

# Kurze aktive Dipol-Antennen

Überlegungen zu  
symmetrischen Aktivantennen  
für den Empfang

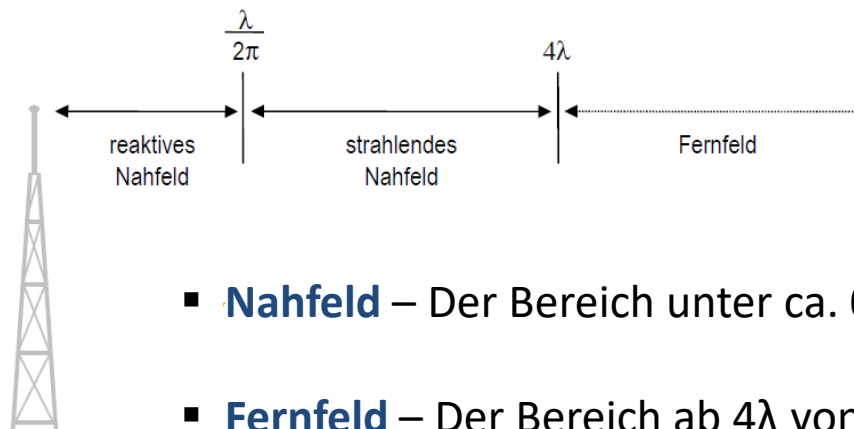
Funktionsprinzip und  
praktische Beispiele

Guenter Fred Mandel, DL4ZAO  
[www.dl4zao.de](http://www.dl4zao.de)

english version available:  
[„Active Dipole Antennas“](#)

# kurze Antennen ( $l \ll \lambda$ )

- Eine Antenne wird als "kurz,, bezeichnet, wenn die tatsächliche geometrische Länge oder ihr Umfang kürzer als etwa 15% ( $0,15\lambda$ ) ihrer Betriebswellenlänge sind.
- Ein kurzer Dipol oder Monopol reagiert im Nahfeld bevorzugt auf das  $E$ -Feld (elektrische Antenne)
- Eine kurze Schleife (Loop) reagiert im Nahfeld bevorzugt auf das  $H$ -Feld (auch magnetische Antenne oder magnetischer Dipol genannt)

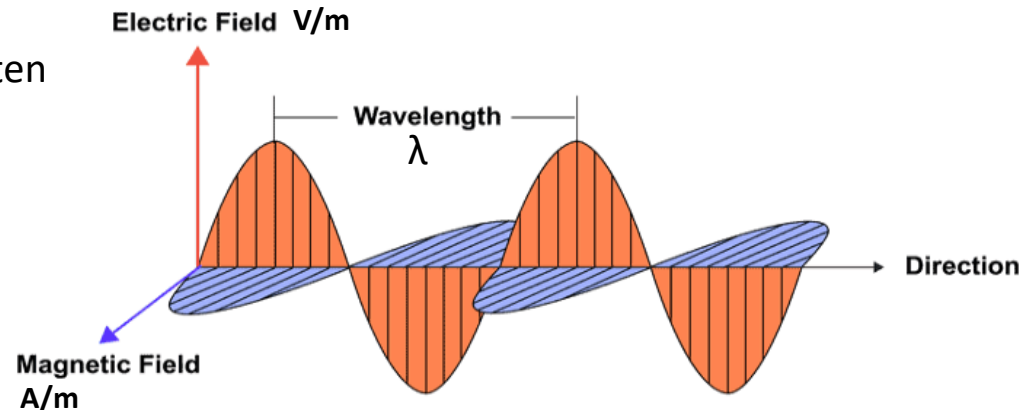


- **Nahfeld** – Der Bereich unter ca.  $0,16 \lambda$  von der Antenne
- **Fernfeld** – Der Bereich ab  $4\lambda$  von der Antenne

# Elektromagnetische Wellen

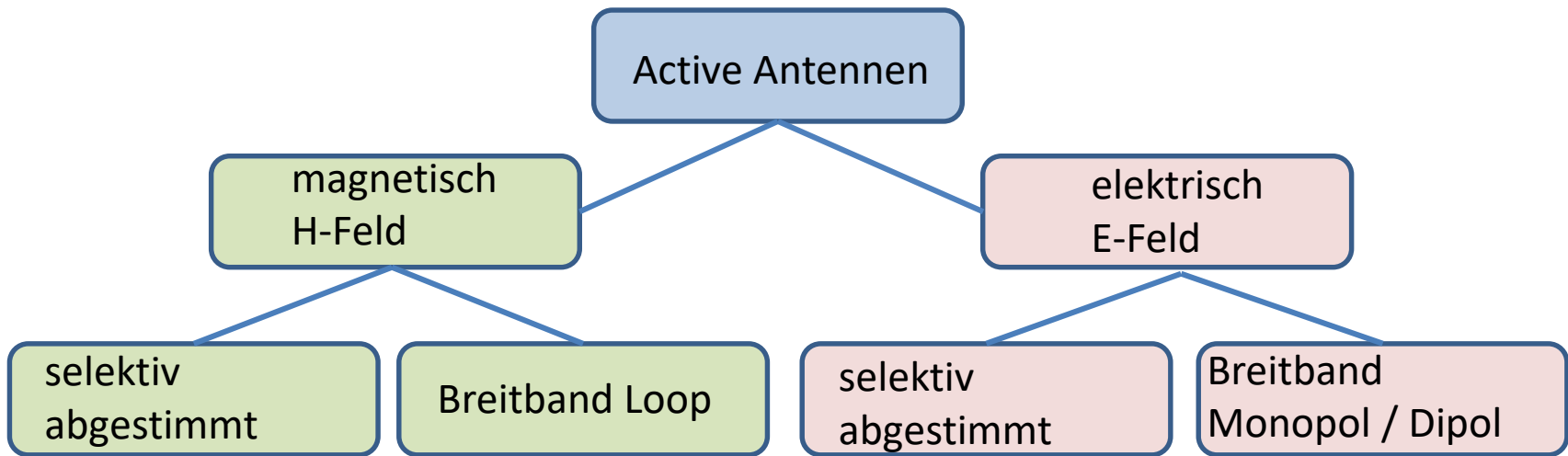
Eine elektromagnetische Welle besteht immer aus zwei fix miteinander verknüpften Komponenten:

- **E-Feld** (elektrisches Feld) und
- **H-Feld** (magnetisches Feld)



- Eine elektromagnetische Welle bewegt sich im freien Raum mit Lichtgeschwindigkeit fort. Im Fernfeld sind die magnetische- und die elektrische Feldkomponente in Phase. Sie sind rechtwinklig zueinander und rechtwinklig zur Ausbreitungsrichtung ausgerichtet.
- Die elektrische Feldstärke einer sich ausbreitenden Welle in **V/m** und die magnetischen Feldstärke in **A/m** stehen in einem festen Verhältnis zueinander. Der Proportionalitätsfaktor des Verhältnisses wird „Wellenimpedanz“ oder „Feldwellenwiderstand“ genannt und hat den Wert von **377  $\Omega$** . (Warum  $\Omega$  für diesen Faktor? V/m dividiert durch A/m ergibt die Dimension eines Widerstands R in  $\Omega$ )
- Ist die elektrische Feldstärke einer Welle bekannt, lässt sich deren magnetische Feldstärke errechnen und umgekehrt. Beide Komponenten sind über den Feldwellenwiderstand von **377  $\Omega$**  proportional miteinander verknüpft.

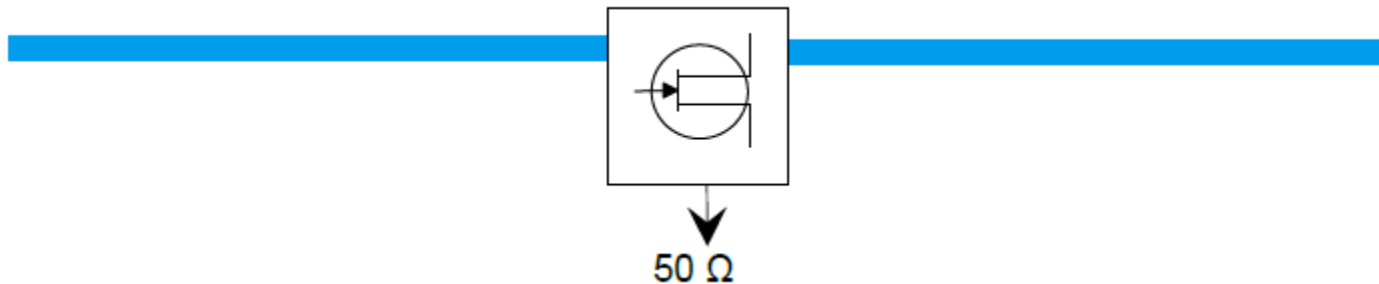
# Aktive Antennen - Typenübersicht



In einer Aktivantenne ist ein aktives Verstärkerelement direkt am Anschlusspunkt eines kurzen Antennenelements integriert und sorgt für breitbandige Anpassung an 50  $\Omega$ . Aktivantennen verhalten sich nicht-reziprok und sind nur für den Empfang.

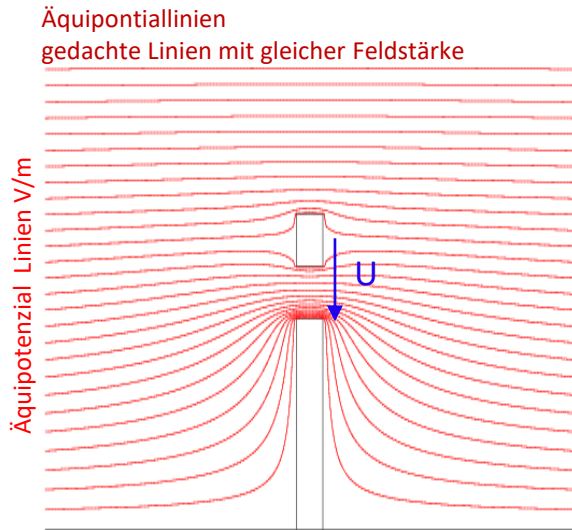
# Aktiv-Dipol Funktionsprinzip

Die Verkürzung eines Strahlers verursacht extreme Impedanzänderungen am Antennenanschluss. Bei aktiven Stab- oder Dipolantennen wird dies dadurch kompensiert, dass die Signalspannung an den Klemmen der Antenne direkt mit einem hochohmigen Verstärker (meist mit einem Feldeffekttransistor) verbunden wird, der als Impedanzwandler auf  $50\ \Omega$  wirkt und häufig auch gleichzeitig verstärkt.



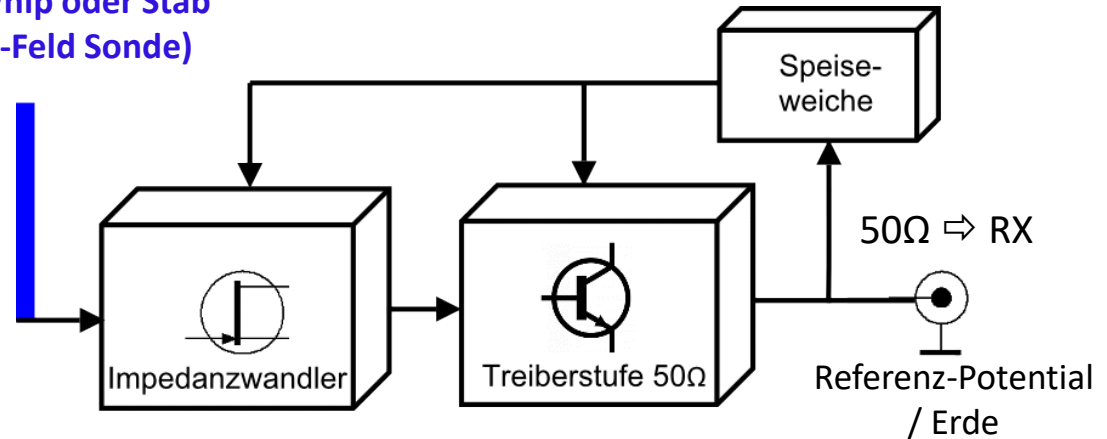
Kurze Monopole und Dipole sind Breitbandantennen. Sie reagieren hauptsächlich auf die elektrische Feldkomponente einer elektromagnetischen Welle und werden daher manchmal auch als E-Feld-Antenne bezeichnet. Ihr magnetisches Äquivalent ist die magnetic loop, so nennt man Schleifenantennen mit einem Umfang bis  $0,15\ \lambda$ .

# Aktiver Monopol (Whip) – Funktionsprinzip



Grafik: PA3FWM

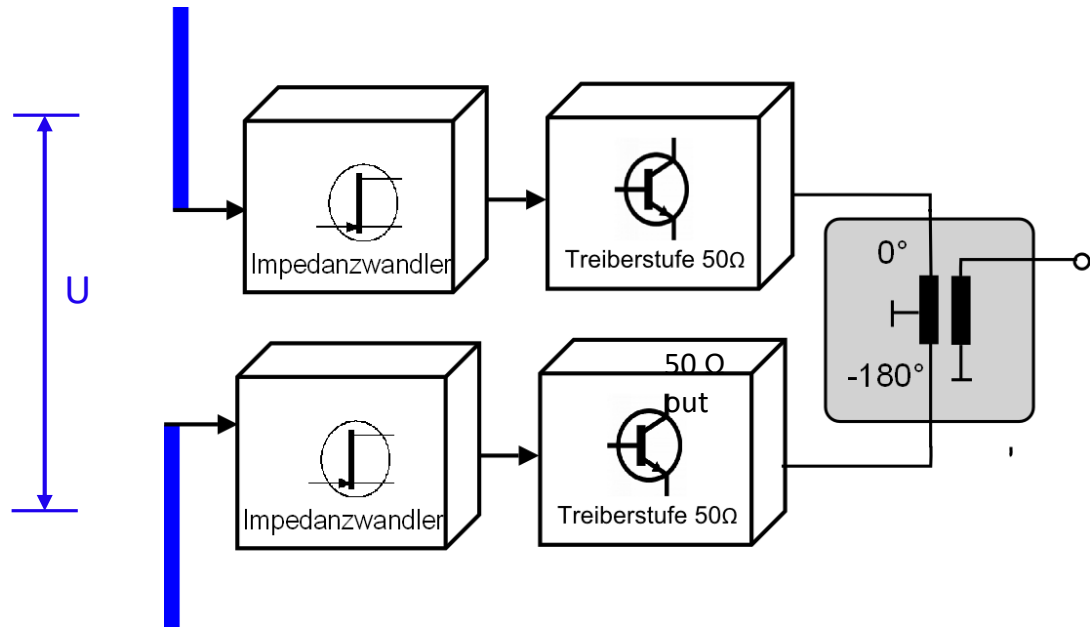
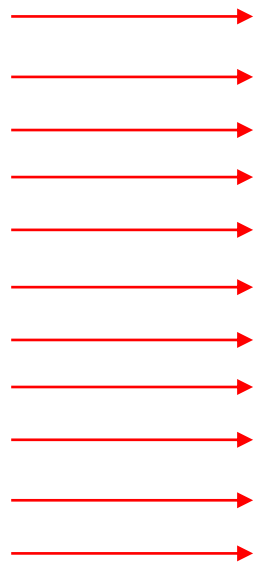
Whip oder Stab  
(E-Feld Sonde)



- Kurze Monopol- oder Dipol Antennen reagieren überwiegend auf die elektrische Feldkomponente einer einfallenden vertikal polarisierten Welle, sie wirken als E-Feld Sonde.
- Ein Impedanzwandler (Verstärker mit hohem Eingangswiderstand) verstärkt die Potentialdifferenz (Spannung  $U$ ) zwischen Monopol und der Referenzspannung am Koax-Anschluss der Aktivantenne. Idealerweise wäre das Erdpotential, aber in der Praxis ist es das Potential am Außenleiter der Koaxbuchse bzw. an der Spitze eines Metallmasts. Dieses Referenzpotential ist variabel abhängig von der Masthöhe! [7]
- Eine Treiberstufe verstärkt das Signal, so dass ein 50 Ω Kabel angeschlossen werden kann.

# Kurzer Aktivdipol mit Gegentakt-Impedanzwandler

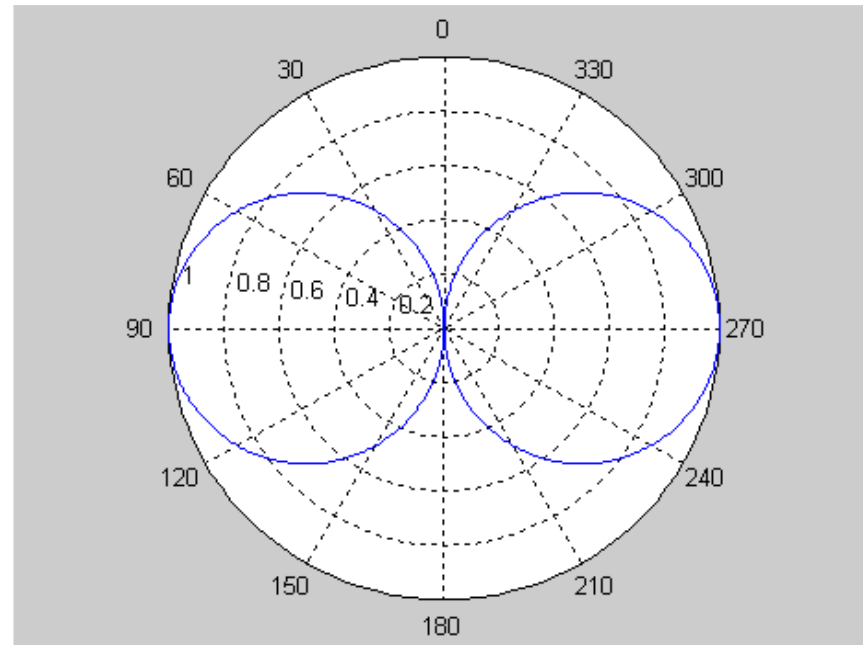
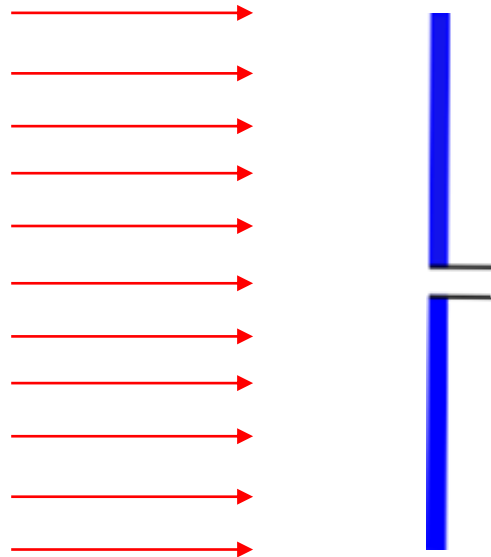
Elektrisches Feld einer vertikal einfallenden Welle (V/m)



- Zwischen den zwei gleichen gestreckten Antennenschenkeln induziert das elektrische Feld einer einfallenden Welle eine Differenz-Spannung  $U$ .
- Nur die differentielle Gegentakt-Spannung  $U$  zwischen den Dipolschenkeln wird verstärkt.
- Die unerwünschte Gleichtaktspannung zwischen Dipol und Erde wird unterdrückt. (CMRR)
- Dadurch ist ein Dipol entkoppelt vom Erdpotential bzw. vom Mast- und Koax-Kabelschirm.

# Horizontales Richtdiagramm eines kurzen Dipols

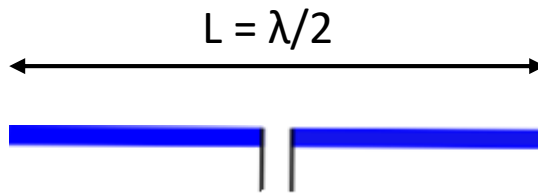
Elektrisches Feld einer einfallenden Welle



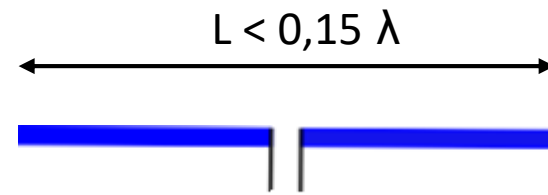
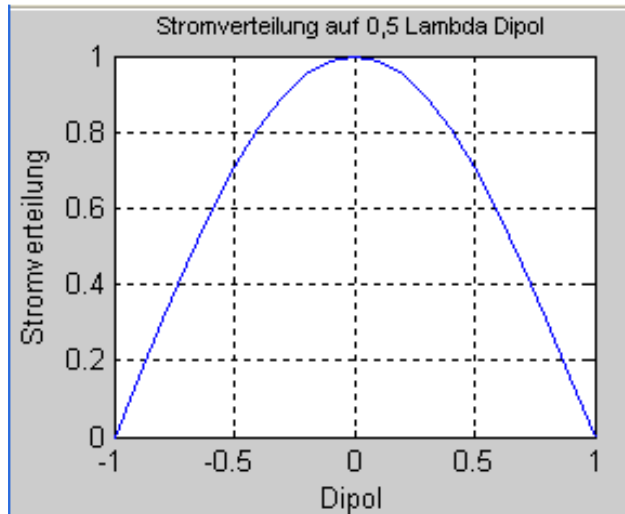
- Ein kurzer Dipol hat ein horizontales Richtdiagramm in Form einer liegenden 8.
- Die beiden Hauptempfangsrichtungen sind rechtwinklig zur Dipolachse
- Entlang der Dipolachse treten tiefe Einschnitte (Nullstellen) im Empfang auf. Die Tiefe dieser Nullstellen hängt von der Symmetrie und der Gleichtakt-Unterdrückung (CMRR – common-mode-rejection-ratio) des Dipolverstärkers ab.



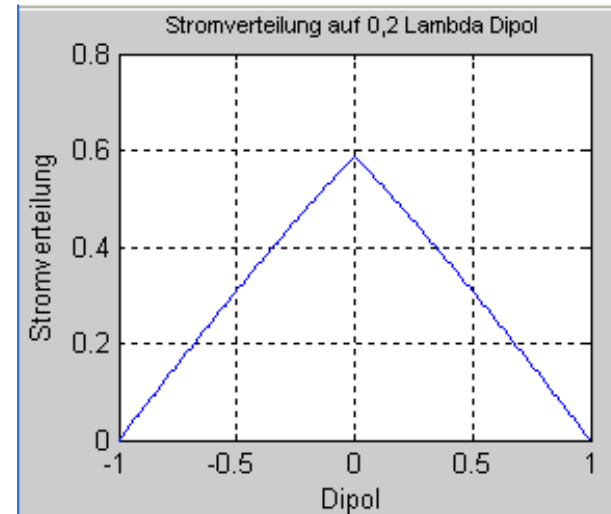
# Stromverteilung auf einem Dipol



Halbwellendipol

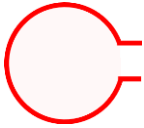

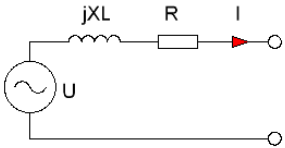
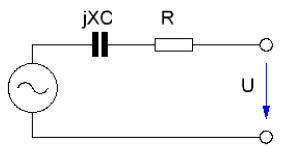


Kurzer Dipol



Die Stromverteilung auf einem  $\lambda/2$ -Dipol ist sinusförmig. Bei einem kurzen Dipol (= Länge kleiner als  $0,15 \lambda$ ) passt jedoch nur ein kleiner Abschnitt der Sinuswelle auf die Drahtlänge. Der kleine Abschnitt eines Sinus entspricht in etwa einer linearen Stromverteilung. Die Differenzspannung zwischen den Schenkeln eines elektrisch kurzen Dipols ist nicht mehr frequenzabhängig. Ein kurzer aktiver Dipol ist daher als breitbandige Empfangsantenne geeignet.

# Dualität – small magnetic loop vs. kurzer Dipol

 <p><b>Small Active Loop</b> (magnetischer Dipol)</p>	 <p><b>Short Active Dipole</b></p>
<p>überwiegend sensitiv auf das H-Feld H-Feld Sonde</p>	<p>überwiegend sensitiv auf das E-Feld E-Feld Sonde</p>
<p>Schleifenstrom im Kurzschluss ist proportional zur H-Feldstärke</p>	<p>Die Differenzspannung zwischen den Dipolschenkeln ist proportional zur E-Feldstärke</p>
<p>Strom über weite Bereiche nicht frequenzabhängig, eignet sich als Breitbandantenne</p>	<p>Spannung über weite Bereiche nicht frequenzabhängig, eignet sich als Breitbandantenne</p>
<p>Ersatzschaltbild</p>  <p><math>Z = R + jX</math></p> <p>Impedanz Z: R = klein, <math>jX_L =</math> groß (induktiv)</p>	<p>Ersatzschaltbild</p>  <p><math>Z = R + -jX</math></p> <p>Impedanz Z: R = kleine, <math>-jX_C =</math> groß (kapazitiv)</p>
<p>Stromgetrieben im quasi Kurzschlussmodus <b>Erforderliche Verstärkereigenschaften:</b> Transimpedanz-Verstärker (I/U-Konverter) symmetrisch mit niedrigem Eingangswiderstand</p>	<p>Spannungsgetrieben im Leerlaufmodus <b>Erforderliche Verstärkereigenschaften:</b> Symmetrischer Impedanzwandler – Hi-Z Eingang zu 50 Ohm Ausgang</p>
<p>wenig empfindlich gegenüber Umgebungseinflüssen und Mast/Erde</p>	<p>entkoppelt von Mast / Erde Potenzial . Weniger empfindlich auf Beeinflussung durch Mast und Umgebung als ein Monopol/Whip</p>

# Vergleich: Aktiv-Dipol vs. Aktiv-Monopol (Whip)

## Monopol:

- Eine aktive Monopolantenne misst die Gleichtaktspannung zwischen dem Element der E-Feldsonde und einem Bezugspotential, das idealerweise das Erdpotential ist, hat ein omnidirektionales Richtdiagramm und empfängt vertikal polarisierte Signale.
- In der Praxis bildet der Außenleiter des Koaxialkabels oder ein leitfähiger Mast das Bezugspotential für den darauf montierten Monopol. Übersteigt die Aufbauhöhe  $0,15 \lambda$  und nähert sich resonanten Längen, ist der Frequenzgang nicht mehr eben, es treten Signalspitzen und -einbrüche auf..
- Wird ein aktiver Monopol auf einem Mast montiert, erhöht sich die Signalspannung. Das kann wegen der Resonanzeffekte zu Signaleinbrüchen oder Spannungsspitzen mit Übersteuerung führen.

## Dipol

- Ein aktiver Dipol misst die Differenzspannung zwischen den Dipolschenkeln. Im Idealfall ist ein Dipol vom Mast- oder Kabelschirmpotential unabhängig und entkoppelt.

Der Dipol ist eine Richtantenne mit Nullstellen in axialer Richtung und kann sowohl für den Empfang von horizontal- als auch von vertikal polarisierten Wellen montiert werden.

- Um die Vorteile eines Dipols zu nutzen, ist ein symmetrischer Verstärker mit einem hohen CMRR erforderlich, der das überlagerte Gleichtakt-Nahfeldrauschen unterdrückt. Da die Empfangsspannung eines Dipols im Vergleich zu der eines Monopols niedriger ist, sollte der symmetrische Verstärker rauscharm sein und eine gewisse Spannungsverstärkung aufweisen.



# ADi-24 - Aktivdipol Verstärker von DL4ZAO



Bild Links  
2 x 1,5m  
Aktivdipol  
In 6m Höhe

Bild unten  
Adi-24 - symmetrischer  
Verstärker

Fotos Rainer Bernedo, DF6RB



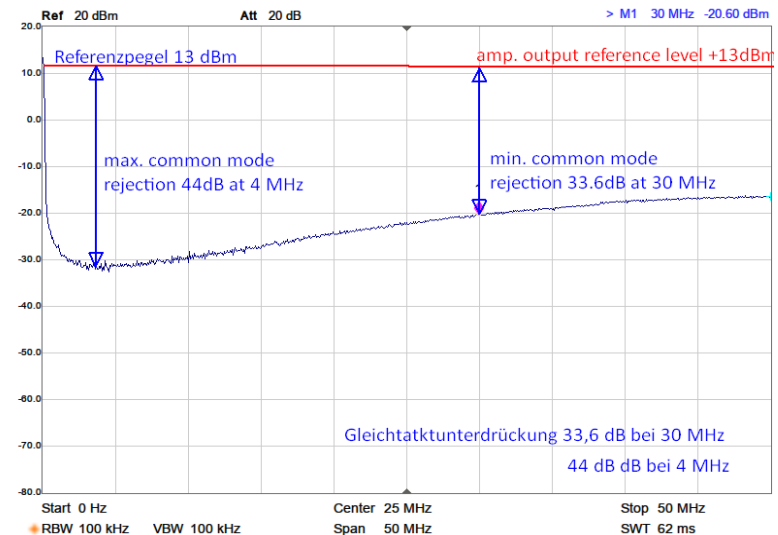
Links  
Adi-24 Aktivdipol in einem stabilen BOPLA Aluminiumguss Gehäuse

# ADi-24 Kenndaten

## ADi-24 technische Informationen:

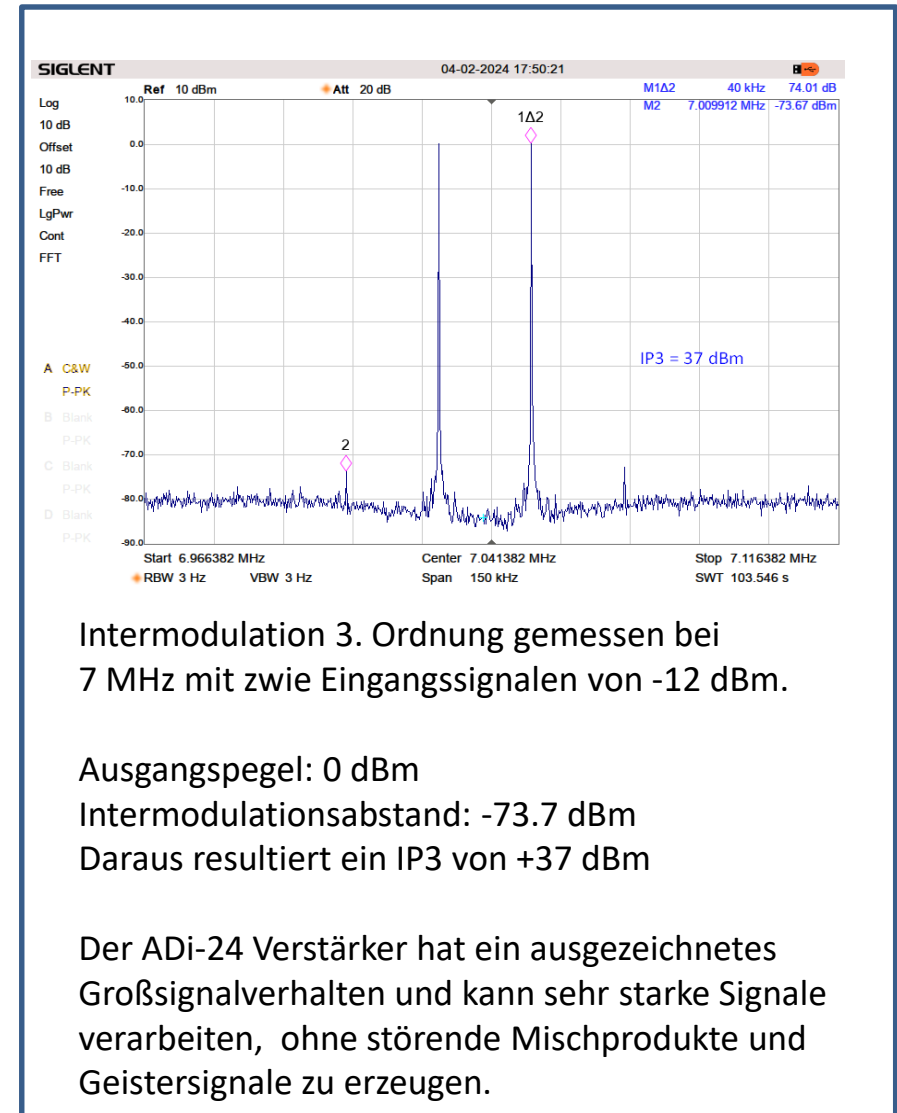
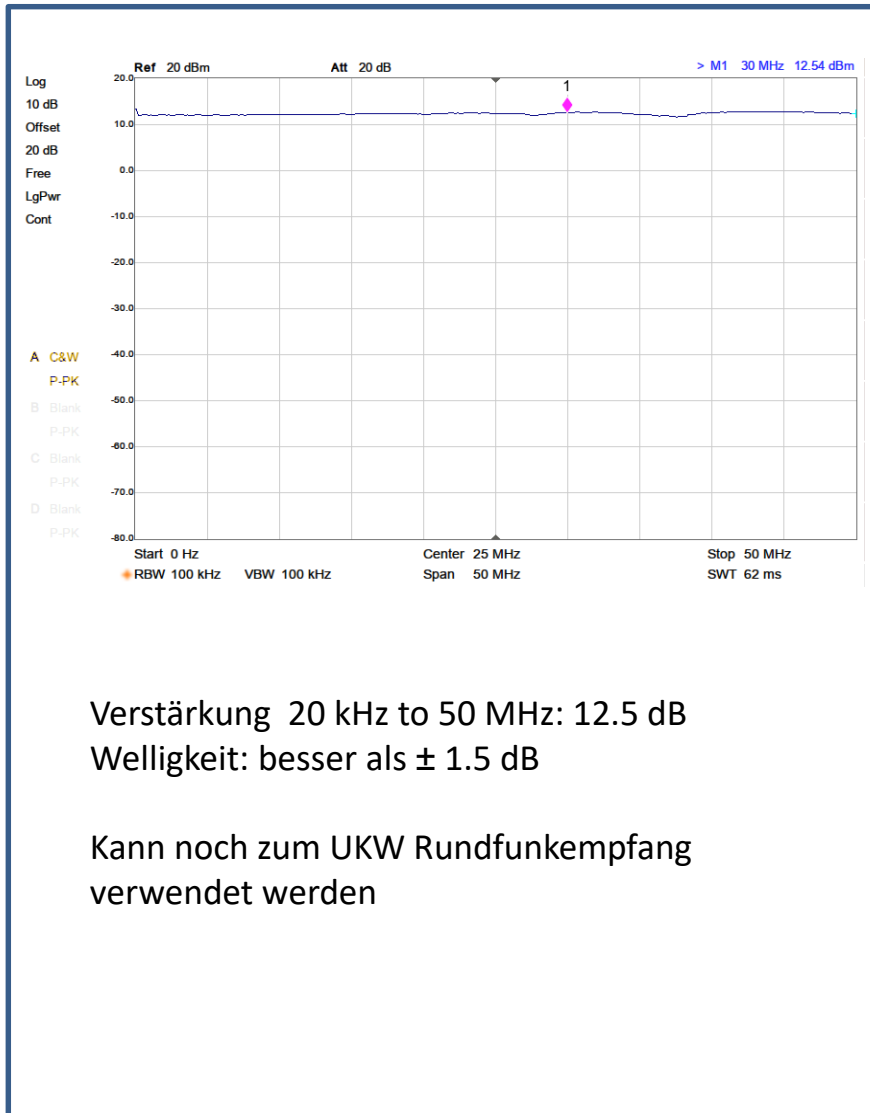
- Nennfrequenzbereich: 15 kHz – 52 MHz  
nutzbar bis 110 MHz
- Verstärkung: +13 dB
- Welligkeit der Verstärkung +/- 2 dB,
- CMRR: 44 dB at 4 MHz, >33 dB at 30 MHz
- Intermodulation, Output Intercept Punkte:
- IPO2 >60 dBm, ermittelt bei 7 MHz
- IPO3: +37 dBm, ermittelt bei 7 MHz
- Versorgung: DC 13,8V (12 – 15V) stabilisiert
- Stromaufnahme: typisch 70 mA.
- Fernspeisung über das Koaxialkabel oder lokal.  
(Pluspol = Innenleiter)
- Input Impedanz  $Z_{in} > 1M\Omega$  bei 1MHz
- Ausgang 50 $\Omega$ , VSWR < 2
- Max. Eingangspegel: 1 V eff.
- Max. HF Ausgangspegel: > 13 dBm
- ESD Schutz mit Gasableiter und ultra low capacitance TVS Dioden

# CMRR Messwerte

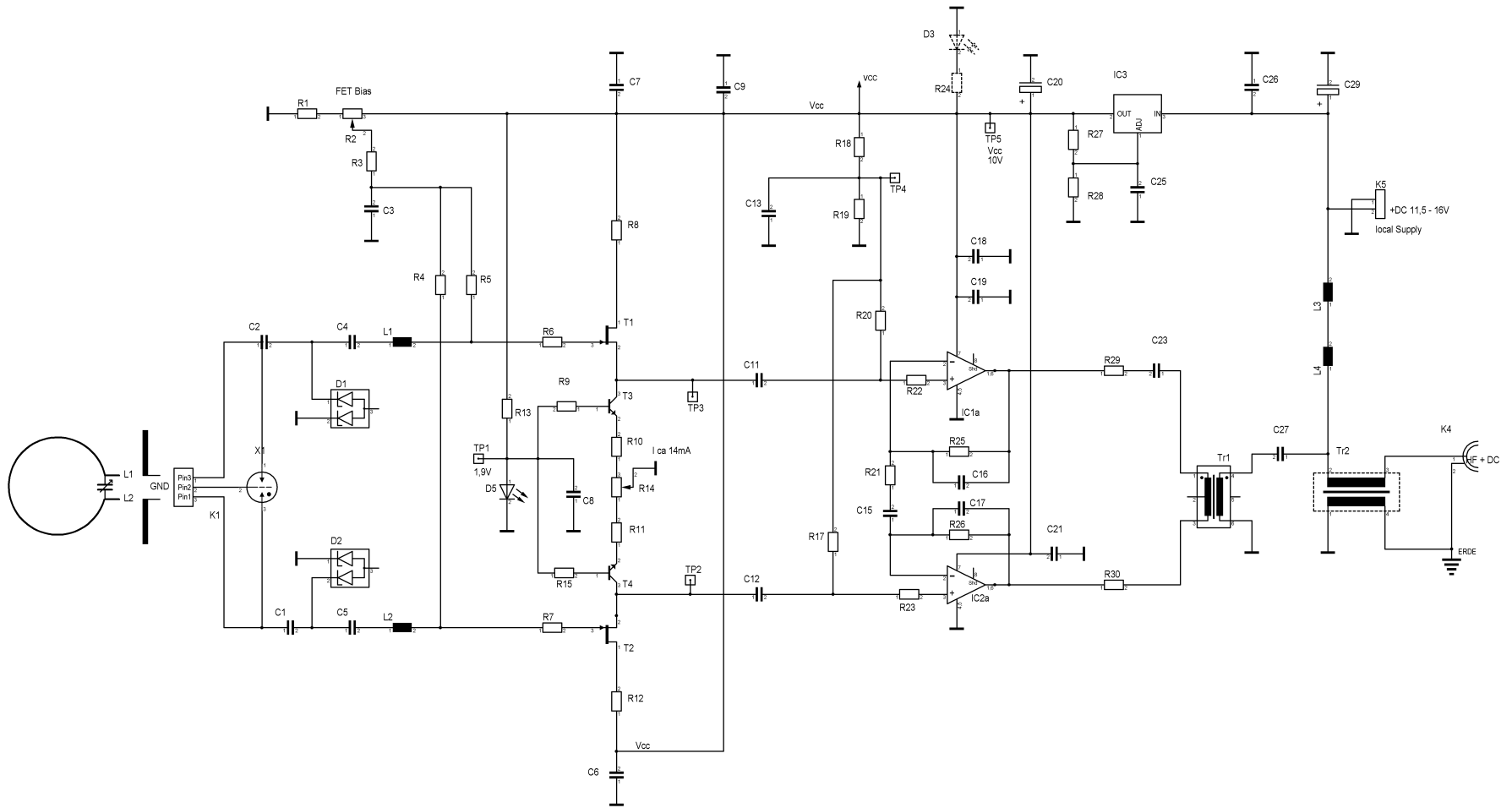


Das Gleichtaktunterdrückungsverhältnis CMRR gibt die Fähigkeit eines Differenzverstärkers an, unerwünschte Gleichtaktsignale zu unterdrücken. Gleichtaktsignale sind z. B. Spannungen beider Dipolschenkel gegen Erde, die an beiden Verstärkereingängen anstehen und den erwünschten Gegentakt Differenzspannungen überlagert sind. Ein aktiver Dipol mit einem hohen CMRR empfängt weniger Rauschen von Störquellen im Nahfeld und erzielt tiefere Nullstellen im Strahlungsdiagramm.

# ADi-24 Verstärkung und Welligkeit - Interceptpunkt IP3



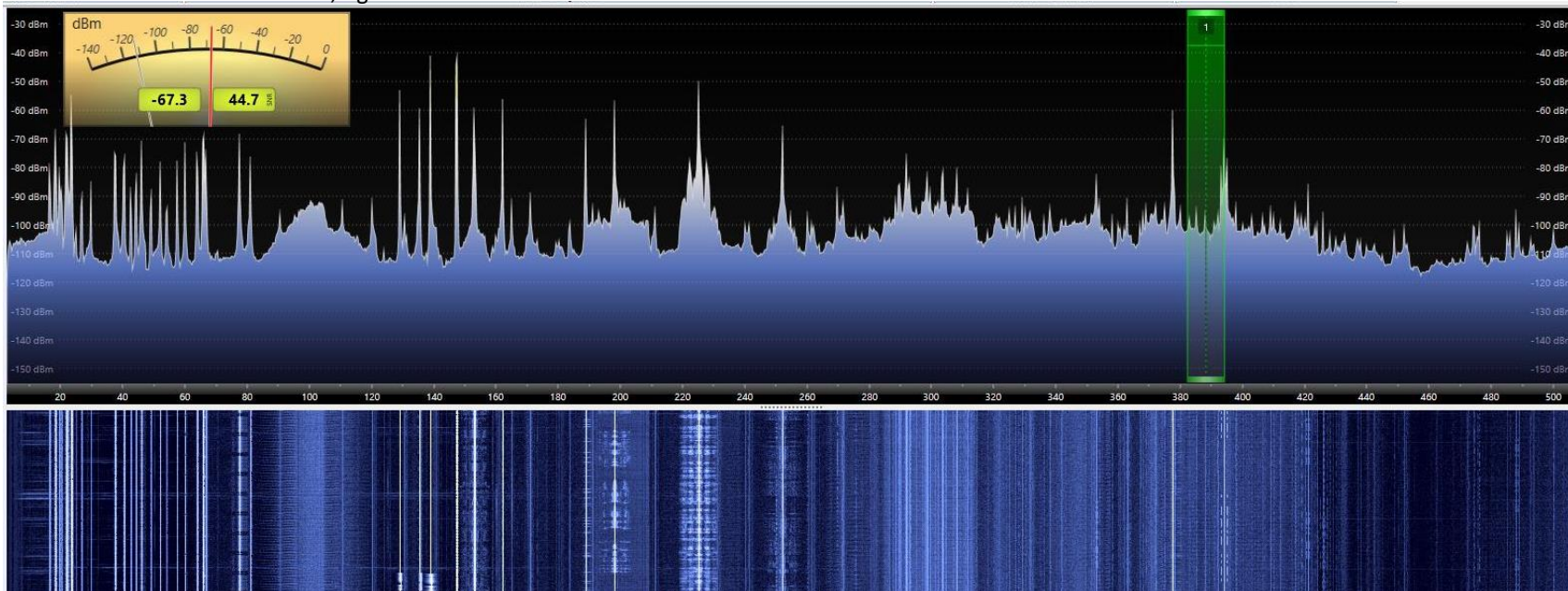
# ADi-24 - Aktivdipol Verstärker - Schaltbild





# ADi-24 Bandscan VLF - LW - NDB Band

S-Meter left: receive level dBm, right SNR dB



Bandscan 15 kHz – 500 kHz

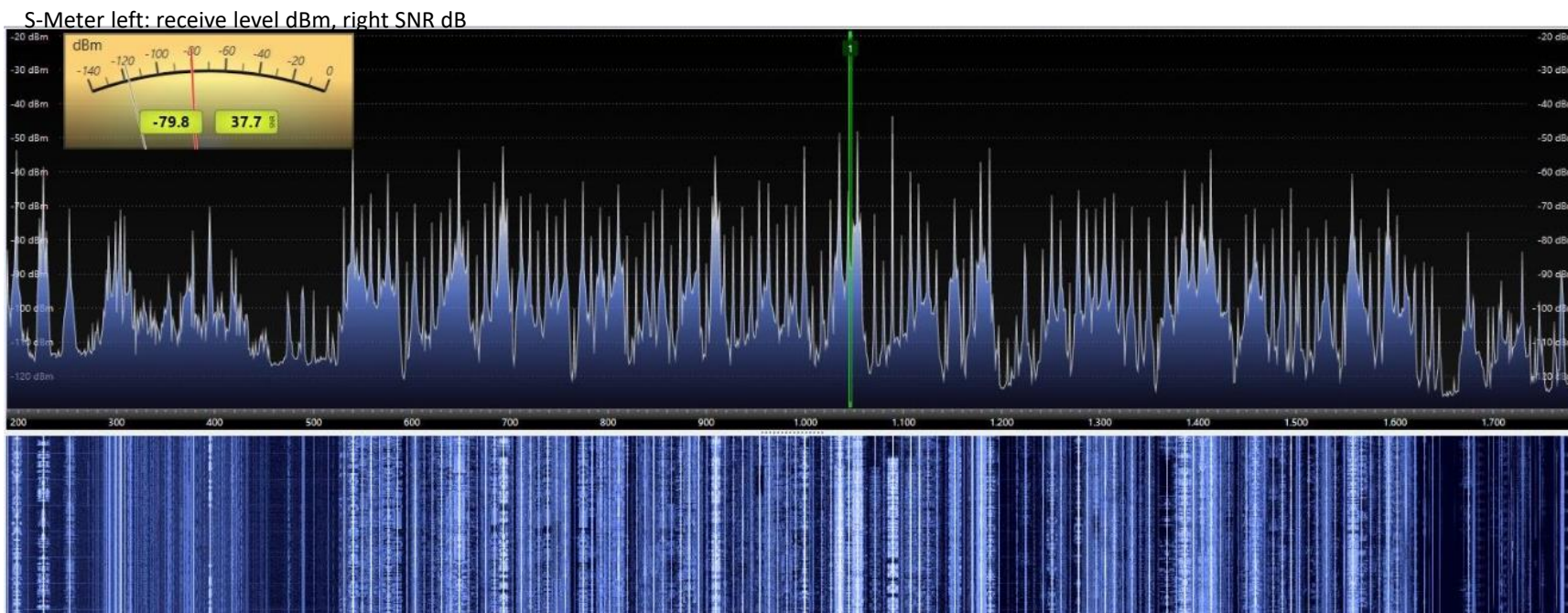
QTH: rural, nahe Hamburg, Germany

Time: 25. Feb. 2024, 20:00 UTC

Receiver: Perseus SDR



# ADi-24 Bandscan LW-MW

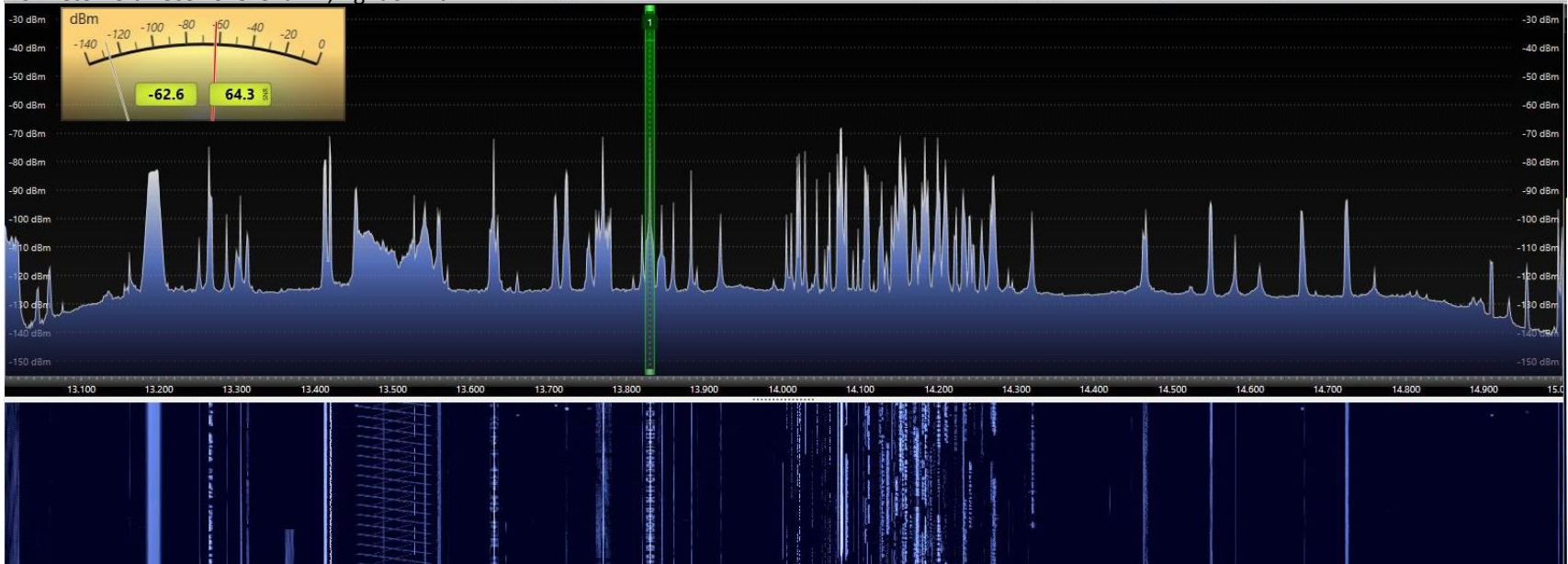


Bandscan 200 kHz – 1750 kHz  
QTH: rural, nahe Hamburg, Germany  
Time: 25. Feb.2024, 20:00 UTC  
Receiver: Perseus SDR



# ADi-24 Bandscan 19m BC und 20m Ham Band

S-Meter left: receive level dBm, right SNR dB



Bandscan 13 MHz – 15 MHz

QTH: rural, nahe Hamburg, Germany

Time: 25. Feb. 2024, 17:00 UTC kurz vor der Dämmerung

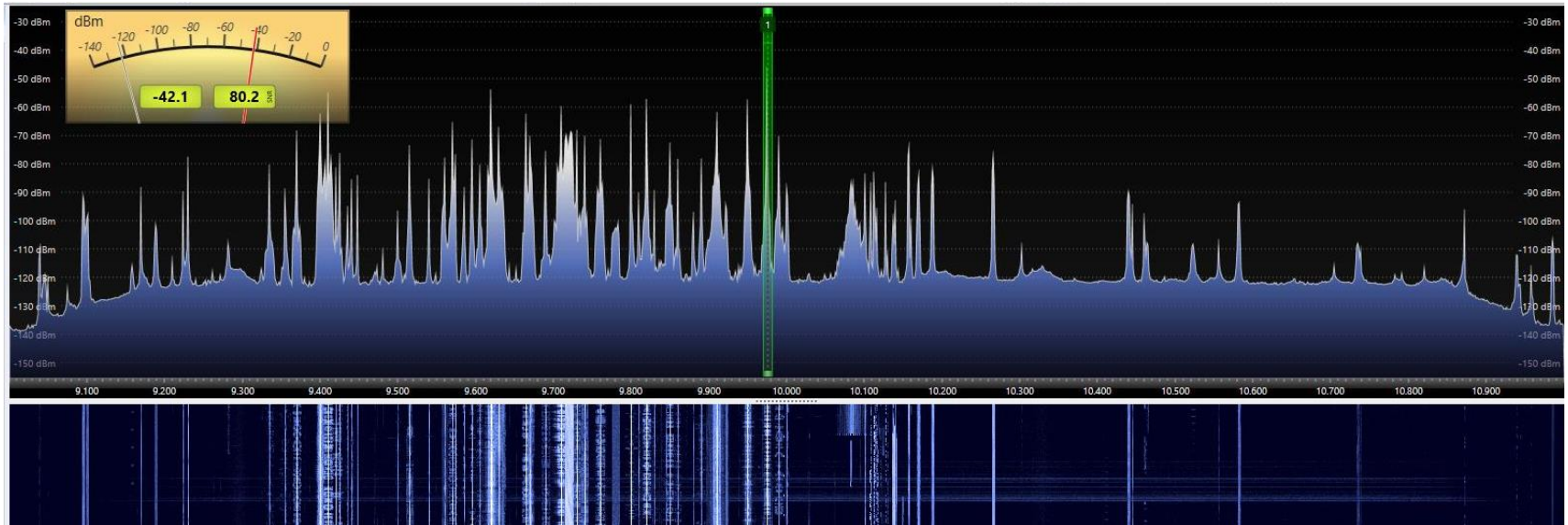
Receiver: Perseus SDR





# ADi-24 Bandscan 31m BC und 30m Ham Band

S-Meter left: receive level dBm, right SNR dB



Bandscan 9 MHz – 11 MHz

QTH: rural, nahe Hamburg, Germany

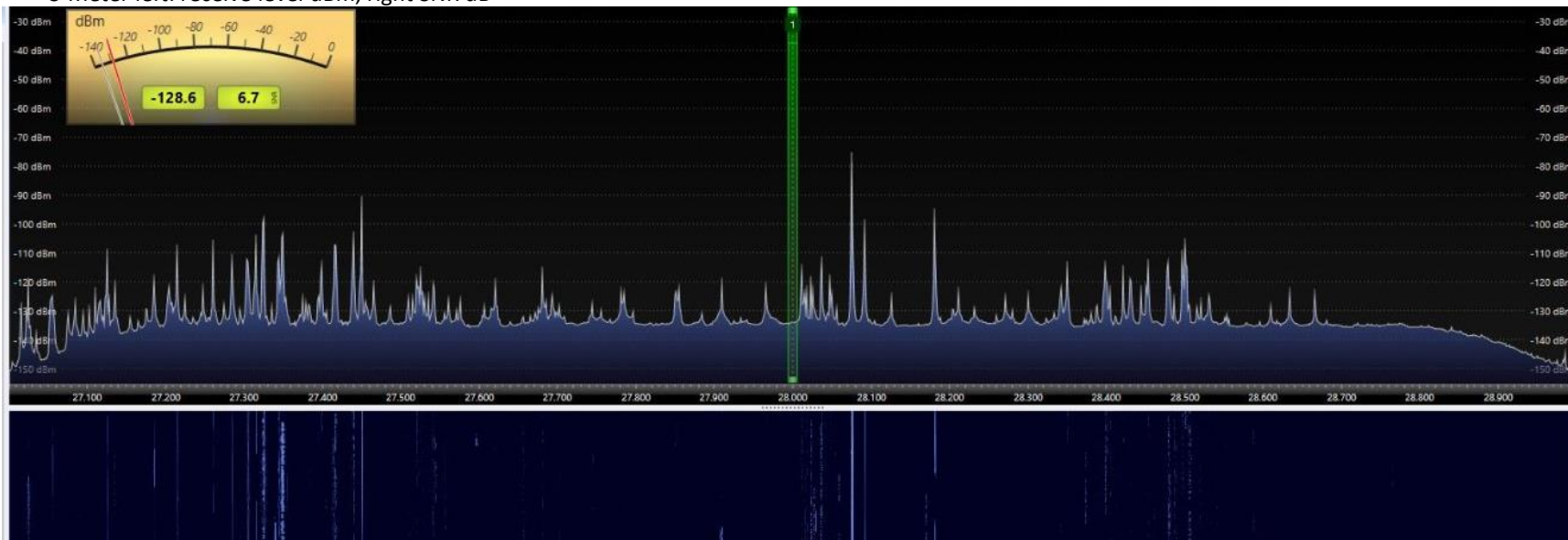
Time: 25. Feb.2024, 17:15 UTC kurz vor der Dämmerung

Receiver: Perseus SDR



# ADi-24 Bandscan 11m und 10m Band

S-Meter left: receive level dBm, right SNR dB



Bandscan 27 MHz – 29 MHz

QTH: rural, nahe Hamburg, Germany

Time: 25. Feb. 2024, 17:15 UTC vor der Dämmerung

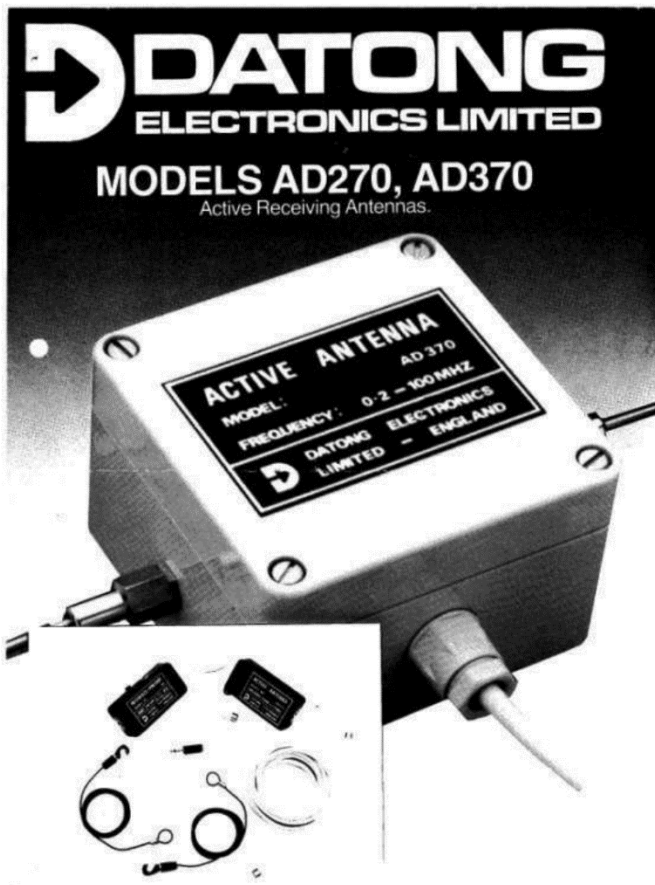
Receiver: Perseus SDR



## ...weitere Beispiele von Aktivdipol Antennen



# Datong AD370 Aktivdipol von 1985



## Herstellerinformationen:

Frequenzbereich 200kHz – 30MHz flach

100kHz bis über 70 MHz nutzbar

Verstärkung Masthead unit: 6dB

IP2: 66 dBm, IP3: 36 dBm

Versorgung: 12-14 V / 140 mA ferngespeist über Koax.

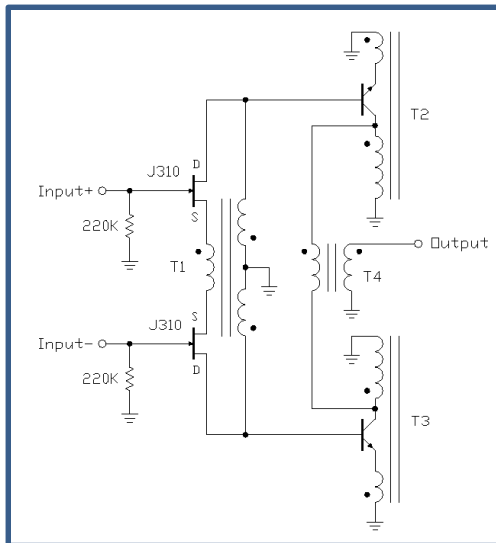
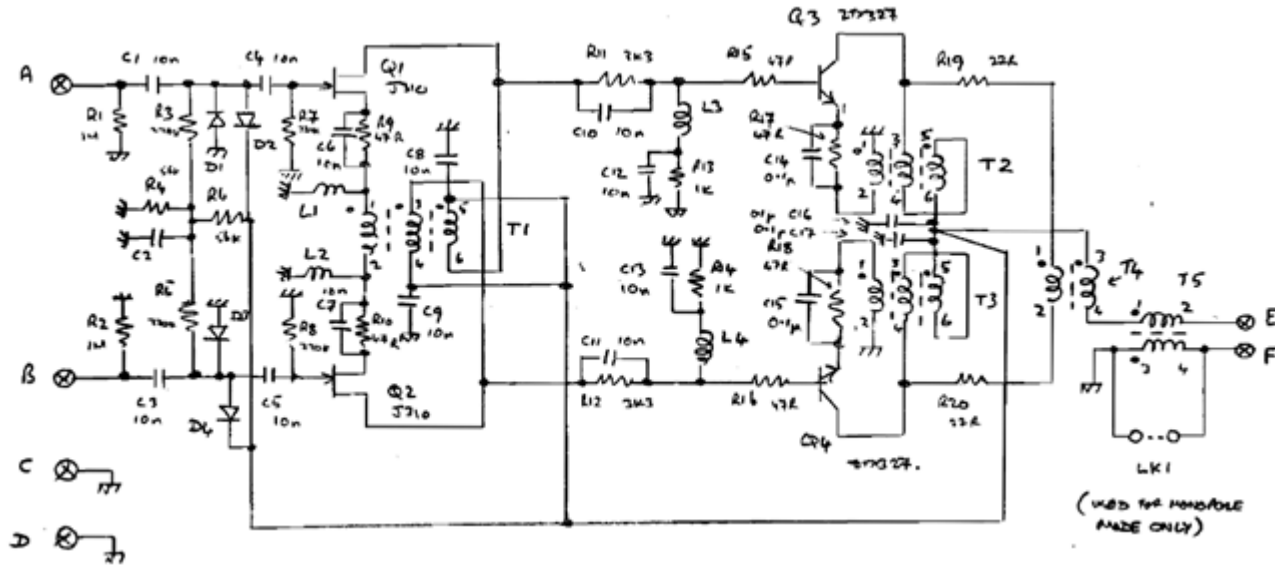


links und rechts:  
Masthead Unit

unten: Fernspeise-  
Einheit



# Datong AD370 Head Unit Schaltbild



Der AD370 Masthead Verstärker verwendet rauschfreie transformatorische Gegenkopplung in Vor- und Treiberstufe.

Links: vereinfachtes Prinzipschaltbild (Quelle, Chris Trask)



# 2024 Nachbau des Datong AD370 Aktivdipols

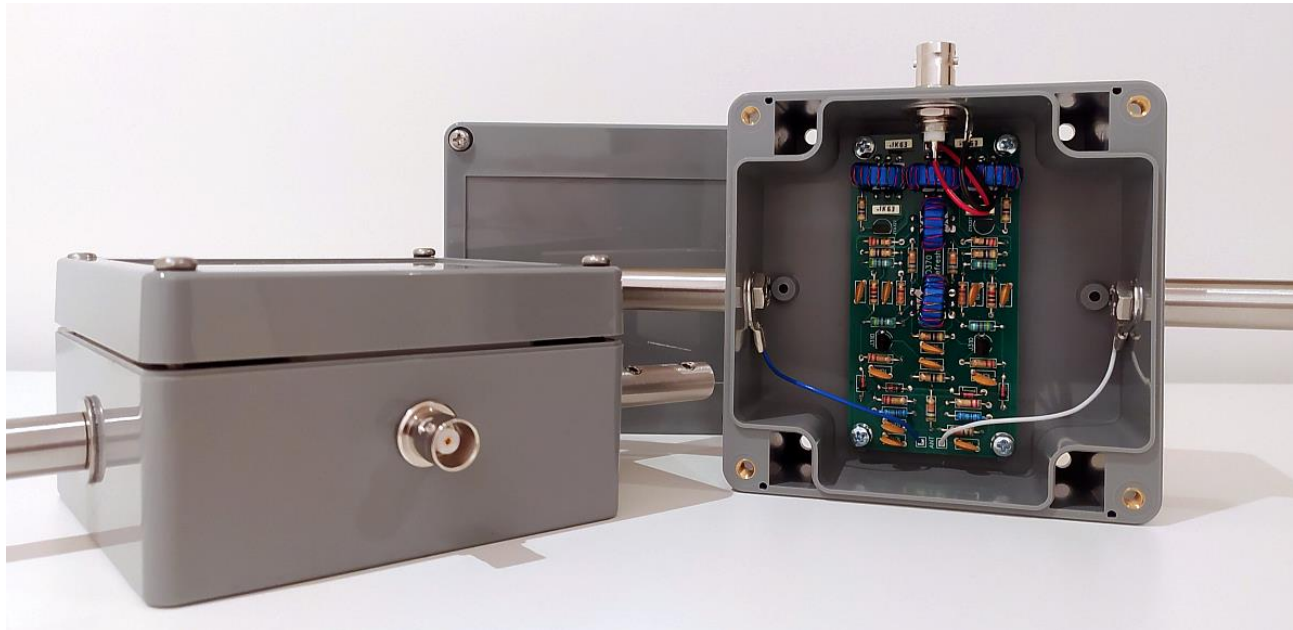


Handgefertigter Nachbau des ehemaligen Datong AD370 Verstärkers.

mehr Info: [titus.oxx@gmail.com](mailto:titus.oxx@gmail.com)

links - original Datong Leiterplatte

unten - 2024 Nachbau



# Stampfl X-ONE – Aktiv-Dipol Kit aus der Schweiz

**STAMPFL**   
HAM ELECTRONICS

**X ONE**

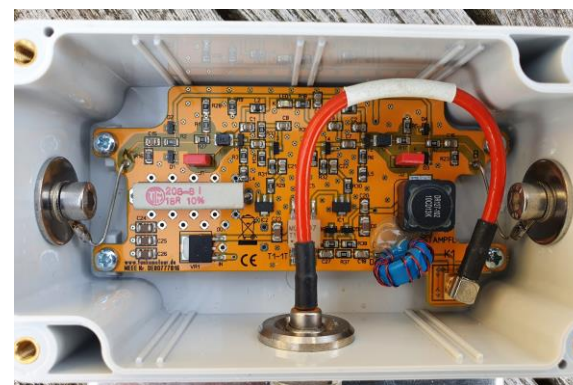
**STAMPFL X ONE**  
AKTIVER DIPOL

90 kHz - 150 MHz



## Spezifikationen

Frequenzbereich:	90 kHz bis 150 MHz
Polarisation:	Horizontal
Stromversorgung:	12 – 14 Volt / 270 mA
HF-Anschluss:	N inkl. BNC-Adapter
Länge:	0,8 m
Gewicht:	900 g

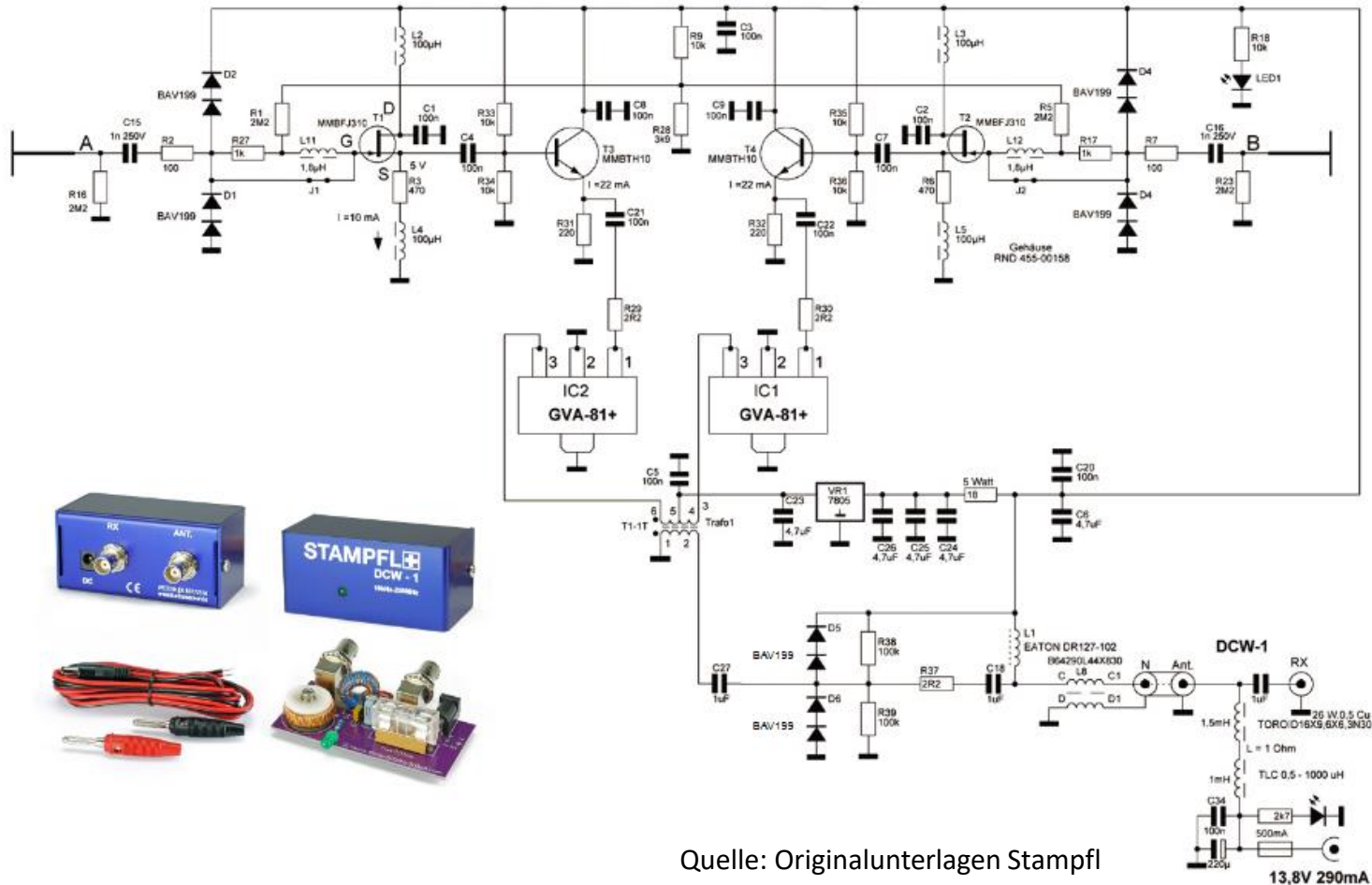


Für Informationen: <https://www.heinzstampfl.ch>

Bilder und Grafiken: Heinz Stampfl

# Stampfl X-ONE Beschreibung

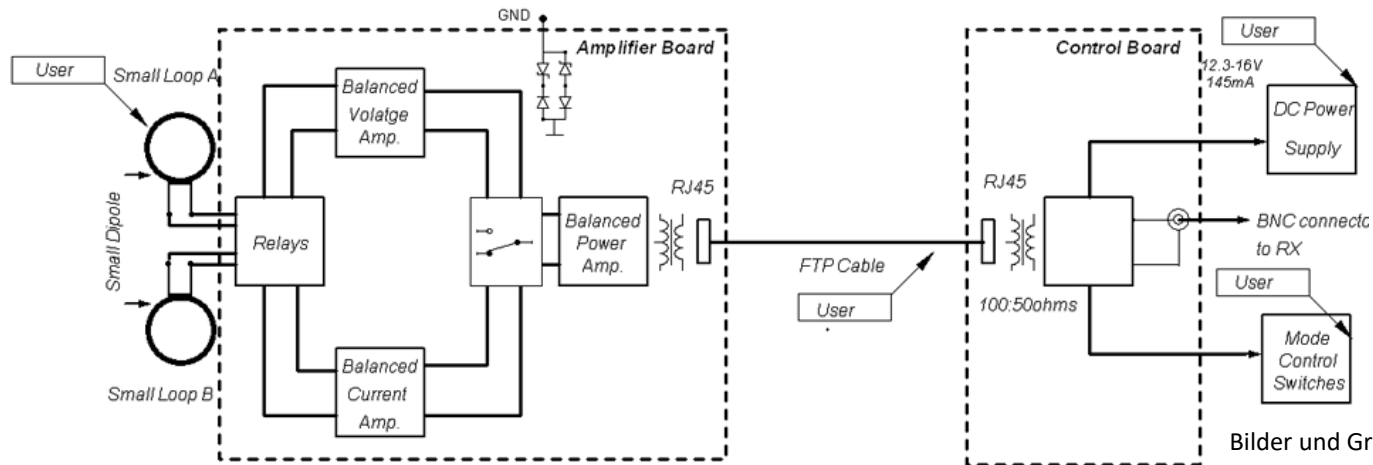
## X ONE Aktiver Dipol 90 kHz - 150 MHz



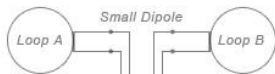
Quelle: Originalunterlagen Stampfl

# Hybrid Active Antenna Amplifier AAA-1C von LZ1AQ

Block diagram. Two small loops act also as arms of a small vertical dipole



Bilder und Grafiken: LZ1AQ



## Features

- 4 remotely switched modes (Loop A, Loop B, crossed parallel loops A&B and dipole)
- Each mode can be switched immediately
- Good sensitivity and a flat frequency response
- High dynamic range
- Protected input from strong signals
- High immunity to local noise with balanced amplifiers and balanced feed line
- Balun transformer coupling for common mode noise reduction

Universelle Loop-Dipol Kombi mit vielfältigen Möglichkeiten.  
Verwendet Ethernet Kabel als symmetrische Speiseleitung. Sehr umfangreiche Grundlagen-Dokumentation auf der LZ1AQ Webseite.  
Preisgünstig, ca. 106 € für Verstärker inkl. Control Board

<https://active-antenna.eu>



# NTi / Bonito MegaDipol MD300DX



## Technische Daten

- Frequenzbereich: 9kHz - 300MHz
- IP3: typ. +30dBm (@7.00 & 7.20MHz)
- IP2: typ. +78dBm (@7.00 & 7.20MHz)
- Größe/Gewicht: 98 x 90 x 38mm / 0.12kg

## Lieferumfang

- MegaDipol MD300DX
- Einspeiseweiche CPI1500UNI
- 2x 250cm lange Strahler aus PVC-ummanteltem seewasserfestem Edelstahl-Drahtseil
- 2x Isolatoren zur Aufhängung (wetterfester Kunststoff mit 4.5mm Befestigungsloch)



Der MegaDipol 300DX von NTi ist ein breitbandiger aktiver Dipol (Aktivdipol) mit max. 300MHz oberer Grenzfrequenz, der auf die elektrische Komponente (E-Feld) des elektromagnetischen Feldes anspricht. Der Aktivdipol MD300DX wird überall dort, wo keine oder nur schwache lokal generierte Störungen zu erwarten sind, Spitzenergebnisse hinsichtlich Signalstärke und SNR (Signal-to-Noise Ratio) liefern.

Im Gegensatz zu einfachen E-Feld- Aktivantennen mit nur einem Strahler zeigen sich prinzipbedingt durch den symmetrischen Aufbau praktisch keine negativen Beeinflussungen wie Resonanz- und Einstrahleffekte, die durch das angeschlossene Koaxkabel entstehen könnten.

Info und Bilder zitiert von Bonito

In Deutschland entwickelt und produziert von NTi, im Vertrieb von Bonito



<https://bonito.net/hamradio/>

# Hi-Z Amplifier – von Tom Seeger, VE3PSZ

Eine symmetrischer hochohmiger (Hi-Z) Verstärker in zeitgemäßem Design mit rauscharmen high-speed low noise CMOS Operationsverstärkern.

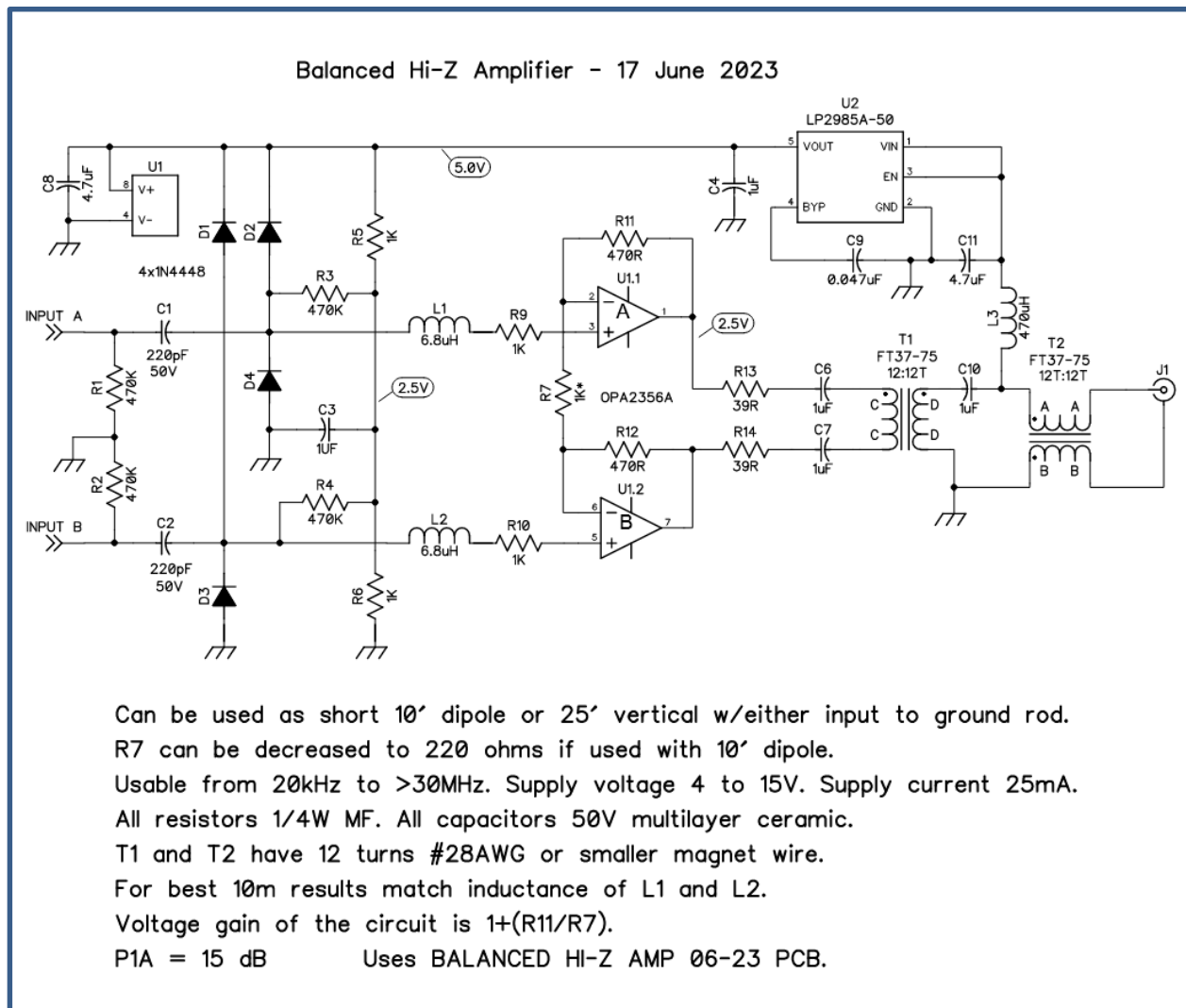
Bei nur 5 V Betriebsspannung wird nach Angaben des Erbauers eine beeindruckende Intermodulationsfestigkeit erreicht.

Interzeptpunkte:

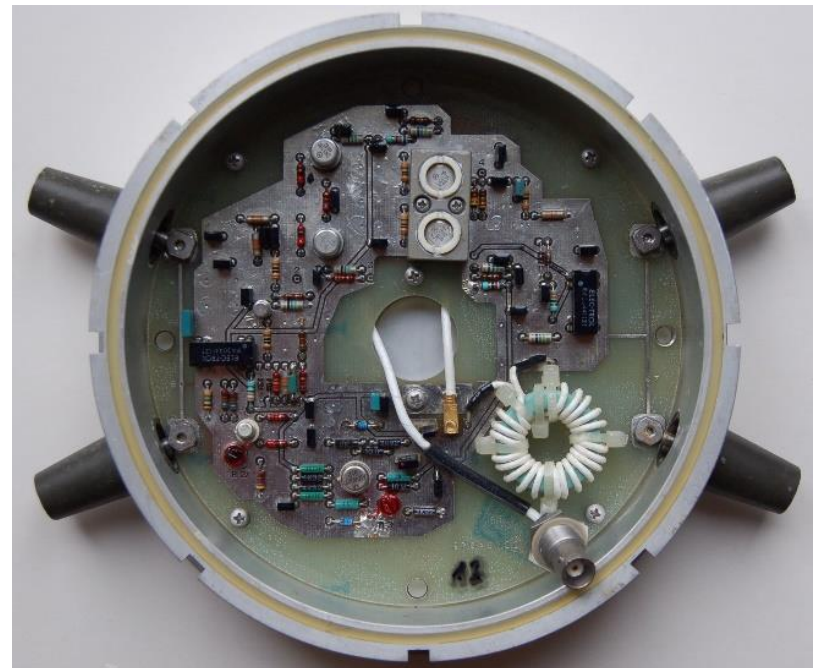
1MHz +64 dBm OIP2,  
7MHz +50 dBm OIP2,  
2 MHz +37 dBm OIP3,  
5MHz +36 dBm OIP3.

Für mehr Info email an:

[thomas.b.seeger@gmail.com](mailto:thomas.b.seeger@gmail.com)



# HE002 klassischer Aktiv Dipol von Rohde & Schwarz







# HE010 Aktivdipol, Rohde & Schwarz

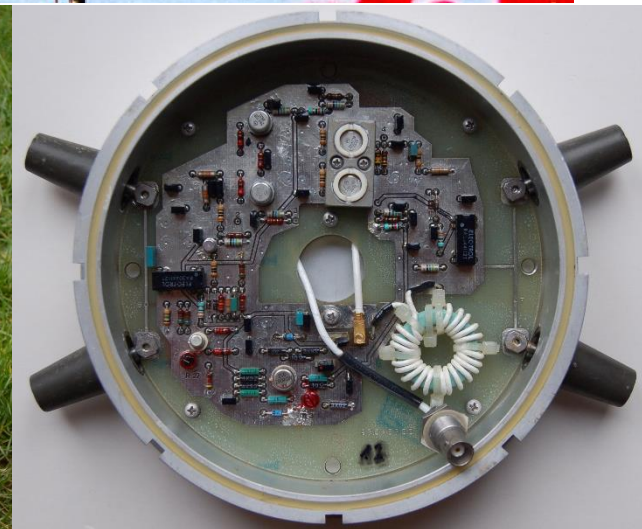
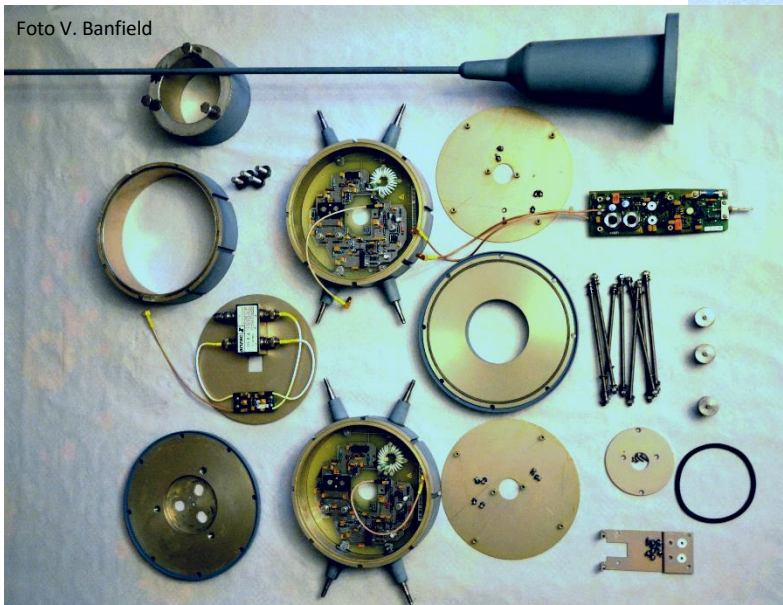
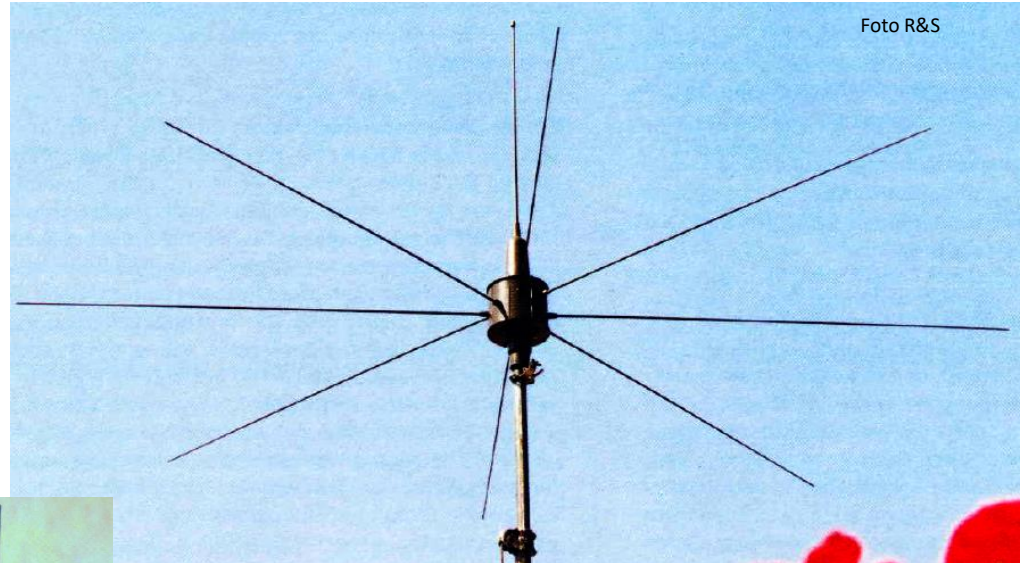


Stromversorgung mit  
Fernspeiseweiche

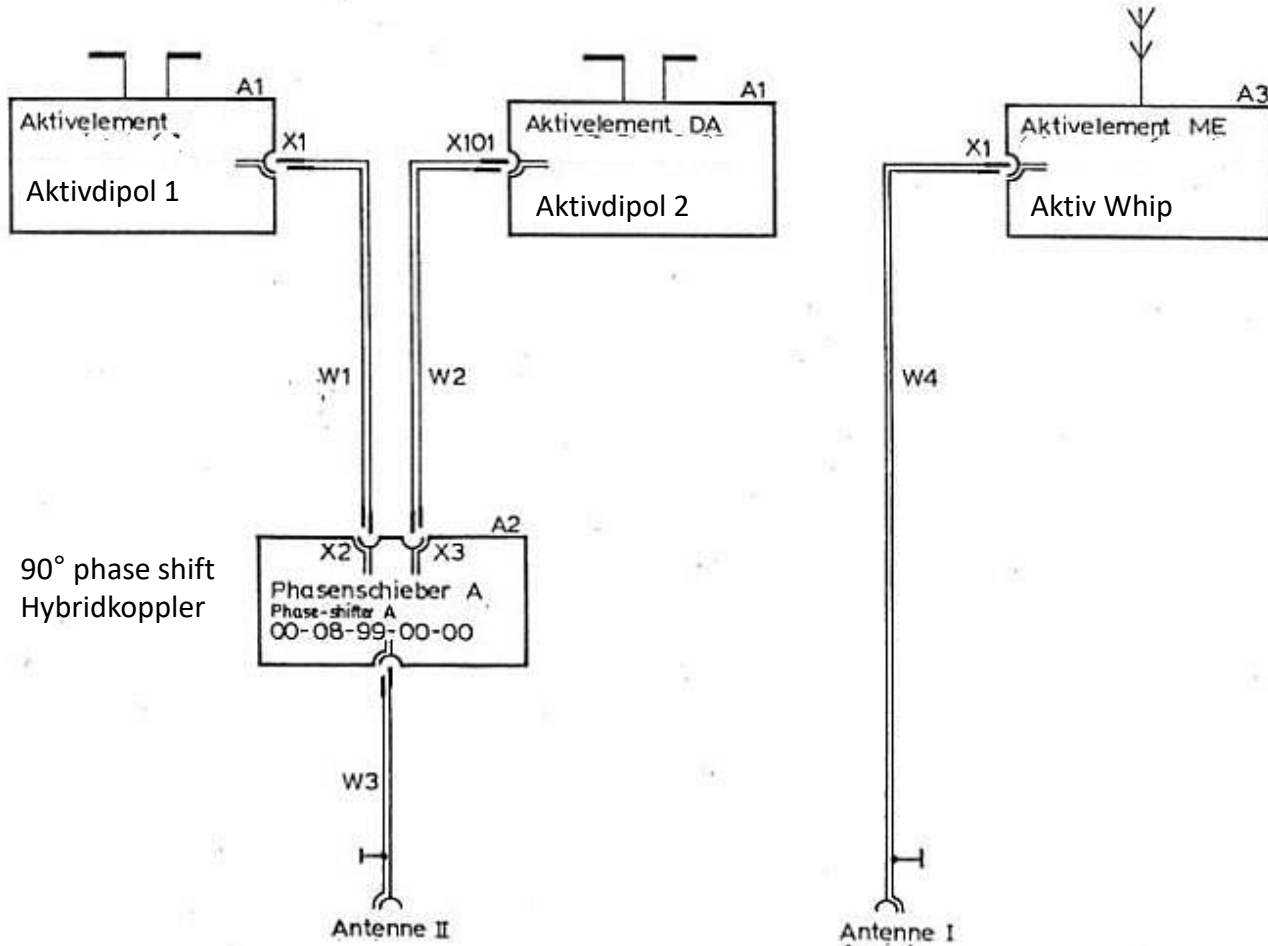


# HE015 Monopole + Dipole, Rohde & Schwarz

Zwei HE002 Dipole in  
Turnstile Konfiguration +  
Vertikal-Monopol HE011

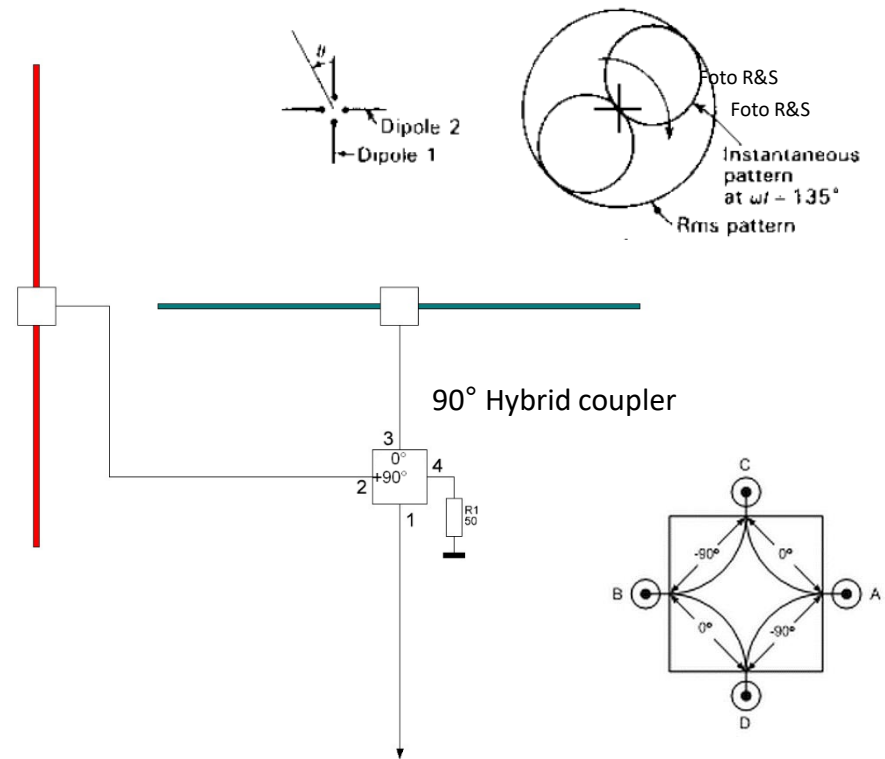


# HE015 Monopol/Kreuzdipol Kombi - Blockschaltbild





# R&S HE16 Vertikal Monopol + Turnstile Dipol Kombi

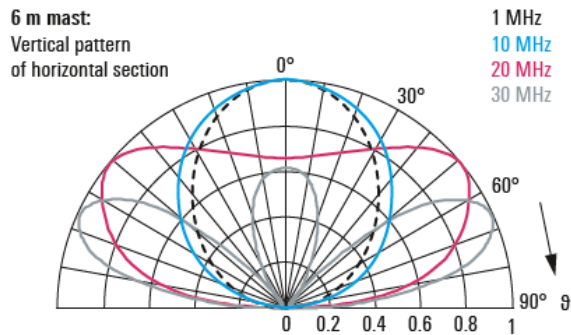
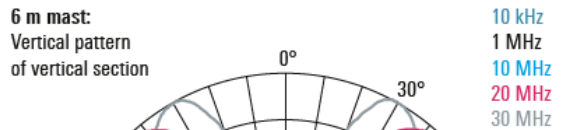


- Ein Turnstile Kreuzdipol besteht aus zwei identischen, rechtwinklig zueinander angeordneten Dipolen, die über einen  $90^\circ$  Phasenkoppler miteinander gekoppelt sind.
- Die Einzel-Dipole empfangen horizontal polarisierte Wellen rechtwinklig zur Dipolachse.
- Beim Turnstile-Dipol werden zirkular polarisierte Wellen senkrecht zur Dipolebene empfangen.
- Turnstile Kreuzdipole werden wegen der Steilstrahl-Eigenschaften als NVIS Antenne (near vertical incident skywave) eingesetzt. Durch den senkrecht-Empfang eignen sie sich für Kurz- und Mittelstrecken Funkverbindungen. Die zirkulare Polarisation mindert Polarisationsfading.

# R&S HE016 specs

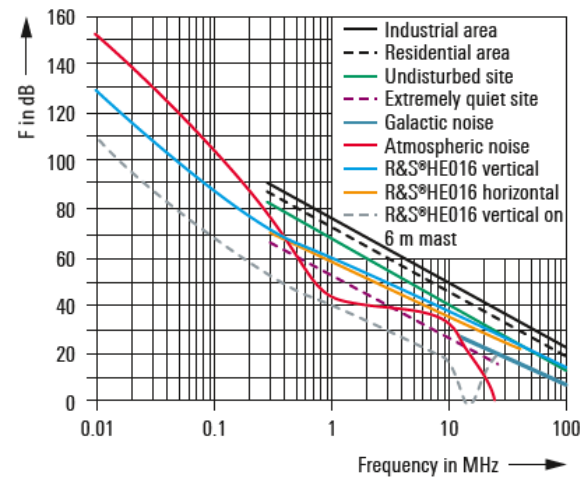
Specifications	
Frequency range	
Vertical polarization	9 kHz to 80 MHz
Horizontal polarization	600 kHz to 40 MHz
Input impedance	50 Ω
VSWR	
9 kHz to 20 kHz	< 3
20 kHz to 80 MHz	< 2
IP2	≥ 50 dBm (up to 30 MHz)
IP3	≥ 30 dBm (up to 30 MHz)
Power supply	21 V to 26 V DC (max. 500 mA)

## Typical radiation patterns



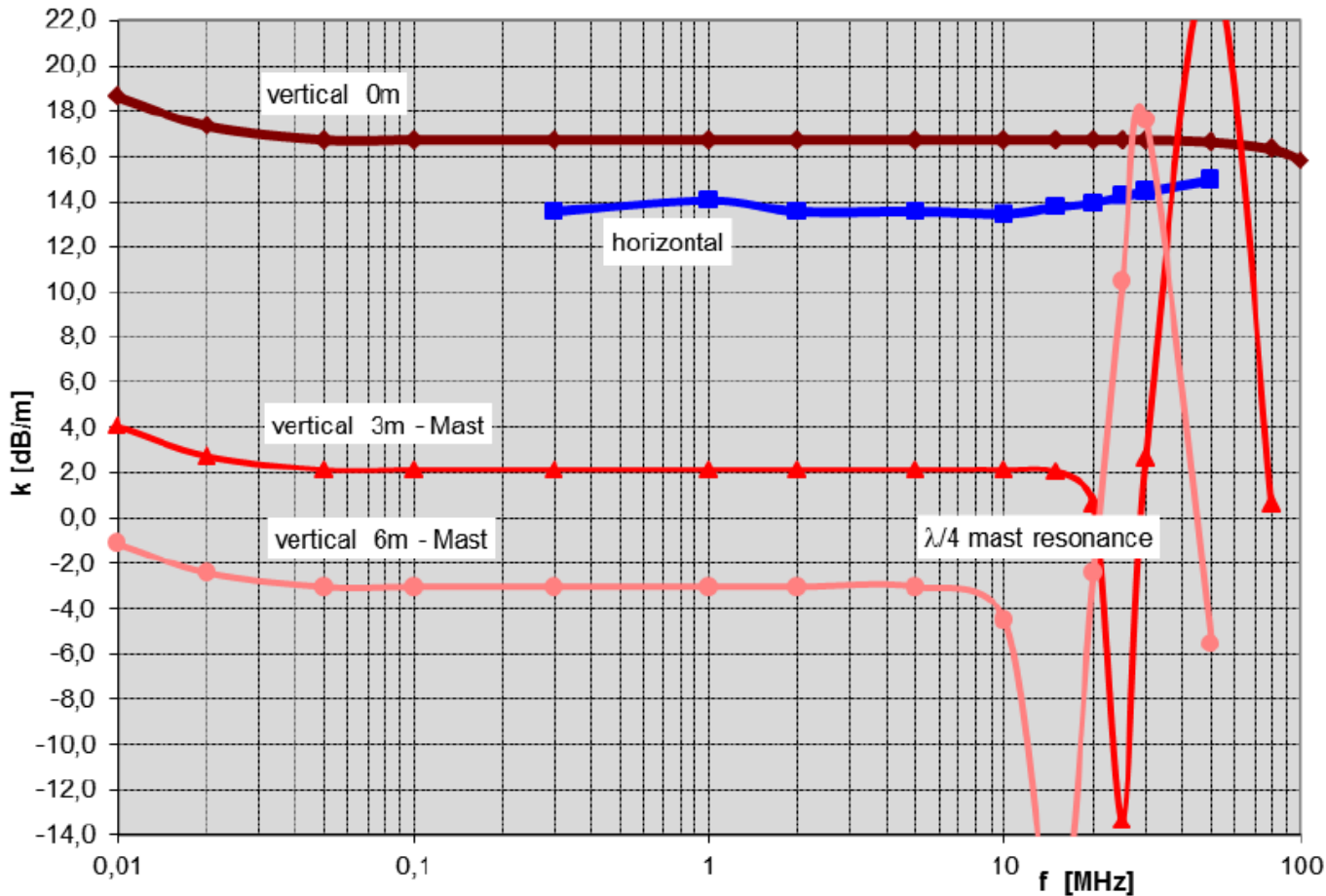
**Listprice: 8160 €**  
**Power Supply / Bias-T: 2520 €**

## Typical inherent noise compared with different standard noise environments



Fotos und Grafiken: R&S

# HE016 Einfluss der Masthöhe auf den Antennenfaktor k



blau: HE016 Dipol,  
horizontal

brau, rot, orange:  
HE016 1m Stab  
Monopole vertikal bei  
verschiedenen  
Masthöhen

Diagram zitiert von  
Rohde & Schwarz  
HE016 (Horizontal-  
Dipole / Vertical-Whip)

$$k = AF(dB/m) = 20 \log \frac{E(V/m)}{U}$$

# DuK-AAS Marine-Aktivdipol HD 2 A + STA 10 A/D



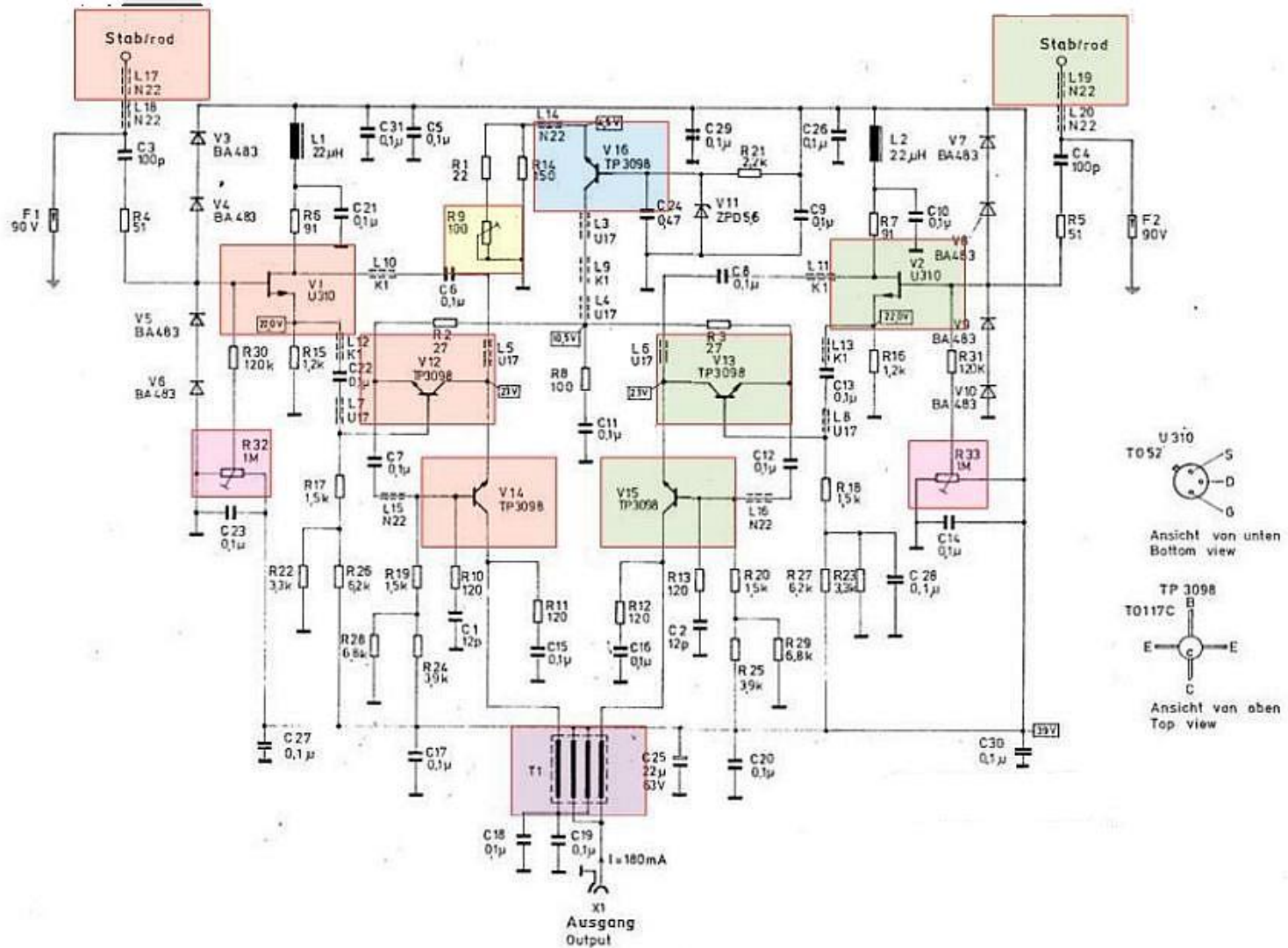
Horizontale Dipole als Kreuzdipol - Kombination mit einem Aktiv-Monopol.  
0,01 – 30 MHz. Obsolet, wird nicht mehr produziert.

**ACTIVE ANTENNA SYSTEMS AAS GmbH,  
Hamburg, Germany  
(ehemals Dieckmann & Klapper)**





# AAS HD2A Aktiv-Dipol – Schaltbild



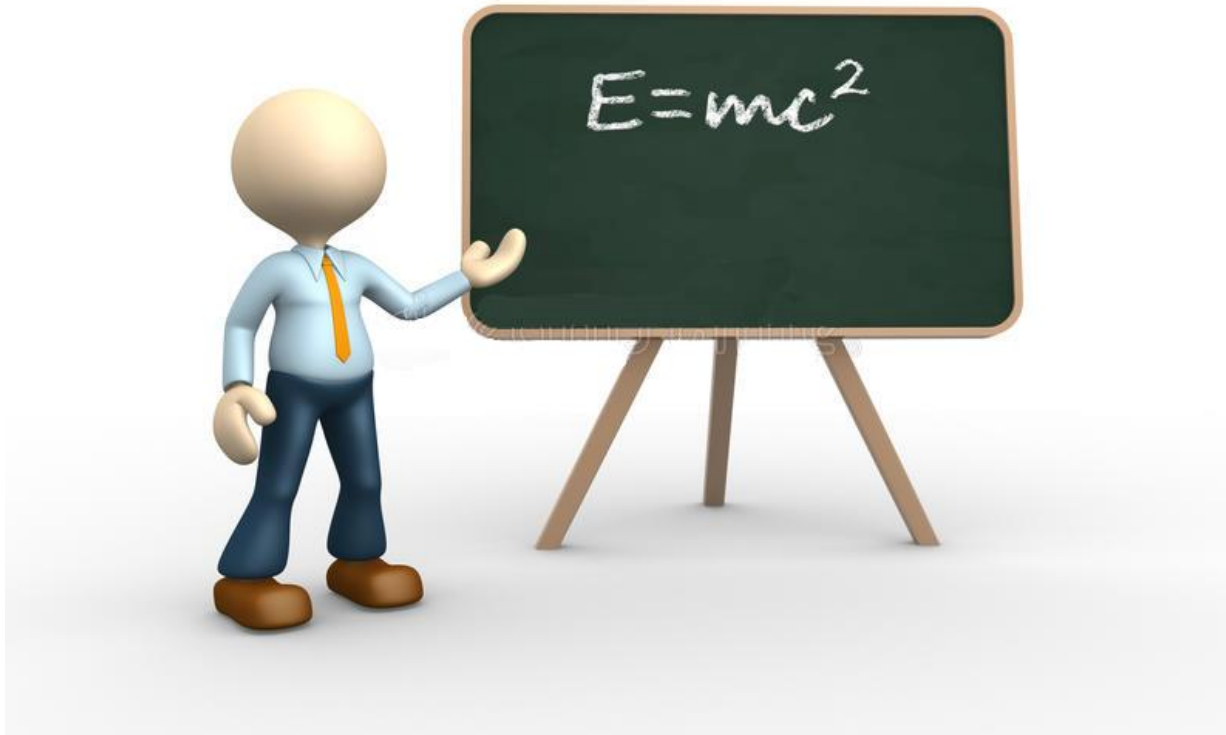


*allzeit guten Empfang...*



*...mit aktiven Dipolantennen*

# Annex

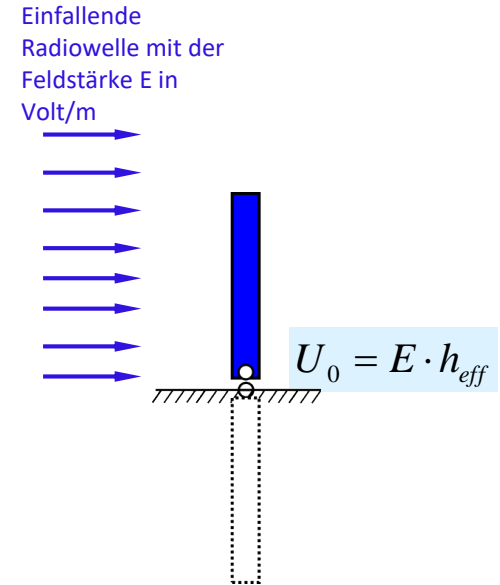


Zum Schluss noch einige theoretische Aspekte...

# effektive Länge oder effektive Höhe $h_{eff}$

- Eine vertikal polarisierte elektromagnetische Welle induziert eine Leerlaufspannung  $U_0$  an der Anschlussklemme der Antenne.
- Die Leerlaufspannung  $U_0$  an den Anschlussklemmen entspricht der elektrischen Feldstärke  $E$  in  $V/m$  multipliziert mit der effektiven Höhe  $h_{eff}$  einer Antenne.

$$U_0 = E \cdot h_{eff}$$


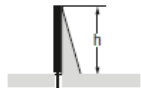
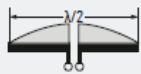

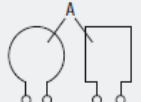
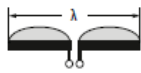
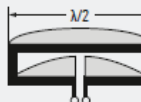



- Die effektive Höhe  $h_{eff}$  einer Antenne ist nicht identisch mit ihrer geometrischen Höhe oder Länge. Der Wert von  $h_{eff}$  hängt von Typ einer Antenne und ihrer Stromverteilung ab.  $h_{eff}$  bestimmt die Leerlaufspannung, die sich bei einer einfallenden Welle mit der elektrischen Feldstärke  $E$  in  $V/m$  an den Antennenanschlüssen entwickelt. Die  $h_{eff}$ -Werte verschiedener Antennentypen werden aus einer Antennenparameter-Tabelle entnommen

Machen wir ein Beispiel. Der Wert von  $h_{eff}$  eines kurzen Dipols aus einer Tabelle ist  $\frac{1}{2} l$ . Wenn wir einen Dipol mit einer Länge  $l$  von 1 m in eine einfallende Funkwelle mit einer Feldstärke  $E$  von 2V/m bringen, dann berechnet sich die Leerlaufspannung  $U_0$  zwischen den Dipolschenkeln nach:

$$U_0 = 2V/m \cdot \frac{1}{2} m = 1V$$

# Parameter von grundlegenden Antennentypen

Parameters of selected antenna types			$h_{eff}$	
Type of antenna	Current distribution	Directivity factor $D^{(5)}$	Effective antenna length	Radiation resistance R in $\Omega$
Isotropic radiator		$1 \triangleq 0$ dB		
Short dipole without end capacitance <sup>7)</sup>		$1.5 \triangleq 1.8$ dB	$\frac{l}{2}$	$20 \pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$
Short antenna on infinitely conducting ground without top capacitance <sup>8)</sup>		$3 \triangleq 4.8$ dB	$\frac{h}{2}$	$40 \pi^2 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2$
Half-wave dipole		$1.64 \triangleq 2.15$ dB	$\frac{\lambda}{\pi}$	73.2
Quarter-wave antenna on infinitely conducting ground		$3.28 \triangleq 5.2$ dB	$\frac{\lambda}{2\pi}$	36.6
Small single-turn loop in free space		$1.5 \triangleq 1.8$ dB	$\frac{2\pi A}{\lambda}$	$80 \pi^2 \frac{4\pi^2 A^2}{\lambda^4}$
Full-wave dipole		$2.4 \triangleq 3.8$ dB		
Folded half-wave dipole		$1.64 \triangleq 2.15$ dB	$\frac{2\lambda}{\pi}$	$4 \cdot 73.2 \approx 280$
Turnstile antenna (Hertz dipole) radiating in horizontal plane		$0.75 \triangleq 1.2$ dB	l	$40 \pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$

# Aktiv-Monopol, Kabel und Masthöhe interagieren

Das Erdpotential als Bezugsspannung für einen Aktivmonopol wird über den leitfähigen Mast bereitgestellt. Bei einem isolierten Mast übernimmt ersatzweise der Schirm des Koaxialkabels die Zuführung eines Erd-Bezugspotenzials.

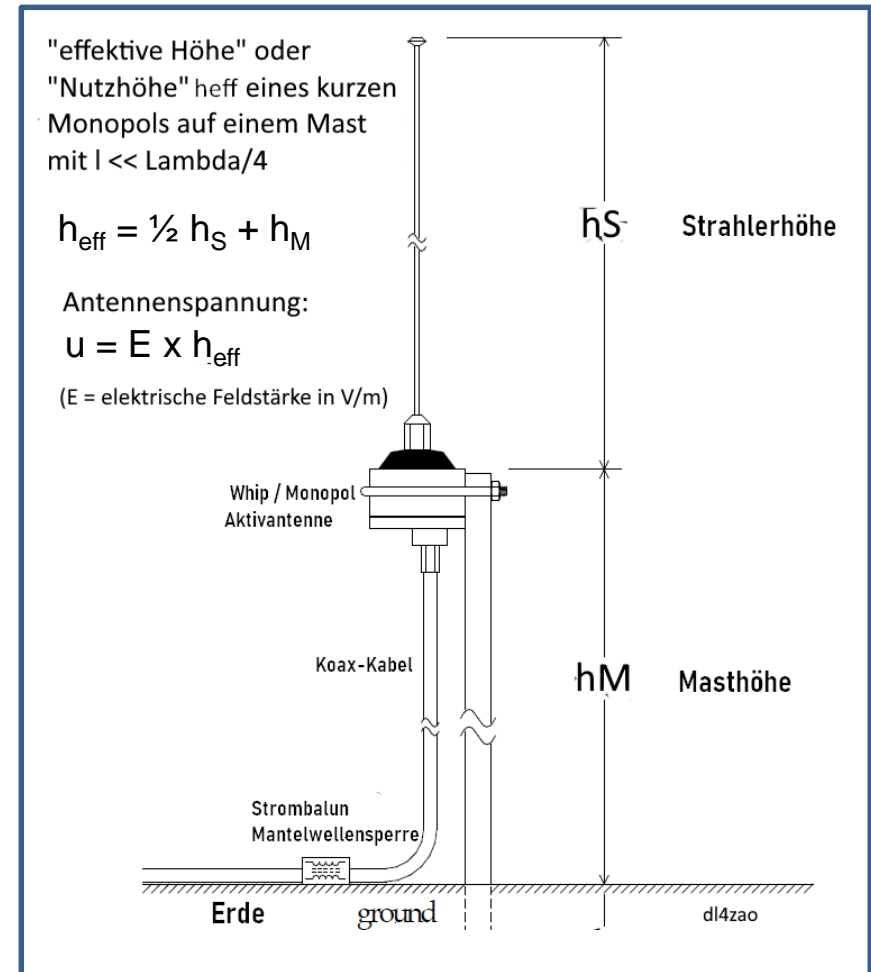
Der Strahler nimmt das mittlere Potenzial der elektrischen Feldstärke seiner Umgebung an.

Die Aktivantenne ‚misst‘ und verstärkt den Potentialunterschied zwischen Antennenelement und Bezugspotenzial.

Die Antennen-Spannung steigt mit der Strahlerlänge und mit der Höhe des Mastes. Aktivantenne, Koaxialkabel und Mast bilden ein Gesamtsystem

Beispiel ein 1 m langer Strahler auf einem 1 m hohen Mast. Die Leerlaufspannung  $U_0$  am Eingang der Aktivelektronik berechnet sich aus der effektiven Höhe:

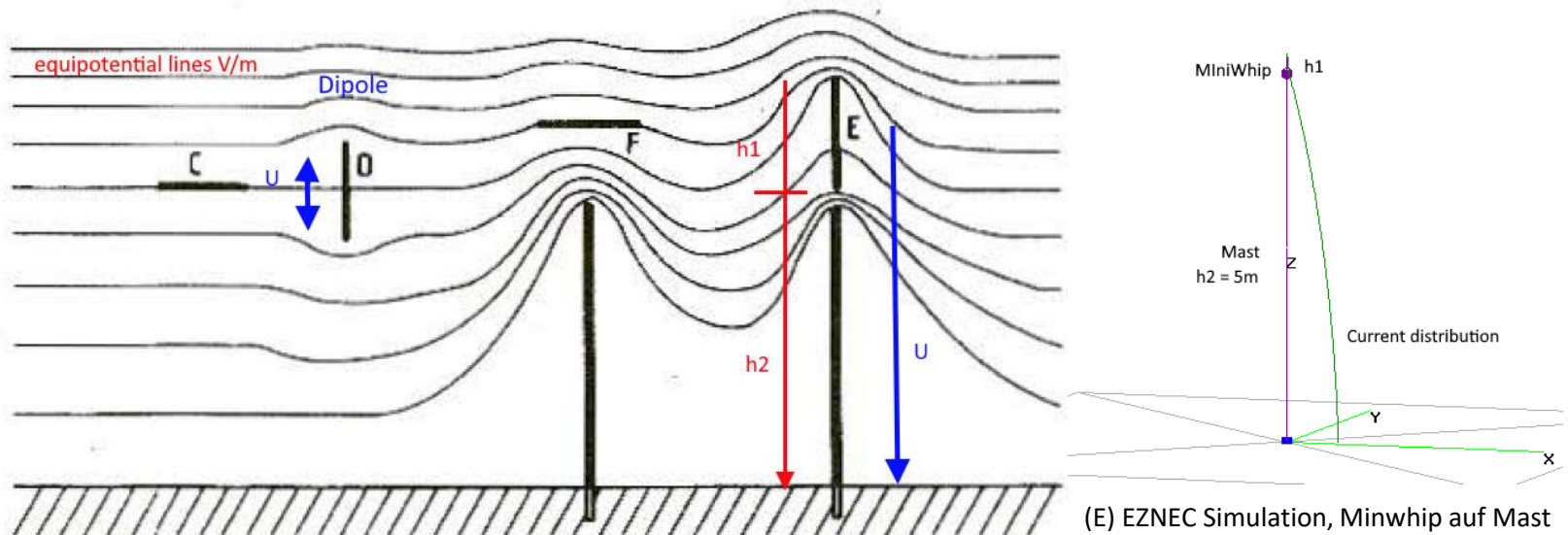
$$U_0 = E \cdot h_{\text{eff}} \text{ es gilt für den kurzen Monopol: } U_0 = E \cdot (\frac{1}{2} h_1 + h_2)$$
$$U_0 = 1 \text{ V/m} \cdot (0.5\text{m} + 1\text{m})$$
$$U_0 = 1.5\text{V}$$



Gilt unter der Annahme der quasi statischen approximation:  
Höhe von Mast und Strahler sind kürzer als  $0.15 \lambda$



# Effektive Höhe $h_{\text{eff}}$ Dipol vs. Monopol auf Mast



Fall: (D) Dipol mit der Länge  $l$

$h_{\text{eff}}$  eines kurzen Dipols laut Parameter Tabelle:

$$h_{\text{eff}} = \frac{1}{2} l$$

$$U = E \cdot h_{\text{eff}} \Rightarrow U = E \cdot \frac{1}{2} l$$

$E$  ist die elektrische Feldstärke  $V/m$

$h_{\text{eff}}$  eines kurzen Dipols =  $\frac{1}{2}l$

Die Ausgangsspannung  $U$  eines Dipols ist von der Höhe des Mastes entkoppelt. Bei gegebener Feldstärke hängt  $U$  allein von der Dipollänge ab.

Die Ausgangsspannung  $U$  eines kurzen Dipols ist niedriger als  $U$  eines Monopols auf einem Mast.

Fall: (E) Monopol mit der Länge  $h_1$  auf einem geerdeten Mast mit der Höhe  $h_2$

$h_{\text{eff}}$  eines kurzen Monopols laut Parameter Tabelle :

$$h_{\text{eff}} = \frac{1}{2} h_1 + h_2$$

$$U = E \cdot h_{\text{eff}} \Rightarrow U = E \cdot (\frac{1}{2} h_1 + h_2)$$

$E$  ist die elektrische Feldstärke  $V/m$

$h_{\text{eff}}$  eines kurzen Monopols =  $\frac{1}{2} h_1 + h_2$

Bei einer Miniwhip, bei der  $h_1$  sehr klein ist, wird die Ausgangsspannung fast vollständig von  $h_2$ , der Höhe des Mastes, bestimmt. Eine Verdoppelung der Masthöhe  $h_2$  verdoppelt die Spannung  $U$





# Antennenfaktor „AF“

Der **Antennenfaktor** (alternativ auch als Wandlungsfaktor  $k$  bezeichnet) ist definiert als das Verhältnis von elektrischer Feldstärke und der belasteten Spannung an den Anschlussklemmen einer passiven oder aktiven Antenne.

$$AF = \frac{\text{elektrische Feldstärke } V/m}{\text{Antennenspannung } V \text{ an } 50\Omega}$$

Üblicherweise wird der Antennenfaktor in logarithmischer Form angegeben:

$$AF(dB/m) = 20 \log \frac{E(V/m)}{U}$$

AF = Antennenfaktor

E = elektrische Feldstärke in V/m

U = Spannung am Empfängereingang

Der Antennenfaktor AF ist verwandt mit der effektiven Höhe  $h_{eff}$ . AF bezieht sich auf die belastete Spannung am Antennenanschluss,  $h_{eff}$  hingegen beeinflusst die Leerlaufspannung  $U_0$  an der Antenne.

Der Antennenfaktor ist eine Kennzahl zum Vergleich von Antennen. Er ist ein Maß für die Spannung, die eine Antenne am Empfängereingang erzeugt. Wenn der Antennenfaktor bekannt ist, kann die Feldstärke E um die Antenne berechnet werden und umgekehrt.

# Referenzen und weiterführende Literatur

- [1] Website DL4ZAO, <https://www.dl4zao.de>
- [2] H.Lindenmeier, AGARD Lecture series No.131 1983 chapter 5-1 <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA135087.pdf#page=66>
- [3] Rothammel, Krischke „Rothammels Antennenbuch“, DARC Verlag
- [4] Rhode & Schwarz „[Antenna Basics White Paper](#)“
- [5] Rhode & Schwarz „Antennas for Radio Monitoring“
- [6] Rudge, Milne „Handbook of Antenna Design Vol 2“ page 639
- [7] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, „[Fundamentals of the Mini-Whip Antenna](#)“
- [8] Jan M. Simons, PA0SIM, „[The MiniWhip in EZNEC](#)“
- [9] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, „[Grounding of MiniWhip and other active whip antennas](#)“
- [10] Fenu Radio, Umfangreiche Praxistests von Antennen und Empfängern: <https://www.fenu-radio.ch/index.htm>
- [11] Günter Fred Mandel, DL4ZAO „Whip-Tipps (pdf)“, <https://www.dl4zao.de/downloads/Whip-Tipps.pdf>