

# NMD 2024 - Dipol mit elevated GND-Draht

Simulationen mit EZNEC 7+

Messungen an realem Dipol (inverted-V)

Urs Lott, HB9BKT, [hb9bkt@uska.ch](mailto:hb9bkt@uska.ch)  
(Fotos: Thomas HB9DRQ)

NMD-Treffen Olten, 10.8.2024

# QTH Alp Soppen GR

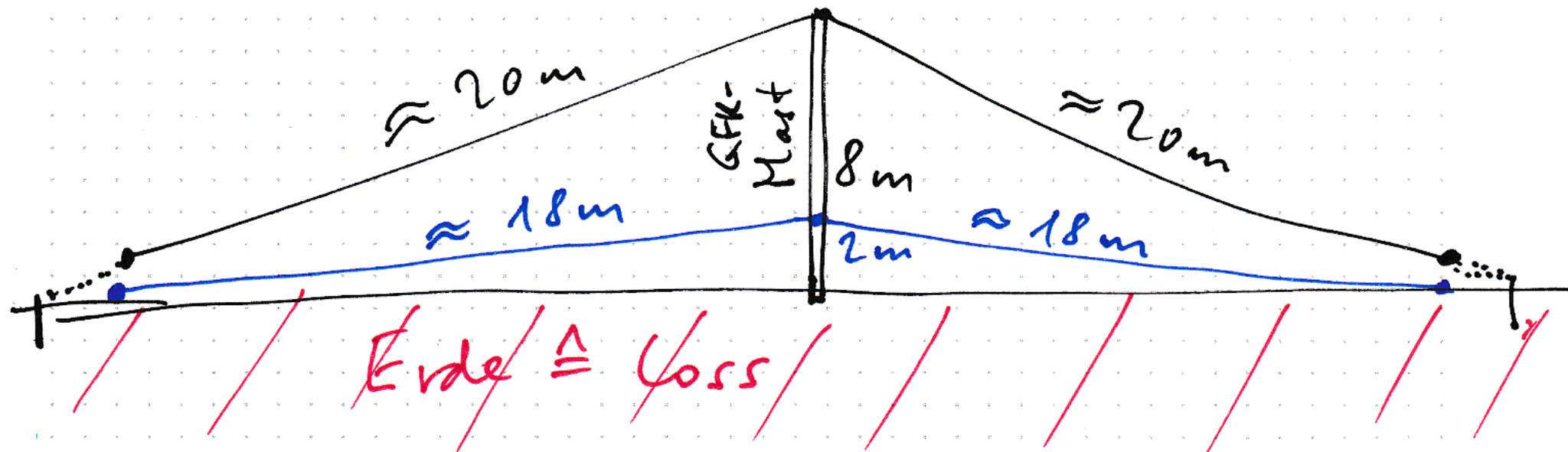


NMD 2024 - Dipol mit elevated GND-Draht, NMD-Treffen 10.8.24, HB9BKT

# Herausforderungen

- Es gibt (noch) keine richtigen Bäume auf 2000 m asl
- Die Hütte ist nur ca. 5 m hoch
- 12 m GFK-Mast wiegt 3 kg, 10 m = 2.5 kg, 8 m = 2 kg  
=> die Bodenverluste sind hoch
- 80 m-Antennen, die tiefer als 10 m hängen, haben <50% Wirkungsgrad (Simulationen 2021)

# Idee (nicht neu!): elevated GND-Draht



- der Strom soll im Draht statt im Boden fließen, damit sind die Verluste kleiner => höhere abgestrahlte Totalleistung
- wie gut funktioniert das? => Simulation mit EZNEC

# Wichtigste Simulationsparameter

- Boden = average Ground (Cond = 0.003 S, Diel. Const = 13)
- Drähte:
  - Strahler: Kupfer, Durchmesser 0.8 mm, Isolation 0.3 mm PVC
  - GND-Draht: CCA (copper-coated Al), Durchmesser 0.6 mm, Isolation 0.3 mm PVC (leicht, keine mechan. Belastung)
- Höhe Speisepunkt 8 m
- Höhe Mittelpunkt des GND-Drahtes 2 m
- Umgebung frei von weiteren Objekten
- Gain in Hauptstrahlrichtung (hier immer nach oben => NVIS)

# Dipol mit GND-Draht, Strom maximal

EZNEC Pro/2+ v. 7.0

File Edit Options Outputs Setups View Utilities Help

Uebung 2 InvVee 80m CW

- File: Dipol\_80m\_with\_reflektor23\_aligned.EZ
- Frequency: 3.6 MHz
- Wavelength: 83.2757 m
- Wires: 4 Wires, 198 segments
- Sources: 1 Source
- Loads: 0 Loads
- Trans Lines: 0 Transmission Lines
- Transformers: 0 Transformers
- L Networks: 0 L Networks
- Y Param Networks: 0 Y Param Networks
- Ground Type: Real/High Accuracy
- Ground Descrip: 1 Medium (0.003, 13)
- Wire Loss: Copper
- Units: Meters
- Plot Type: 3D
- Step Size: 5 Deg.
- Ref Level: 0 dBi
- Alt SWR Z0: 94 ohms
- Desc Options
- Gnd Wave Dist: OFF

Average Gain = 0.370 = -4.32 dB *Model contains loss*

Wires

Wire Create Edit Other

Coord Entry Mode  Preserve Connections  Show Wire Insulation  Show Loss

No.	End 1			Conn	End 2			Diameter (mm)	Segs	Insulation			
	X (m)	Y (m)	Z (m)		X (m)	Y (m)	Z (m)			Diel C	Thk (mm)	Loss Tan	
1	0	0	8	W2E1	18.7	0	2	0.8	33	3	0.3	0	
2	0	0	8	W1E1	-18.7	0	2	0.8	33	3	0.2	0	
3	-19.4	0	0.2		0	0	2	W4E1	0.6	66	3	0.2	0
4	0	0	2	W3E2	19.4	0	0.2	0.6	66	3	0.2	0	

View Antenna: Uebung 2 InvVee 80m CW

File Edit View Options Reset

Zoom

Display Current

Reset Reset

Move Image

X Y Z

Reset

Center Ant Image

Mouse Operation

- Normal Viewing
- Add Conn Wires
- Move Wire Ends

SWR Plot: Uebung 2 InvVee 80m CW

File Edit View Options

Z0

- 50 ohms
- Alt (94 ohms)

Source #

Param	Value	Source #
Freq	3.6 MHz	1
SWR	2.17	
Z	23.17 at 3.84 deg. = 23.11 + j1.551 ohms	
RefI Coeff	0.3683 at 175.48 deg. = -0.3671 + j0.02901	
Ret Loss	8.7 dB	

2D Plot: Uebung 2 InvVee 80m CW

File Edit View Options Reset

Highlight

- Off
- Azimuth Slice
- Elev Slice

0 360

0

Slice Azimuth

180

90

0

Cursor Elev

Total Field

0 dB

5

0

-5

-10

-15

-20

-25

-30

3.6 MHz

Elevation Plot

Param	Value	Cursor Elev
Azimuth Angle	0.0 deg.	90.0 deg.
Outer Ring	3.31 dBi	Gain 3.31 dBi
		0.0 dBmax
		0.0 dBmax3D

3D Max Gain: 3.31 dBi

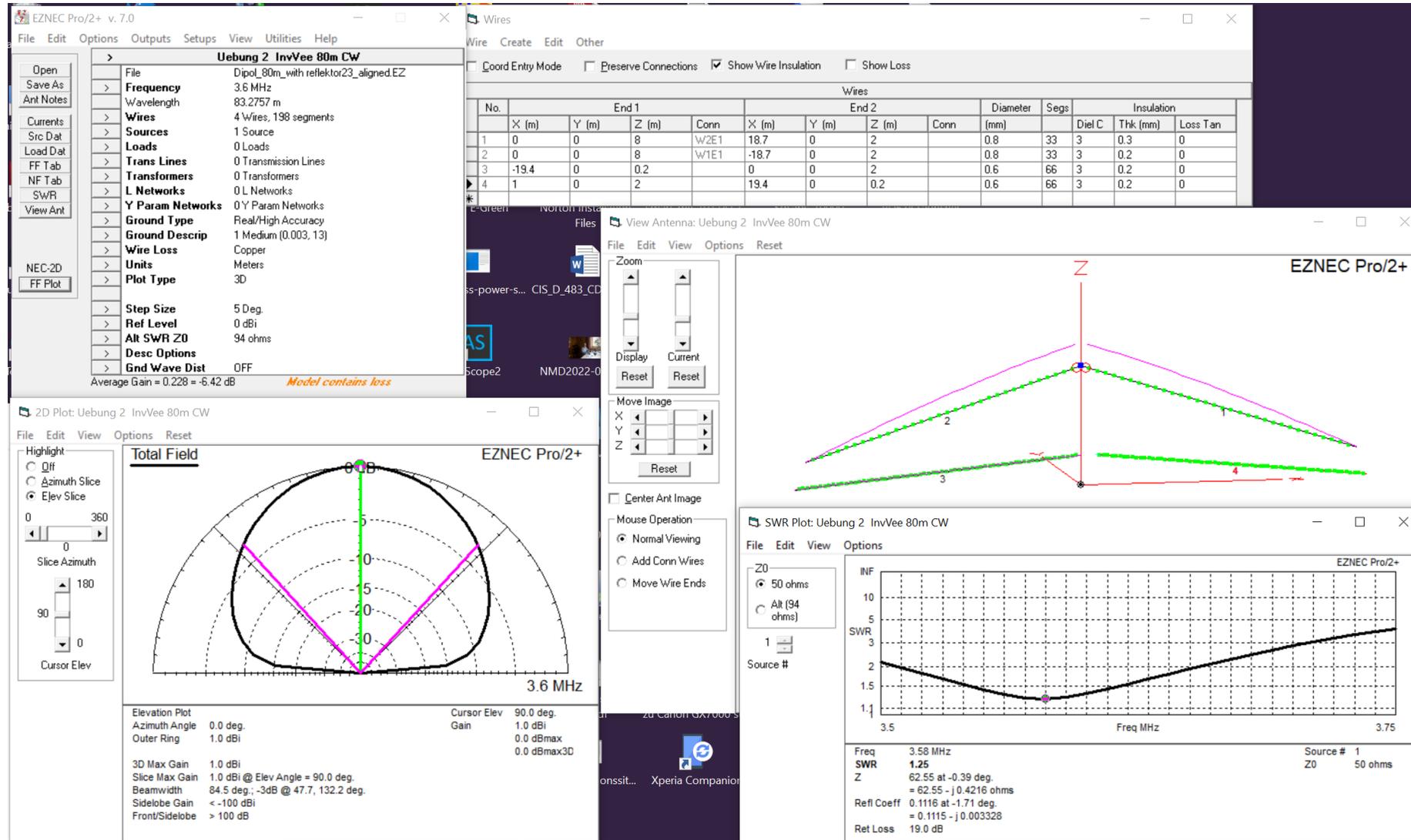
Slice Max Gain: 3.31 dBi @ Elev Angle = 90.0 deg.

Beamwidth: 79.2 deg.; -3dB @ 50.4, 129.6 deg.

Sidelobe Gain: < -100 dBi

Front/Sidelobe: > 100 dB

# Dipol ohne GND-Draht (Draht unterbrochen)



# Dipol über perfektem GND zum Vergleich

EZNEC Pro/2+ v. 7.0

File Edit Options Outputs Setups View Utilities Help

Uebung 2 InvVee 80m CW

File Dipol\_80m\_with\_reflektor23\_aligned.EZ

Frequency 3.6 MHz

Wavelength 83.2757 m

Wires 4 Wires, 198 segments

Sources 1 Source

Loads 0 Loads

Trans Lines 0 Transmission Lines

Transformers 0 Transformers

L Networks 0 L Networks

Y Param Networks 0 Y Param Networks

Ground Type Perfect

Wire Loss Copper

Units Meters

Plot Type 3D

Step Size 5 Deg.

Ref Level 0 dBi

Alt SWR Z0

Desc Options

Gnd Wave Dist OFF

Average Gain = 0.746 = -1.27 dB *Model contains loss*

No.	End 1				End 2				Diameter (mm)	Segs	Insulation		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn			Thk (mm)	Loss Tan	
1	0	0	8	W2E1	18.7	0	2		0.8	33	3	0.3	0
2	0	0	8	W1E1	-18.7	0	2		0.8	33	3	0.2	0
3	-19.4	0	0.2		0	0	2		0.6	66	3	0.2	0
4	19.4	0	0.2		0	0	2		0.6	66	3	0.2	0

View Antenna: Uebung 2 InvVee 80m CW

File Edit View Options Reset

Zoom

Display Current

Reset

Move Image

X Y Z

Reset

Center Ant Image

Mouse Operation

Normal Viewing

Add Conn Wires

Move Wire Ends

SWR Plot: Uebung 2 InvVee 80m CW

File Edit View Options

Z0

50 ohms

Alt (94 ohms)

Source #

2D Plot: Uebung 2 InvVee 80m CW

File Edit View Options Reset

Highlight

Off

Azimuth Slice

Elev Slice

0 360

0

Slice Azimuth

180

90

0

Cursor Elev

Total Field

EZNEC Pro/2+

3.6 MHz

Elevation Plot

Azimuth Angle 0.0 deg.

Outer Ring 6.34 dBi

Cursor Elev 90.0 deg.

Gain 6.34 dBi

0.0 dBmax

0.0 dBmax3D

3D Max Gain 6.34 dBi

Slice Max Gain 6.34 dBi @ Elev Angle = 90.0 deg.

Beamwidth 80.6 deg.; -3dB @ 49.7, 130.3 deg.

Sidelobe Gain < -100 dBi

Front/Sidelobe > 100 dB

SWR Plot

EZNEC Pro/2+

SWR

10

5

3

1.5

1.1

3.5

3.75

Freq MHz

3.59 MHz

SWR 3.05

Z 16.55 at 6.52 deg.

= 16.44 + j 1.881 ohms

Refl Coeff 0.5056 at 175.17 deg.

= -0.5038 + j 0.04257

Ret Loss 5.9 dB

Source # 1

Z0 50 ohms

# Dipol im Freiraum zum Vergleich

EZNEC Pro/2+ v. 7.0

File Edit Options Outputs Setups View Utilities Help

Uebung 2 InvVee 80m CW

File Dipol\_80m\_with\_reflektor23\_aligned.EZ  
 Frequency 3.6 MHz  
 Wavelength 83.2757 m  
 Wires 4 Wires, 198 segments  
 Sources 1 Source  
 Loads 0 Loads  
 Trans Lines 0 Transmission Lines  
 Transformers 0 Transformers  
 L Networks 0 L Networks  
 Y Param Networks 0 Y Param Networks  
 Ground Type Free Space  
 Wire Loss Copper  
 Units Meters  
 Plot Type 3D  
 Step Size 5 Deg.  
 Ref Level 0 dBi  
 Alt SWR Z0 94 ohms  
 Desc Options  
 Gnd Wave Dist OFF  
 Average Gain = 0.934 = -0.29 dB *Model contains loss*

Wires

Wire Create Edit Other

Coord Entry Mode  Preserve Connections  Show Wire Insulation  Show Loss

No.	End 1				End 2				Diameter (mm)	Segs	Insulation		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn			Diel C	Thk (mm)	Loss Tan
1	0	0	8	WZE1	18.7	0	2		0.8	33	3	0.3	0
2	0	0	8	WTE1	-18.7	0	2		0.8	33	3	0.2	0
3	-19.4	0	0.2		0	0	2		0.6	66	3	0.2	0
4	1	0	2		19.4	0	0.2		0.6	66	3	0.2	0

2D Plot: Uebung 2 InvVee 80m CW

File Edit View Options Reset

Highlight  
 Off  
 Azimuth Slice  
 Elev Slice

0 360  
 270  
 Slice Azimuth  
 180  
 0  
 -180  
 Cursor Elev

3.6 MHz

Elevation Plot  
 Azimuth Angle 270.0 deg.  
 Outer Ring 1.78 dBi  
 3D Max Gain 1.78 dBi  
 Slice Max Gain 1.78 dBi @ Elev Angle = 270.0 deg.  
 Front/Back 0.15 dB  
 Beamwidth ?  
 Sidelobe Gain < -100 dBi  
 Front/Sidelobe > 100 dB

Cursor Elev 0.0 deg.  
 Gain 1.75 dBi  
 -0.03 dBmax  
 -0.03 dBmax3D

SWR Plot: Uebung 2 InvVee 80m CW

File Edit View Options

Z0  
 50 ohms  
 Alt (94 ohms)

1  
 Source #

INF  
 10  
 5  
 SWR 3  
 1.5  
 1.1  
 3.5 3.75  
 Freq MHz

Freq 3.67 MHz  
 SWR 1.38  
 Z 68.76 at 0.06 deg.  
 = 68.76 + j 0.07436 ohms  
 Refl Coeff 0.158 at 0.19 deg.  
 = 0.158 + j 0.0005272  
 Ret Loss 16.0 dB

Source # 1  
 Z0 50 ohms

# Simulationen zusammengefasst

<b>Simulation</b>	<b>Average Gain dBi</b>	<b>Wirkungsgrad %</b>	<b>Impedanz <math>\Omega</math></b>
Dipol mit GND-Draht	-4.3	37	23
Dipol ohne Draht	-6.4	23	63
Dipol über perf. GND	-1.27	75	17
Dipol im Freiraum	-0.29	93	69

Anmerkung: die Grösse und Form des Dipols ist jeweils unverändert, dadurch verschiebt sich die Resonanzfrequenz leicht.

# Realer Aufbau



# Strommessung im GND-Draht



GND-Draht wurde abgestimmt auf max. Strom von ca. 150 mA bei 5 W TX-power (IC-705 mit 7.2 V Akku) (gemessen mit HF-Amperemeter MFJ-854)

Impedanz am Speisepunkt sinkt auf ca. 32  $\Omega$  von ca. 50  $\Omega$  ohne GND-Draht, wie simuliert! (gemessen mit NanoVNA, geeicht am Ende des Kabels = Speisepunkt)

# Fazit

- Der Strom im elevated GND-Draht ist messbar und beträchtlich und entspricht ca. der Simulation
- Die Fusspunkt-Impedanz der Antenne sinkt markant, ebenfalls wie simuliert
- Die Zunahme von Gain bzw. Wirkungsgrad von simuliert ca. 2 dB ist im praktischen NMD-Betrieb nicht direkt feststellbar
- Ev. könnte der Gewinn-Unterschied mit einer Drohne gemessen werden, Draht öffnen/schliessen am Mittelpunkt geht schnell.

# Simulationsresultate 2021 im Vergleich

Eigenschaften der NMD-Antennen in Abhängigkeit von der Höhe von Speisepunkt (Apex) und Enden							NMD-Treffen 7.8.21		HB9BKT
	Geometrie			EZNEC Simulation					Z0=50 Ω
Dipole 2 x 20 m	Länge [m]	Apex [m]	Enden [m]	fres [kHz]	Re [Z] Ω	Gain [dBi]	avg gain	BW(SWR=2)	BW gemessen
1A	19.99	10	1	3502	65	0.6	22%	172	
<b>HB3YMQ 2021 (Hütte+ Mast)</b>	<b>20.00</b>	<b>10</b>	<b>1.5</b>	<b>3515</b>	<b>64</b>	<b>1</b>	<b>24%</b>	<b>169</b>	<b>125</b>
	20.00	10	2	3525	63	1.5	25%	167	
	20.01	10	3	3535	61	2	28%	162	
	19.99	10	5	3554	59	3.1	33%	156	
	20.01	10	7.5	3556	58	4	39%	152	
	20.00	10	10	3562	57	4.7	45%	149	
	20.00	15	15	3555	69	5.8	62%	177	
	20.00	20	20	3563	81	5.7	71%	215	
	20.00	Freifeld		3594	74	1.9	94%	198	
Moron 2020									
<b>HB3YMQ 2020 (Turm)</b>	<b>19.85</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>3650</b>	<b>47</b>	<b>3.3</b>	<b>44%</b>	<b>127</b>	<b>160</b>
	19.85	15	4	3594	58	3.4	42%	154	
	19.85	10	4	3573	60	2.6	32%	160	
	19.85	7	4	3579	60	1.5	24%	163	
	19.85	4	4	3595	62	-0.5	15%	174	
	19.85	2	2	3554	78	-4.1	7%	230	
	19.40	1	1	3554	94	-6.4	5%	291	
<b>HB9CLN 2020 (Bodendipol)</b>	<b>18.80</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>3553</b>	<b>104</b>	<b>-7.8</b>	<b>4%</b>	<b>339</b>	
Scuol 2021									
<b>Windom HB9BKT (Haus)</b>	<b>40.4 total</b>	<b>10</b>	<b>2.5</b>	<b>3513</b>	<b>81</b>	<b>1.7</b>	<b>26%</b>	<b>161</b>	