

Kurzwellen-Kommunikation auf lokaler und regionaler Ebene

Teil 5

NVIS-Antennen

Gerald Schuler
DL3KGS / DU1GS

20.01.2022

Kurzwellen-Kommunikation auf lokaler und regionaler Ebene

Inhaltsverzeichnis Teil 5

NVIS Antennen

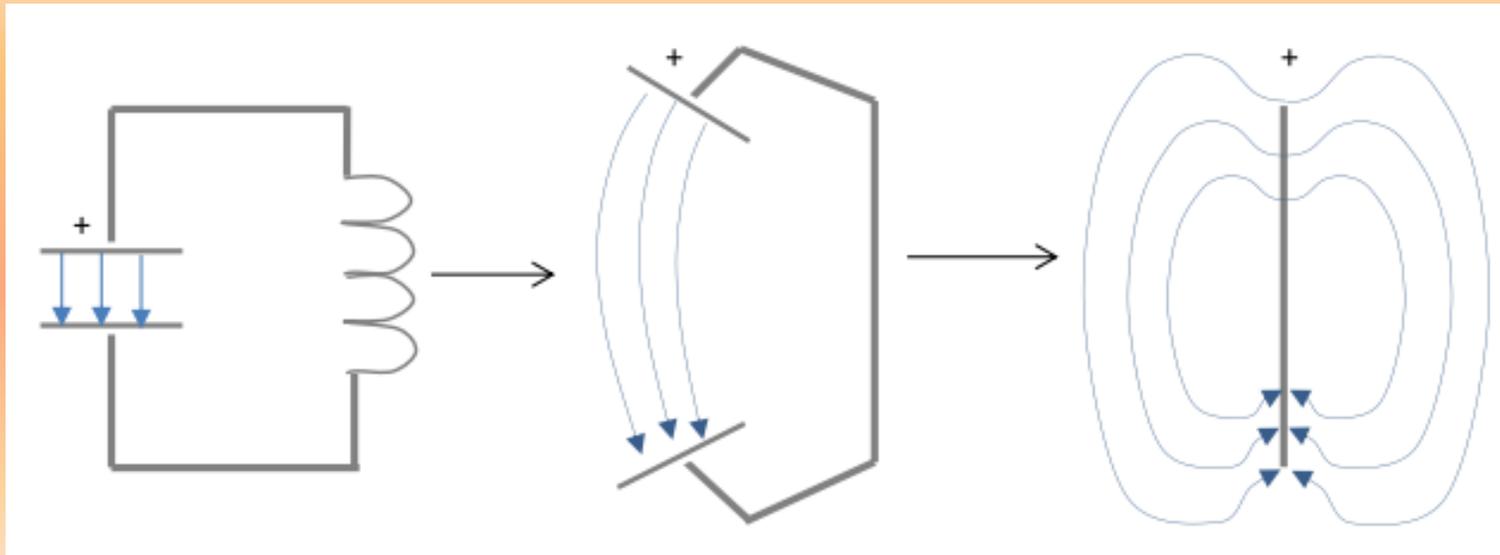
- Dipol – Grundprinzip
- NVIS Antennen (Dipol, Inv-Vee, T2FD etc.)
- Separate Tag- und Nacht-Antennen
- Antennen Design-Software
 - Dipol mit Hühnerleiter
 - EZNEC+
- Antennen Vergleichsmessungen mit dem SDR “RED PITAYA”
- Vector Antenna Analyzer (SWR Messung)

Antennen für Kurzwelle

Dipol - Grundprinzip

Herleitung des Dipols aus einem LC-Schwingkreis

- Die Zeichnung zeigt, wie man sich die Entstehung eines Dipols vorstellen kann. Dabei werden die beiden Kondensatorplatten eines Schwingkreises nach außen geklappt und die Induktivität zu einem gestreckten Leiter des Dipols gezogen

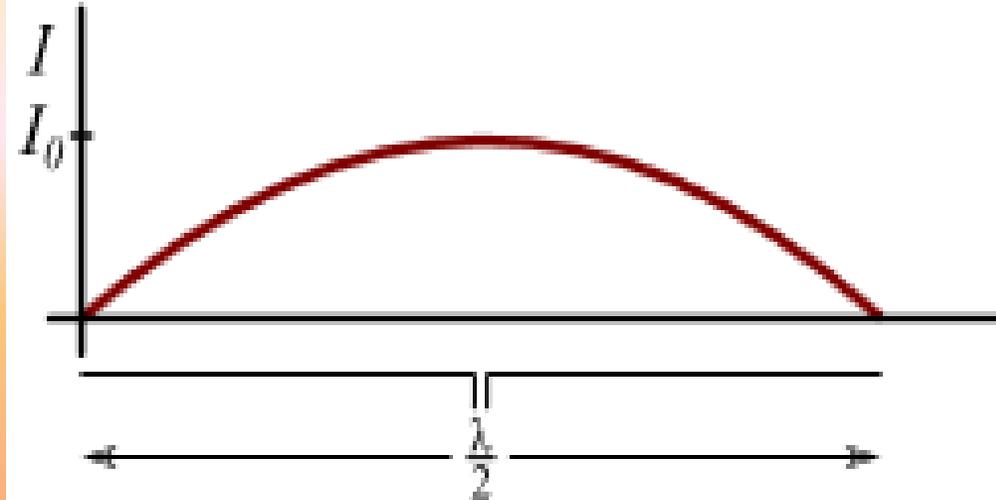


<https://www.abiweb.de/physik-elektromagnetismus/elektromagnetische-wellen/hertzscher-dipol.html>

Antenne für Kurzwelle

Dipol – einfachste Antennenform

Dipol Antenne



- Ein Dipol hat an den **Enden immer einen niedrigen Strom und hohe Spannung**
- Nur die **Region mit hohem Strom strahlt**, diese liegt am Einspeisepunkt (Mitte)!
- Im Speisepunkt beträgt die Impedanz ca. 73 Ohm (theoretisch)
- Es gibt noch weitere Möglichkeiten der Einspeisung
- Wellenlänge λ (m) = 300 / F (MHz) oder Frequenz F (MHz) = 300 / λ (m)

Antennen für Kurzwelle

NVIS-Antennen

- Jeder Dipol kann als NVIS-Antenne verwendet werden. Der Unterschied liegt 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 nicht vorhandenen leitfähigen Boden spannen (Wüsten, Sandböden, Fels etc).
- Bei gut leitenden Böden lohnt sich der Aufwand eines extra Erdnetzes jedoch nicht

Antennen für Kurzwelle

Anforderung an NVIS Antennen (1/2)

- Erfordern eine große Bandbreite, speziell für das 160m und 80m-Band
- Das ist mit einem normalen Dipol nicht zu erreichen, ohne dass die Strahlerlänge nachgestimmt wird
- Das ist bei einem Einsatz schwierig von Hand zu bewerkstelligen, langwierig, speziell bei Nacht
- Ein Automatik-Tuner müsste antennen-nah installiert werden und dann mit Koaxkabel zur Station geführt werden
- Ein manueller Tuner an der Station ist nicht günstig, wegen des weiterhin hohen SWR auf dem Koaxkabel und den damit zusätzlichen Verlusten
- Auf 160 und 80m werden schnell hohe SWR-Werte erreicht, da das Verhältnis BW/ Frequenz ungünstig ist
Beispiele 80m ->300/3500kHz = 8.5%, auf 40m ->200/7000kHz = 2.8%
Somit ist im Bezug zur Frequenz das 80m-Band ca. 3x breiter

Antennen für Kurzwelle

Anforderung an NVIS Antennen (2/2)

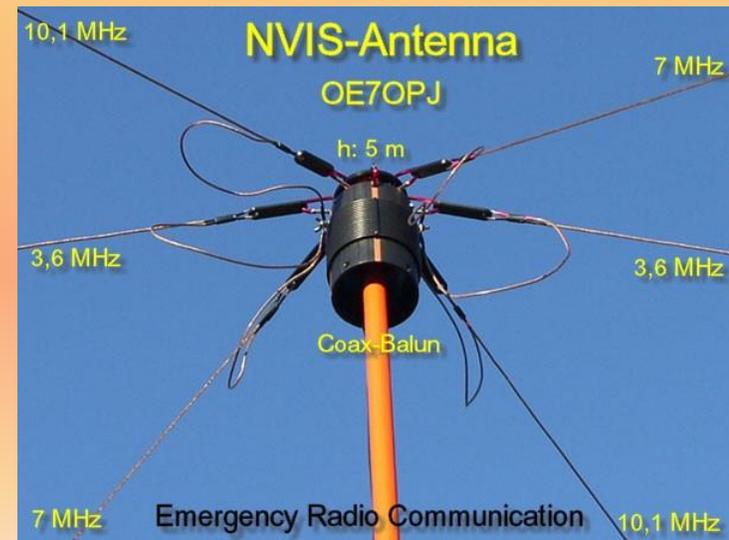
- Wir benötigen also breitbandige Antennen, speziell auf den niedrigen Bändern
- oder Antennen welche mit Automatik-Tunern abgestimmt werden
Tuner soll möglichst an der Antenne installiert werden
- Einfache Dipole erfordern ständiges justieren der Längen bei Frequenzänderung, speziell bei den tieferen verwendeten Frequenzen für NVIS.
- Besonders im 160m oder 80m Band ist justieren bei schon geringen Frequenzänderungen erforderlich
- Oder wir verlieren die Flexibilität des Frequenzwechsels im größeren Rahmen

Antennen für Kurzwelle

Oft im Internet gefundene NVIS-Antenne

Von der militärischen Antenne AS-2259/GR hergeleitet

- Konstruktion ist aufwendig, großer Flächenbedarf
- Auch zeigt das Bild 10.1MHz, was in EU fast nicht möglich ist! Sinnvoller -> 60m
- Bei größerem Frequenzwechsel (<100kHz) auf 80m muss die Strahlerlänge jeweils von Hand justiert werden
- ATU am TX ist fehl am Platz, wenn zwischen ATU und Ant. sich langes Koaxkabel befindet
- Der Tuner sollte möglichst direkt an der Antenne direkt eingesetzt werden, um hohes SWR auf dem Kabel zu vermeiden
- Somit mech. Problem mit dem Mast möglich, der mit 5m eher niedrig ist
- Der Koax-Balun stellt auch keine glückliche Lösung dar -> Gewicht an der Mastspitze



T2FD-Antenne

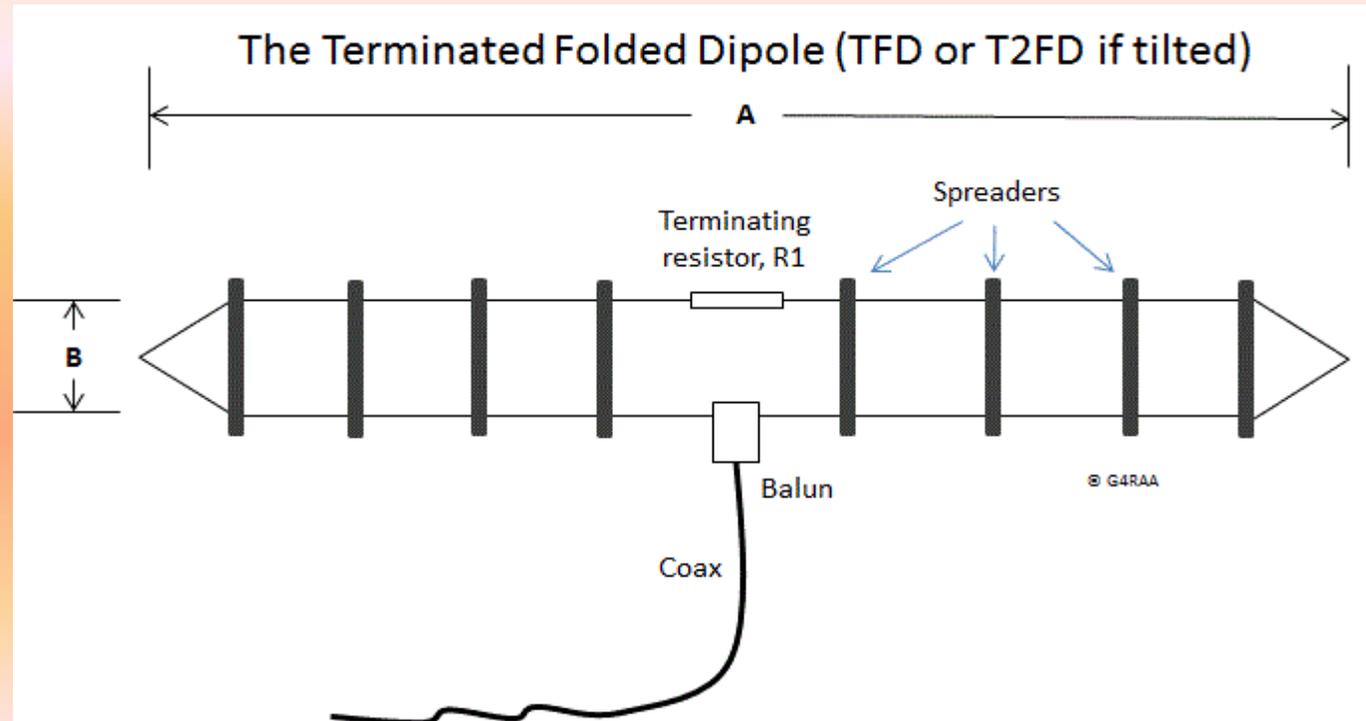
Was bedeutet das?

- TFD oder T2FD – **T**erminated (**T**ilted) **F**olded **D**ipole ist einem Faltdipol ähnlich, in dessen Mitte, gegenüber der Einspeisung ein Widerstand eingefügt ist
- Der Vorteil ist eine grosse Breitbandigkeit und ein niedriges SWR über einen großen Arbeitsbereich, somit wird meist kein Antennen-Tuner benötigt
- Das sind perfekte Voraussetzungen für ALE (Automatic Link Establishment) und andere frequenz-agile Systeme (Frequency-Hopping FH)
- Der oft in Amateurfunk-Kreisen hervorgehobene **VERLUST** hält sich bei richtiger Dimensionierung im Rahmen-> Siehe T2FD-Antenne folgend

Antennen für NVIS

T2FD-Antenne - Prinzip

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



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 Impedanz (Anpassung der 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 ungefähr ein R gleich dem Z des Übertragers haben. Auch sollte er für min. 50% 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 unrichtigen Angaben der Verkäufer oder Hersteller!
- Funkamateure werden ge- und enttäuscht!
- Design Freq. 5MHz
3.5MHz -> - 8.7dBi
2.0MHz -> -22.5dBi !!!
- Mit MNANA gerechnet
- Das bedeutet daß der größte Teil der Leistung vom Widerstand geschluckt werden muss, wenn die Antenne außerhalb ihrer Design-Frequenz betrieben wird, deshalb die höhere Dimensionierung der Leistung

The screenshot shows the MMANA-GAL software interface. The main window displays the antenna configuration: T2FD 5-10 MHz, L=30m, Freq 10 MHz, Ground Real, Add height 7.00 m, Material Cu wire. The results panel shows: WAVE LENGTH = 29.979 (m), TOTAL PULSE = 112, THE LOWEST POINT OF ANTENNA = 7.000 M, FILL MATRIX..., FACTOR MATRIX..., PULSE U (V) 1 (mA), Z (Ohm) 576.43-j251.83, SWR 1.89, w1c 1.00+j0.00, 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

T2FD-Antenne

Wo wird sie eingesetzt?

- Bei Funkdiensten mit einem hohen Bedarf an verschiedenen Frequenzen, welche über mehrere MHz verteilt sind und häufig gewechselt werden
- 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 Leistungen von max. 150W
- Im Amateurfunk kann sie bei einer Strahlerlänge von 40m, sowohl das 80m, 60m, 40m-Band und bedingt das 30m -Band (wegen Diagramm-Aufzipfelung) abgedeckt werden
- Speziell im 80m-Band ist die große Bandbreite von Nutzen.

T2FD-Antenne

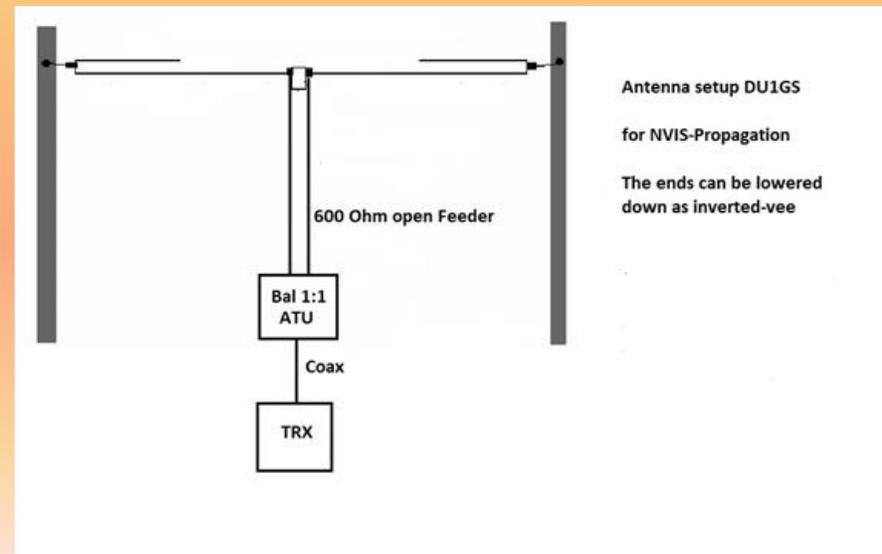
Was sollte man wissen und beachten?

- Der in der Literatur/Hersteller angegebene Frequenzbereich von 2-30 MHz bei Längen von kleiner 30m ist nicht für den Sendebetrieb geeignet
- Die unterste Betriebsfrequenz liegt dann bei 5 MHz, darunter steigen die Verluste sehr schnell an.
- Wenn man eine effiziente Antenne haben möchte, darf man diesen falschen Versprechungen der Hersteller nicht glauben. 30m lange T2FD-Antennen (teils noch kürzer) funktionieren eben nicht ohne hohe Verluste auf 2 MHz oder 4 MHz.
- Das Antennendiagramm wird mit zunehmender Frequenz auch nicht idealer. Im oberen KW-Bereich (>10 MHz) bekommt das Diagramm von seiner ursprünglichen omni-direktionalen Form Aufzipfelungen und Einzüge, welche ebenfalls zu Pegelabfällen führen, wie bei jeder Ant. welche bei mehr als 2x der Grundfrequenz betrieben wird!

Antennen für NVIS

Dipol mit Hühnerleiter

- Ein Dipol mit 600 Ohm Feeder oder 300 Ohm Bandkabel für Portabel-Betrieb lässt sich über einen weiten Frequenzbereich mit einem Tuner abstimmen
- Bei eingeschränkten Platzverhältnissen kann der Draht auch zurück gebogen werden, ansonsten gesamte Länge gestreckt. Siehe Folie 4, wegen dem niedrigen Strom am Strahlerende!
- Höhe nicht zu hoch wählen!
Wegen erforderlicher Steilstrahlung
- Auch Inverted-Vee Aufbau möglich
- Berechnung der optimalen Länge
-> siehe nächste Folie



Dipol mit Hühnerleiter Berechnungsprogramm

Freeware DL1JWD-Doppelzepp-Rechner

- <http://funkamateurl.de/downloads-zum-heft.html>
- "Optimierung zweidrahtgespeister Dipolantennen" FA 7/17, S. 624
- [Software DL1JWD 3.zip](#)

DL1JWD-Doppelzepp-Rechner 1.3

Ermittlung der Dipol-Fußpunktimpedanz $R_a + jX_a$

Idealisierter Dipol Halblänge des Dipols (m) 22 Drahtquerschnitt (mm²) 1.2

Realer Dipol $R_e + jX_e \gg \gg R_a + jX_a$

Feeder: Bandkabel Hühnerleiter

Zw(Ω) 300 VF 0.82 dB/100m 0.75 f(MHz) 10

Längenänderung(m) 0.1 aktuelle Länge(m) 10

Ringkern-Abmessungen: Höhe(cm) 1.27 AD(cm) 3.56 ID(cm) 2.27 Windungen 20 Letztungsänge = 1m

symmetrischer Koppler unsymmetrischer Koppler (mit Balun)

f(MHz)	Wirkungsgrad	sendereitiges SWV	1/λ	R _a (Ω)	jX _a (Ω)	Impedanz am Eingang des Feeders	R _e (Ω)	jX _e (Ω)	C1(pF)	L(μH)	C2(pF)
1.81	35%	1.04	0.13	15.4471	-1094.3	4.904620	-335.3058	6215	23.1	90	
3.51	95.5%	1.02	0.26	80.4442	56.8035	300.2020	431.3270	315	9.6	290	
7.1	89.4%	1.05	0.52	2967.58	-1754.5	26.72404	87.94710	215	2.85	415	
14.1	85.2%	1.17	1.03	2059.09	-1342.6	127.9780	-490.9440	315	2.35	40	
21.1	40.6%	1.2	1.55	1178.68	-1938.7	48.28390	298.7851	3215	0.1	715	
28.5	63%	1.35	2.09	428.165	-1339.6	26.56985	-116.7433	1315	0.1	365	

Koppler-Daten: C1(pF) min 15 max 6320 ΔC 100 L(μH) min 0.1 max 64 ΔL 0.25 C2(pF) min 15 max 775 ΔC 25

Pi-Glied L-Glied QC 1000 QL 250

Bitte beachten:
- Zwecks Bestimmung der Fußpunktimpedanzen des Dipols müssen Sie sich für eine von zwei Methoden entscheiden:
a) Idealisierter Dipol (für einen simulierten Dipol im Freiraum berechnet das Programm Orientierungswerte für R_a und jX_a)
b) Realer Dipol (dazu brauchen Sie einen vektoriellen Antennenanalysator oder ein Simulationsprogramm wie z.B. EZNEC). Tragen Sie die gemessenen Werte für R_e und X_e ein und geben Sie die entsprechende Länge des Feeders direkt ein. Dann transformieren Sie die Messwerte mit $R_e + jX_e \gg \gg R_a + jX_a$ in die Fußpunktimpedanzen Ihres Dipols. Erst im Anschluss können Sie die Feederlänge verändern und nach 'START' die Auswirkungen beobachten.
- Dezimaltrennzeichen ist das Komma, ein Punkt wird überlesen! (Ländereinstellung und Tastatur = 'DEUTSCH!!!')
- Manche Änderungen werden erst nach Klick auf 'START' wirksam!
- Ausführliche Beschreibung des Programms im FUNKAMATEUR Heft 7/2017

73 de Walter DL1JWD

Antennen für NVIS

Inverted-Vee Antenne

Einfach aufzubauende NVIS-Antenne

- Im Vergleich mit einem horizontalen Dipol ist die Inverted-Vee-Antenne ebenfalls gut geeignet als NVIS Antenne
- Es wird nur ein Mast benötigt und weniger Aufbaufläche....
(kurzer Mast ca. 7-10m Höhe für 3.5-7 MHz)
- Antennenenden sollten ausreichend hoch sein, -> Berührungsschutz

Erddraht / Reflektor

- Um eine Steilstrahlung auch mit der INV-Vee zu erreichen, können bei schlecht leitenden Böden ebenfalls Reflektoren installiert werden
- Speziell notwendig bei sandigen oder felsigen Böden, weniger bei Ackerböden oder Weideland
- Für Fest-Stationen lohnt sich der Aufwand vielleicht, bei temporärem Stations-Aufbau lohnt es sich der Aufwand kaum wegen der vielleicht 2dB mehr

Antennen für NVIS

Erdnetz / Reflektor – Lohnt sich das?

Der Mythos Erdnetz / Reflektor für Steilstrahl-Antennen

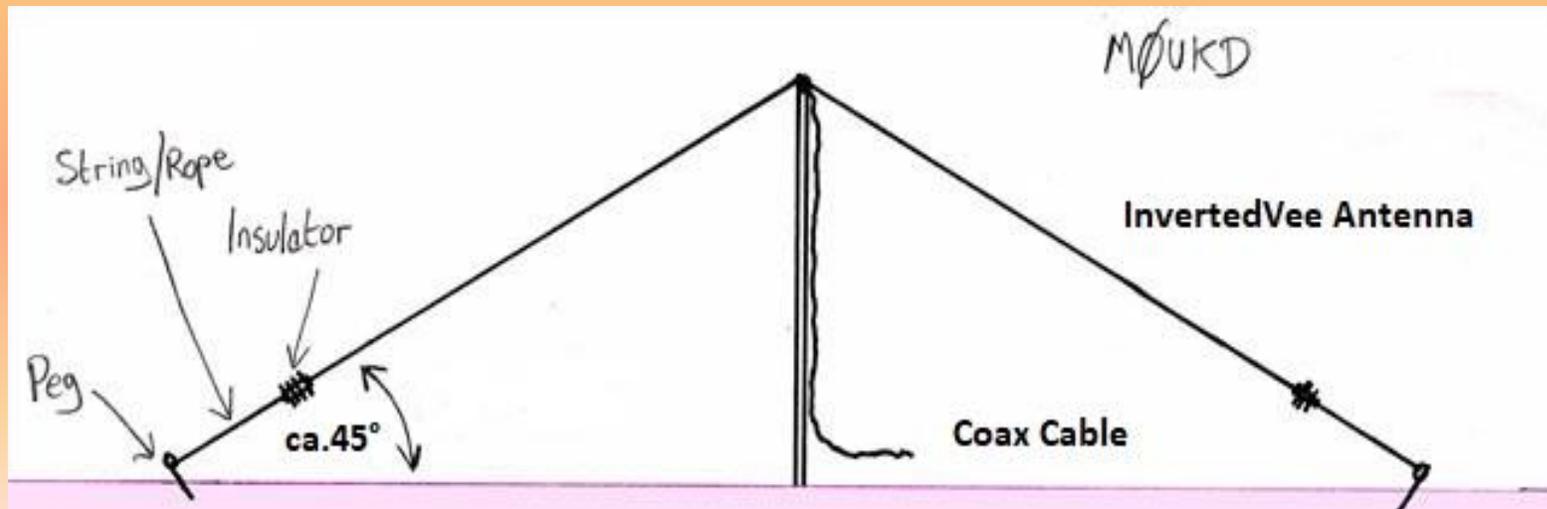
- Wie aus den Berechnungen hervor gehen dürfte sich der Aufwand eines Reflektor-Erdnetzes in den seltensten Fällen lohnen, wenn nicht gerade Fels, Sandboden oder Wüste als Untergrund vorliegen
- Speziell im Protabel-Betrieb finde ich den Aufwand übertrieben
- Denn wenn man 1 oder 2dB an Pegel verliert, reduziert sich auch das Noise um diesen Betrag, somit bleibt das SNR gleich. Da wir bei NVIS meist hohe Signalstärken haben, fallen diese geringen Unterschiede nicht ins Gewicht

Ground wire underneath a NVIS Antenna?				
by DL3KGS / DU1GS on Dec. 31th, 2018				
Gain (EL=90°)Calcs where done with EZNEC+ 6.0 / High accuracy / 50 segments per wire				
40m-Dipole (20m long) in 5m height and single Ground wire (21m) 5cm above ground				
Ground Type (EZNEC)	Gain (dBi) with Gnd wire	Gain (dBi) w/o Gnd wire	Height (m)	Difference (dB)
City extrem poor	4.6	3.6	5	1.0
Sand, dry	5.1	4.2	5	0.9
Average	5.7	5.0	5	0.7
Pastoral Land	6.2	5.7	5	0.5
Fresh water	6.4	6.2	5	0.2
Sea water	8.4	8.3	5	0.1

Result. The poorer the ground the more effect has a Ground wire
But as the improvement is marginal, even w/ 5 wires (<1dB more). It will not worthwhile to install a Ground wire, especially not for limited time usage, like Portable operations

Inverted Vee Antenne

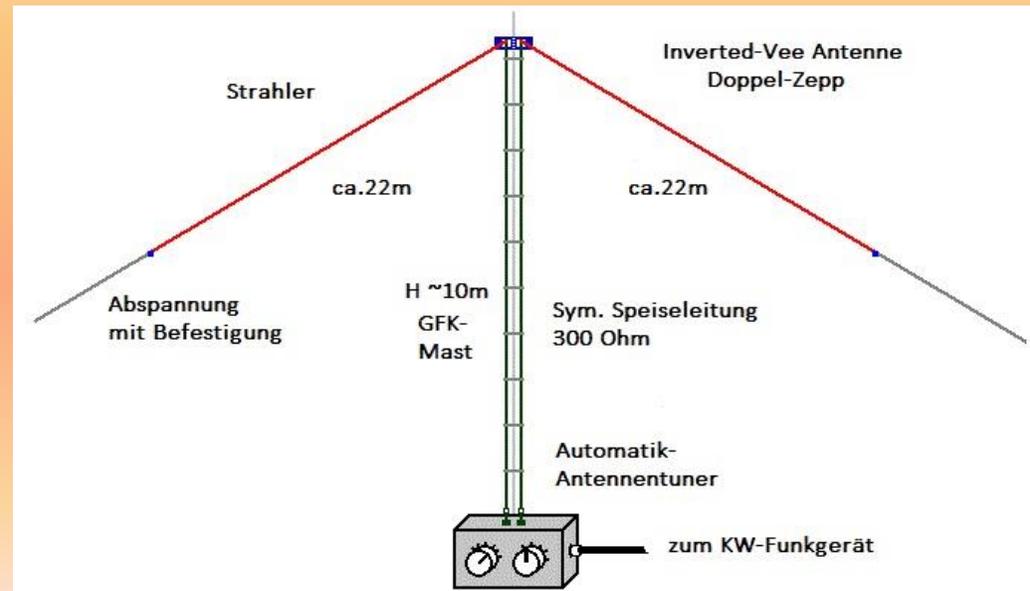
- Die Inverted Vee-Antenne bringt nur ein unwesentlich schlechteres Ergebnis als ein gestreckter Dipol
- Braucht jedoch nur einen Mast im Gegensatz der 2-3 Maste des gestreckten Dipols
- Das ist ein großer Vorteil, speziell bei Portabel-Betrieb / Notfunk
- Auch die T2FD-Antenne kann als Inverted-Vee Antenne installiert werden



Antennen für Kurzwelle

Gut geeignet für Notfunk

- Eine Dipol-Antenne gespeist mittels Hühnerleitung oder 300/450 Ohm-Bandkabel
- Der Tuner (manuell oder Automatik) wird mittel Balun (FT240-43 / RK1 DARC) an die Antenne in Bodennähe angeschlossen werden und über 50 Ohm Koax-Kabel zum Transceiver geführt wird
- Die Strahlerlänge kann auch auf 2x15 gekürzt werden, je nach Verfügbarkeit des Platzes, auch zurückgefaltet
- Es kann ein leichter Mast zum Einsatz kommen



Antennen für Kurzwelle

EFHW (Endfed Halfwave)

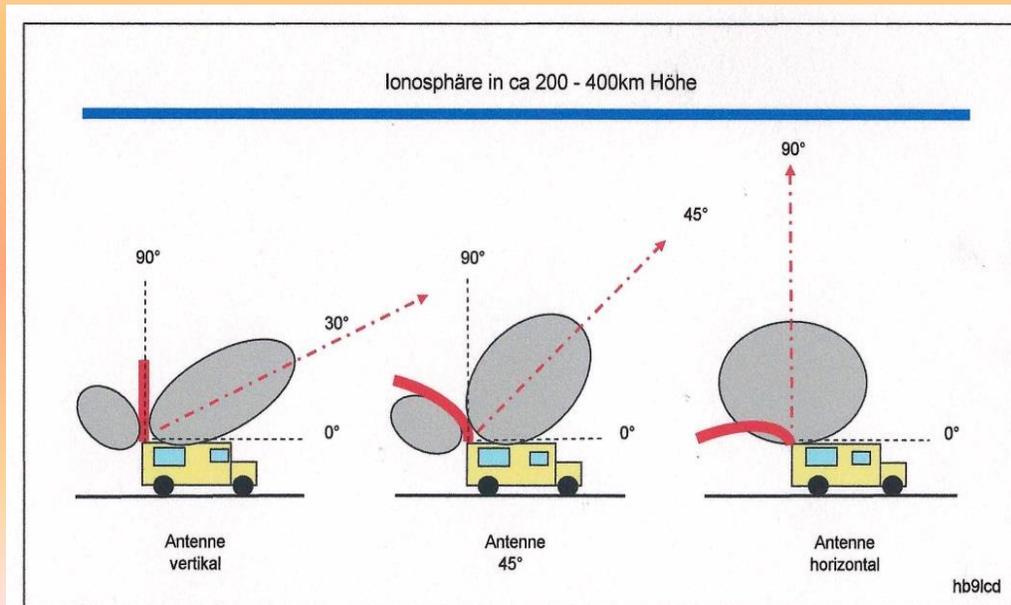
- Ein endgespeister Dipol wird am Ende des Strahlers gespeist
- Das hat den Vorteil, dass kein schweres Koaxkabel in der Mitte herunter hängt, somit ist die Antenne auch UNAUFFÄLLIGER
- Allerdings hat ein Dipol an den Enden eine hohe Impedanz ca. 2.500-3.000 Ohm
- Somit wird ein Übertrager benötigt der von 50 Ohm Kabelimpedanz auf ca. 3.000 Ohm transformiert. Ein Transformationsverhältnis von 50 oder $N1 / N2 = 8$ ist erforderlich.
- Harmonischen-Betrieb ist möglich, allerdings kann das SWR und das Antennen-Diagramm nicht mehr rundstrahlend, sondern erhält teils starke Einzüge
- Kann auch als Inv-Vee Ant. betrieben werden. Der Einspeisepunkt ist dann stations-nah gelegen -> sehr kurzes Koaxkabel
- Vorteil kein schweres Kabel in der Mitte, somit leichter Mast nötig
- Ebenfalls für Notfunk zu erwägen, speziell wegen der Einspeisung an einem Ende

Mobilantenne für NVIS

Die übliche vertikale Mobilantenne ist nicht ideal für NVIS

- Zurückbiegen der vertikalen Mobilantenne, weg vom Fahrzeug
- oder einen horizontalen Draht (ca. 10m für 7 MHz) vom Fahrzeug weg in 2–3m Höhe befestigen (Stand-Mobil).
Ende in einem Busch etc.

- $\lambda / 4$ Wavelength
- Antenne mit einem Tuner in Resonanz bringen
- Fahrzeug als Erde



Stationärer / Portabel-Betrieb mit horizontalen Mobilstrahlern

Zwei Mobilstrahler werden horizontal montiert

- Für sehr beschränkte Platzverhältnisse
- Mit zwei Mobilstrahlern (Langversion, 260cm für 60m) wird ein Dipol gebildet.
- Test mit 2 Mobilstrahlern ca. 6-8 dB niedriger Pegel als mit Dipol
Auf 80m dürfte der Unterschied noch drastischer sein!
- Die Bandbreite ist sehr eingeschränkt, BW 10-20kHz, ideal für das 60m-Band!
- Man kann das umgehen, wenn man mit Bandkabel und Tuner einspeist.....

Horizontale Mobilantenne für NVIS

Zwei Mobil-Strahler als horizontale NVIS Ant in 2-3m Höhe

- Damit konnte von Bonn aus das Winlink-Gateway HB9AK gearbeitet werden (40m)
- Bandbreite schmal (10-20kHz), ->60m-Band
- Tests mit normalen Mobil- Strahler zeigten 6db weniger Pegel als ein resonanter Dipole, allerdings H=6m
- Für einen Kompromiss nicht schlecht, allerdings dürften auf 80m höhere Verluste auftreten



Separate Tag- und Nacht-Antenne

Speziell wenn 160m erforderlich!

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 Aufzipfelungen bei höheren Frequenzen
- Verwendung von 2 Antennen, eine kürzere für den Tag, sowie eine längere, fest u.U. fest abgestimmte für die Nachtfrequenz im 160m-Band, wenn es die Ausbreitungsbedingungen erfordern, speziell im Sonnenflecken-Minimum

Antenne für Tages-Betrieb (höhere Frequenzen)

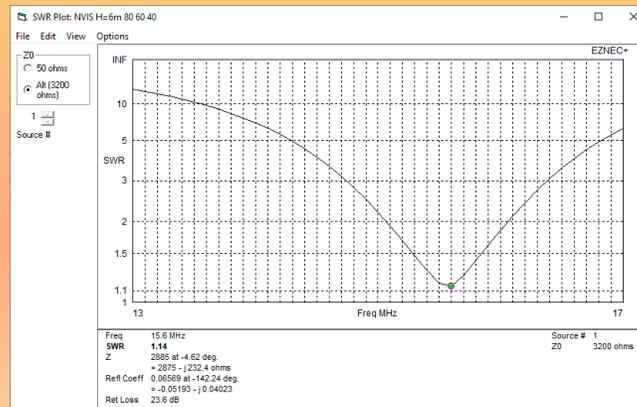
- Während des Tages sollte eine Antenne mit der entsprechenden Länge gewählt werden, damit es nicht zu Aufzipfelung des Diagramms kommt, also nicht zu lang
- Das kann eine **T2FD-Antenne** oder ein abstimmbarer Dipol sein. Dieser wird mittels Tuner abgestimmt, Zuführung zur Antenne mit einer Hühnerleiter
- Wenn die Platzverhältnisse es erforderlich machen, kann man die Dipolenden auch zurückbiege. Es sollte ein Abstand zwischen den Drähten eingehalten werden (ca. 10-30cm). Der zurückgebogene Teil sollte max. 1/3 der Gesamtlänge ausmachen
- Da an den Strahlerenden nur ein geringer Strom fließt, trägt dieser Teil der Antenne nur wenig zur Abstrahlung bei
- So kann die Antenne über einen großen Frequenzbereich abgestimmt werden
- Drahtlänge ca. 2x (10m + 5m) (zurückbiegen)
- Frequenz-Bereich ca. 3.5-7 MHz

Antenne für Nacht-Betrieb (niedrigere Frequenzen)

- Selbes Prinzip wie bei der Tag-Antenne
- Auch hier kann man jeden Strahler ca. 1/3 zurückbiegen, um Platz zu sparen.
- Strahlerlänge ca. 2x (20m + 10m) (zurückbiegen)
- Nicht ganz ideale Länge für 160m-Band, jedoch siehe Berechnungsprogramm „**Dipol mit Hühnerleiter**“
- Frequenz-Bereich 1.8 - 4 MHz

Antennen Design-Software EZNEC+

- EZNEC+ Software, ab 2022 soll kommerzielle Version kostenlos sein
- Link für Download <https://www.eznec.com/>
- Kann auch Zirkular rechnen und ist auch für niedrige Höhen geeignet



SWR-Kurve über Frequenz



AntennenDiagramm Plot

Horizontal polarisierte NVIS-Antenne

Antennen-Diagramm

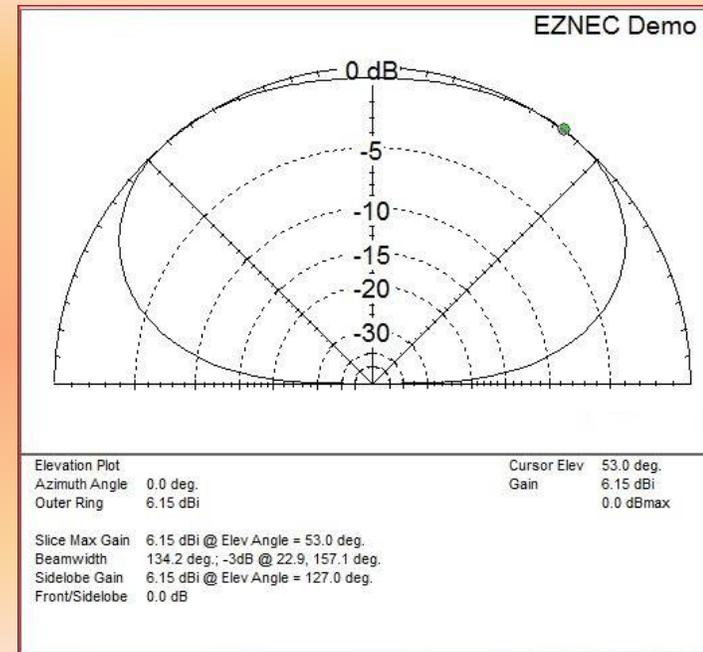
Typical Diagram for NVIS

- Signale mit Strahlungswinkel 35°- 90° (NVIS) haben vollen Gewinn
- Signale mit niedrigem Strahlungswinkel kleiner 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° (100 km)	-0.5 dB
70° (220 km)	0 dB
60° (350 km)	0 dB
45° (600 km)	0 dB
35° (850km)	-1 dB
10° (DX und Umgebungsstör.)	-10 dB

- Siehe auch Dokument „Hor. versa vert . Ant“

(TOA=Take off Angle)

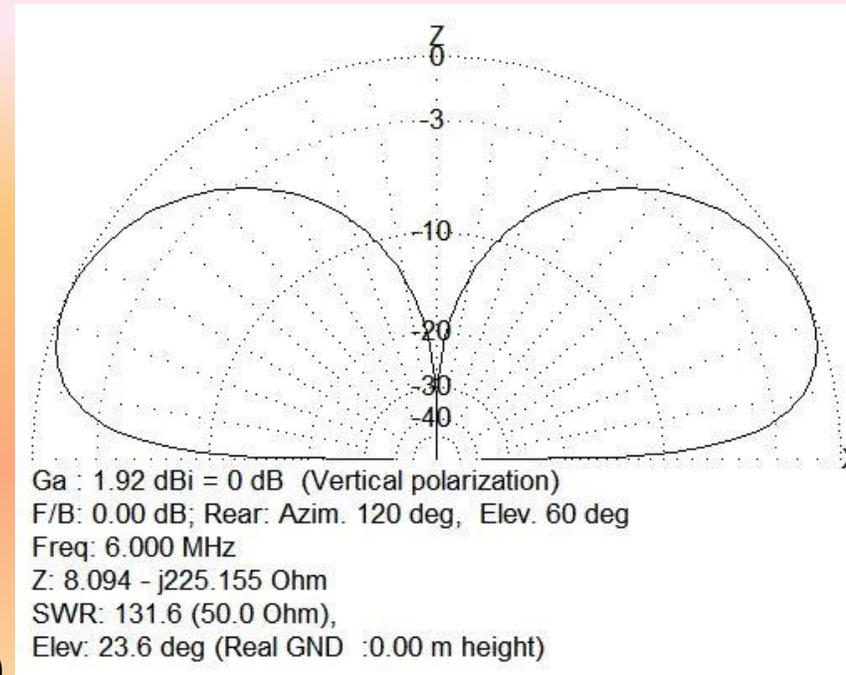


Vertikale Antenne

Antennen-Diagramm

Antennendiagramm für vertikale Antenne

- Beispiel Shakespeare Galaxy 5310 L=7m (vertikale Schiffsantenne)
- Gut für GROUND WAVE Propagation
- Und Long Range Communications....
- Nicht für NVIS Distanzen <300km
- 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
- NVIS-Bereich stark unterdrückt (60-90°)
- Dämpfung muss 2x genommen werden, wenn auf beiden Seiten vertikale Antennen eingesetzt werden



Vertikale Antenne

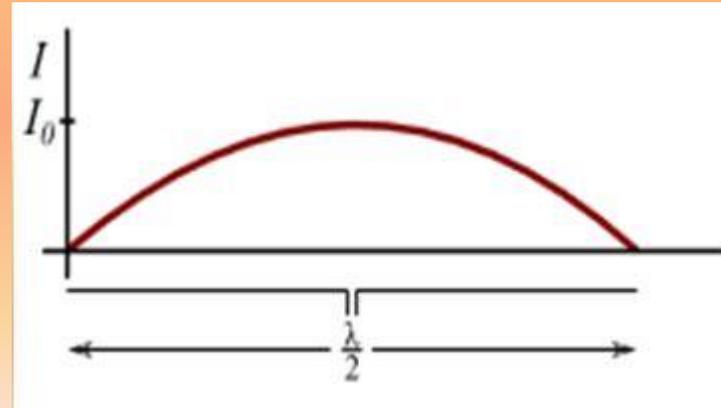
Nachteile bei Radioverbindungen <350km

Schlussfolgerung zur Verwendung einer vertikalen Antenne

- Der wichtige TOA von 60-90 ° strahlt nicht mit maximalem Signal, Verlust zwischen 8 bis über 20 dB. Beeinträchtigte Entfernung von 10km - 350km (siehe vorher)
- Eine vertikale Antenne ist keine gute Lösung für eine Reichweite von bis zu 350 km. Eine horizontale NVIS-Antenne ist besser und sollte verwendet werden
- Über 350 km Entfernung könnte die vertikale Antenne verwendet werden, jedoch
 - die vertikale Antenne benötigt ein gutes Erdungsnetz (Radials)
 - Vertikale Antennen sind sehr viel stärker dem Rauschen ausgesetzt
 - das Rauschen erreicht die Antenne hauptsächlich unter einem niedrigen Winkel
 - die Antenne hat dort ihren max. Gewinn, auch für das Rauschen
 - aber das NVIS-Signal wurde drastisch reduziert
- Das SNR (Signal-Rausch-Verhältnis) wird reduziert, was zu schlechter NVIS-Kommunikation führt (weniger Signal-Pegel, größeres Rauschen)

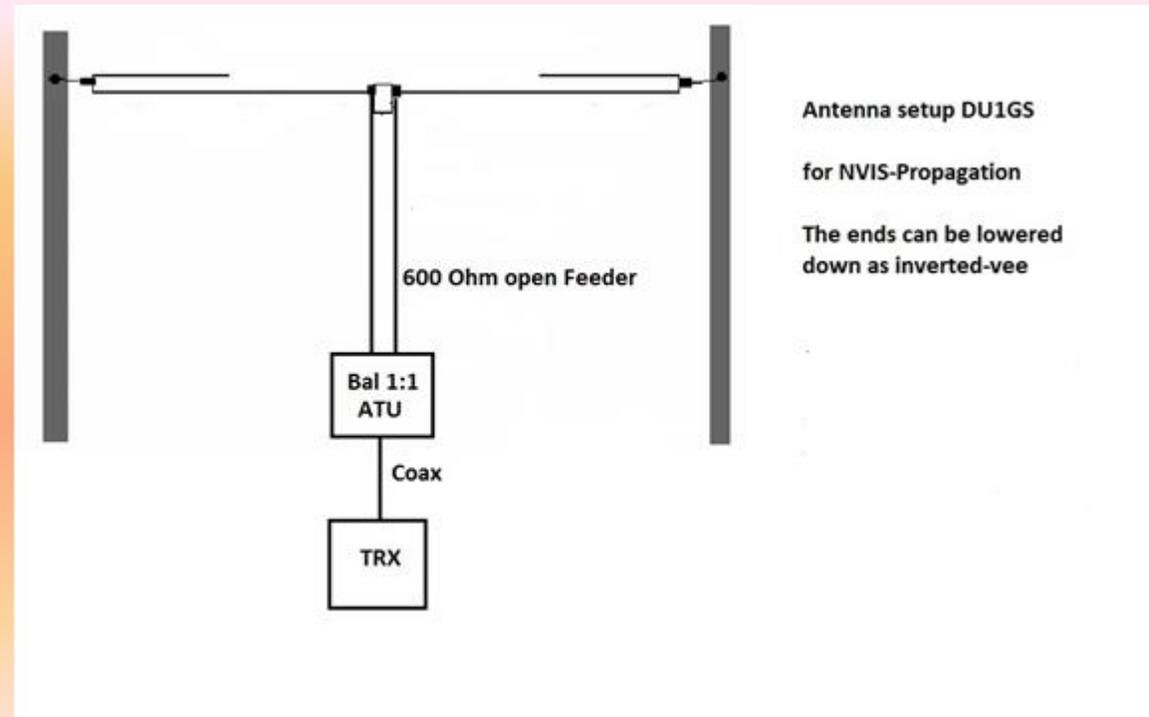
Wie kann man die Länge einer KW-Antenne reduzieren?

- Der Dipol strahlt dort max. Energie ab, wo der Strom ein Maximum hat
- Der Strom geht an den Antennenenden nahe auf Null
- Da die Enden somit nicht viel zur Strahlung der Antenne beitragen, können sie in verschiedenen Formen zurückgebogen werden, ohne viel an Wirkung einzubüßen
- Da der Strom einer SINUS-Funktion folgt, kann ca. 1/3 jeder Dipolhälfte zurückgebogen werden



Reduzierung der Installationslänge

- Durch Zurückbiegen der Drahtlänge an beiden Seiten um je ca. 1/3 kann man Länge sparen



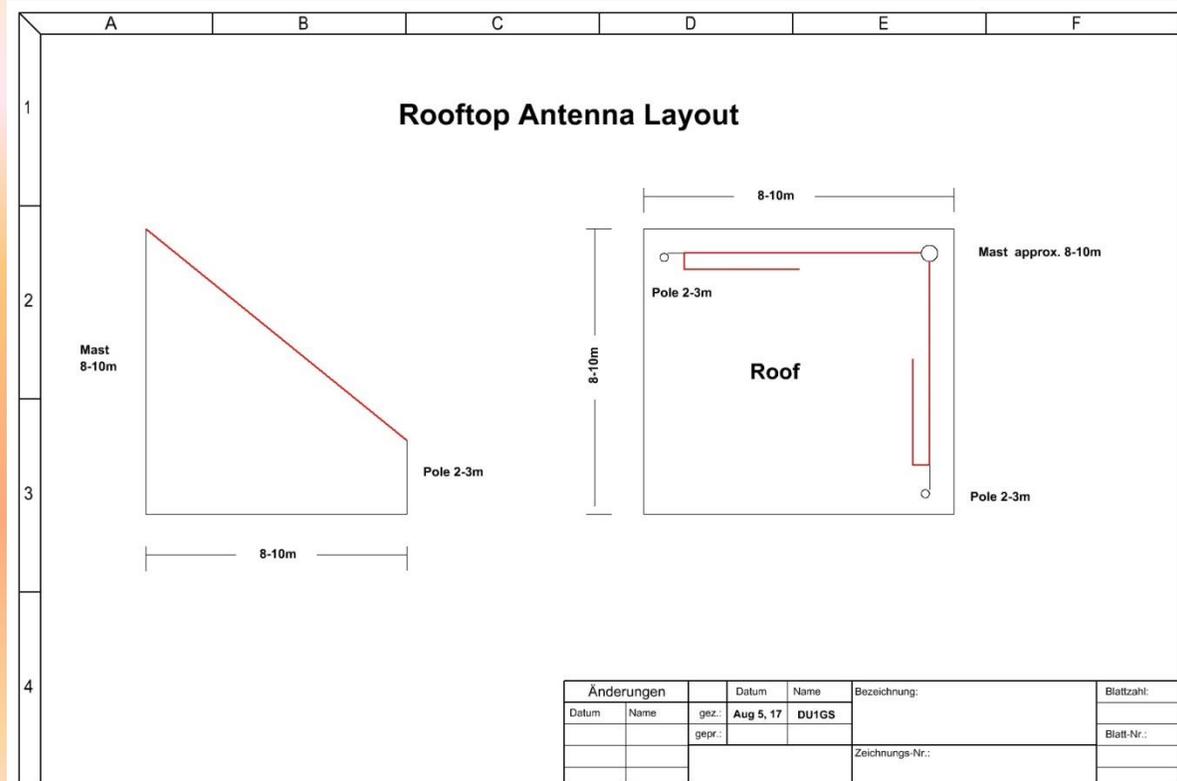
Installation der NVIS-Antenne

- Antennen-Installationshöhe ca. 0.1λ bis max. 0.25λ über Boden (λ = Wave length). Also 80m -> ca. 10-20m, 60m -> ca. 6-15m
- Kompromiss-Höhe für 60 und 80m ist 6-7m
- Antenne kann auch niedriger installiert werden, mit etwas Verlust
- Aufbauhöhen von 3m über Grund können in Ausnahmesituation aufgebaut werden Sollten jedoch vermieden werden
- Die Aufbauhöhe beeinflusst auch 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 Sicherheitsstandards, 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 am Mast

Antennen-Installation

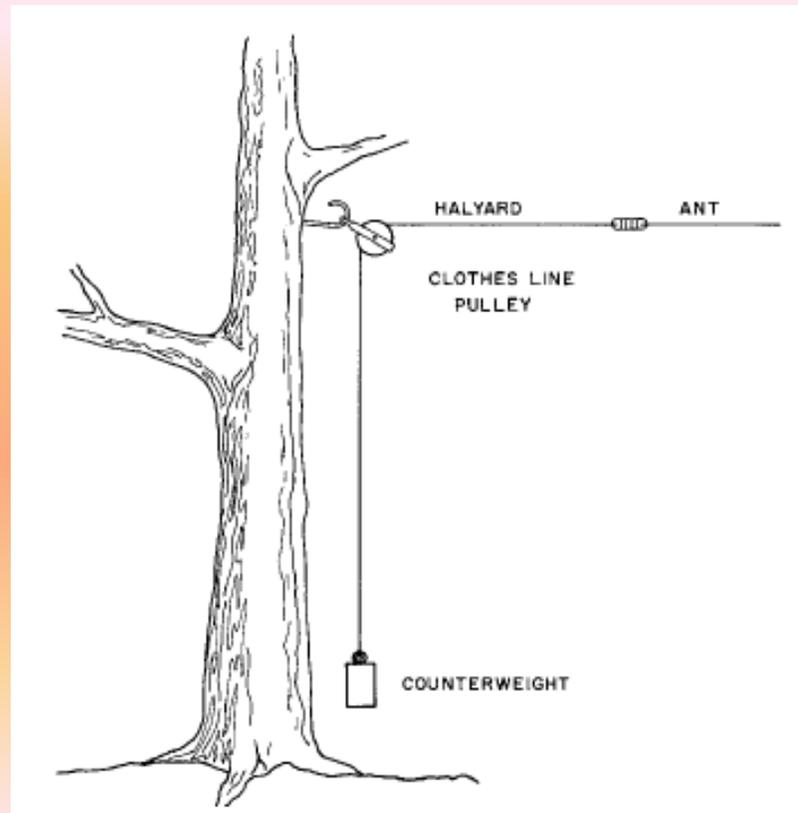
• XXXX

- Unter eingeschränkten Platzverhältnissen



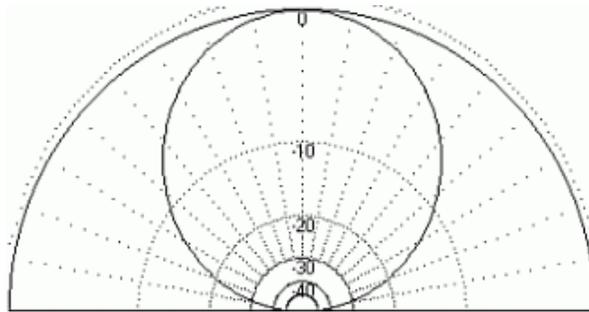
Installation der NVIS-Antenne mit beweglichem Gegengewicht

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

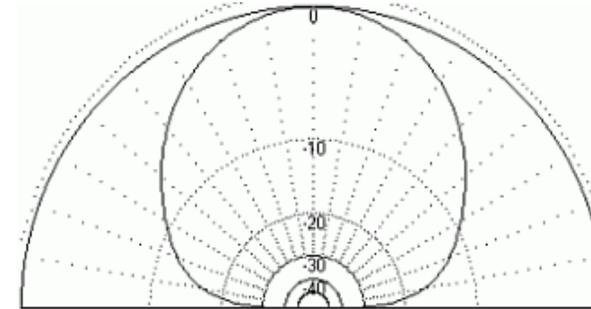


Antennendiagramm - höhenabhängig

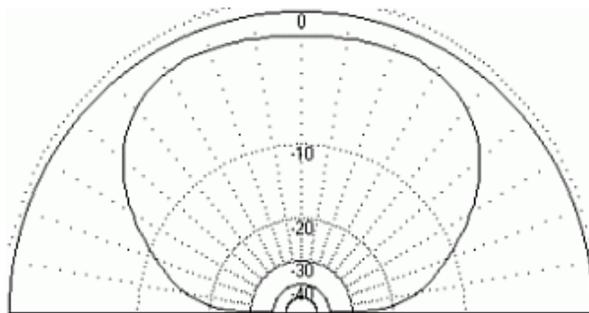
(Freq. = 4 MHz $\lambda = 75\text{m}$) H= 6, 20, 27 und 37m



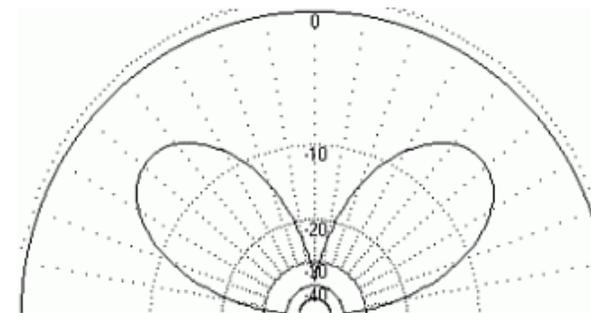
1a: 75-meter NVIS antenna at 20 feet high
The -10db ray is at about 38 degrees.
The -20db ray is at about 20 degrees.



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)

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

Quelle: Ben Witvliet

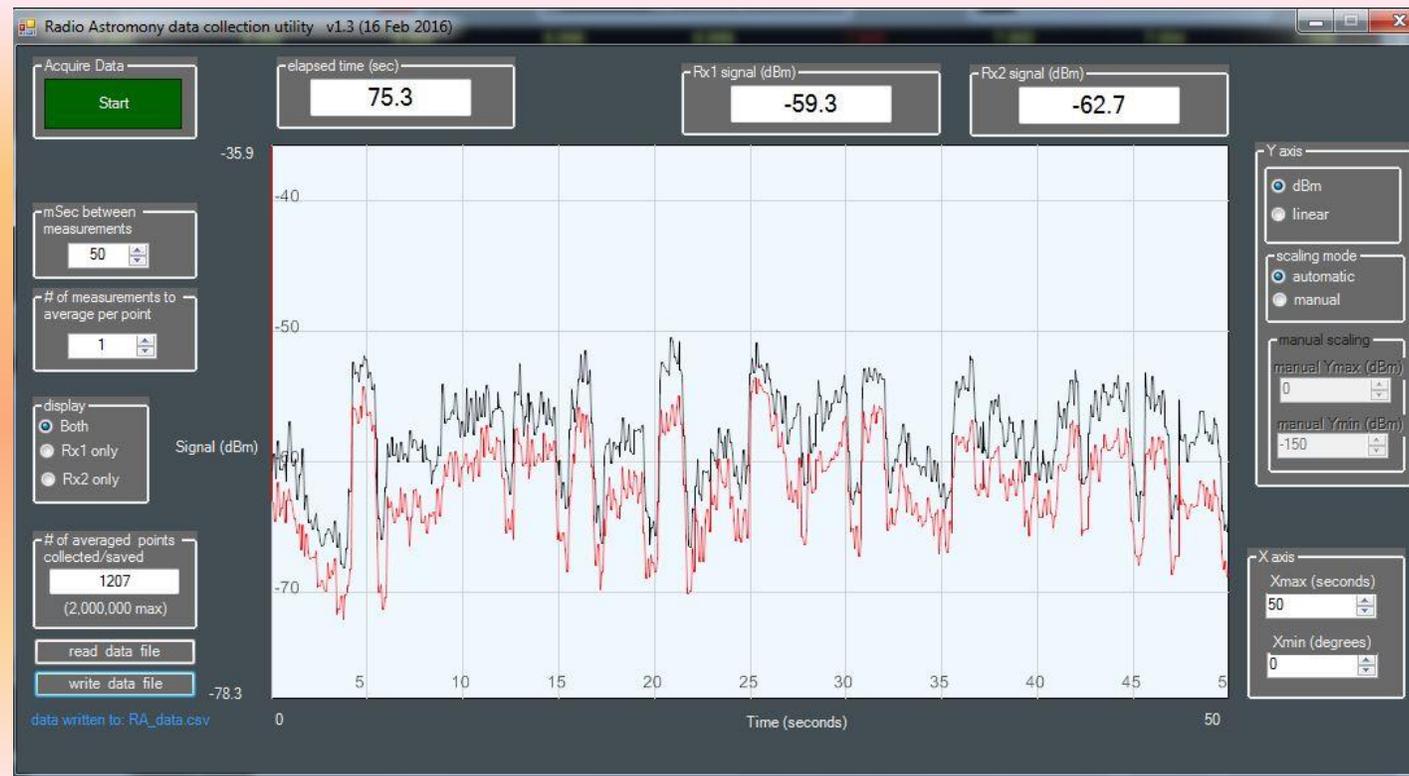
Antennenvergleich mit SDR “RED PITAYA”

Dipol versus T2FD

- 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. **Auch der SDRDuo ist geeignet**
- 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/sec werden geloggt, über je zwei getrennte Antennen-RX-Eingängen
- Sender war ca. 80km entfernt, somit starke Steilstrahlung, Frequenz 6 MHz
- Es wurde eine kommerzielle T2FD (L=25m) mit einem Dipol verglichen.
- Die Messergebnisse auf den beiden nächsten Folien zeigen, dass der RX-Pegel der T2FD, gegenüber dem Dipol im Durchschnitt ca. 4 dB niedriger war.
- Jedoch der war der Rauschpegel an der T2FD auch ca. 6 dB niedriger
- Das SNR blieb somit für beide Antennen gleich und das ist entscheidend!!!

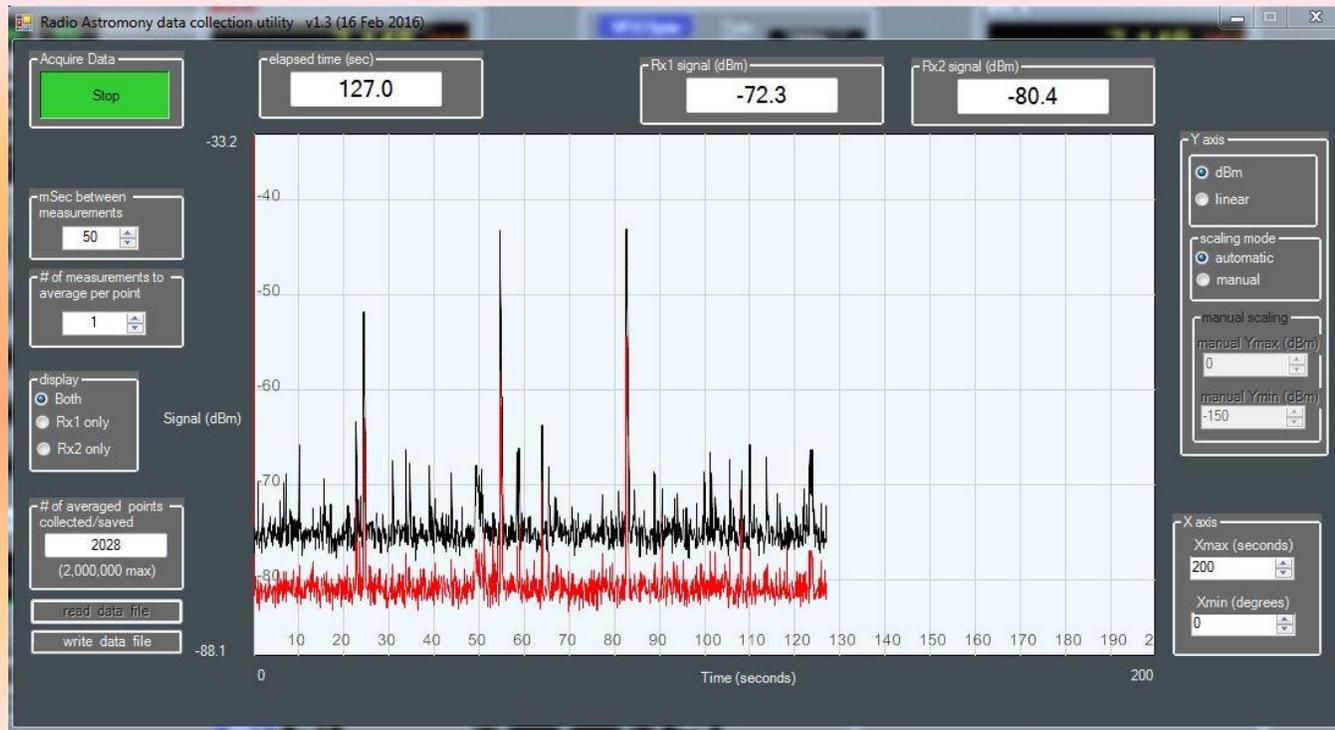
Antennenvergleich Dipol – T2FD (Empfangspegel)

- Empfangspegel: Dipol (schwarz)
- T2FD (rot) durchschnittlich 4dB niedriger



Antennenvergleich Dipol – T2FD (Grundrauschen)

- Grundrauschen Dipol (schwarz) - T2FD (rot)
- Rauschleistung an der T2FD ca. 6dB niedriger



SWR Messung

Antennen-Analyser

- Das SWR kann mit einem TRX und einem SWR-Meter im stationären Betrieb einfach gemessen werden
- Jedoch für den Erstabgleich oder Experimente im Feld/Aussenbereich sollte ein anderes Messgerät verwendet werden
- Ein aktiver Antennen-Analyser ist ein eigenständiges Messgerät. Keine weiteren Geräte, wie PC oder TRX sollten notwendig sein (stand-alone)
- Es gibt zwei Prinzipien, das Skalare Prinzip, welches das SWR und die Impedanz der Antenne misst etc.
- Das andere Prinzip ist der Vektor Antennen-Analyser. Hier bekommen wir mehr physikalische Größen gemessen, wie R und X Werte (capacitive/inductive) der Antenne
- Die neueren Geräte haben ein Display, um SWR und sonstige Parameter (z.B. $R+jX$) über einen gewissen Frequenzbereich anzuzeigen

Vector Antenna Analyzer (Sample NanoVNA)

- Sehr nützlich für den Feldeinsatz. Es ist ein Vector Antenna Analyzer mit einem recht kleinen Display (2.8"). Nicht nur SWR oder R & X-Werte können gemessen werden, auch Komponenten wie Induktivitäten und Kondensatoren
- Bezug durch eBay etc.
- Auch Versionen mit größerem Display
- Mittels Software kann alles auf einem Notebook/PC-Monitor dargestellt werden



<https://www.darc.de/der-club/distrikte/n/ortsverbaende/01/technik/nanovna/>

Ende der Präsentation

Danke für Eure Aufmerksamkeit

Fragen???

E-Mail: DL3KGS@darcd.de

24.12.21

Ausschluss

Haftungsausschluss

- Der Inhalt dieser Präsentation wurde unter angemessener Sorgfalt erstellt
- Allerdings erfolgt keine Gewähr, dass die Inhalte korrekt, vollständig oder aktuell sind
- Jegliche Nutzung der Inhalte erfolgt auf eigene Gefahr, unter Ausschluß eines Anspruches auf Schadenersatzes, weder für materielle noch immaterielle Schäden, so wie körperliche Schäden
- Die Überlassung der Präsentation erfolgt nur für den internen Gebrauch des Empfängers ohne Veröffentlichung auf WEB-Seiten oder nach Anfrage
- Die Präsentation stellt keine Beratung dar

Abmahnungsbestimmungen

- Sollte irgendwelcher Inhalt oder die design-technische Gestaltung einzelner Seiten oder Teile dieser Internetseite fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen oder anderweitig in irgendeiner Form wettbewerbsrechtliche Probleme hervorbringen, so bitten wir unter Berufung auf § 8 Abs. 4 UWG, um eine angemessene, ausreichend erläuternde und schnelle Nachricht ohne Kostennote
- Dennoch von Ihnen ohne vorherige Kontaktaufnahme ausgelöste Kosten werden wir gänzlich zurückweisen und gegebenenfalls Gegenklage wegen Verletzung vorgenannter Bestimmungen einreichen.