

Antennen für Kurzwelle

NVIS-Antennen

T2FD-Antenne

Stand 28. Jan 2018

Gerald Schuler

(DL3KGS / DU1GS)

T2FD-Antenne

Inhalt

- T2FD-Antenne
- Aufbauhöhe von NVIS-Antennen - Antennengewinn
- Aufbau als Inverted-Vee Antenne
- Separate Tag- und Nacht-Antennen --- Warum?
- Eingeschränkten Platzverhältnissen
- Antennen Design-Software -> Diagramme
- Horizontal versus vertikal polarisierte NVIS-Antenne
- Installation der NVIS-Antenne
- Antennen-Vergleich mit dem SDR "RED PITAYA"

Antennen für Kurzwelle

NVIS-Antennen

- Jeder Dipol kann als NVIS-Antenne verwendet werden. Der Unterschied besteht hauptsächlich in dessen Aufbauhöhe.
- Damit wir eine Steilstrahlung erzeugen, ist es erforderlich die Antenne für NVIS niedrig aufzuhängen.
- Vereinfacht ausgedrückt verwenden wir einen 2-Element Beam, welcher senkrecht aufgestellt wurde um in die Ionosphäre zu strahlen.
- Der Reflektor ist die Erde, sie sollte gute HF-Eigenschaften (Leitfähigkeit) besitzen! Bei schlechten Bodenverhältnissen kann man einen Draht als Ersatz für den leitfähigen Boden spannen (Wüsten, Sandböden, Fels etc).

Antennen für Kurzwelle

Anforderungen an NVIS Antennen

- Erfordern eine große Bandbreite, speziell für das 160m und 80m-Band
- Das ist mit einem normalen Dipol nicht zu erreichen, ohne dass die Strahlerlänge bei Frequenzwechsel nachgestimmt wird.
- Wir benötigen breitbandige Antennen oder Antennen welche mit schnellen Automatik-Tunern abgestimmt werden.
- Tuner muss an der Antenne installiert werden, nicht am TRX!
- Breitbandige Antennen sind für frequenz-agile Systeme erforderlich, wie z.B. Frequency-Hopping, ALE-System oder bei Einsatz von Winlink Gateways, welche eine Vielzahl von Bändern scannen.
- **Eine von Haus aus breitbandige Antenne ist die T2FD-Antenne**

Antennen für NVIS

T2FD-Antenne

Die T2FD-Antenne ist eine breitbandige Antenne mit einem schlechten Ruf unter Funkamateuren !!!!!

- **Den sie jedoch nicht verdient!**
- Warum NICHT ????????????????
- Moment bitte noch

T2FD

- TFD oder T2FD – Terminated (Tilted) Folded Dipole ist ein Faltdipol in dessen Mitte ein Widerstand, gegenüber der Einspeisung eingefügt wurde.
- Die TFD or T2FD ist im Ausland bei Behörden, Militärs und Polizei, sowie bei Katastrophen-Hilfsdienste und bei Firmen noch weit verbreitet.
- Der Vorteil ist ihre Breitbandigkeit und das niedrige SWR, somit u.U. auf einen Antennen-Tuner verzichtet werden.
- Das ist perfekt für ALE (Automatic Link Establishment) oder andere frequenz-agile Systeme.

Antennen für NVIS

T2FD-Antenne 1/2

Was ist falsch gelaufen mit der T2FD in der Vergangenheit?

- Allein die Bezeichnung ist schon falsch....T2FD steht für Terminated Tilted Folded Dipole. In der Anfangszeit als die Antenne das erste Mal beschrieben wurde (so um 1940) wurde unbedingt ein Mast oder sonstiger erhöhter Befestigungspunkt gefordert und das andere Ende sollte bodennah befestigt werden -> Aufbau ähnlich Sloop.
- Es sollte auch ein genauer Winkel eingehalten werden, was natürlich nicht notwendig ist.
- Die Antenne kann wie jeder Dipol aufgehängt werden, horizontal oder als Inv-Vee.
- Die richtige Bezeichnung sollte TFD = Terminated Folded Dipole lauten.

Antennen für NVIS

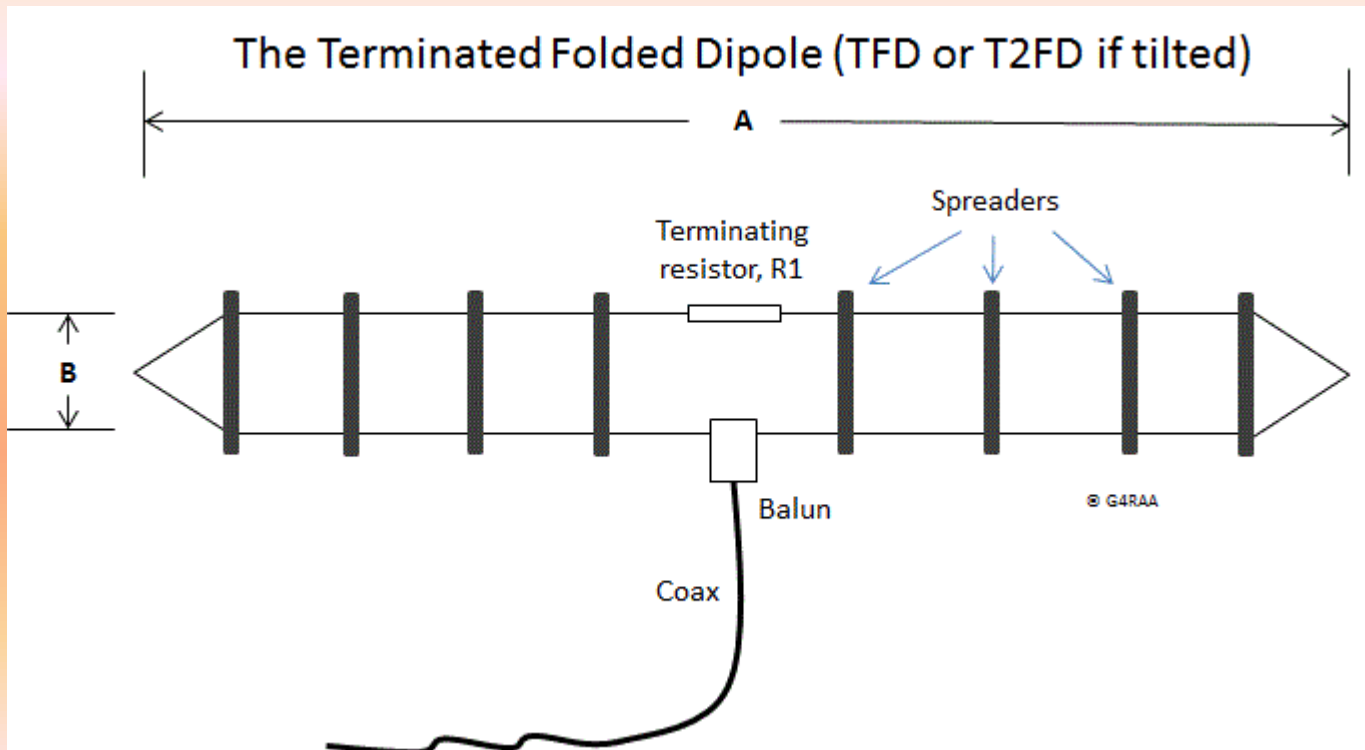
T2FD-Antenne 2/2

- Der nächste Fehler war die erforderliche Strahlerlänge der Antenne..
- Es wurde die Länge mit $\lambda/3$ für die unterste Betriebsfrequenz (Cut-off) von Anfang an falsch angegeben, auch noch heute in den meisten Verkaufsanzeigen!
- Eine kürzere Antenne verkauft sich eben besser, somit sind für das 80m-Band laut der $L/3$ - Dimensionierung nur ca. 28m notwendig, gegenüber 42m bei richtiger Dimensionierung wie bei einem $\lambda/2$ -Dipol üblich und für 2 MHz noch mehr.
- In der Physik bekommt man jedoch nichts geschenkt. Es gibt keine Wunder bei Antennen. Diese Verkürzung geht zu Lasten des Gewinns der Antenne und liegt dieser Verlust liegt im Bereich 2-4 S-Stufen und mehr. Das werden wir später noch sehen.
- Die richtige Dimensionierung ist also $\lambda/2$ für die unterste Betriebsfrequenz, dann zeigt sie auch zufriedenstellende Leistung.

Antennen für NVIS

T2FD-Antenne - Prinzip

T2FD = Terminated Tilted Folded Dipole oder TFD = Terminated Folded Dipole



Antennen für NVIS

T2FD-Antenne - Komponenten

Transformer / Balun

- Da der Sender und auch das Koaxkabel $Z=50$ Ohm haben, benötigen wir einen Transformator (U= 4-fach) der die Leistung auf $Z=800$ Ohm der T2FD bringt.
- Dieser Transformator muss für die gewünschte Leistung der T2FD ausgelegt werden und verlustarm sein.

Widerstand

- Der Widerstand sollte etwa ein $R \sim Z$ haben. Auch sollte er für ca. 70% der durchschnittlichen CW / DATA Leistung ausgelegt sein, für SSB (PEP) weniger. In der Literatur wird meist 30% angegeben, Problem wenn auf zu niedrigen Frequenzen Betrieb gemacht wird, dann muss der Widerstand mehr Leistung aufnehmen.

Antennendraht (Strahler)

- Die Parallel-Drahtleitung soll ebenfalls etwa Z -Wert wie der Widerstand haben.

T2FD-Antenne

Was passiert bei falscher Dimensionierung?

- Unterhalb der Design-Frequenz (hier 5MHz) geht der Gewinn drastisch zurück. Die T2FD trägt keine Schuld, sondern die falschen Angaben der Hersteller!
- Funkamateure /Nutzer werden ge- und enttäuscht!
- **z.B. Design Freq. 5 MHz**
5.3 MHz -> - 0.2dBi
3.5 MHz -> - 8.7dBi
2.0 MHz -> -22.5dBi
- Mit MNANA gerechnet
 Die übliche Länge ist nicht 30m sondern nur 27m

MMANA-GAL basic D:\Sync\schulergel\Amateurfunk\NVIS\Fulda_Notfunk_Fieldday\MMANA\Results_EI60_30m\T2FD_hor_130m.maa

File Edit Tools Setup Help MMANA-GALpro

Geometry View Calculate Far field plots

T2FD 5-10 MHz L=30m

Freq 10 MHz

Ground

Free space

Perfect

Real

Add height 7.00 m

Material Cu wire

WAVE LENGTH = 29.979 (m)
 TOTAL PULSE = 112
 THE LOWEST POINT OF ANTENNA = 7.000 M
 FILL MATRIX...
 FACTOR MATRIX...
 PULSE U (V) I (mA) Z (Ohm) SWR
 w1c 1.00+0.00 1.46+0.64 576.43-j251.83 1.89
 CURRENT DATA...
 FAR FIELD ...
 NO FATAL ERROR(S)
 0.11 sec

No.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWR 1000	Gh dBd	Ga dBi	F/B dB	Elev.
5	10.0	576.4	-251.8	1.89	---	2.47	---	72.2
4	7.0	1222	-569.7	1.73	---	2.08	-1.07	90.0
3	5.3	1303	274.8	1.43	---	-0.16	-1.27	90.0
2	3.5	829.8	81.2	1.23	---	-8.69	-1.43	90.0
1	2.0	901.1	-62.0	1.13	---	-22.48	-1.54	90.0

https://packetradio.com/catalog/index.php?main_page=product_info&cPath=45&products_id=2468&zenid=54

T2FD-Antenne

Wo wird sie eingesetzt?

- Bei Funkdiensten mit einem hohen Bedarf an verschiedenen Frequenzen, welche häufig gewechselt werden und weit gestreut sind.
- Speziell im Ausland wird dieser Antennentyp noch heute häufig und erfolgreich eingesetzt, wie z.B. bei Behörden, Militärs, NAVY, Flughäfen, Hilfsorganisationen, Botschaften und Firmen.
- Dort wird der NVIS-Mode verwendet und der Einsatz liegt meist zwischen 4 und 10 MHz mit einer Leistung von max. 150W
- Im Amateurfunk kann sie bei einer Strahlerlänge von 40m im 80m-Band bis 30m (eingeschränkt wegen Diagramm) eingesetzt werden.
- Es werden sowohl das 80m, 60m, 40m und bedingt das 30m -Band abgedeckt, speziell im 80m-Band ist die große Bandbreite von Nutzen.

T2FD-Antenne

Welche Nachteile hat sie?

- Die Leistung wird durch den Abschlusswiderstand limitiert, jedoch liegen die Leistungen bei NVIS meist im Bereich von 100W PEP, somit stellt dies eigentlich kein besonderes Problem dar. Auch bei höherer Leistung.
- Der in der Literatur angegebene Frequenzbereich von 2-30 MHz bei Längen von weniger als 30m stimmt NICHT für den Sendebetrieb.
- Die unterste Betriebsfreq. liegt bei 5 MHz, darunter steigt der Verlust sehr schnell an.
- Wenn man eine effiziente Antenne haben möchte, darf man diesen falschen Versprechungen nicht glauben, 30m lange T2FD-Antennen funktionieren eben nicht ohne hohe Verluste auf 160m oder 80m.
- Empfangsmäßig funktioniert das schon, das S/N bleibt ja konstant....

T2FD-Antenne

Was sollte man wissen und beachten?

- Allerdings wird bei einer falsch dimensionierten Antenne das SWR zu niedrigeren Frequenzen hin immer BESSER! Der Abschlusswiderstand ist ja da und die Antennendrähte werden im Verhältnis zur Wellenlänge immer kürzer und somit die Verbindung zwischen Einspeisung und Widerstand in Bezug zur Wellenlänge ebenfalls. Deshalb der „GLAUBE“ an die niedrige Betriebsfrequenz!
- Das Antennendiagramm wird mit zunehmender Frequenz auch nicht idealer. Im oberen KW-Bereich (>10 MHz) bekommt das Diagramm von seiner ursprünglichen omni-direktionalen Form Aufzupflungen und Einzüge, welche ebenfalls zu Pegelabfällen führen.
- Es ist dann schwer sein Zielgebiet zu erreichen. Das ist kein T2FD-typisches Problem, das hat jede andere Antennenform auch, die auf höheren Frequenzen als der Grundfrequenz betrieben wird.
-> Sehen wir später

T2FD-Antenne

Warum doch?

- Der Abschlusswiderstand nimmt natürlich je nach Betriebsfrequenz Sendeleistung auf und verwandelt diese auch in Wärme.
- Das hört sich ganz schlecht an (besonders für Funkamateure!!!) und wäre es auch,wenn wir DX machen wollten.
Da dort die eh schon schwachen Signale noch schwächer würden und eventuell im Rauschen des RX verschwinden würden.
- Nicht in den unteren Frequenzbändern dort wo NVIS angewendet wird. Die zu überbrückenden Distanzen sind gering (ca. 2x die Höhe der F2-Schicht).
- Das Signal wird nicht vom Grundrauschen des RX begrenzt.
- **Sondern von Noise aus der näheren und weiteren Entfernung.**
- In den unteren Bändern können wir mit hohen Signalen um S9+ rechnen. Wenn wir nun einen Verlust im Abschlusswiderstand haben, wird das **Nutzsignal** und die **Störsignale** gleichermaßen reduziert, das **S/N bleibt konstant.**
- **Somit zeigt sich dass diese Nachteile nicht so gravierend sind**

Cut-off oder Grenz-Frequenz T2FD-Ant 5-10 MHz (L=30m)

- Ant. ist für untere Grenzfrequenz von 5 MHz dimensioniert,
7 MHz = 2dBi, 5 MHz = -1dBi und 3.65 MHz = -7dBi

MMANA-GAL basic D:\Sync_Order\schulger\Amateurfunk\AFU-DU\ScanMarine_Antennas\T2FD-calculation\T2FD_test_L30m.maa

File Edit Tools Setup Help MMANA-GALpro

Geometry View Calculate Far field plots

T2FD 5-10 MHz L=30m

Freq 10.120 MHz

Ground

Free space

Perfect

Real

Ground setup

Add height 7.00 m

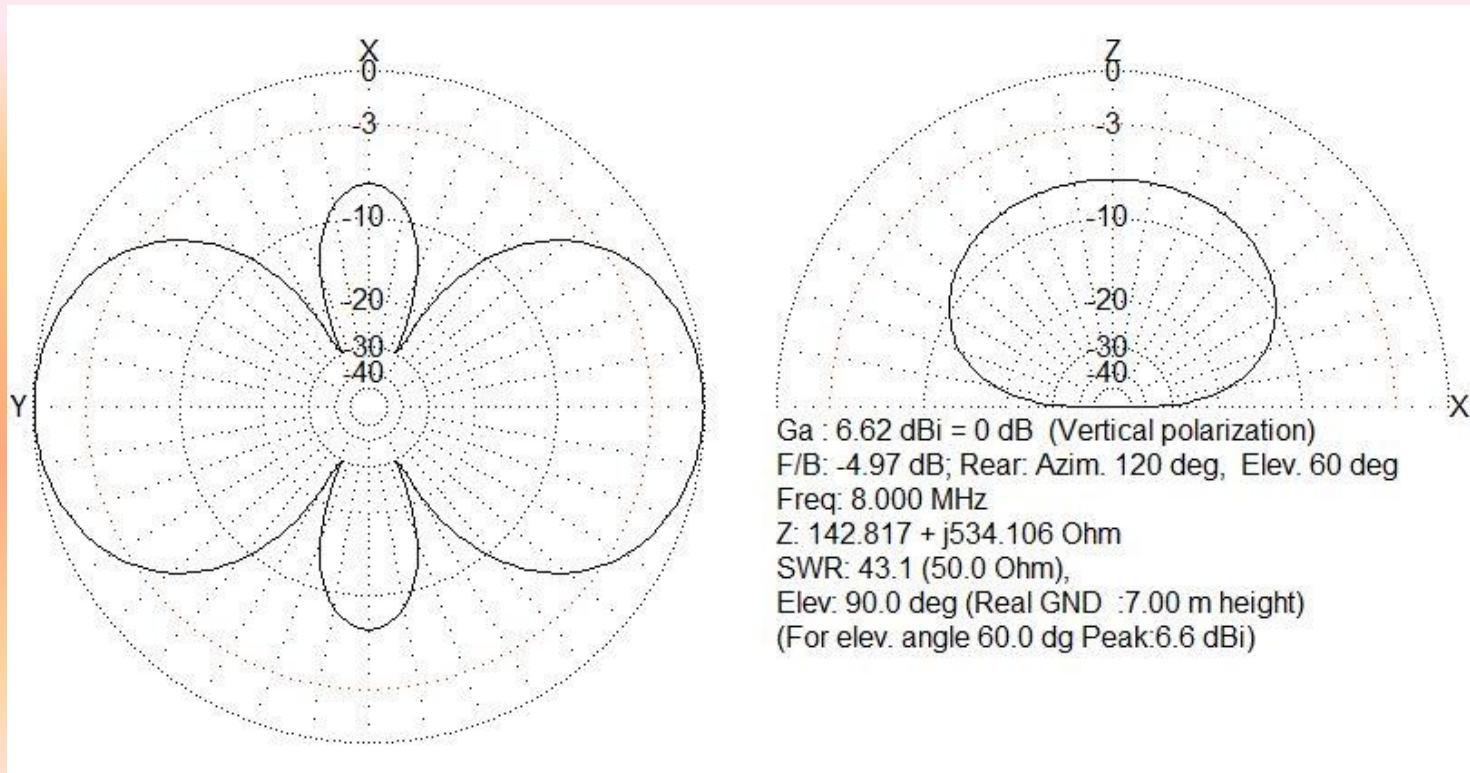
Material Cu wire

WAVE LENGTH = 29.624 (m)
TOTAL PULSE = 112
THE LOWEST POINT OF ANTENNA = 7.000 M
FILL MATRIX...
FACTOR MATRIX...
PULSE U (V) I (mA) Z (Ohm) SWR
w1c 1.00+j0.00 1.50+j0.61 570.46-j233.25 1.89
CURRENT DATA...
FAR FIELD ...
NO FATAL ERROR(S)
0.11 sec

No.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWR 1000	Gh dBd	Ga dBi	F/B dB	Elev.	Ground	Add H.	Polar.
4	10.12	570.5	-233.3	1.89	---	2.1	---	63.6	Real	7.0	hori.
3	7.05	1199	-576.6	1.73	---	2.01	-0.96	90.0	Real	7.0	hori.
2	5.0	1152	311.2	1.38	---	-0.79	-1.23	90.0	Real	7.0	hori.
1	3.65	834.6	106.6	1.24	---	-7.22	-1.38	90.0	Real	7.0	hori.

Aufzipfelung des Antennen-Diagramms bei zu hoher Frequenz

- H & V-Diagramm Dipol 2x30m ($f= 2.5\text{MHz}$) bei 8 MHz, TOA 60° und $H=7\text{m}$



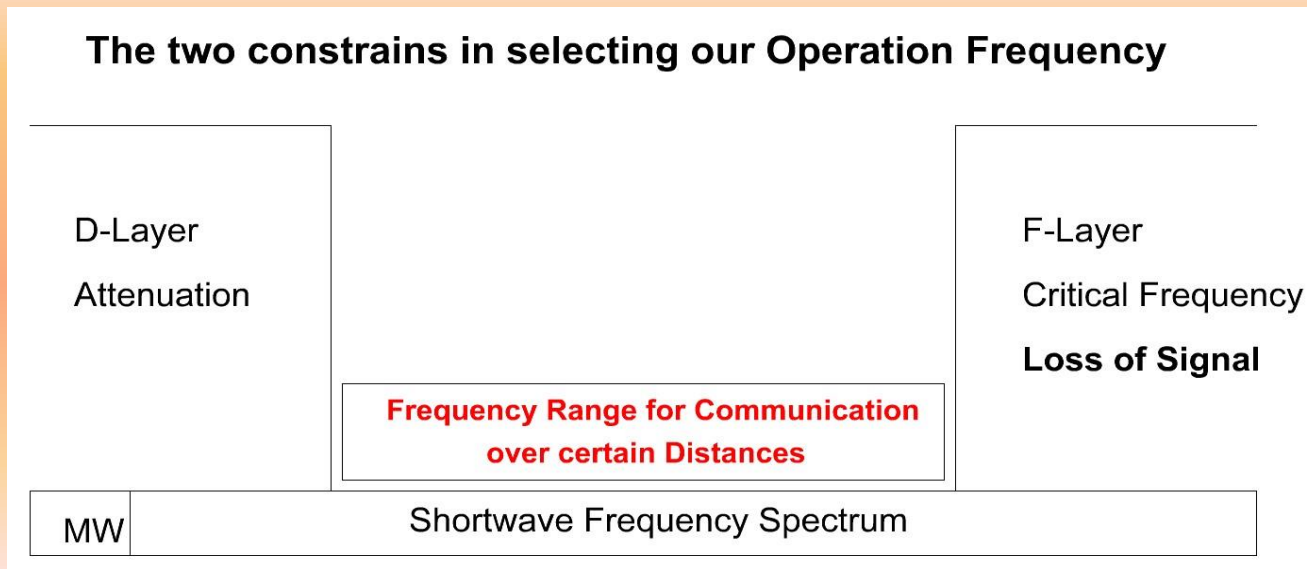
Separate Tag- und Nacht-Antennen

Warum brauchen wir verschiedene Antennen?

- MUF während des Tages höhere Freq.
- MUF während der Nacht niedrig Freq.
- Abhängig von SSN, u.U. sehr niedrige Freq. während der Nacht
- Antennendiagramm beachten, wegen der Aufzipfelung bei höheren Frequenzen
- Verwendung von 2 Antennen, eine kürzere, breitbandige für den Tag (mehrere Bänder erforderlich), sowie eine längere, fest abgestimmte für die Nachtfrequenz

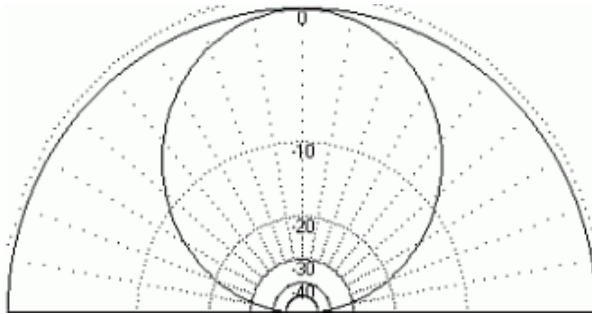
Das Dilemma von NVIS zwischen CRITICAL FREQUENCY und D-Schicht Dämpfung

- Da sich NVIS meist zwischen 5-10 MHz abspielt, ist die T2FD eine geeignete Ant.
- Die untere Freq wird von der D-Schicht, oben von der foF2 begrenzt
- Das Antennen-Diagramm bleibt somit stabil.

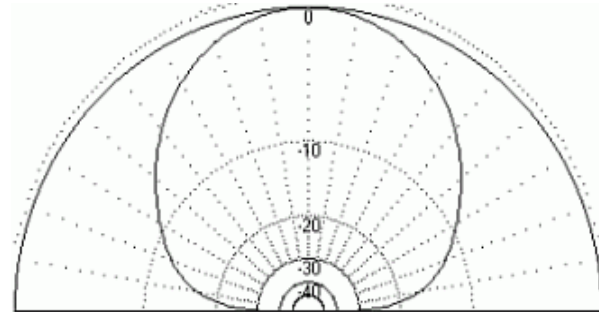


Antennendiagramm - höhenabhängig

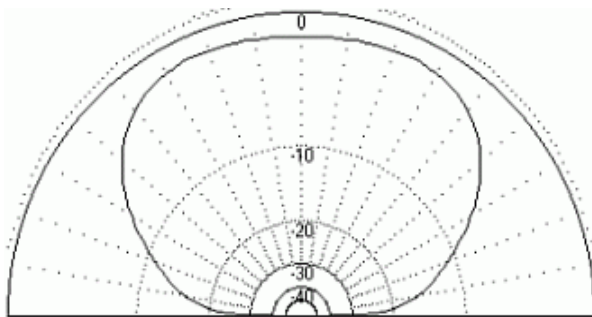
(Freq. = 4 MHz) ($\lambda = 75\text{m}$)



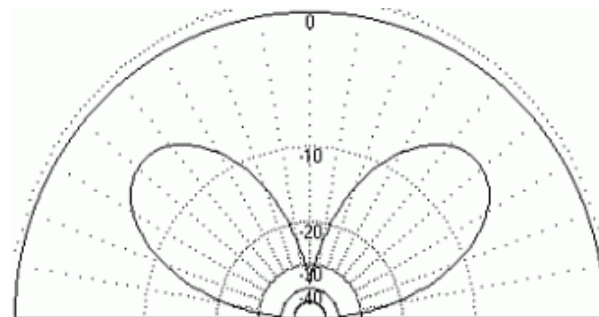
1a: 75-meter NVIS antenna at 20 feet high
The -10db ray is at about 38 degrees.
The -20db ray is at about 20 degrees.



1b: 75-meter NVIS antenna at 67 feet high (quarter-wave).
The -10db ray is at about 28 degrees.
The -20db ray is at about 6 degrees.



1c: 75-meter NVIS antenna at 90 feet high (3/8ths-wave). The -10db ray is at about 22 degrees, -20db at about 4 degrees, and considerably more power is now available at 30-60 degrees.



1d: 75-meter antenna at 125 feet high (half-wave)
No longer NVIS, but now a “skip” antenna,
with most of the power at about 42 degrees.

Aufbauhöhe von NVIS-Antennen

Antennengewinn

Gewinn des Dipols über Farmland (Freq = 5.3 MHz)

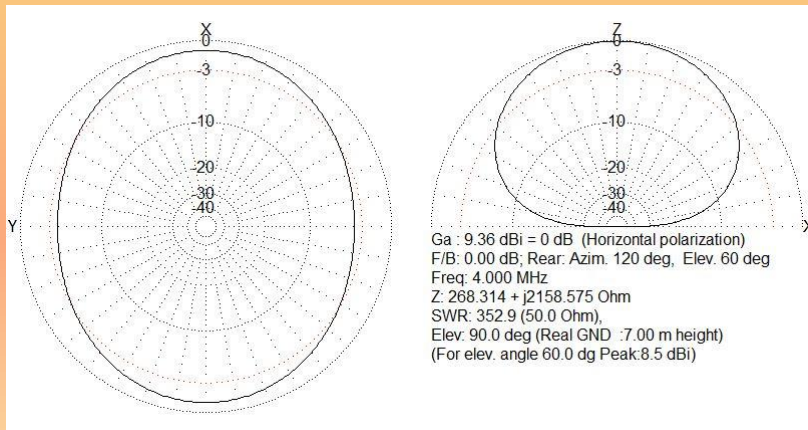
- Bis zu einer Höhe von 0.1 Lambda geringer Höhenverlust (2-3 dB)
- sogar 0.05 Lambda oder H= 3m hat nur 6 dB Verlust

Antenna height		NVIS Antenna Gain		
		Expected	Meas.1	Meas.2
12.5 m	0.22 λ	-0.2 dBr	0.0 dBr	0.0 dBr
9 m	0.16 λ	-0.0 dBr	-0.8 dBr	0.0 dBr
5 m	0.09 λ	-1.5 dBr	-2.6 dBr	-3.0 dBr
3 m	0.05 λ	-5.0 dBr	-6.1 dBr	-5.8 dBr
1 m	0.02 λ	-12.0 dBr	-11.0 dBr	-11.8 dBr

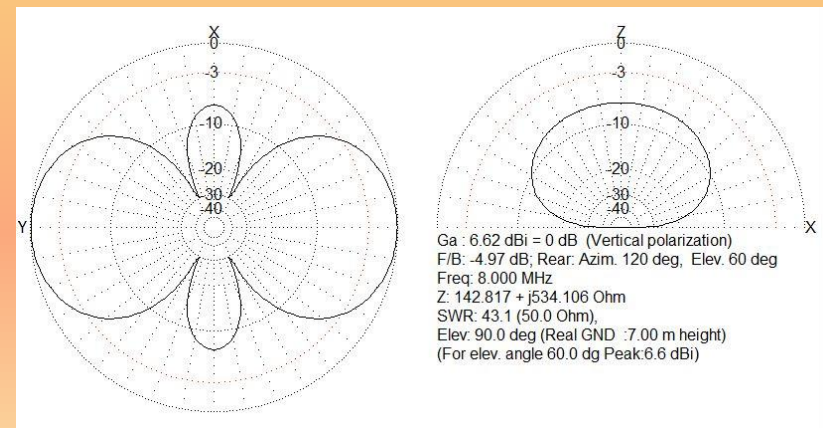
Source: Ben Witvliet

Antennen Design-Software (Results from MMANA)

- Antennenlänge 60m -> Res. Freq. 2.5 MHz
- Nicht jede Drahtlänge ist verwendbar für jede Frequenz
- Horiz. & Vert. Diagramm bei verschiedenen Freq, Hant= 7m TOA = 60°



4 MHz (omni directional)



8 MHz (aufgezipfelt)

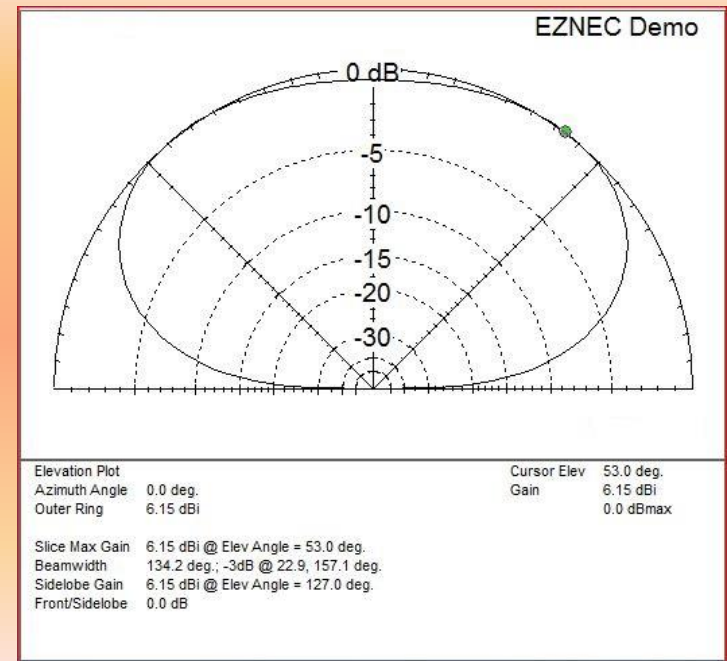
Polarisation von NVIS-Antenne Horizontal

Typical Diagram for NVIS

- Signale mit Strahlungswinkel 35°- 90° (NVIS) haben vollen Gewinn
- **Signale mit niedrigem Strahlungswinkel 0°-20° werden unterdrückt,**
- **Dies führt zu einem verbesserten S/N**
- **Sehr gut für NVIS, TOA from 35-90°**

Radiation Angles	Attenuation
89° (10 km)	-0.5 dB
85° (50 km)	-0.5 dB
80° (105 km)	-0.5 dB
70° (220 km)	0 dB
60° (345 km)	0 dB
45° (600 km)	0 dB
35° (855km)	-1.0 dB

(TOA=Take off Angle)



Polarisation von NVIS-Antenne

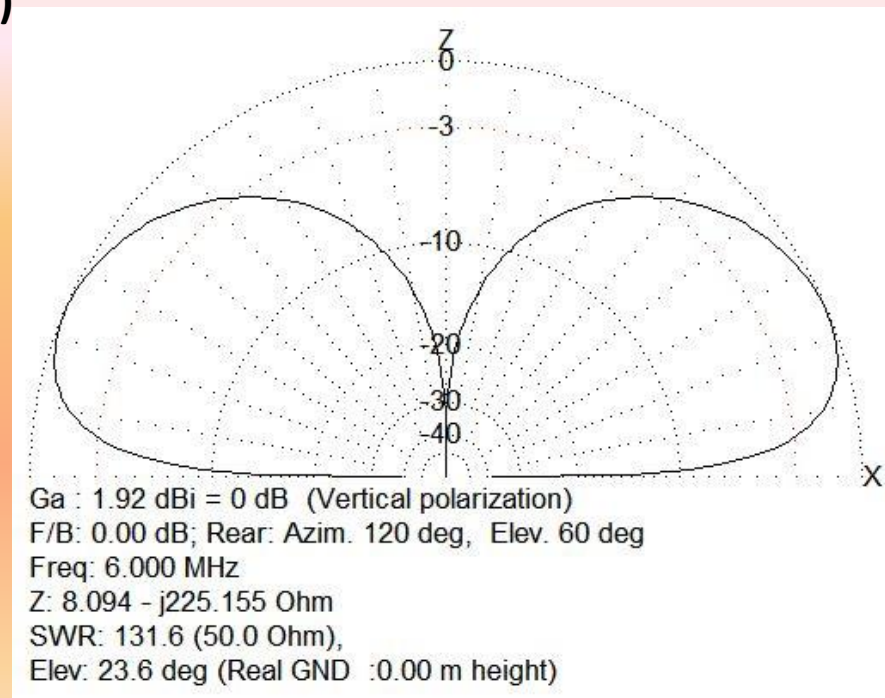
Nie vertikale Antenne verwenden

Antennendiagramm für vertikale Antenne (Whip Antenna)

Shakespeare Galaxy 5310 L=7m (Sample)

- Gut für GROUND WAVE Propagation
- Long Range Communications....
- Nicht für NVIS Distanzen <200km

Radiation Angles	Dämpfung
- 85° (50km)	-20dB
- 80° (100km)	-15dB
- 70° (200km)	- 8 dB
- 60° (300km)	- 6 dB
- 45° (600km))	- 3 dB
- 35° (850km)	0 dB



- **Dämpfung muss 2x genommen werden, wenn auf beiden Seiten vert. Ant. eingesetzt werden**

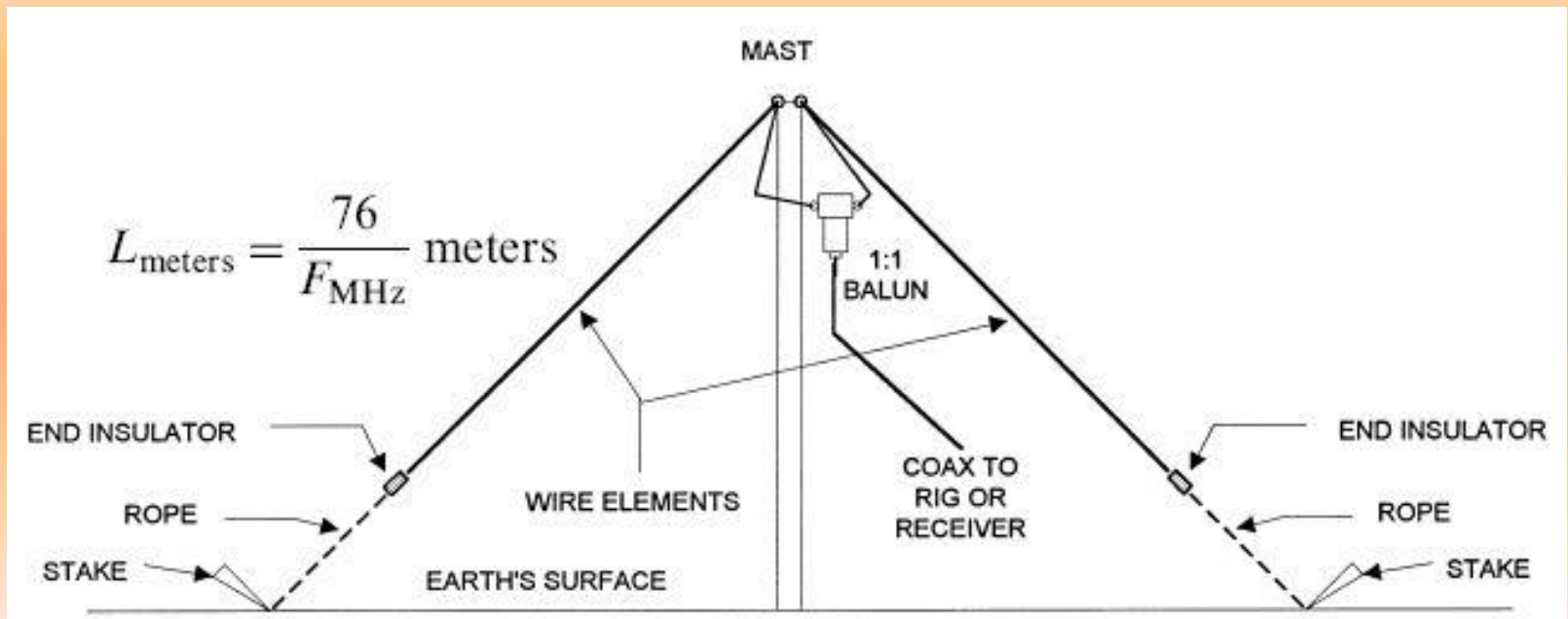
Installation der NVIS-Antenne

- Antennen-Installationshöhe ca. 0.1λ bis max. 0.25λ über Boden ($\lambda =$ Wave length). Also 80m -> 20m max., 40m -> 10m max.
- Antenne kann auch niedriger installiert werden, mit etwas Verlust . Sogar Aufbauhöhen von 3m über Grund sind für NVIS nicht ungewöhnlich.
- Die Aufbauhöhe beeinflusst das Antennen-Diagramm und die Impedanz!!!
- Befestige die Mitte der Antenne an einen Mast (H=6-10m). Wenn inv-Vee befestige die Enden in ca. 2.5m wegen Berührungsschutz.
- **Beachte Sicherheitsstandarts! Halte Abstand zu Hochspannungsleitungen!**
- Beachte die nachfolgende Folie, wenn Ant. an beweglichen Objekten befestigt wird. -> bewegliches Gegengewicht
- Bei inv-Vee lasse die Enden leicht durchhängen, weniger mech. Stress

Antennen – Installation

Inverted Vee Antenna

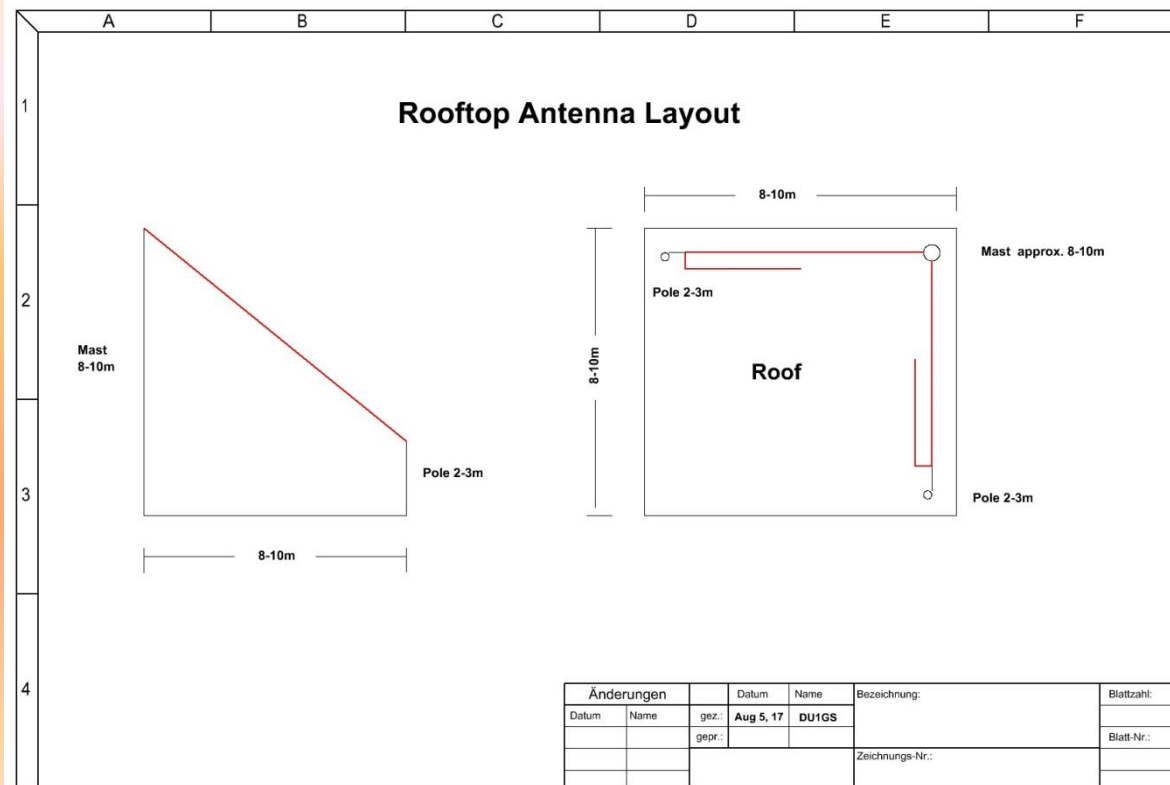
- Inverted Vee-Ant bring fast gleiche Ergebnisse wie ein gestreckter Dipol, braucht jedoch nur einen Mast
- Auch die T2FD-Antenna kann als Inverted-Vee Antenne installiert werden



Antennen-Installation

Unter eingeschränkten Platzverhältnissen

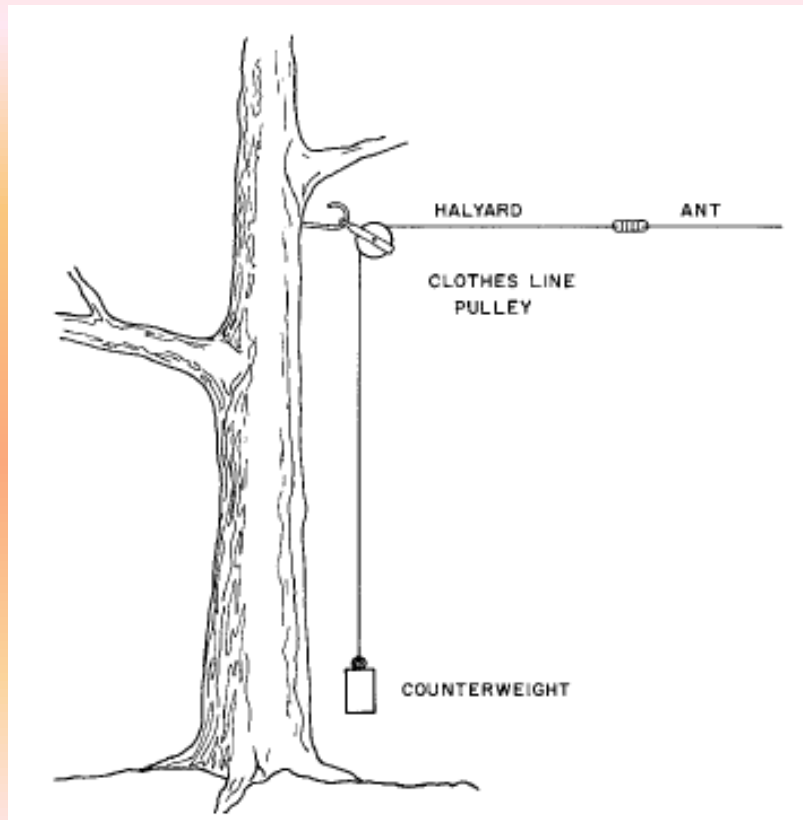
- Unter eingeschränkten Platzverhältnissen



Installation der NVIS-Antenne mit beweglichem Gegengewicht

Falls die Antenne an einem beweglichen Objekt (z.B. Baum im Wind...) befestigt wird, ist ein Gegengewicht welches beweglich ist, erforderlich.

- **Beachte**
Sicherheitsvorschriften!
- **Verhindere dass das Gegengewicht herunterfällt und Schäden verursacht**



Antennenvergleich mit RED PITAYA SDR-Receiver

- An dieser Stelle möchte ich eine Methode aufzeigen, wie man Antennen mit heutigen Amateurfunkmitteln vergleichen kann, also den Unterschied im Gewinn zweier Antennen. Eine Antenne dient als Referenz-Antenne.
- Nicht mit“ Antenne A, A, A.....Antenne B, B, B.....“ um doch nur unpräzise Ergebnisse von der Gegenstation zu erhalten.
- Sondern mit dem SDR-Module RED PITAYA, ca. 20 Messwerte/s werden geloggt.
- Sender war ca. 80km entfernt, somit starke Steilstrahlung, Frequenz 6 MHz
- Im Anhang wurden eine kommerzielle T2FD mit einem Dipol verglichen. Beide Antennen lagen in einer Linie zum Sender.

Antennenvergleich Dipol – T2FD Ergebnisse

Die T2FD (RED line) war die ganze Zeit 4dB (1/2 S-Point) niedriger als der Referenz-Dipole (Blue line). Macht jedoch nicht viel aus, da auch die Störungen um diesen Betrag niedriger sind.



End of Presentation

Thanks for your attention

Any Questions ???

E-Mail: gerald.schuler@web.de

Disclaimer:

Usage of all informations provided in that document are on your own risk!

I will not be held liable for any damages or losses caused by using infos provided in this presentation.

Please take care by your own for any installation etc. out of this content.