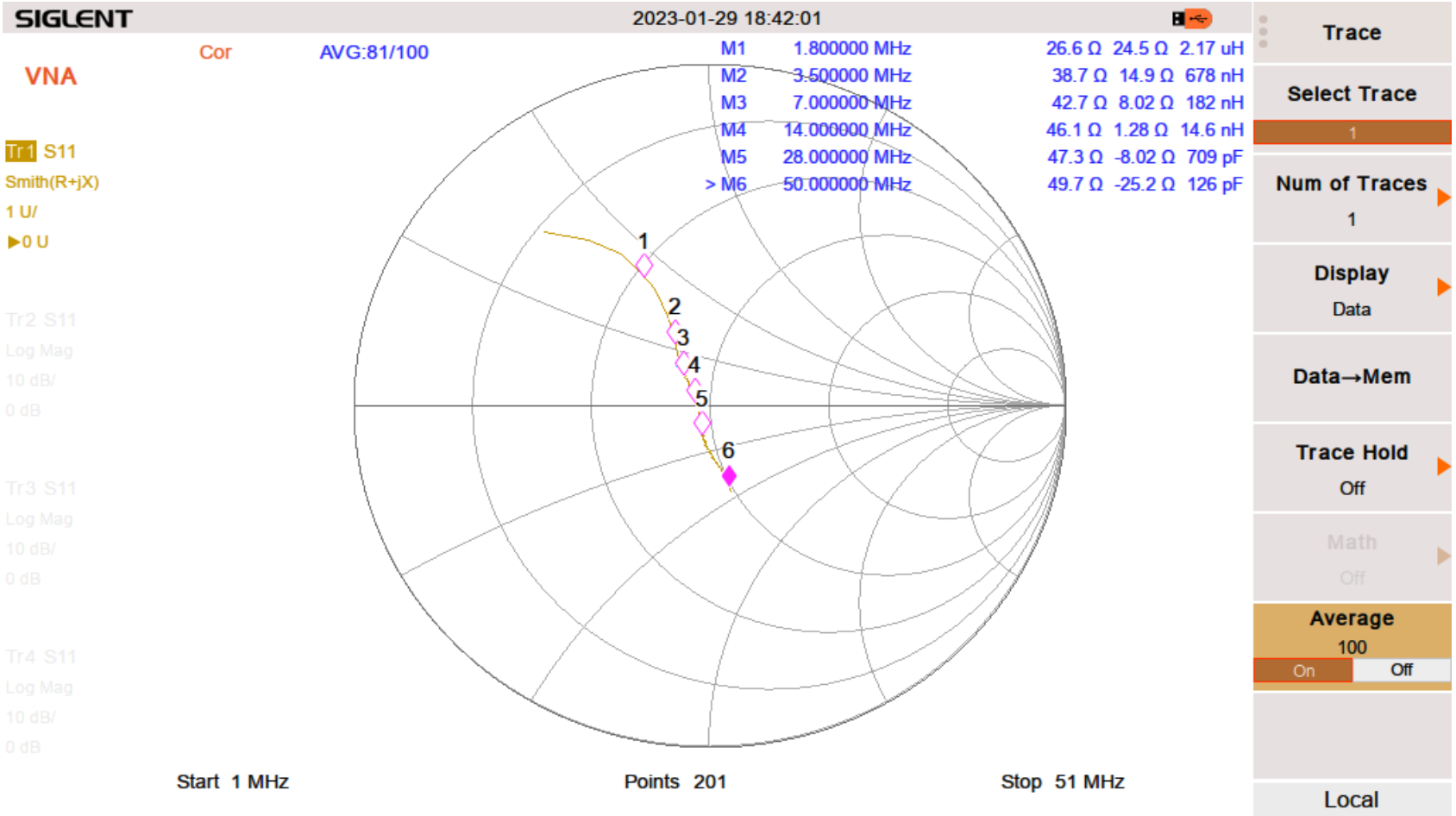
Kleine Streuinduktivität 165nH

Kompensation 68pF

Helmut – DL2AVH

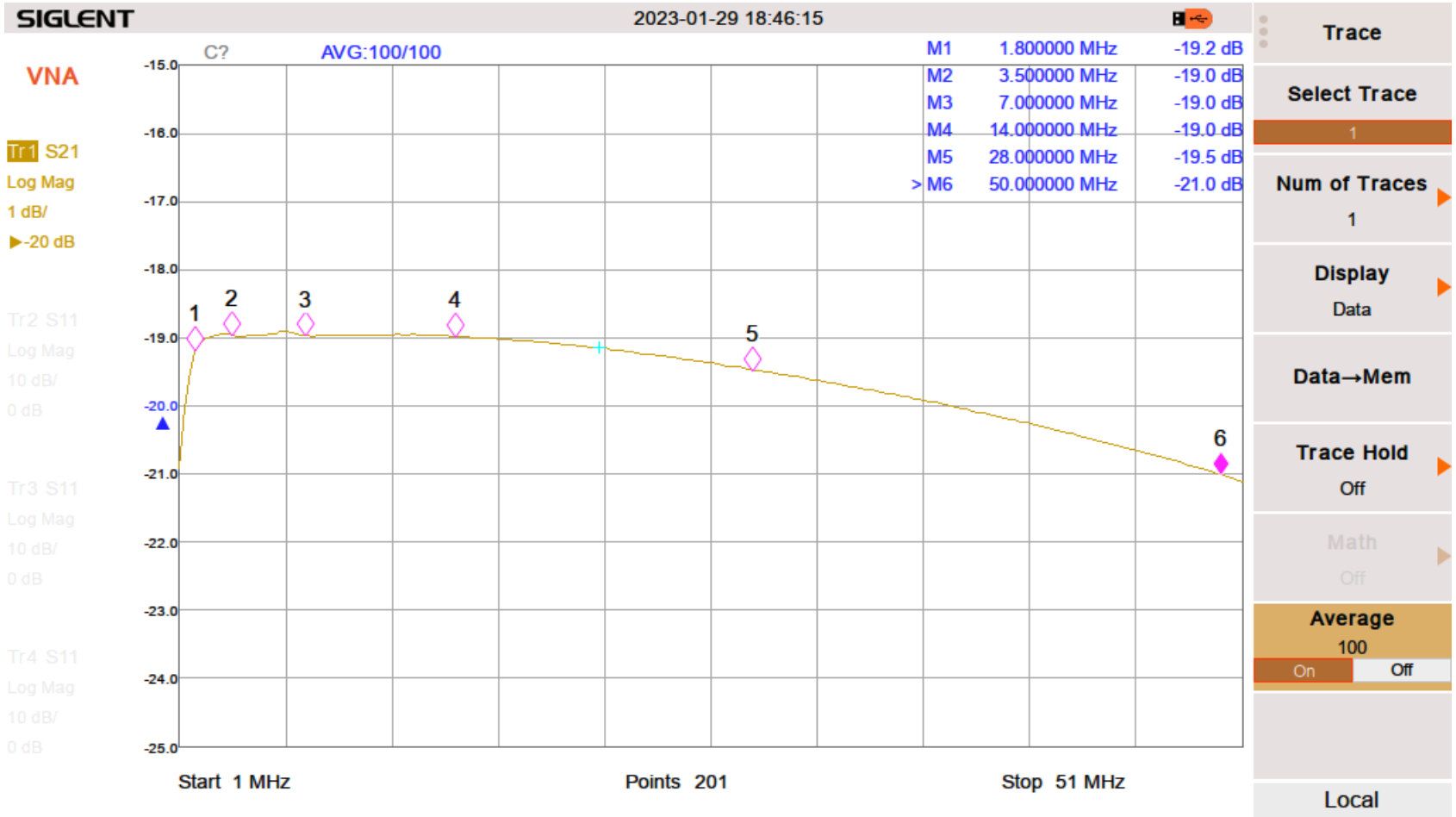
Serba 4/2023

Trennübertrager 24Wdg zu 3Wdg



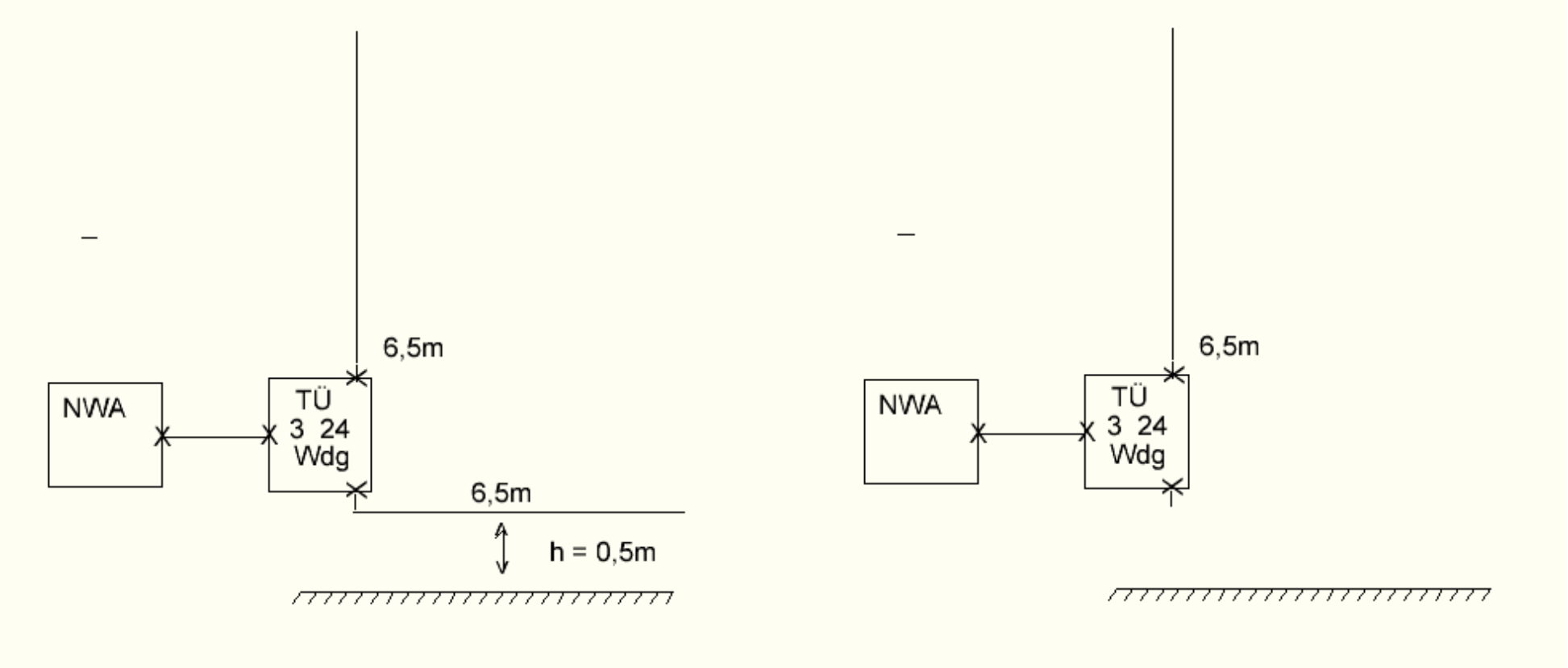
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Trennübertrager 24Wdg zu 3Wdg



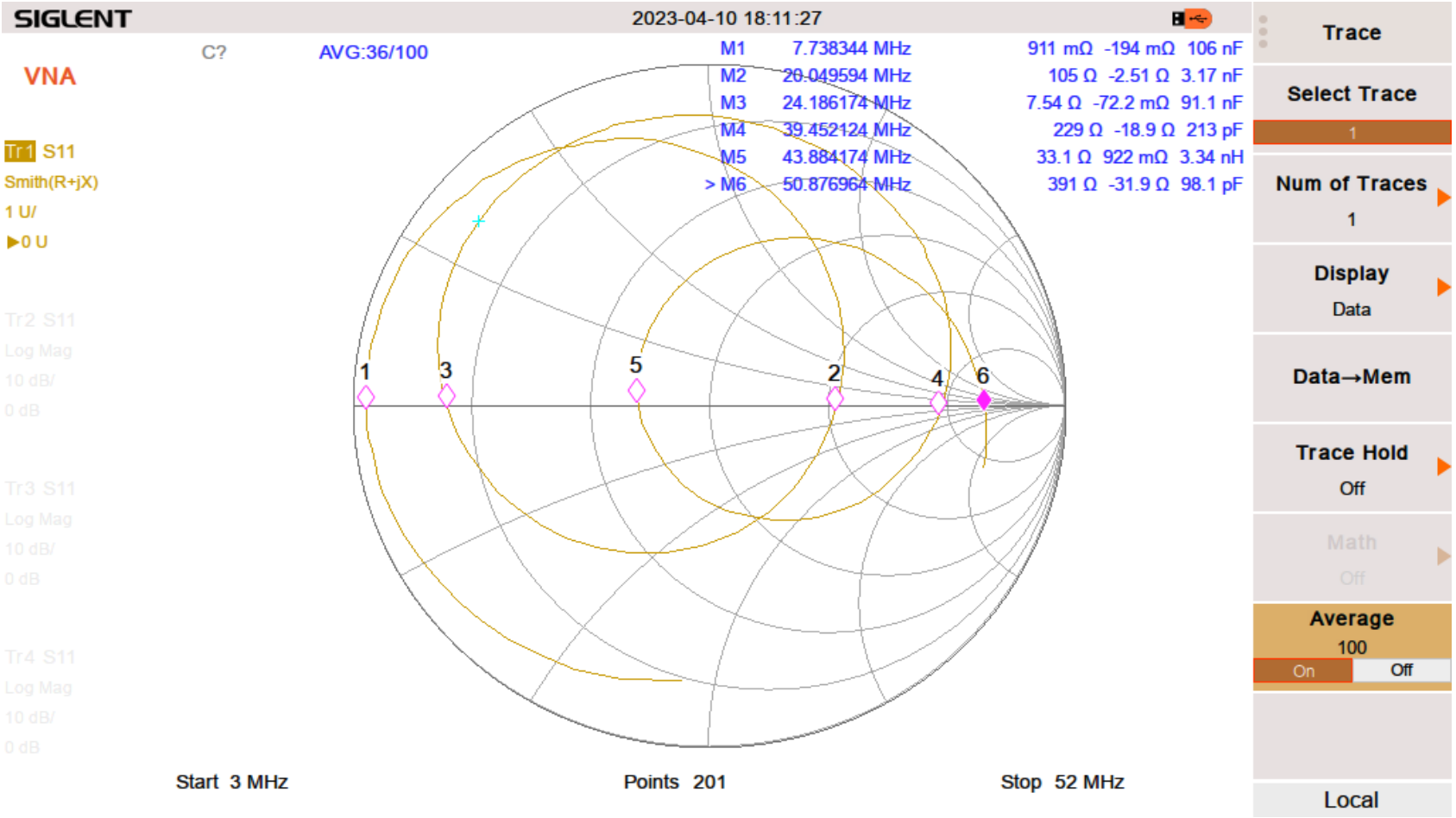
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment , Endgespeichte Halbwellenantennen



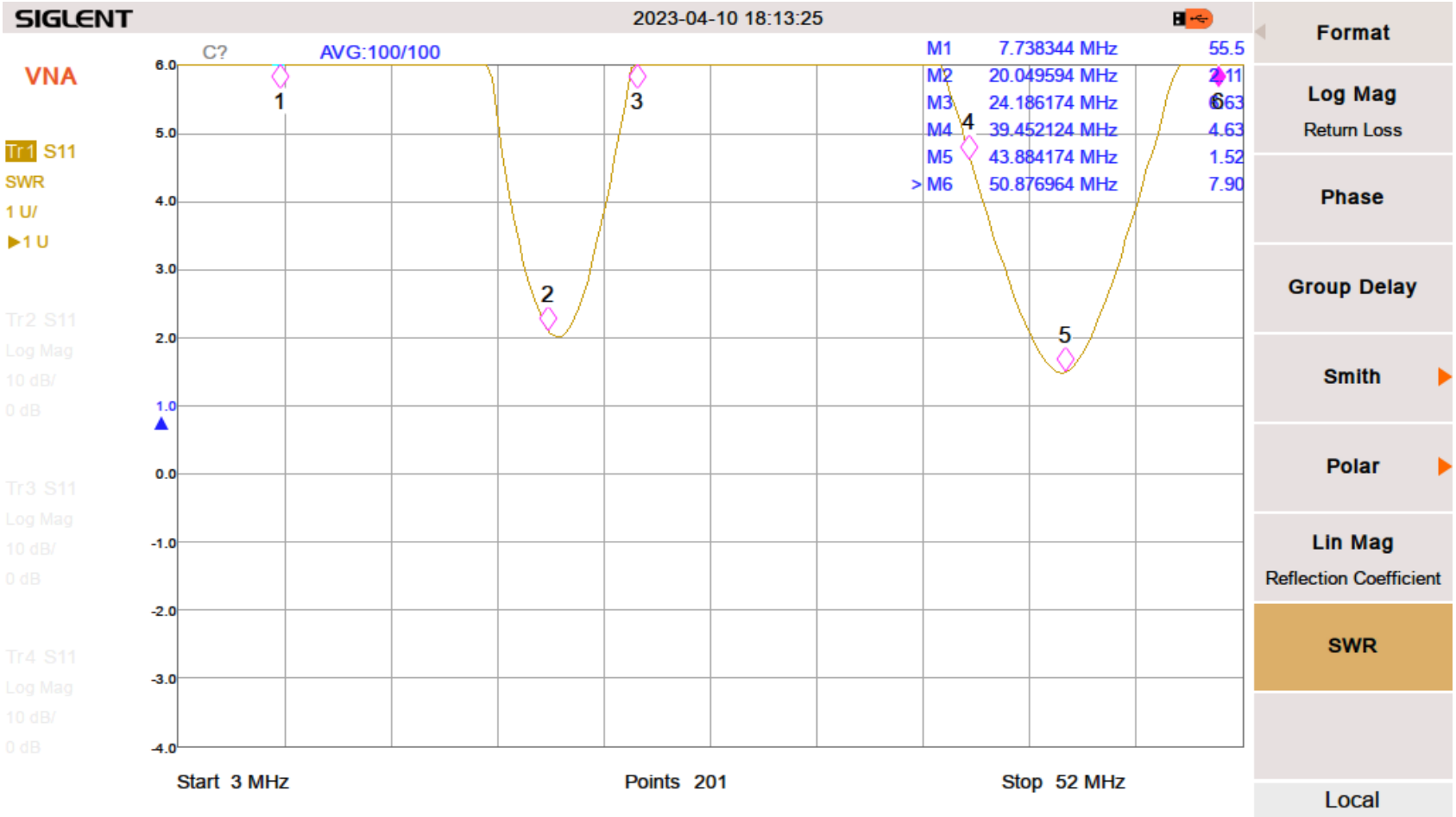
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment 2 x 6,5m / Trennübertrager 24 zu 3Wdg



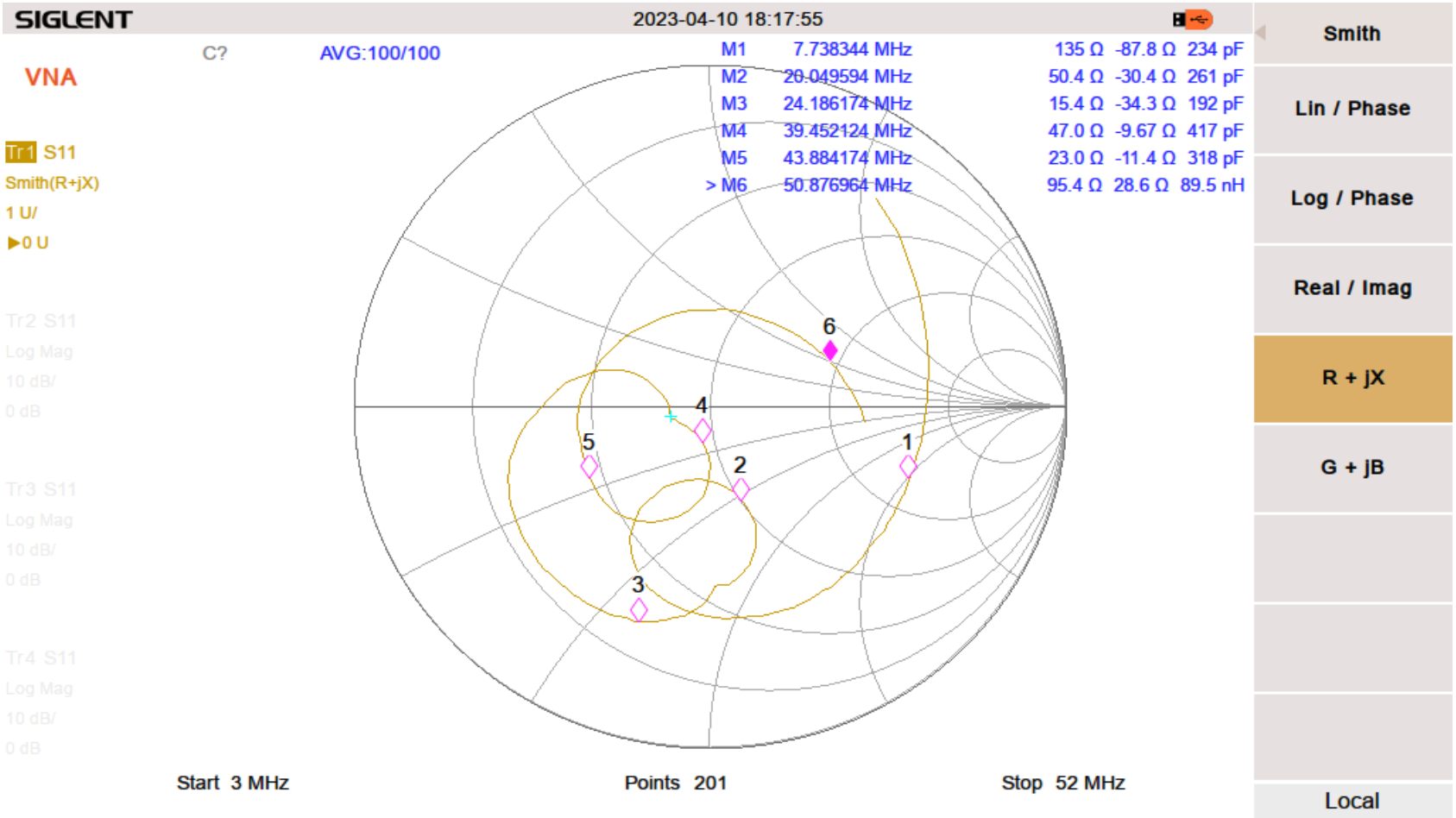
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment 2 x 6,5m / Trennübertrager 24 zu 3Wdg



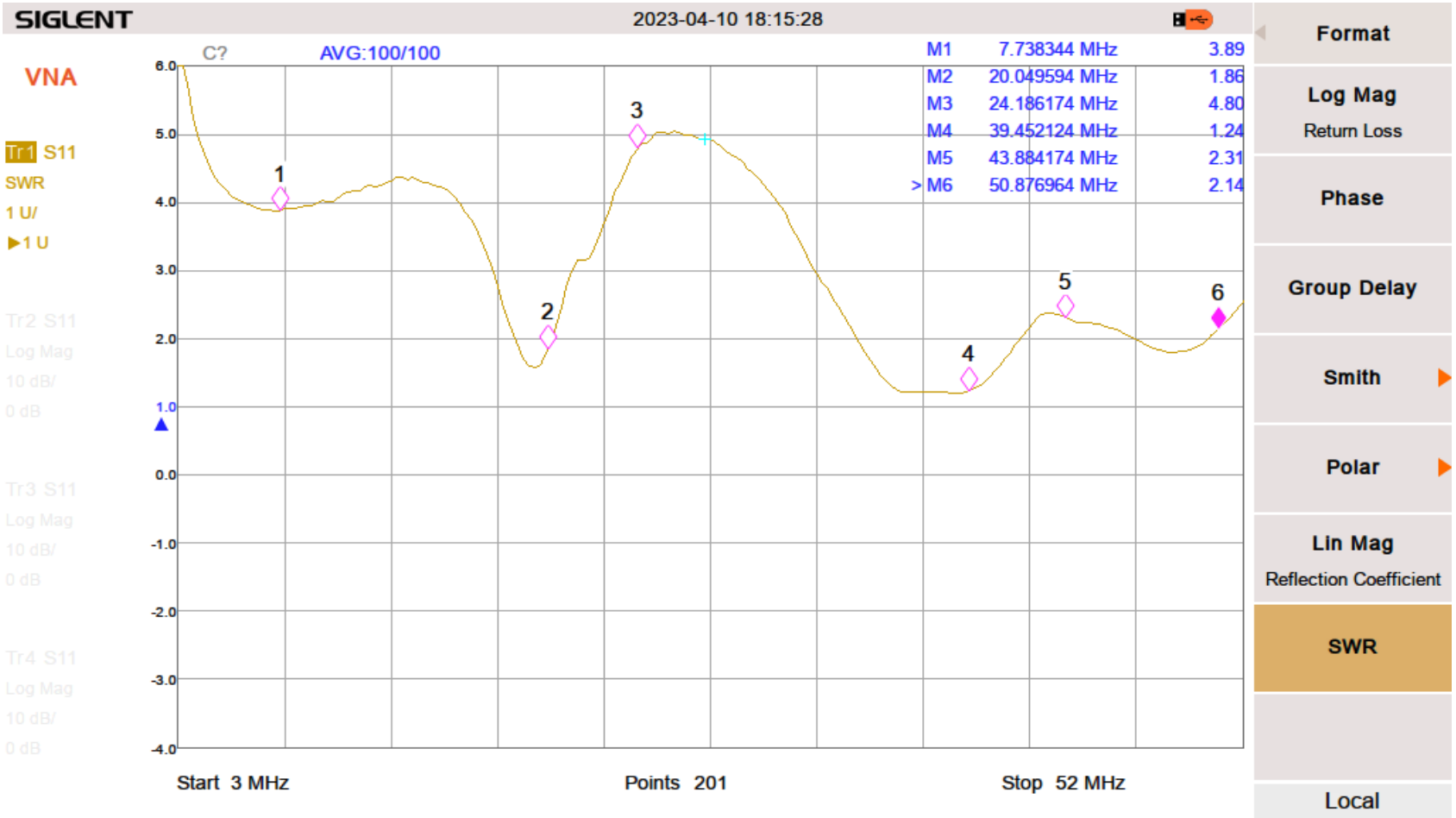
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment 1 x 6,5m / Trennübertrager 24 zu 3Wdg



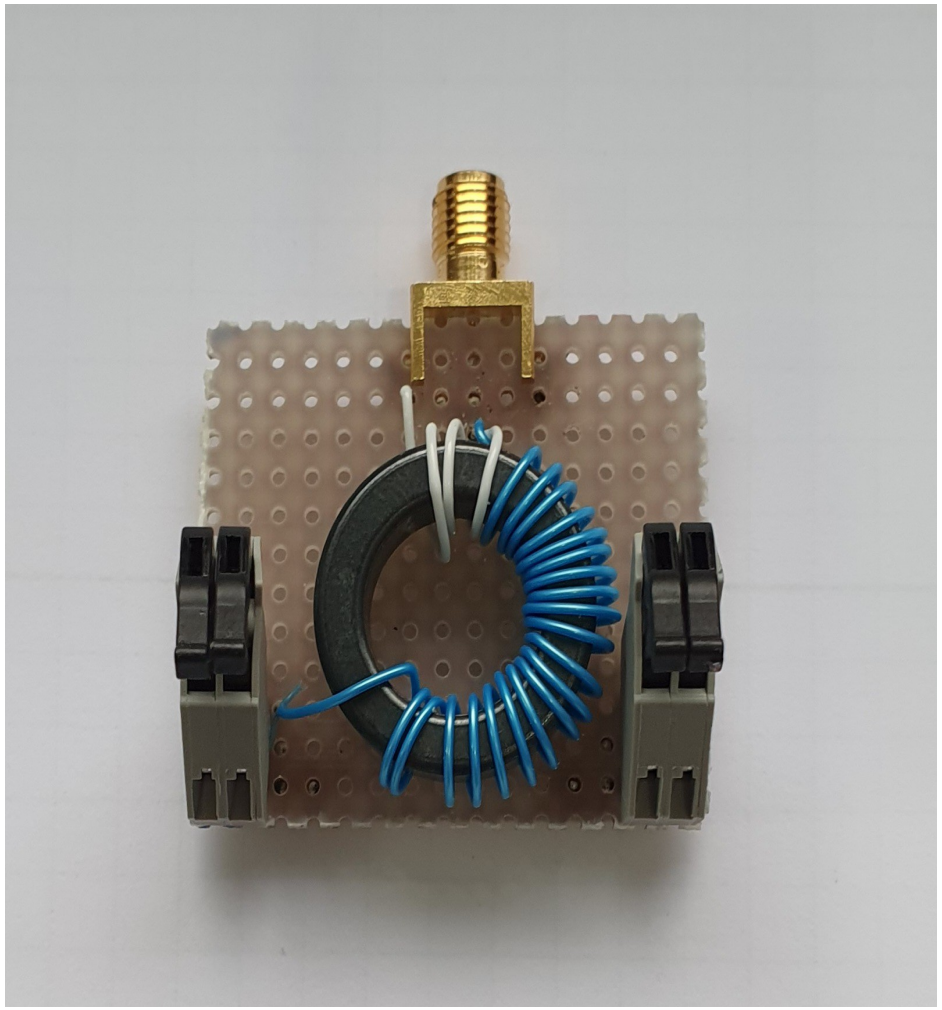
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment 1 x 6,5m / Trennübertrager 24 zu 3Wdg



Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment , Endgespeichte Halbwellenantennen



Übertrager 21+3Wdg (24 zu 3)

Ringkern FT82-43

Nutzbar 3,5 … 30 MHz

3,5 … 30MHz + - 0,2dB

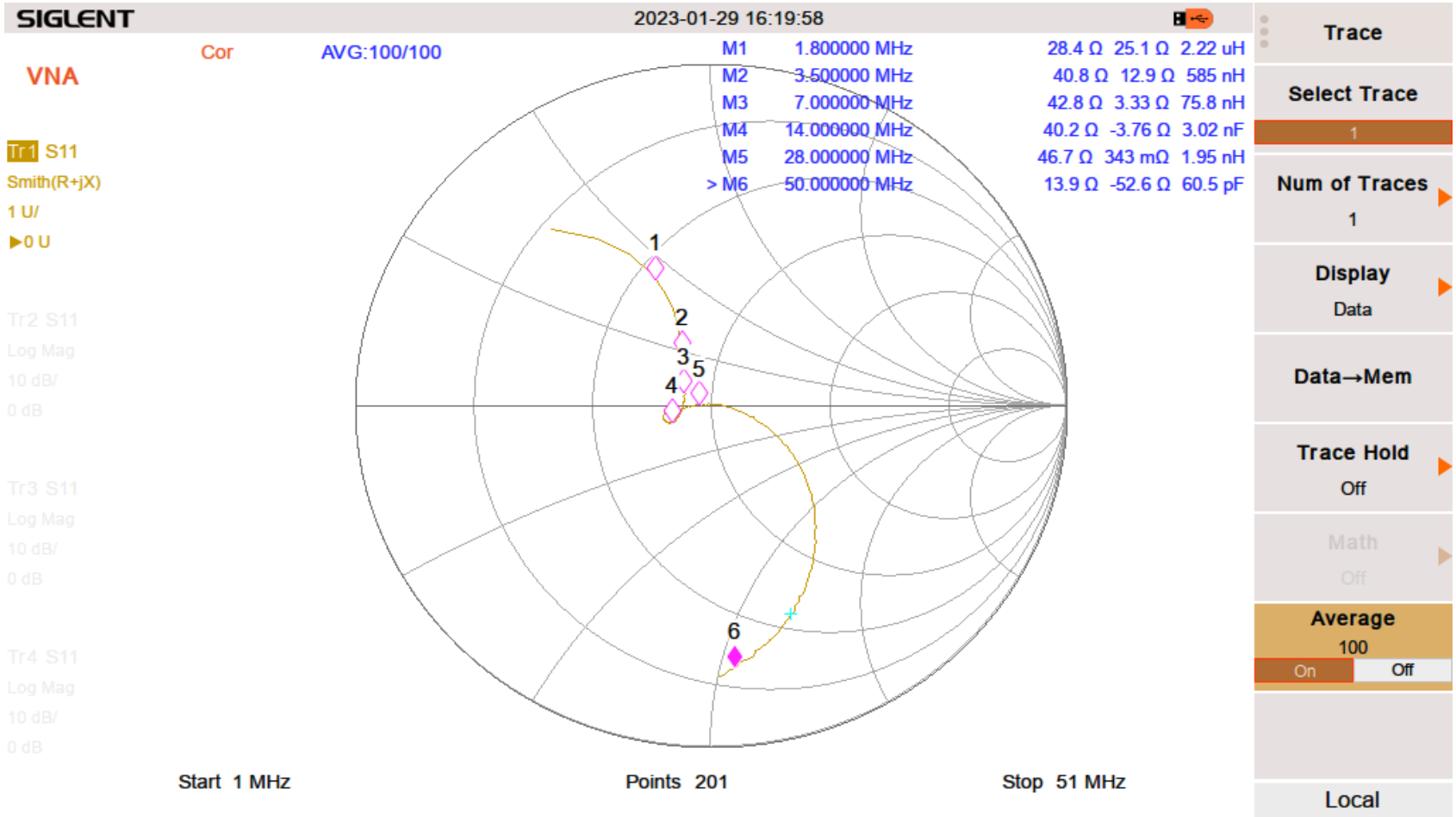
Kleine Streuinduktivität 265nH

Kompensation 100pF

Helmut – DL2AVH

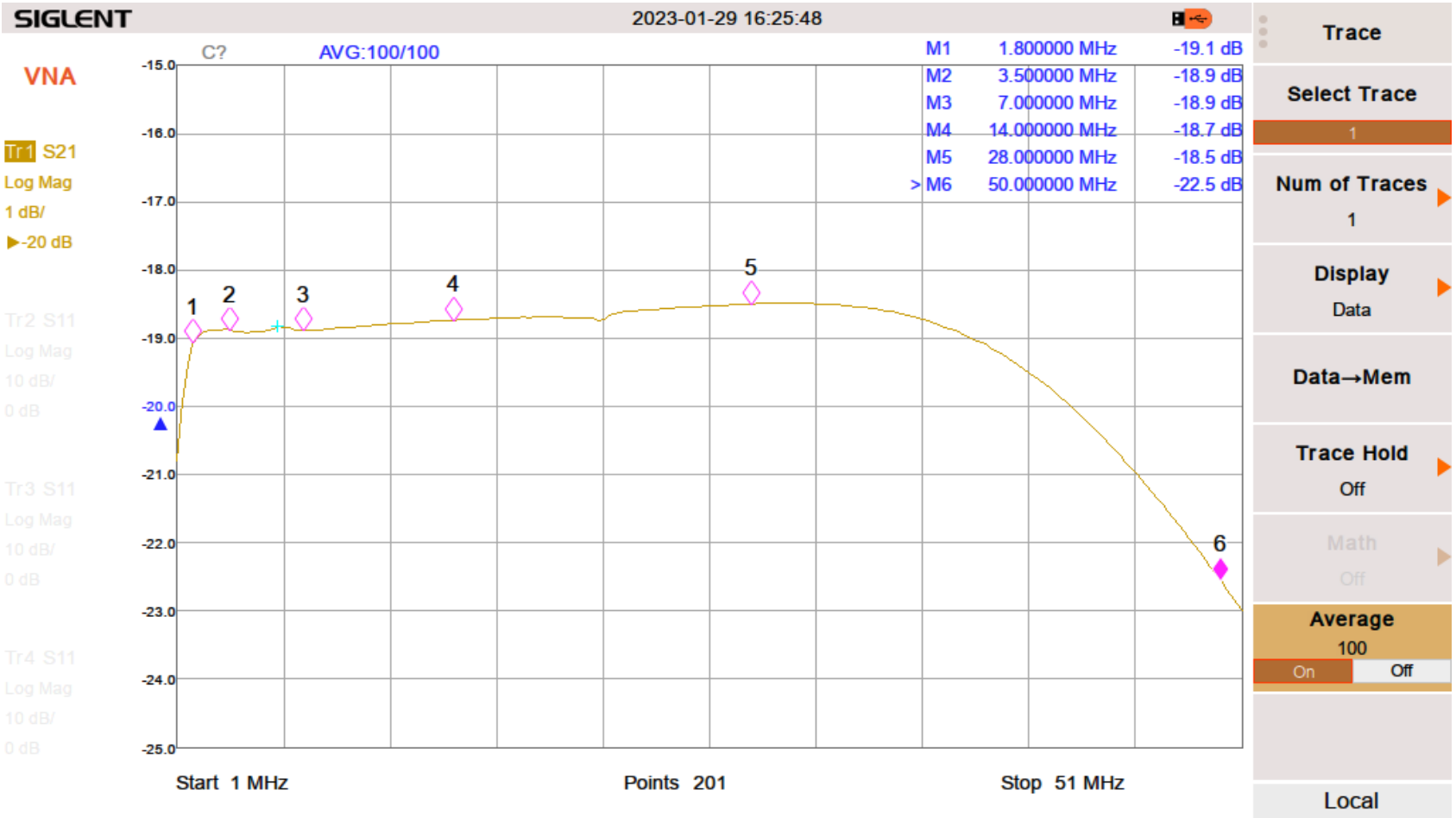
Serba 4/2023

Übertrager 21+3Wdg (24 zu 3)



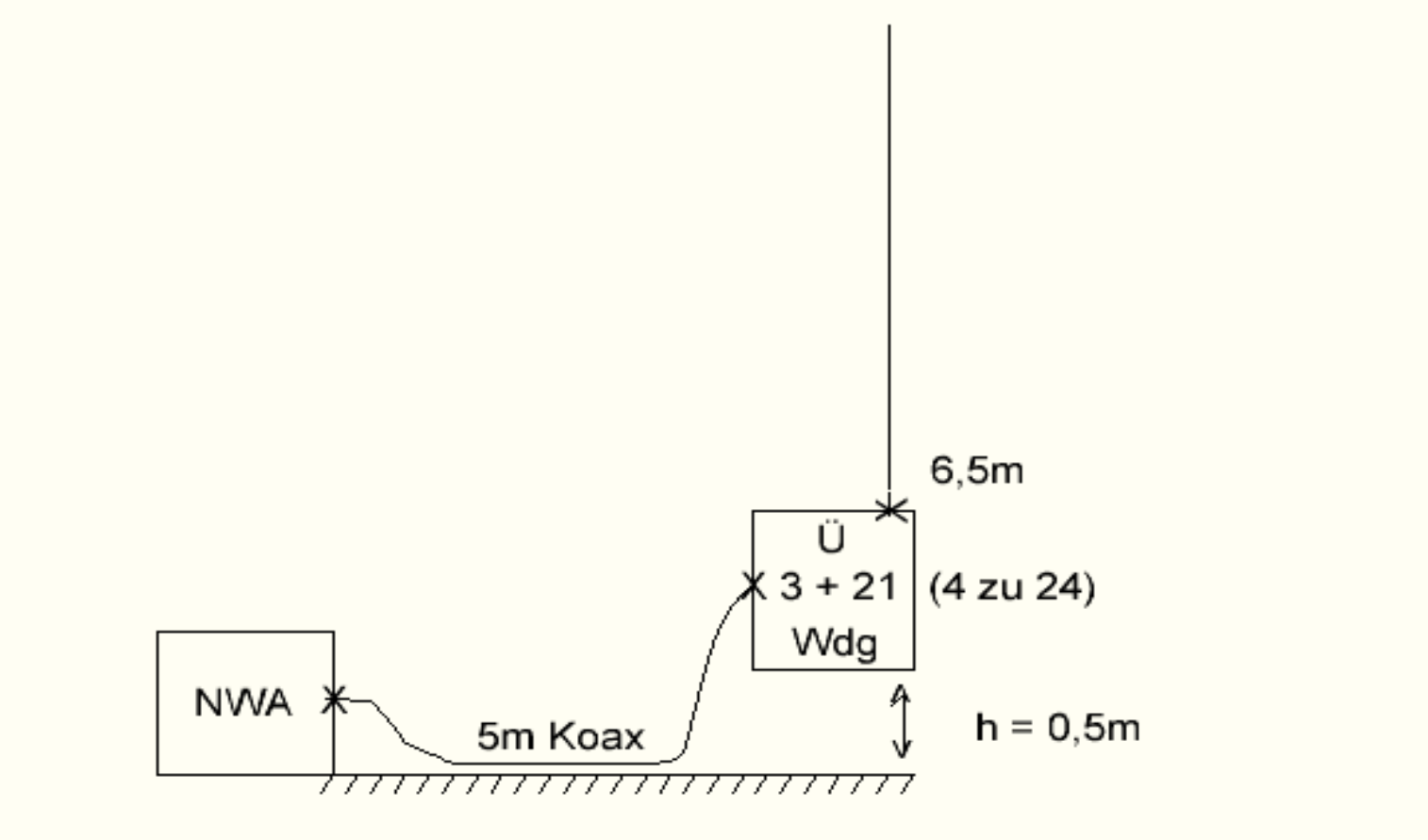
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Übertrager 21+3Wdg (24 zu 3)



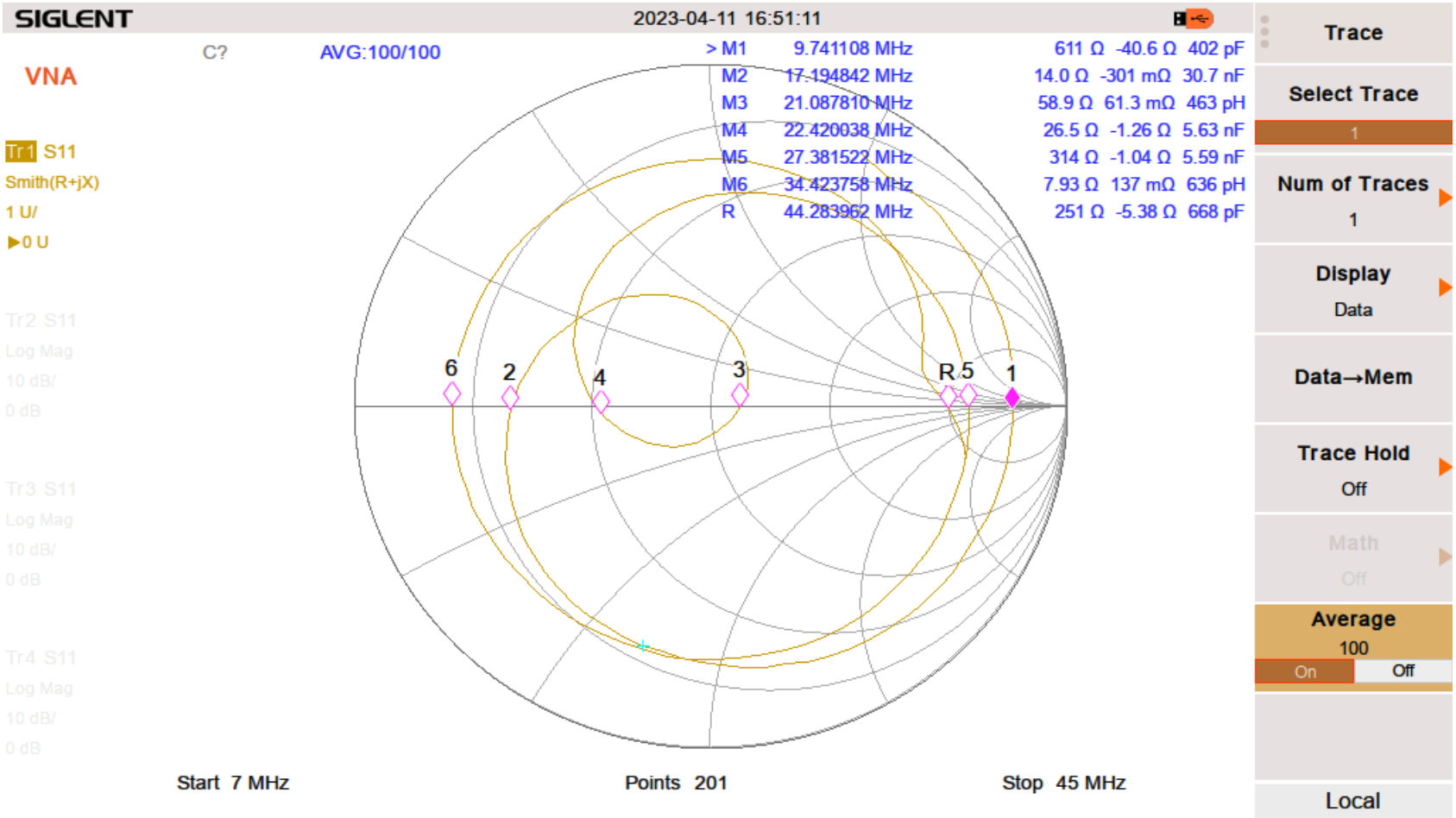
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment , Endgespeichte Halbwellenantennen



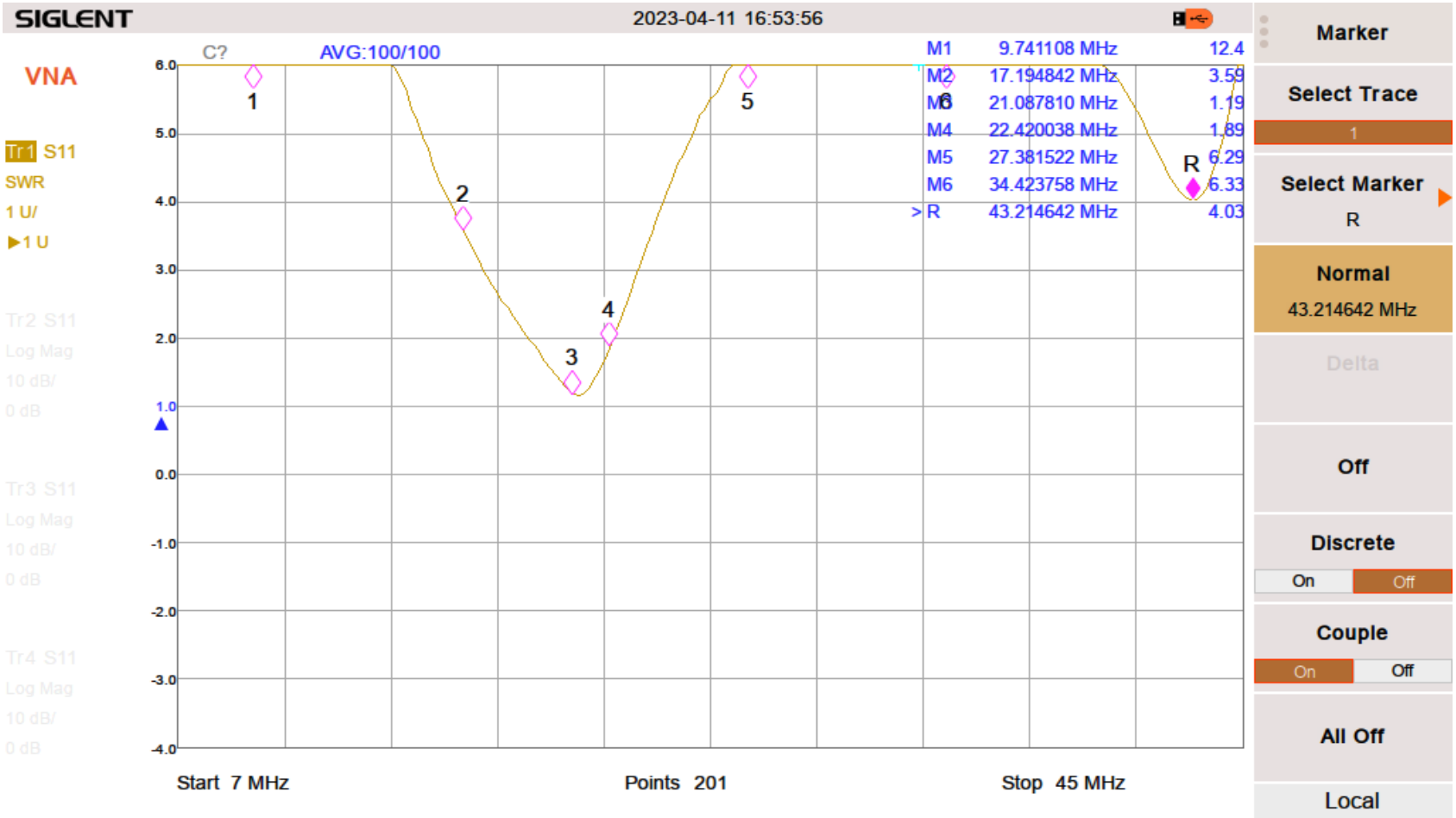
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment 1 x 6,5m / Übertrager 21+3Wdg (24 zu 3)



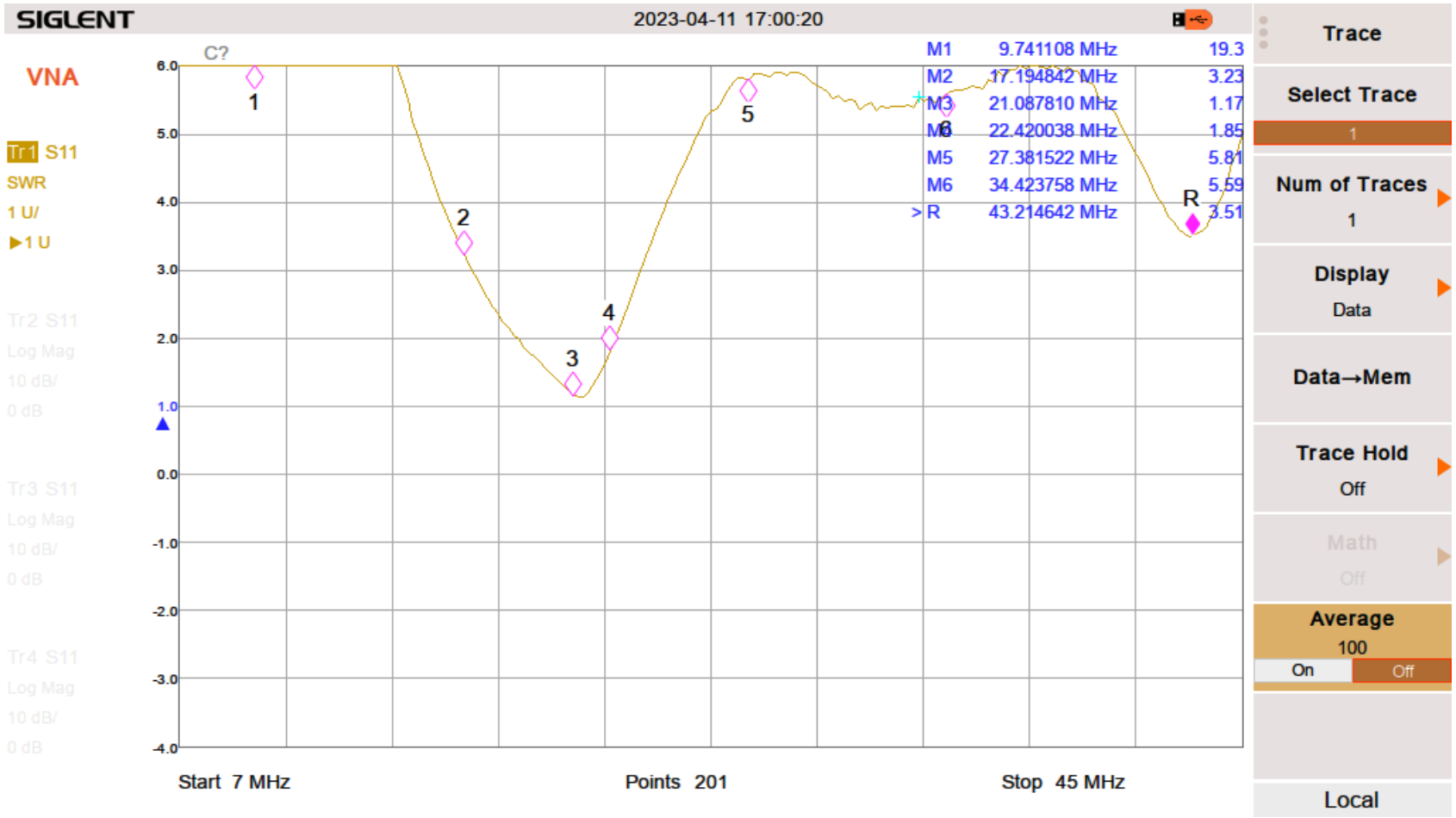
Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment 1 x 6,5m / Übertrager 21+3Wdg (24 zu 3)



Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

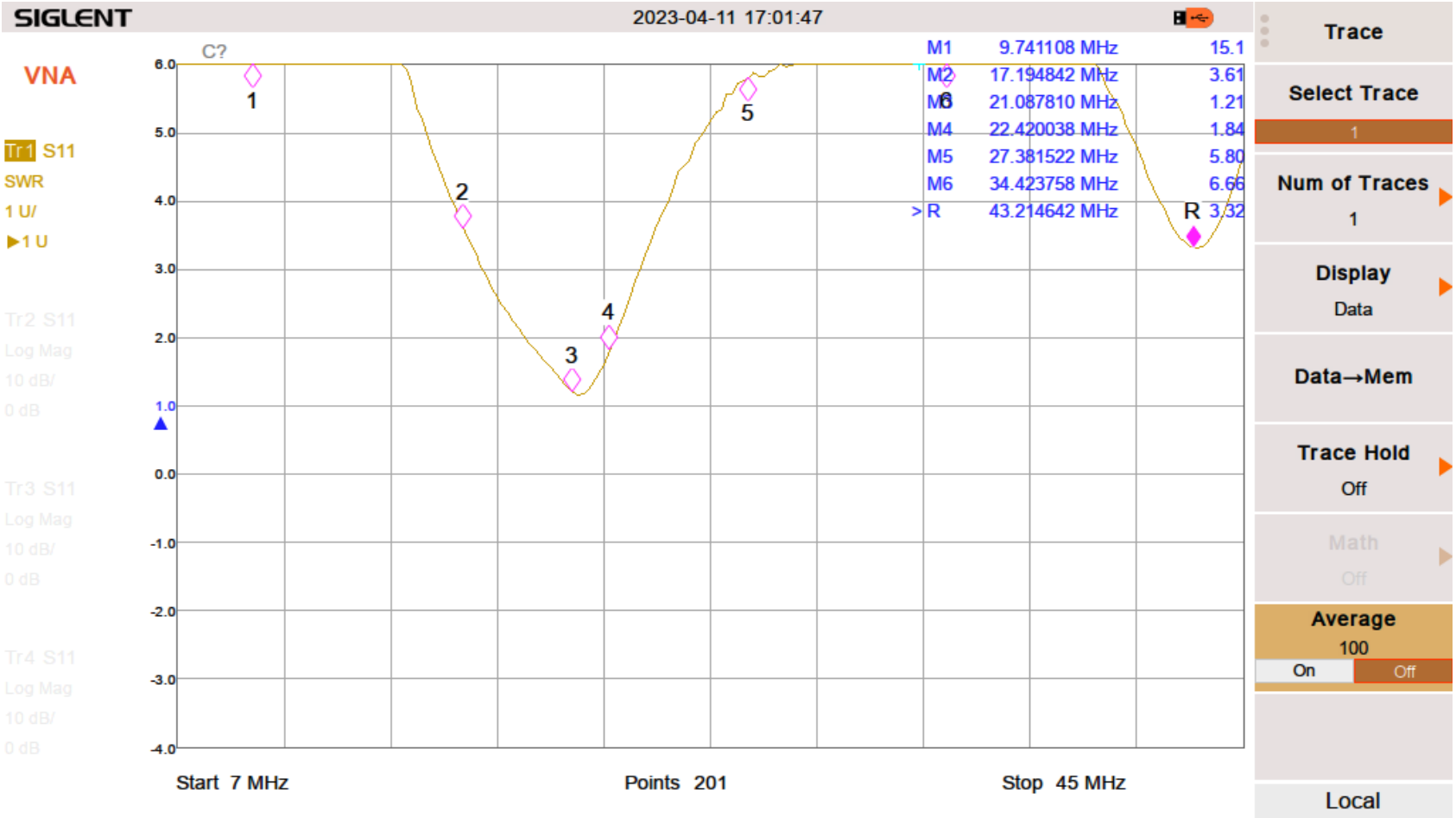
Antennen-Experiment 1 x 6,5m / Übertrager 21+3Wdg (24 zu 3)



Balun am NWA

Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

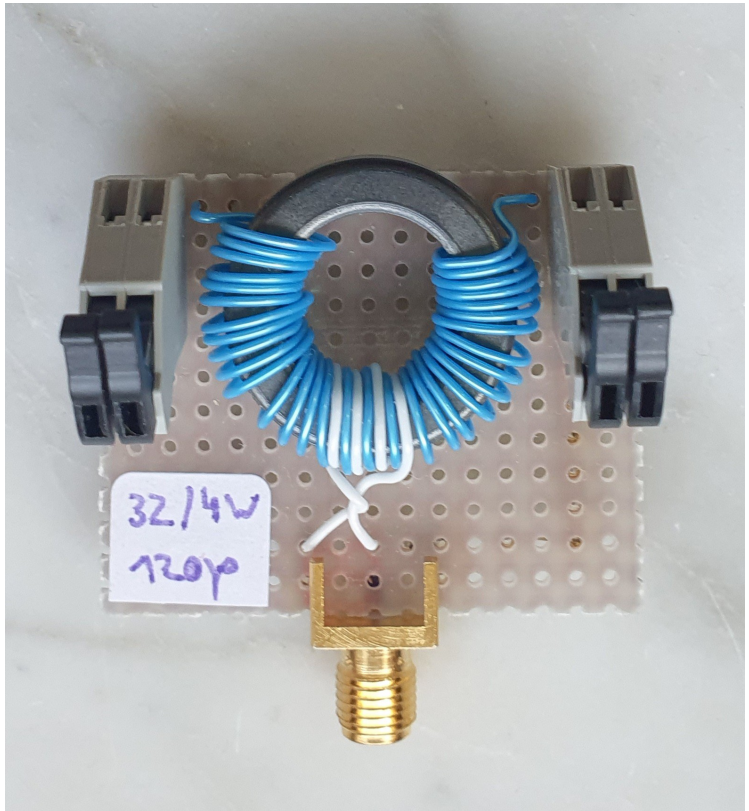
Antennen-Experiment 1 x 6,5m / Übertrager 21+3Wdg (24 zu 3)



Trennübertrager am NWA

Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Antennen-Experiment , Endgespeichte Halbwellenantennen



Trennübertrager 32Wdg zu 4Wdg

Ringkern FT82-43

Nutzbar 1,8 … 30 MHz

1,8 … 7 MHz + - 0,1dB

1,8 … 14 MHz + - 0,2dB

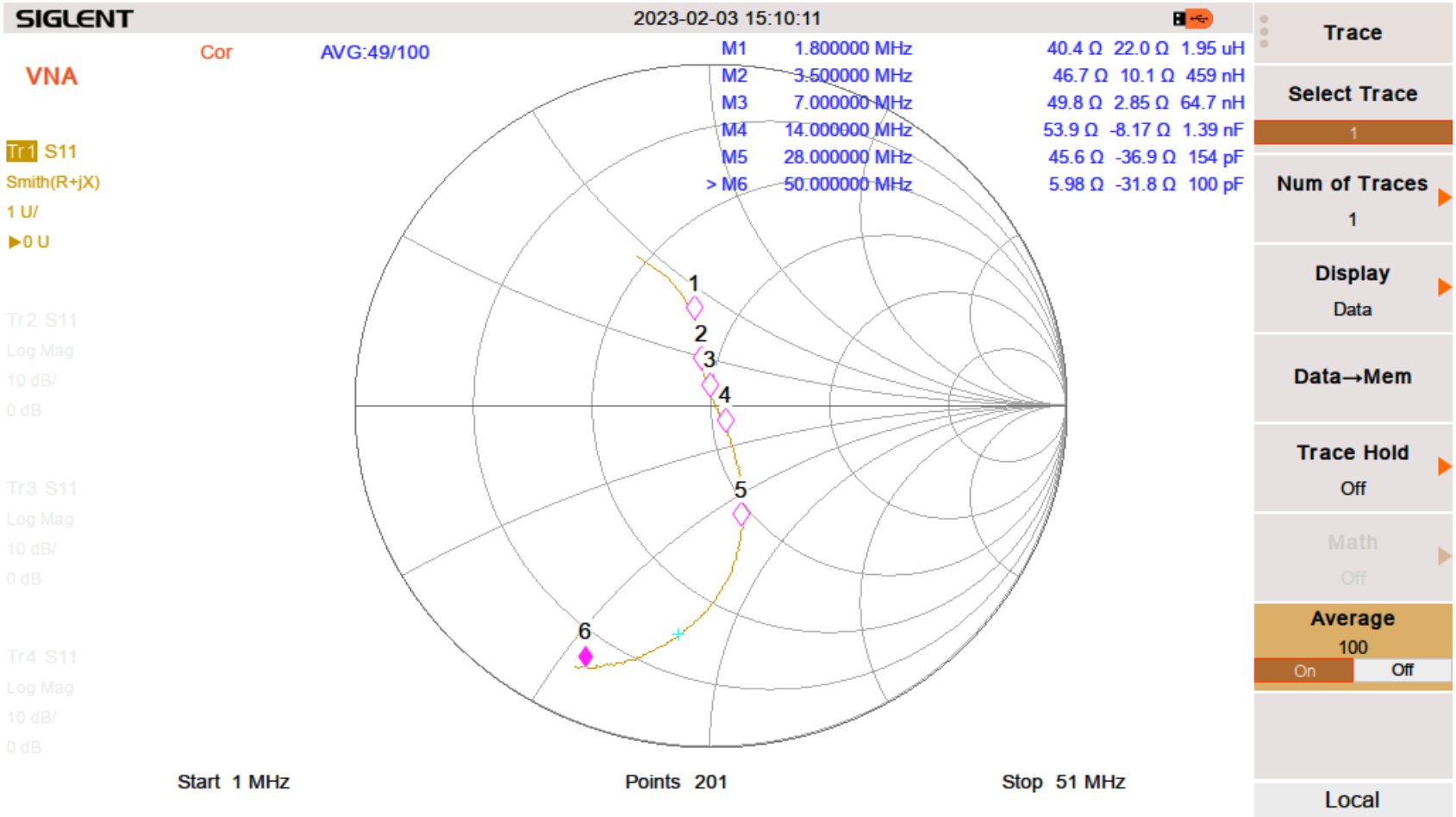
Kleine Streuinduktivität 300nH

Kompensation 120pF

Helmut – DL2AVH

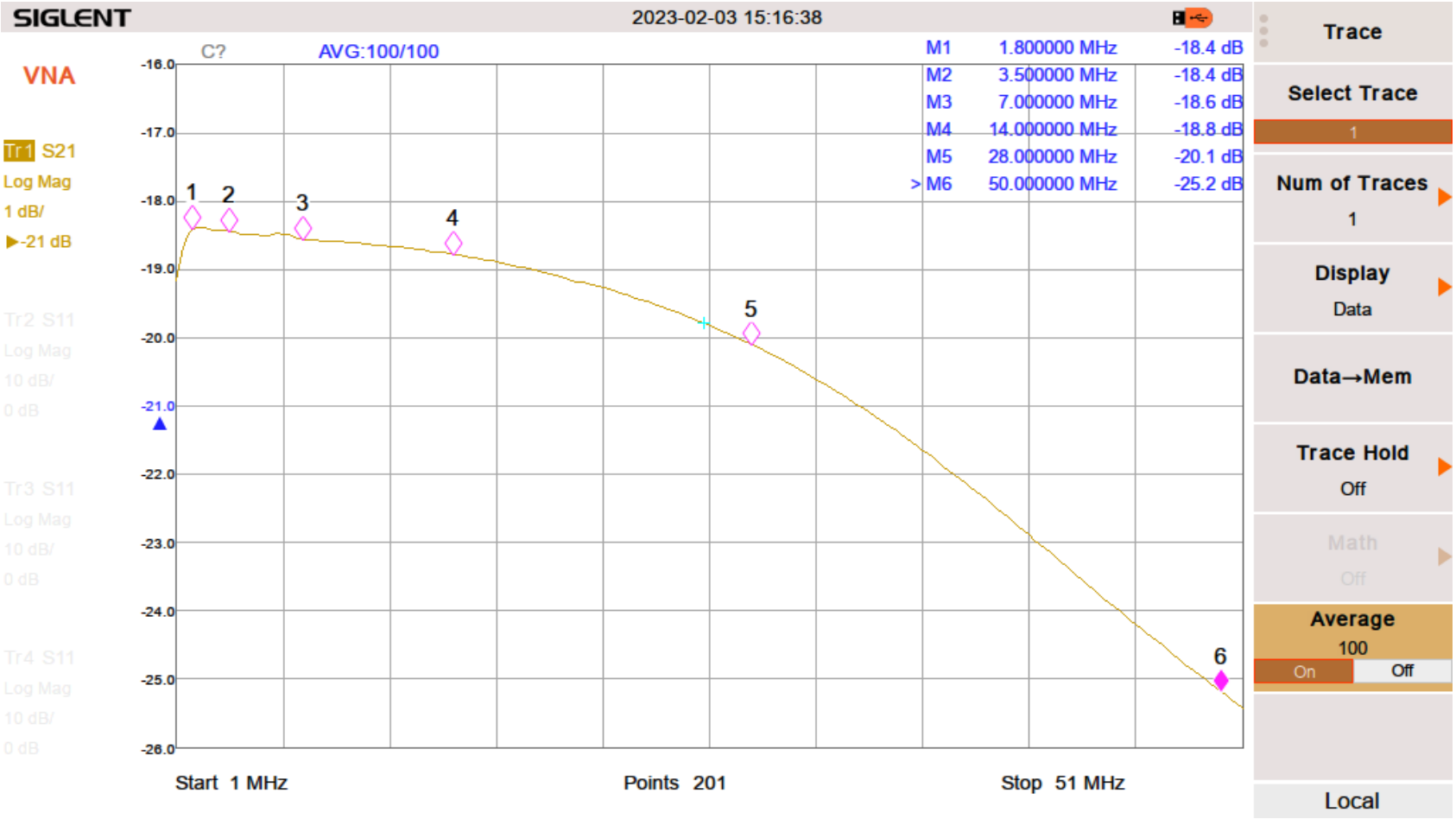
Serba 4/2023

Trennübertrager 32Wdg zu 4Wdg



Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**

Trennübertrager 32Wdg zu 4Wdg



Helmut – DL2AVH **Serba 4/2023**