

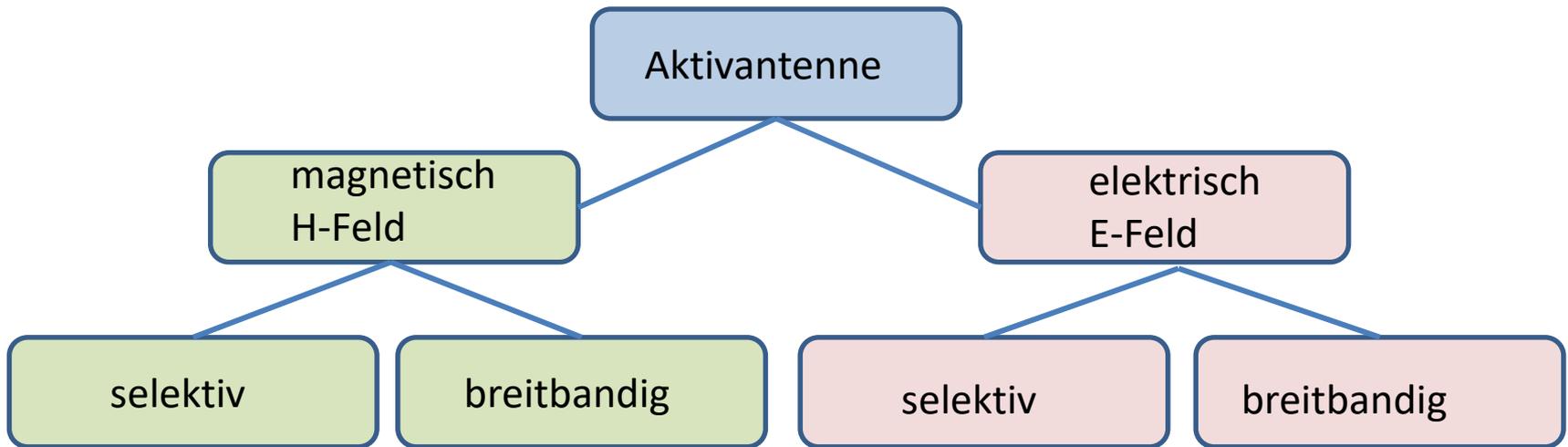
Günter Fred Mandel, DL4ZAO
www.dl4zao.de

Monopol und Dipol Aktivantennen

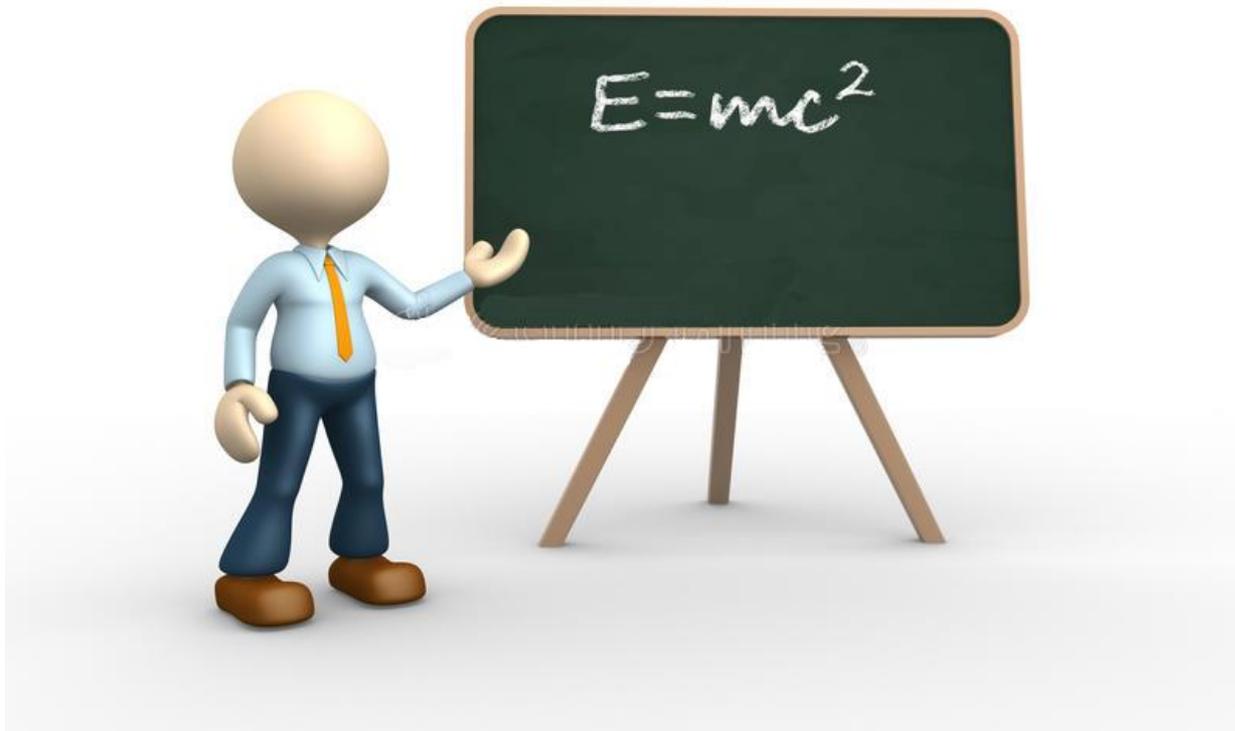
Technik und Selbstbau von E-Feld Aktivantennen für den Empfang.

- Antennen-Basics
- Eigenschaften von kurzen Antennen
- Der Einfluss von Mast und Kabel
- Schaltungstechnik aktiver Antennen
- Selbstbau an praktischen Beispielen
- Aufstellung – auf was zu achten ist
- externes Rauschen
- praktische Aspekte

Einteilung unterschiedlicher Aktivantennen



Etwas Theorie schadet nie



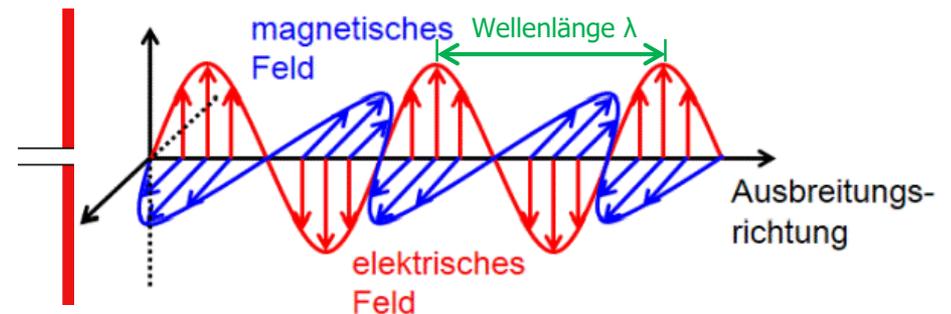
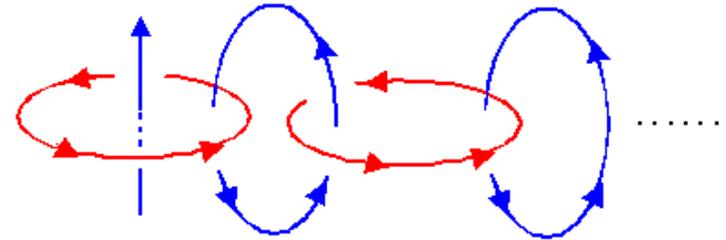
Elektromagnetische Wellen

Werden Ladungen bewegt, entsteht eine **elektromagnetische Welle** aus gekoppelten elektrischen und magnetischen Feldern, die sich im Raum fortpflanzt.

Elektromagnetische Wellen bestehen immer aus zwei Feld-Komponenten:

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

Die Größe der elektrischen Feldstärke V/m und der magnetische Feldstärke A/m einer Welle sind über den Feldwellenwiderstand fest miteinander verknüpft.



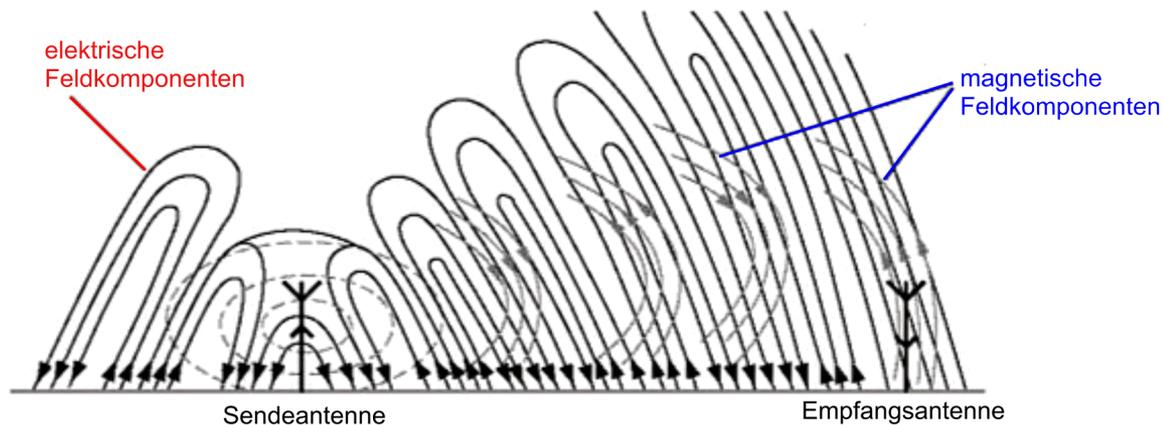
Im Fernfeld: Elektrisches und magnetisches Feld sind in Phase. Sie stehen senkrecht zueinander und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung.

Der Feldwellenwiderstand ist eine charakteristische Größe des Übertragungsmediums. Im freien Raum oder in Luft beträgt der Feldwellenwiderstand 377 Ohm.

Die Antenne

Die Antenne ist das Verbindungsglied zwischen den Wellen im freien Raum und den leitungsgeführten Signalen vom Sender oder zum Empfänger.

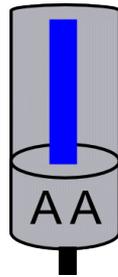
- Im **Sendefall** wandelt die Antenne die ihr zugeführte Energie möglichst effizient in elektromagnetische Wellenfelder um, die sich im Raum ausbreiten.
- Im **Empfangsfall** nimmt die Antenne aus einem elektromagnetischen Wellenfeld Energie auf und stellt diese an ihren Anschlussklemmen zur Verfügung.



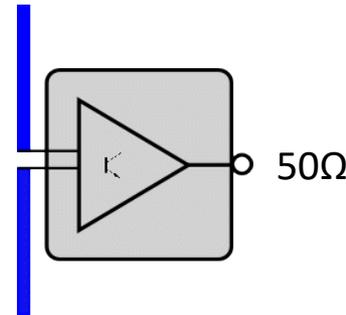
Die Strahlungseigenschaften einer (passiven) Antenne sind im Sende- und Empfangsweg gleich. Sie verhält sich reziprok (Reziprozitätsprinzip).

Was ist eine Aktivantenne?

In einer Aktivantenne ist ein aktiver Verstärker direkt am Anschlusspunkt eines Antennenelements integriert und sorgt für eine breitbandige Anpassung auf eine Impedanz von $50\ \Omega$.



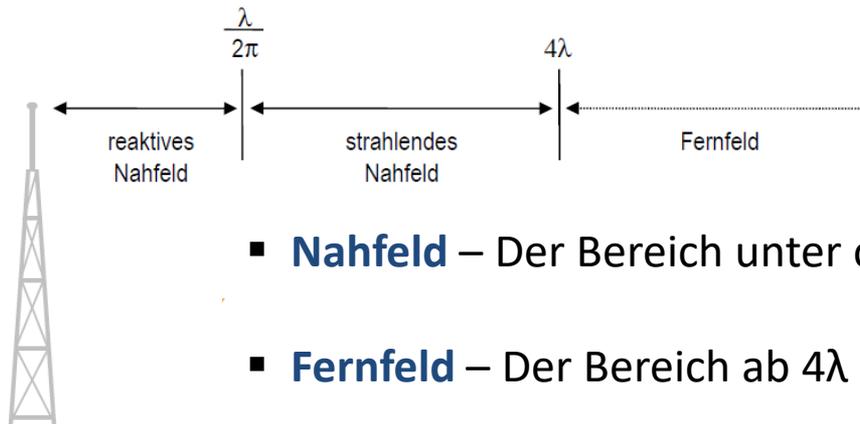
$50\ \Omega$



Eine passive Antenne verhält sich im Sende- und auf dem Empfangsweg nach den gleichen elektrischen Gesetzmäßigkeiten (Reziprozitätsprinzip)

Bei einer Aktivantenne ist das Reziprozitätsprinzip nur auf das Antennenelement anwendbar, jedoch nicht auf die gesamte Aktivantenne.

Feldzonen um eine Antenne



- **Nahfeld** – Der Bereich unter ca $0,16\lambda$ um die Antenne
- **Fernfeld** – Der Bereich ab 4λ um die Antenne

Im Nahfeld und einer Übergangszone lösen sich die Wellen von der Antenne ab. Hier sind komplizierte elektrische Verhältnisse anzutreffen [1].

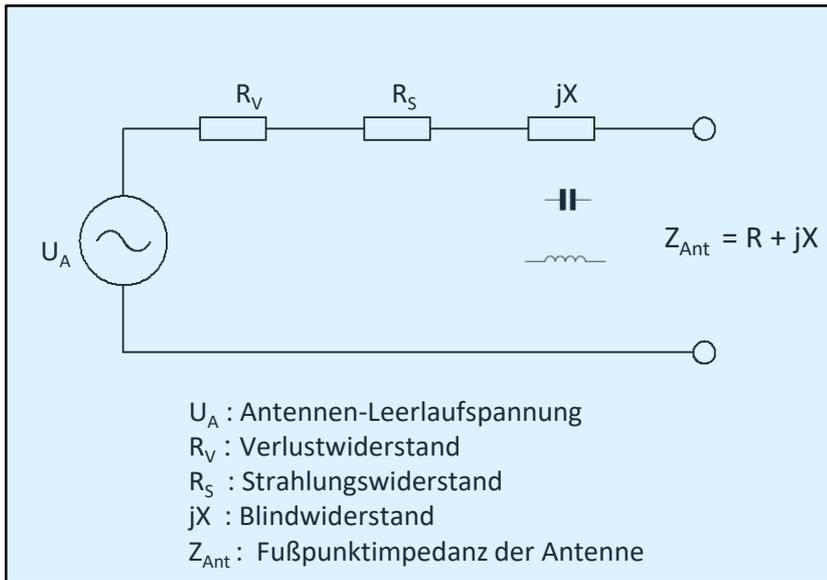
Im Fernfeld hat sich die Welle von der Antenne abgelöst und breitet sich im Raum aus. Die magnetischen und elektrischen Feldkomponenten der elektromagnetischen Welle sind in Phase. Die Feldkomponenten weisen ein festes Verhältnis zueinander auf; sie sind über den Feldwellenwiderstand 377Ω miteinander verkoppelt [1].

Felder beschreiben Zustände des Raumes. Man veranschaulicht den Verlauf der Feldstärkevektoren durch gedachte Feldlinien.

Verändern sich Felder über die Zeit t , spricht man von Wechselfeldern.

Elektromagnetische Wellen sind Wechselfelder. Sie bestehen immer aus zwei Feldkomponenten: einer elektrischen (E) und einer magnetischen (H) Komponente.

Ersatzschaltbild einer Antenne



Bei der Resonanzfrequenz wird die Fußpunktimpedanz Z_{Ant} der Antenne reell, der Blindwiderstandsanteil jX verschwindet. $jX = 0$

Oberhalb der Resonanz weist sie zusätzlich einen induktiven Blindwiderstand jX_L auf (Strahler zu lang).

Unterhalb weist sie zusätzlich einen kapazitiven Blindwiderstand $-jX_C$ auf (Strahler zu kurz).

Bei der Abstrahlung wird Energie verbraucht, die der Generator ersetzen muss. Der **Strahlungswiderstand** R_S ist der rechnerische Wert eines Widerstands, der die HF-Leistung aufnimmt und abstrahlt. Der Strahlungswiderstand ist abhängig von den geometrischen Abmessung der Antenne (l/λ) und wird von der Dicke des Strahlers (Schlankheitsgrad) und der Antennenhöhe über Grund beeinflusst.

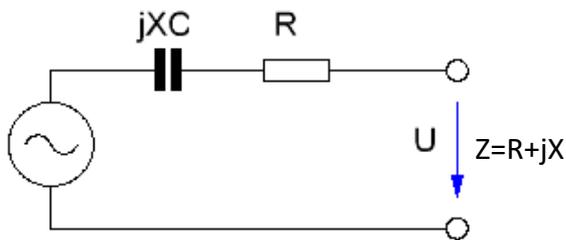
Der **Verlustwiderstand** R_V fasst alle ohmsche Verluste zusammen, er wandelt Leistung in Wärme um. Er besteht hauptsächlich aus den ohmschen Verlusten der metallischen Leiter (Skin-Effekt).

Der **Blindwiderstand** jX einer Antenne wird durch Energiependelungen im Nahfeld verursacht.

Elektrische Eigenschaften kurzer Antennen ($l \ll \lambda$)

Eine Antenne wird als "kurz" bezeichnet, wenn ihre geometrische Länge oder ihr Umfang kürzer als 1/10 der Betriebswellenlänge λ sind [5]. Ein kurzer Dipol oder Monopol reagiert bevorzugt auf die *elektrische Feld-Komponente* einer Funkwelle (daher der Name: elektrische Antenne)

Ersatzschaltbild einer elektrisch kurzen Antenne



Antennenimpedanz $Z_{Ant} = R + jX_C$,
 R = vernachlässigbar klein
 jX_C ist groß (= kleine Kapazität)

Eine kurze Empfangsantenne verhält sich wie eine Spannungsquelle, zu der ein Kondensator X_C von wenigen Pikofarad in Reihe geschaltet ist.

Verlustwiderstand und Strahlungswiderstand R einer kurzen Antenne sind sehr klein und können vernachlässigt werden.

Der frequenzabhängige kapazitive Widerstand jX_C wird zu tiefen Frequenzen hin sehr groß.

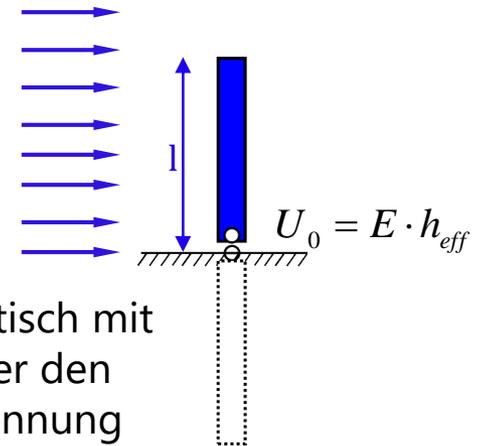
$\Rightarrow Z_{Ant}$ wird im Wesentlichen vom kapazitiven Blindwiderstand X_C bestimmt.

Empfangsspannung - und wirksame Antennenhöhe h_{eff}

- Bei einer gegebenen Feldstärke entsteht in einem Antennendraht eine Leerlaufspannung U_0 gegen Erde.
- $U_0 =$ elektrische Feldstärke E mal effektive Höhe h_{eff}

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

Wellen-Feld
der Feldstärke
 E in Volt/m



Die **effektive Höhe** oder **Nutzhöhe** h_{eff} einer Antenne ist nicht identisch mit ihrer wirklichen Länge oder Höhe. Es ist ein **Umwandlungsfaktor** der den Zusammenhang zwischen der Empfangsfeldstärke und Leerlaufspannung einer Antenne beschreibt. Man findet h_{eff} von Antennen in der Literatur.

Als Beispiel: Ein kurzer vertikaler Stab von der Länge $l = 1$ Meter, direkt über der Erde hat eine effektive Höhe von:

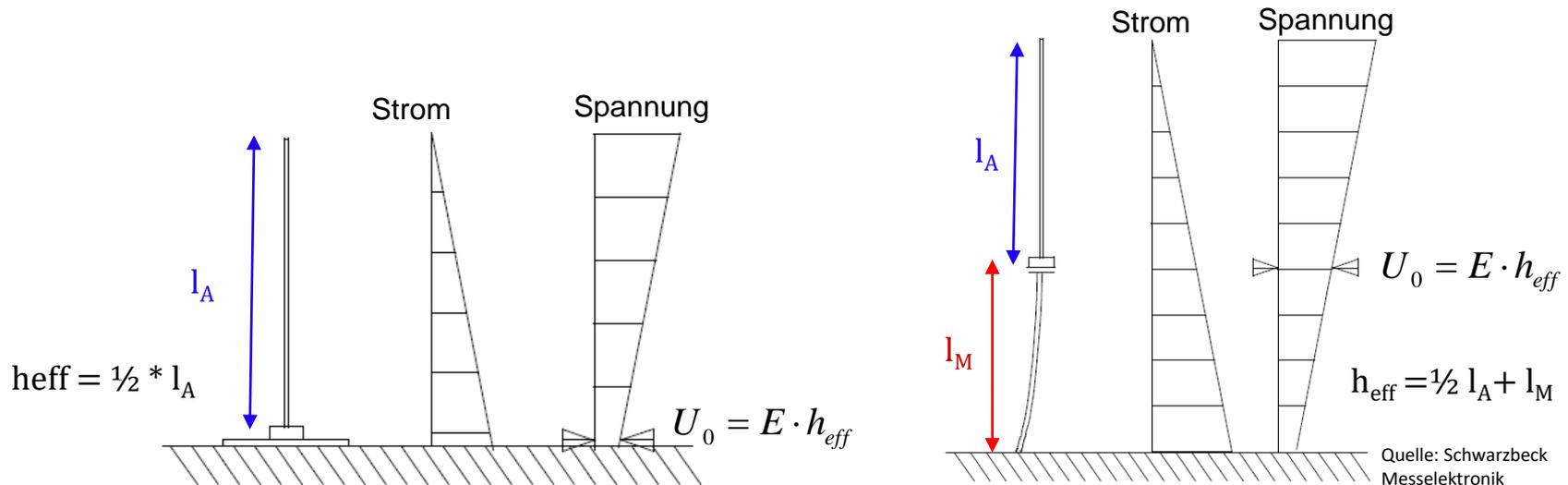
$$h_{eff} = \frac{1}{2} * l$$

Die wirksame Antennenhöhe h_{eff} ist also gleich der halben tatsächlichen Höhe.

- Bei einer Feldstärke von $1 \mu\text{V}/\text{m}$ entsteht am 1m Strahler eine Spannung von $0,5 \mu\text{V}$

Im Anhang finden sich h_{eff} Kennwerte auch von anderen einfachen Antennenformen

Monopol auf Mast - Auswirkungen



Wird ein Monopol mit der Länge $l_A = 1\text{m}$ auf einem Tragmast mit der Höhe $l_M = 1\text{m}$ betrieben, so gilt:

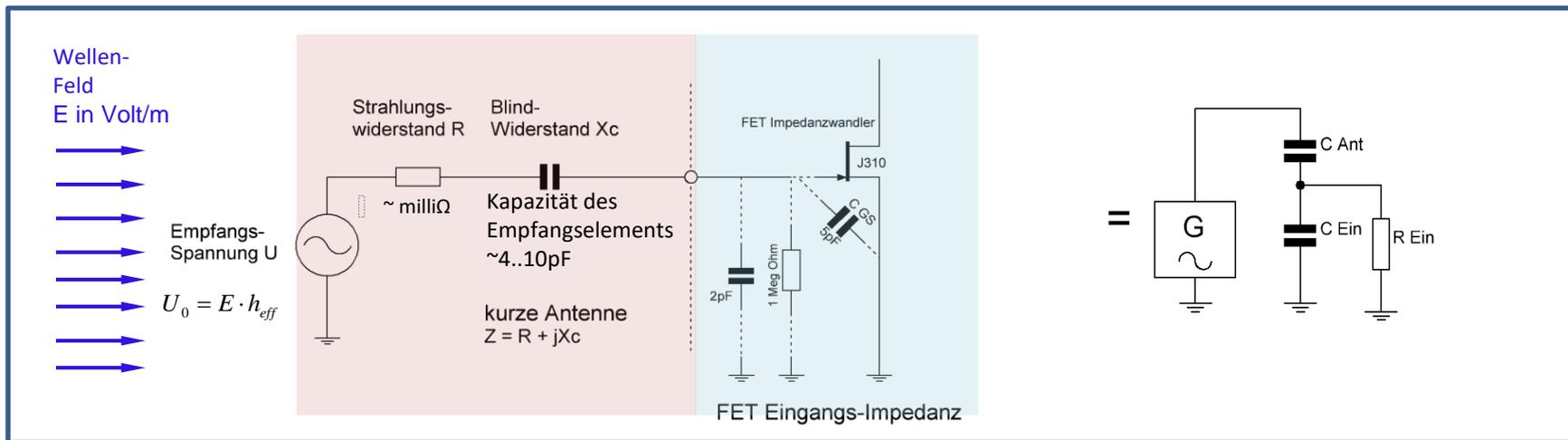
$$h_{eff} = \frac{1}{2} l_A + l_M = 1,5\text{m}$$

Bei einer Feldstärke von $E = 1\mu\text{V/m}$ entsteht eine Empfangsspannung U_0 von $1,5\mu\text{V}$

- Die effektive Höhe h_{eff} und damit die empfangene Leerlaufspannung U_0 eines Monopols hängt nicht allein von der Länge des Antennenelements ab, sondern steigt mit der Höhe über Erde.
- Ab einer größeren Montagehöhe, abhängig vom Verhältnis l/λ , ist die Spannungs- und Stromverteilung auf dem Mast nicht mehr gleichmäßig, sondern wird über die Länge wellig. Die Empfangsspannung wird frequenzabhängig mit Spitzen und Einbrüchen.



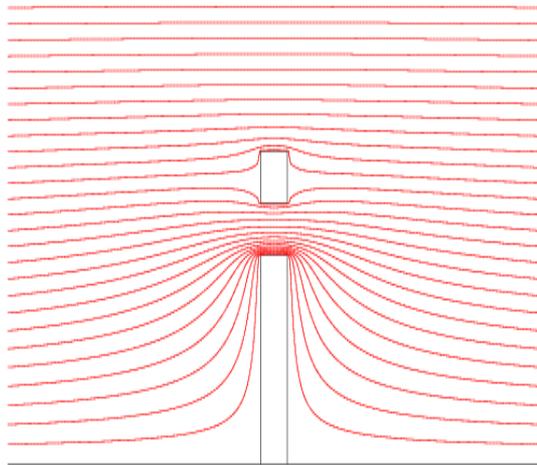
Kurze Antenne + Verstärker = Aktivantenne



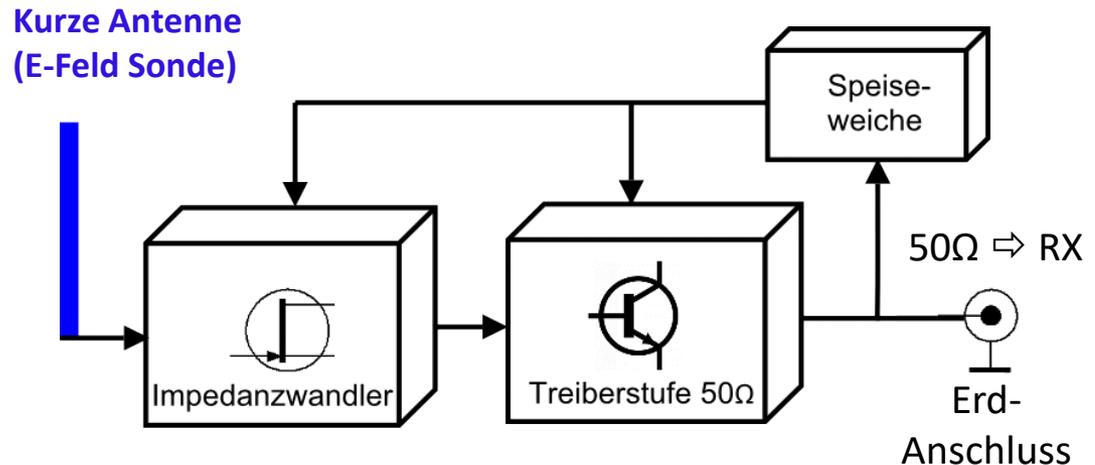
Greift man die Leerlauf-Empfangsspannung einer kurzen Antenne mit einem Impedanzwandler ausreichend hochohmig ab, ist dessen Ausgangsspannung proportional zur elektrischen Feldstärke. Man erhält so eine Breitband-Aktivantenne mit glattem Frequenzgang.

- Die Antennenkapazität C_{Ant} bildet mit der Eingangs-Kapazität C_{Ein} und dem Eingangswiderstand des Verstärkers einen unerwünschten Spannungsteiler.
- Der Impedanzwandler muss eine hohe Eingangsimpedanz und eine möglichst kleine Eingangskapazität aufweisen, um maximale Antennenspannung abnehmen zu können. Ein kapazitätsarmer HF-Feldeffekttransistor ist hierfür gut geeignet.
- Impedanzwandlerstufe und Treiberstufe sollen sehr linear verstärken, damit bei der Vielzahl der empfangenen Signale keine Intermodulationsprodukte entstehen. $IP3 > 30\text{dBm}$

E-Feld Aktivantenne – Funktions-Prinzip in Kürze



Grafik: PA3FWM

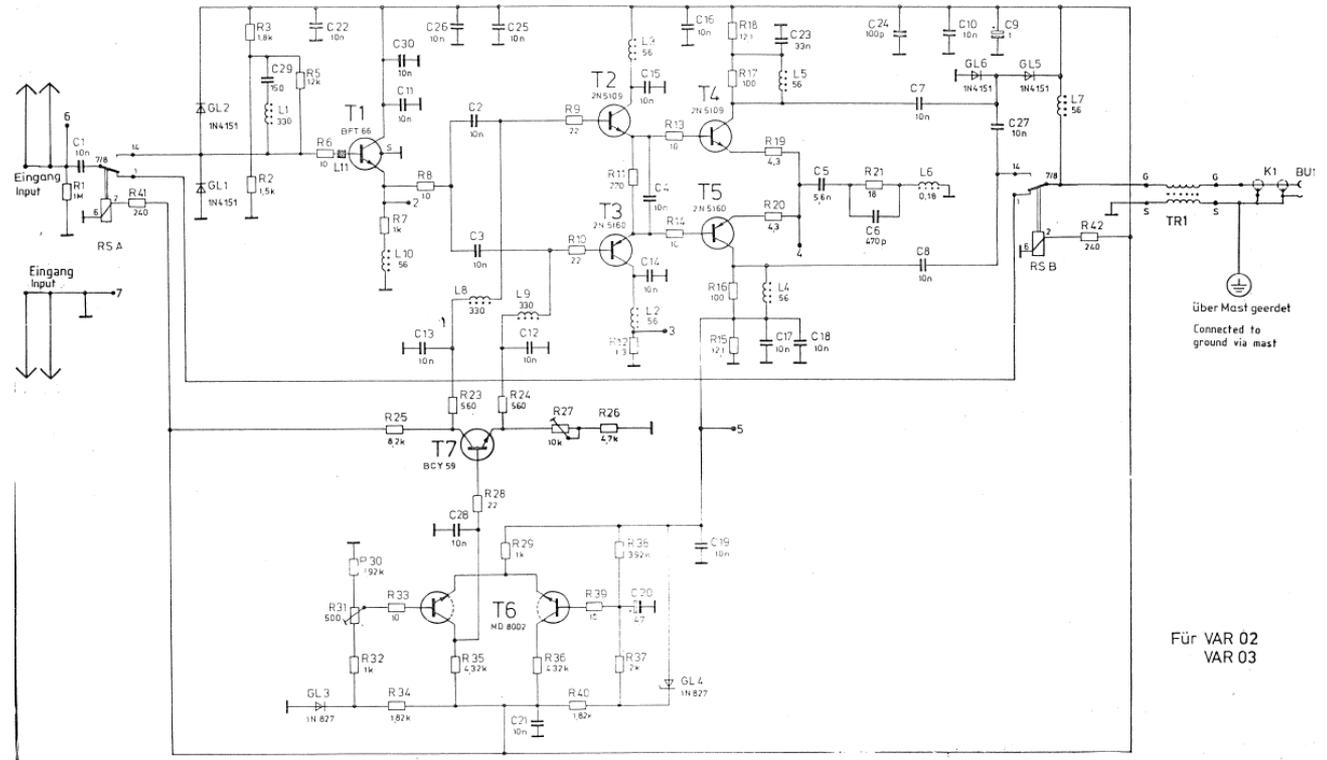
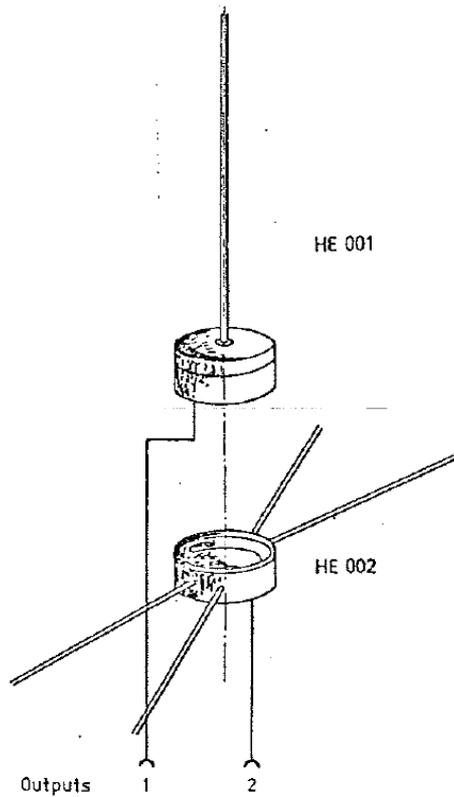


- Ein im Verhältnis zu λ kurzer Stab oder eine Fläche dient als Antenne und wirkt als „Feldsonde“ für die elektrische Feldkomponente des Wellenfeldes.
- Ein hochohmiger Impedanzwandler nimmt die Potentialdifferenz (Spannung) der „Feldsonde“ gegenüber einem Erdanschlusspunkt hochohmig ab
- Eine Treiberstufe verstärkt die Leistung, damit ein 50 Ohm Koaxialkabel zum Empfänger angeschlossen werden kann.

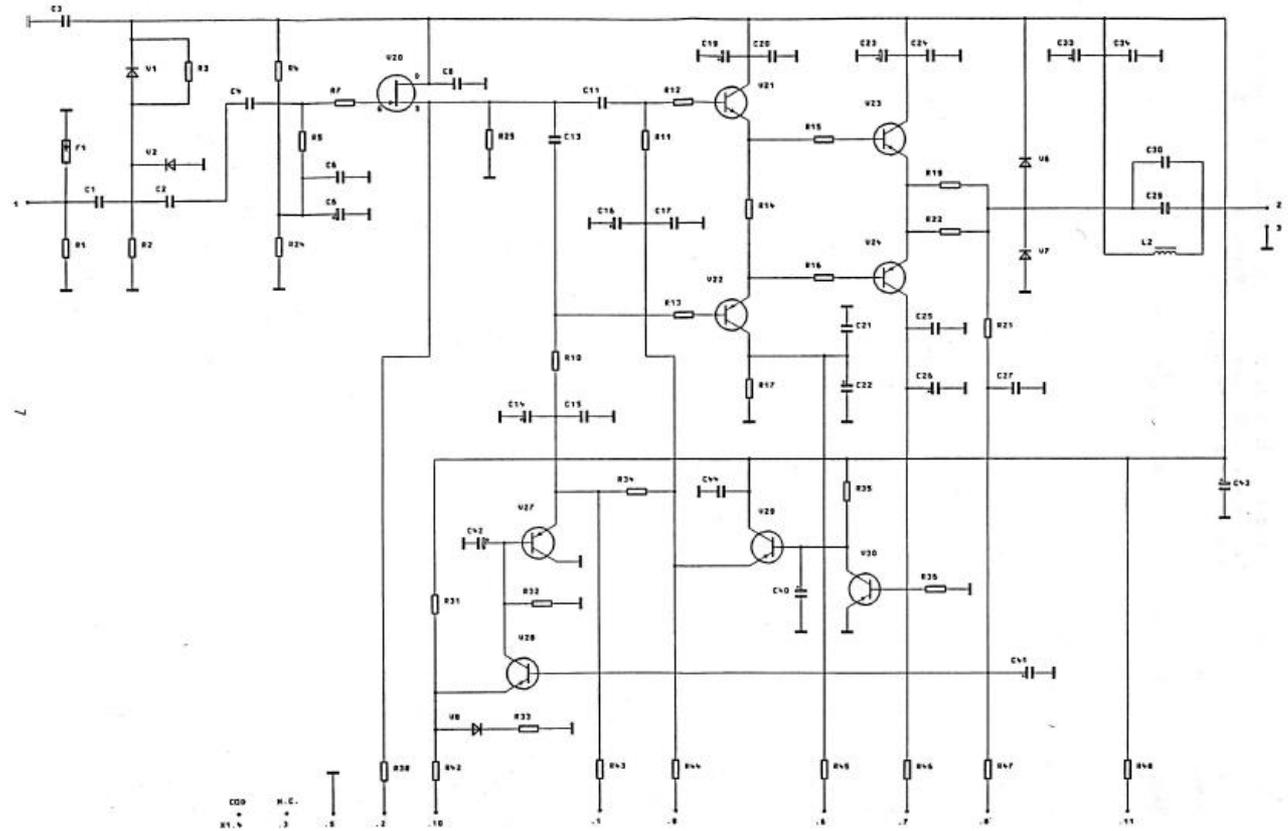
...wie machten es die Profis?



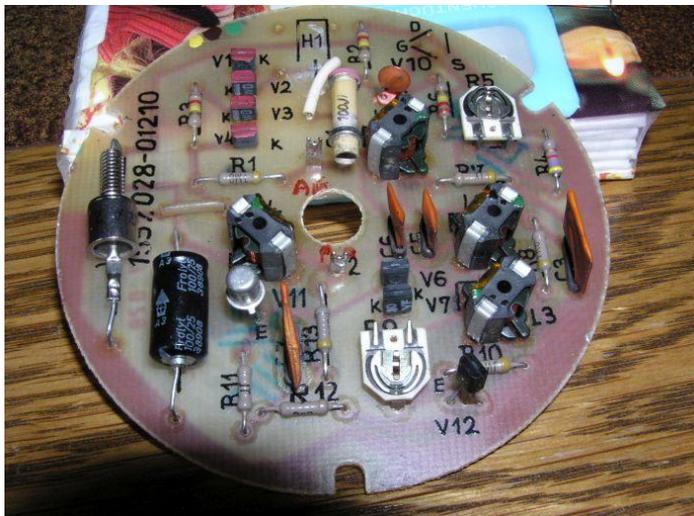
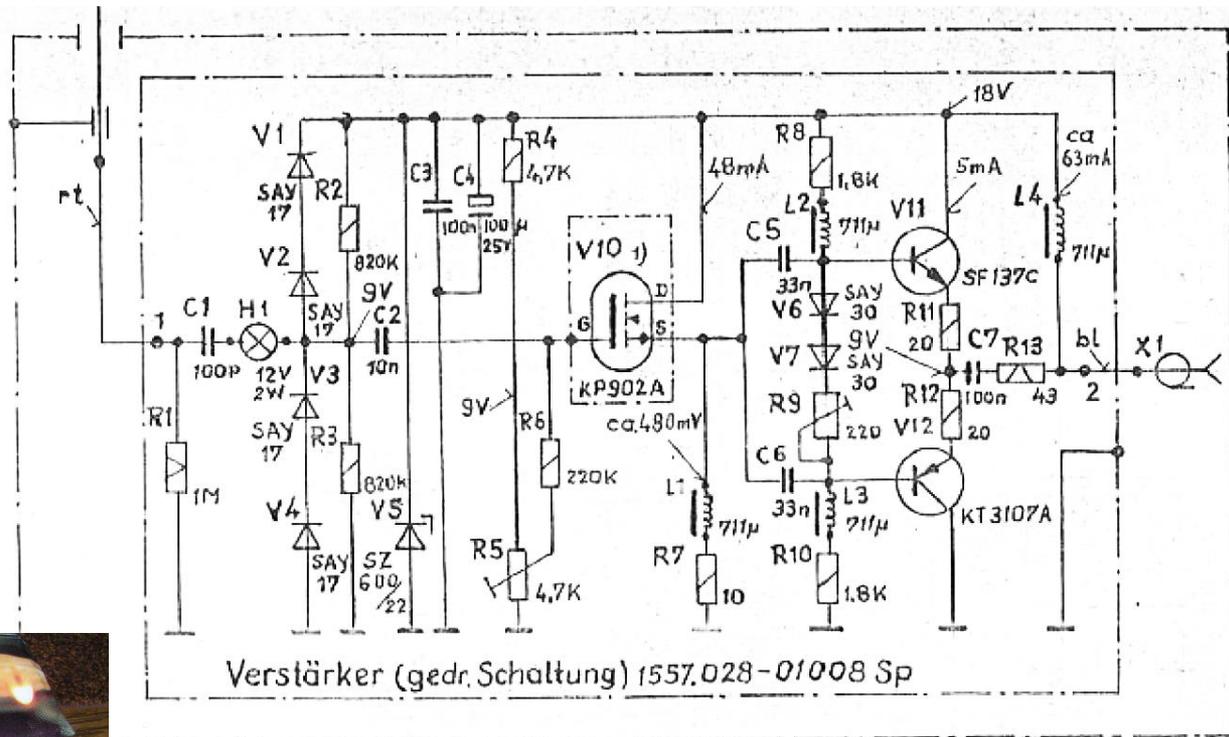
HE001 Rhode & Schwarz (ca. 1972)



HE011 Rhode & Schwarz (ca 1982)



KAA1000 – RFT, Funkwerk Köpenick (ca. 1982)



Versorgung aus dem Empfänger EKD300

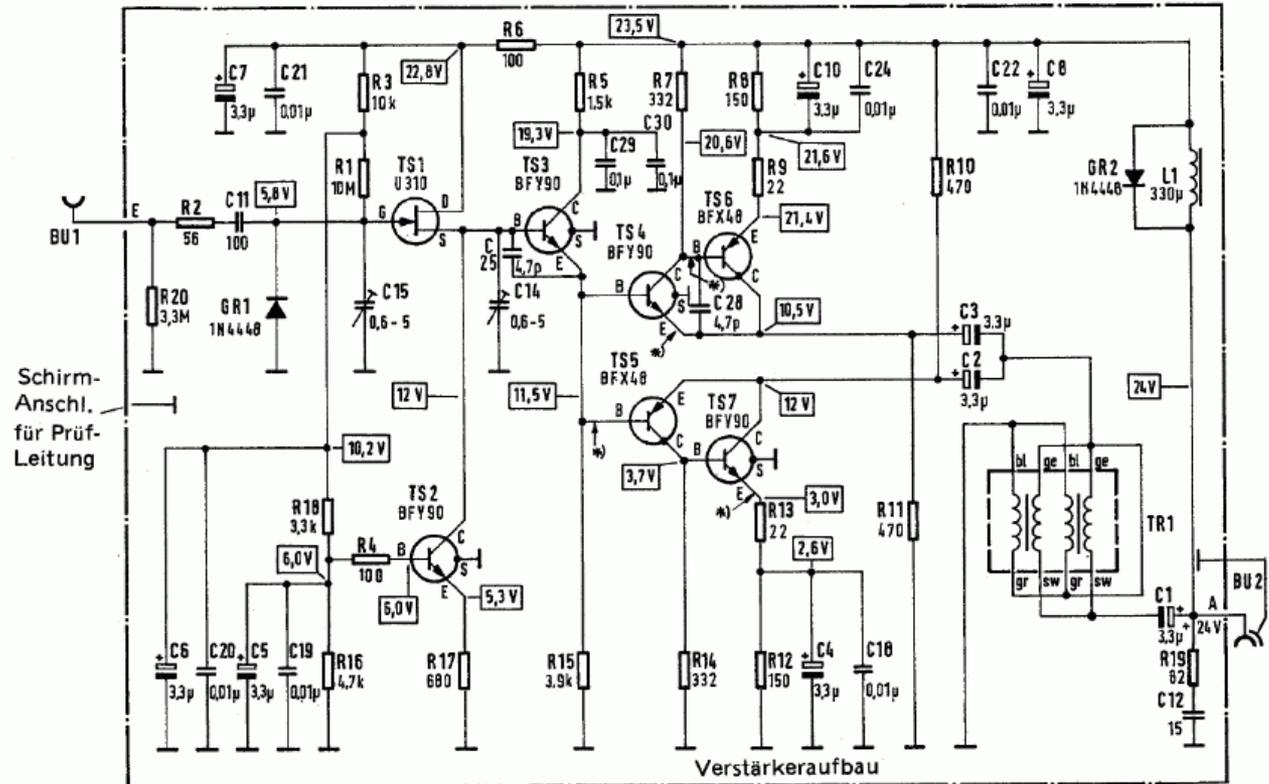
Später noch eine Dipolversion als KAA1010 erhältlich

Fotos: DK5FA

Selten anzutreffen: A1205 von Telefunken



Foto: DL2NI



Cleverer Idee von PA0RDT – Die „Mini-Whip“

Roeloff Bakker, PA0RDT hatte 2006 eine zündende Idee. Er nutzte ein freies Stück Kupferfläche der Leiterplatte als Antenne/Feldsonde und vereinte das mit einem simplen Impedanzwandler aus FET und NPN-Emitterfolger auf einer Platine. Er gab seiner Schöpfung mit den eingängigen Namen „**Mini-Whip**“.

Specifications:

pa0rdt-Mini-Whip©:

Frequency range: 10 kHz – 30 MHz

Power: 12 – 15 volts at 45 mA.

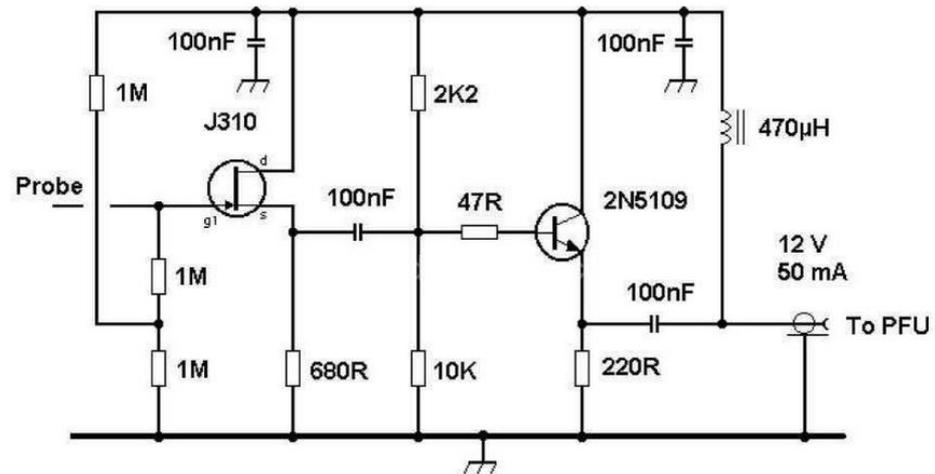
Second order output intercept point: > + 60 dBm.

Third order output intercept point: > + 30 dBm.

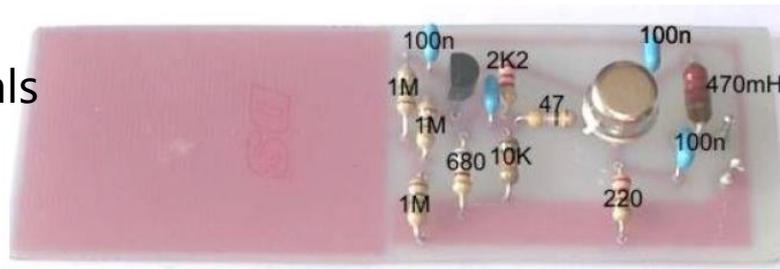
Connector: BNC 50 ohm

Dimensions:

Length: 100 mm, diameter: 40 mm

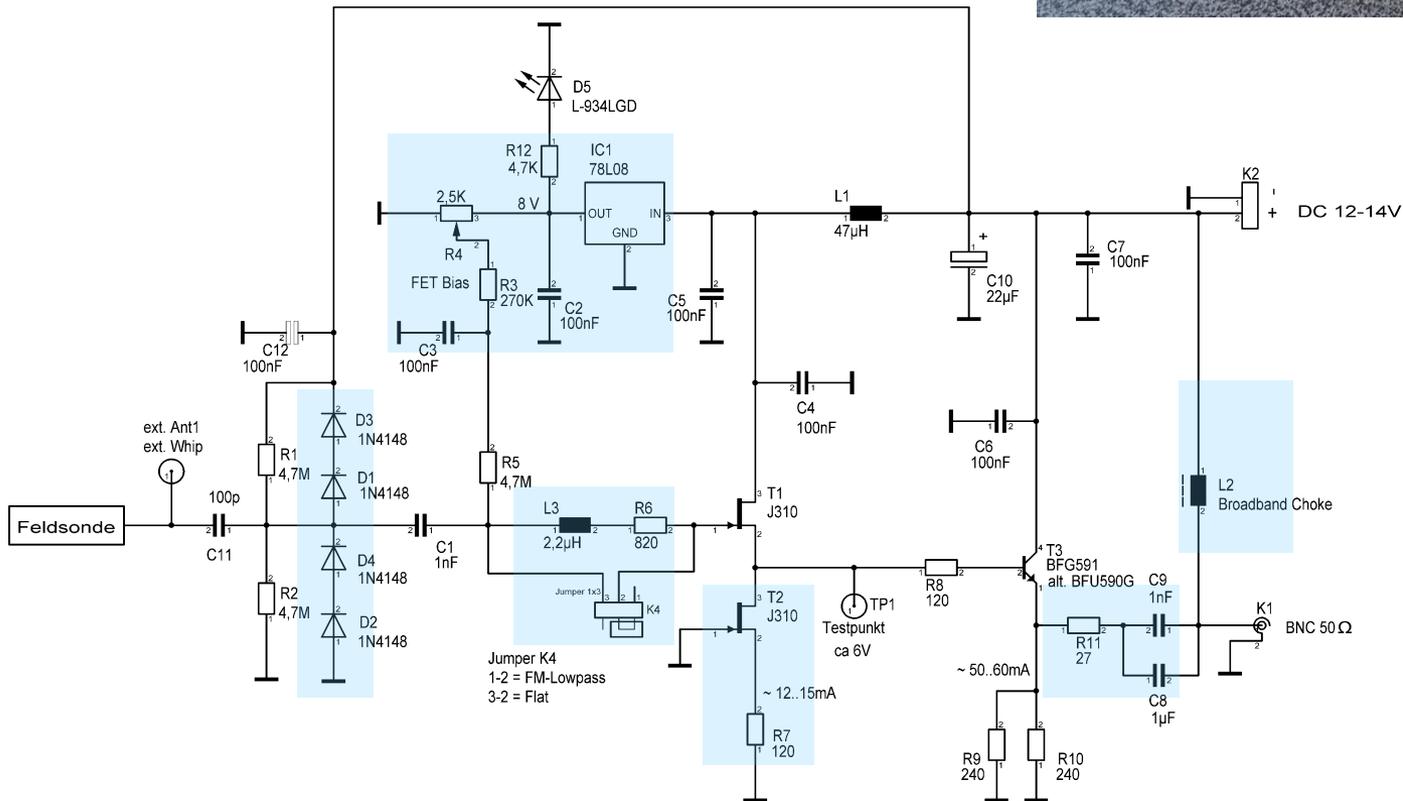


Tausendfach nachgebaut hat sich der Begriff „Mini-Whip“ als Synonym für einfache E-Feld Aktivantennen etabliert. Wie „Tempo“ für Papier-taschentücher.



DL4ZAO MiniWhip Pro+

Das Ziel: mit einfachen Maßnahmen einige Schwächen der Mini-Whip auszugleichen.
Bastlerfreundlich, (fast) nur bedrahtete Bauelemente.



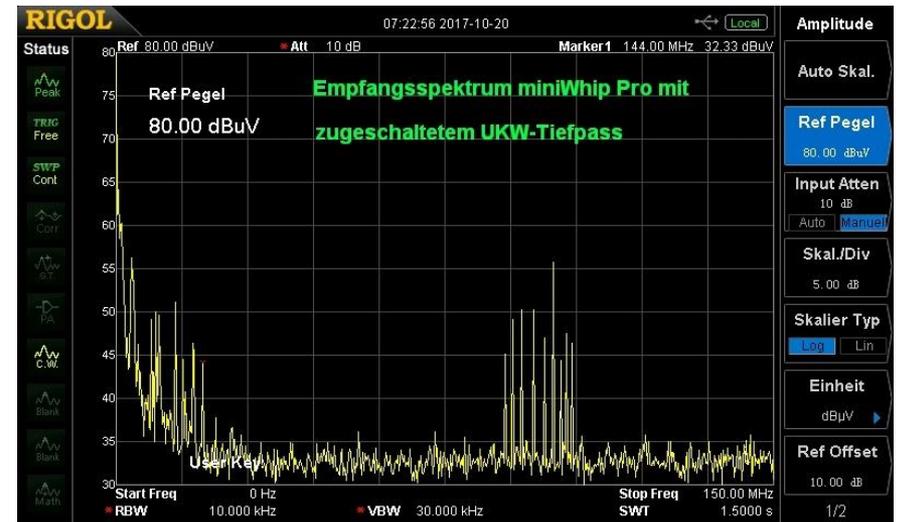
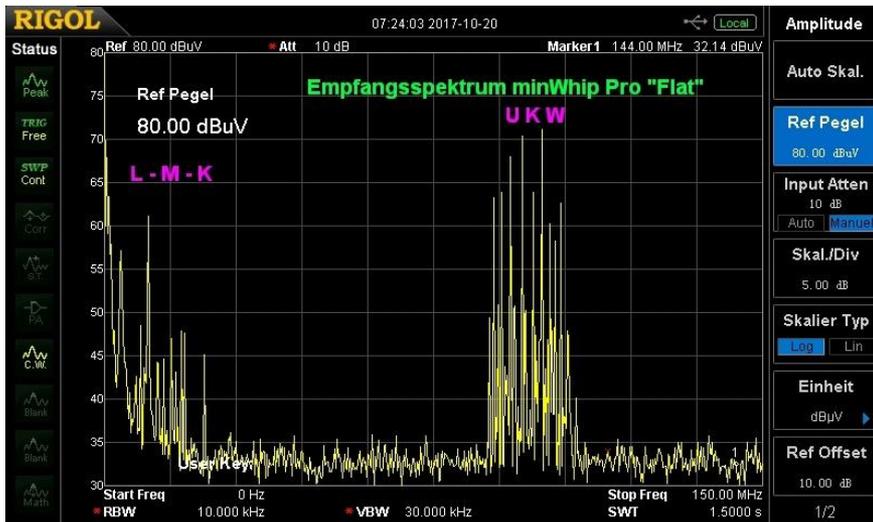
Achtung: Intermodulation durch UKW Sender

MHz	p	m	ctry	RDS-PS	RDS-PI	program	location	dist.	pwr	dB	⊙
88.8	h	s	D	SWR2	D3A2	SWR2 (Baden-Württemberg)	Heidelberg/Königstuhl, SWR (bwü)	18km	100	80	⊙
97.8	h	s	D	SWR1 BW	D301	SWR1 Baden-Württemberg	Heidelberg/Königstuhl, SWR (bwü)	18km	100	80dB	⊙
99.9	h	s	D	SWR3	D3A3	SWR3 (Baden, die Pfalz und Rhein-Neckar)	Heidelberg/Königstuhl, SWR (bwü)	18km	100	80dB	⊙
90.6	h	s	D	hr1	D361	hr1	Hardberg (hes)	16km	50	78	⊙
92.7	h	s	D	hr3	D363	hr3	Hardberg (hes)	16km	50	78dB	⊙
95.3	h	s	D	YOU FM	D366	YOU FM (hr)	Hardberg (hes)	16km	50	78dB	⊙
101.6	h	s	D	hr4	D364	hr4 (Rhein-Main)	Hardberg (hes)	16km	50	78dB	⊙
104.1	h	s	D	SWR4 MA	DC04	SWR4 Baden-Württemberg (Kurpfalz Radio)	Heidelberg/Königstuhl, SWR (bwü)	18km	50	77	⊙
102.8	h	s	D	REGNBOGN	D308	Radio Regenbogen (Mannheim)	Heidelberg/Königstuhl, DTAG (bwü)	19km	50	77dB	⊙
105	h	s	D	HITRADIO	D368	Hit Radio FFH (Südhessen)	Krehberg (hes)	19km	20	73	⊙
92	h	s	D	SWR2	D3A2	SWR2 (Rheinland-Pfalz)	Donnersberg (rlp)	49km	60	68	⊙
99.1	h	s	D	SWR1 RP	D3A1	SWR1 Rheinland-Pfalz	Donnersberg (rlp)	49km	60	68dB	⊙
101.1	h	s	D	SWR3	D3A3	SWR3 (Rheinland-Pfalz/Rheinland)	Donnersberg (rlp)	49km	60	68dB	⊙
105.6	h	s	D	SWR4 KL	D7A4	SWR4 Rheinland-Pfalz (Radio Kaiserslautern)	Donnersberg (rlp)	49km	60	68dB	⊙
89.9	h	s	D	SWR1 RP	D3A1	SWR1 Rheinland-Pfalz	Weinbiet (rlp)	38km	25	66	⊙
95.9	h	s	D	SWR4 LU	D8A4	SWR4 Rheinland-Pfalz (Radio Ludwigshafen)	Weinbiet (rlp)	38km	25	66dB	⊙
102.2	h	s	D	DASDING	D3A5	DasDing (SWR)	Weinbiet (rlp)	38km	25	66dB	⊙
89.3	h	s	D	hr3	D363	hr3	Großer Feldberg (Taunus)/hr (hes)	77km	100	65	⊙
94.4	h	s	D	hr1	D361	hr1	Großer Feldberg (Taunus)/hr (hes)	77km	100	65dB	⊙
96.7	h	s	D	hr2	D362	hr2	Großer Feldberg (Taunus)/hr (hes)	77km	100	65dB	⊙
102.5	h	s	D	hr4	D364	hr4 (Rhein-Main)	Großer Feldberg (Taunus)/hr (hes)	77km	100	65dB	⊙
103.6	h	s	D	RPR1.	D3A8	RPR 1. (Ludwigshafen)	Kalmit Edenkoben (rlp)	44km	25	65dB	⊙
105.9	h	s	D	HITRADIO	D368	Hit Radio FFH (Rhein-Main)	Großer Feldberg (Taunus)/hr (hes)	77km	100	65dB	⊙
106.7	h	s	D	big FM	D3A9	big FM (Rheinland-Pfalz)	Kalmit Edenkoben (rlp)	44km	20	64	⊙
98.7	h	s	D	Dlf	D210	Deutschlandfunk (Dlf)	Großer Feldberg (Taunus)/hr (hes)	77km	60	62	⊙
87.8	h	s	D	big FM	D3A9	big FM (Baden-Württemberg)	Mannheim/Luisenpark (bwü)	9km	1	62dB	⊙
91.5	h	s	D	DASDING	D3A5	DasDing (SWR)	Mannheim-Oststadt (bwü)	10km	4	61	⊙
106.1	h	s	D	RGNBGN 2	D30E	Regenbogen 2 (Rhein-Neckar)	Heidelberg/Königstuhl, DTAG (bwü)	19km	1	60	⊙

UKW Sender mit Pegel über 60dB μ V am QTH JN49HN

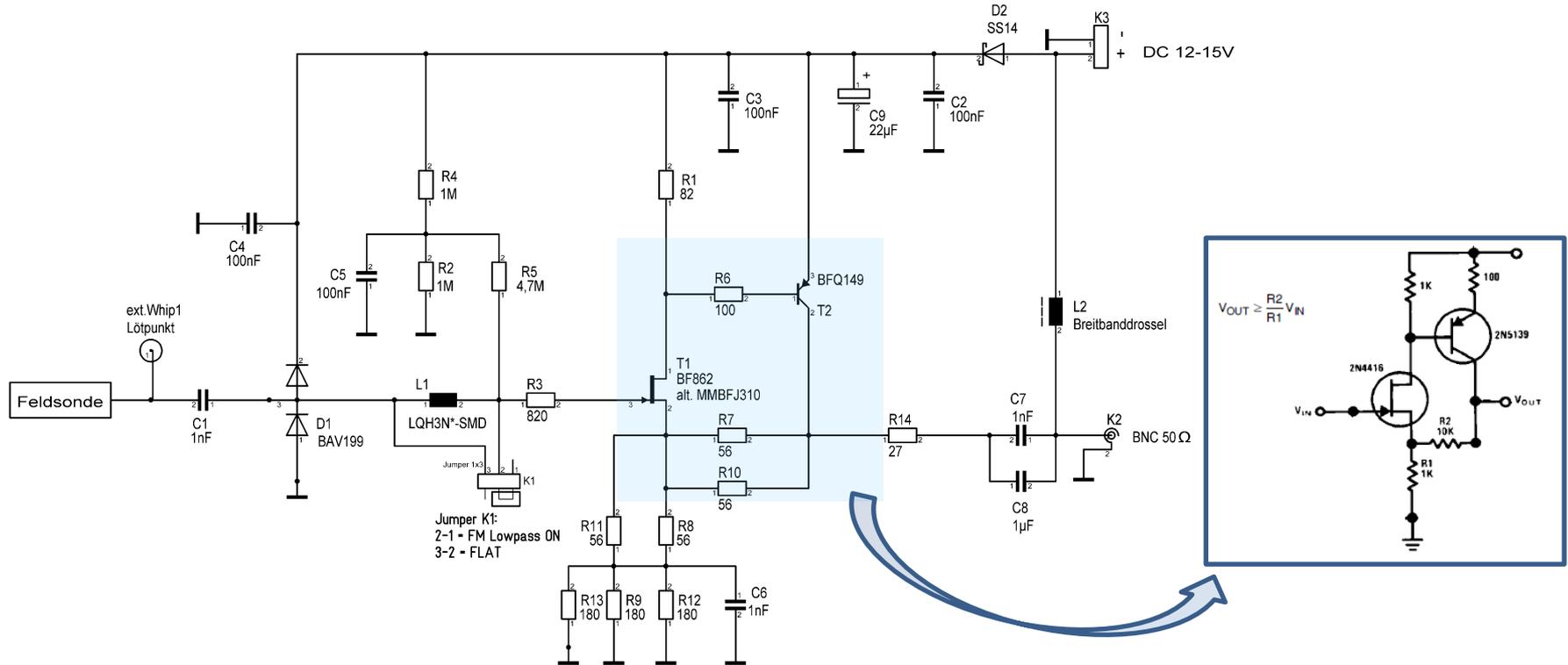
... ein Tiefpass zur UKW Absenkung hilft

E-Feld Aktivantennen vom Typ einer Mini-Whip haben oft eine (zu) hohe Verstärker-Bandbreite. Je größer die Bandbreite, desto mehr Signale muss der Verstärkerteil der Aktivelektronik gleichzeitig verarbeiten. Es bilden sich Intermodulationsprodukte. Intermodulation zeigt sich in Form von Rauschen und Zischen und es treten unerwünschte Mischprodukte - Geistersignale - auf.



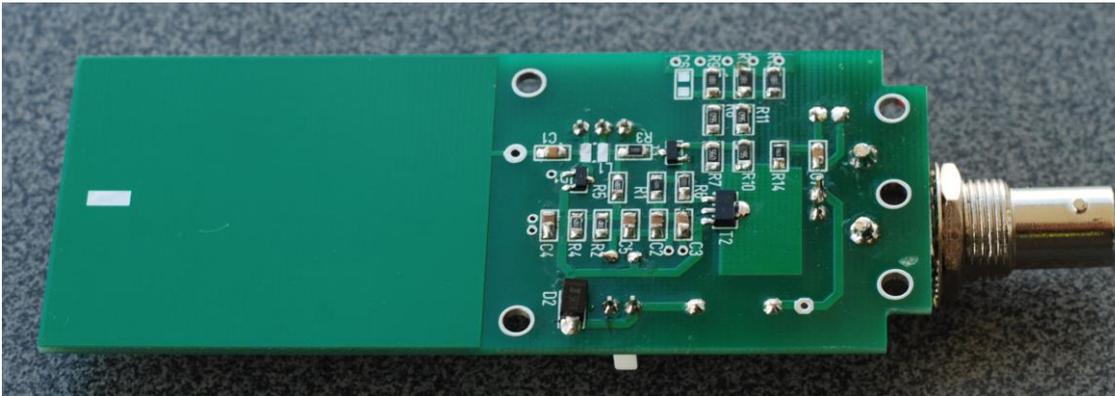
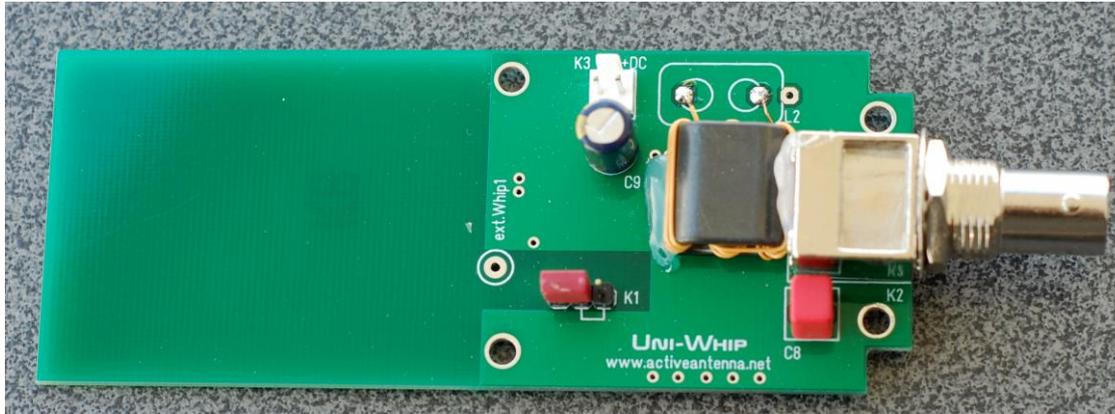
Ratschlag: in Gebieten mit hoher Senderdichte – nur so viel Bandbreite wie nötig

Die UniWhip – FET-PNP Kombi - neu entdeckt



Der „High Impedance Low Capacity Wideband Buffer Amp“, eine Kombination von JFET und PNP Transistor, findet sich in einer frühen App-Note von TI/National. In der Zeitschrift Elrad und in [5] war das schon 1979 als Aktivantenne vorgeschlagen. PA3FWM hat ihn wiederentdeckt und mehr Ruhestrom verpasst. Seine Messungen ergaben einen beeindruckenden IP3 Wert von 40dBm! Ein Verstärker dieser Bauart ist seit Dez. 2017 als Aktivantenne an dem bekannten Web-SDR in Twente im Einsatz.

Die UniWhip - Platinaufbau



Aktiv-Dipol statt Aktiv-Monopol

- Einige Nutzer von E-Feld Aktivantennen wie der Miniwhip bemängeln nachlassende Empfangsleistungen bei höheren Frequenzen.
- **Ursache:** Oft sind diese Whips auf einem hohen Mast. Der Anschluss des Kabelschirms oder des Tragrohrs bilden das Bezugspotential (Erde) für die Feldsonde. Bei Abständen über $\lambda / 10$ bis zur Erde transformiert der Mast das Bezugspotenzial abhängig von l / λ . Der Frequenzgang wird wellig.
- **Ziel:** Entkopplung der Antenne von Bezugs-Potential Mast oder Kabelschirm.
- **Idee:** statt eines von Erde abhängigen Monopols ein symmetrischer Dipol als Antennenelement. Mit Differenzverstärker als Aktivteil.

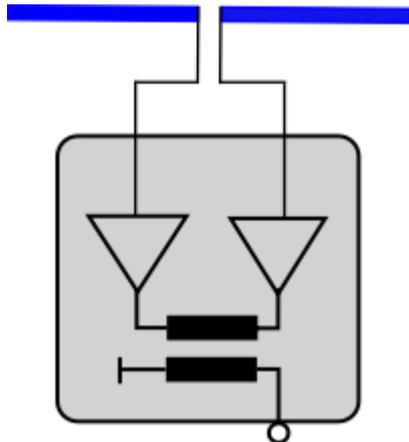
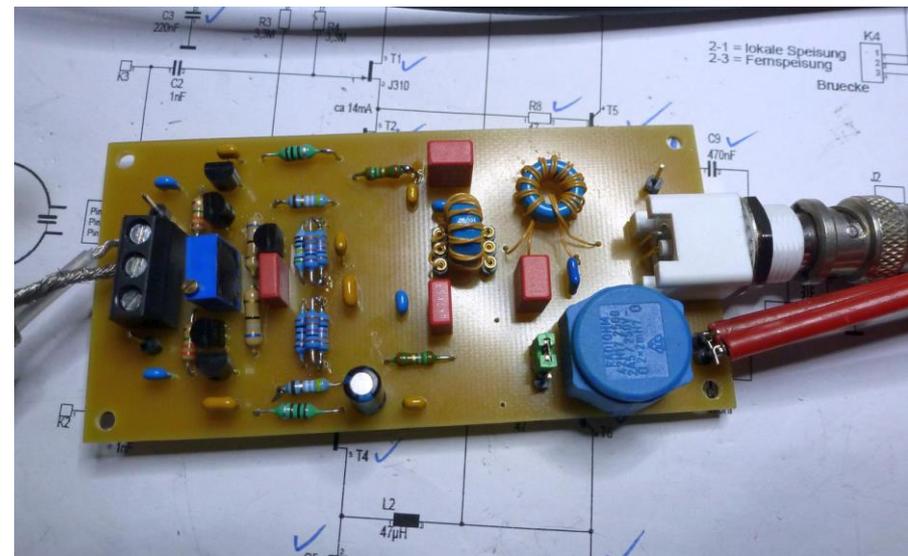
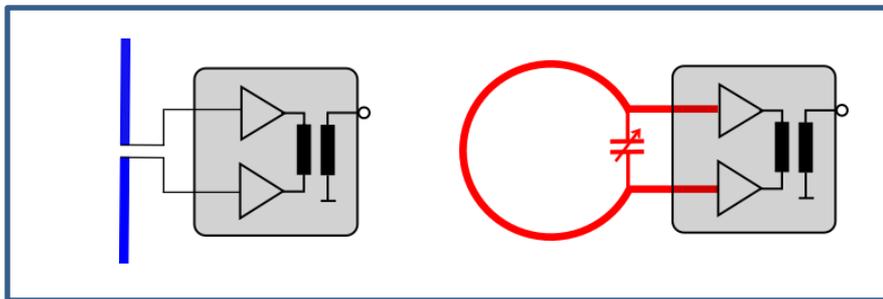
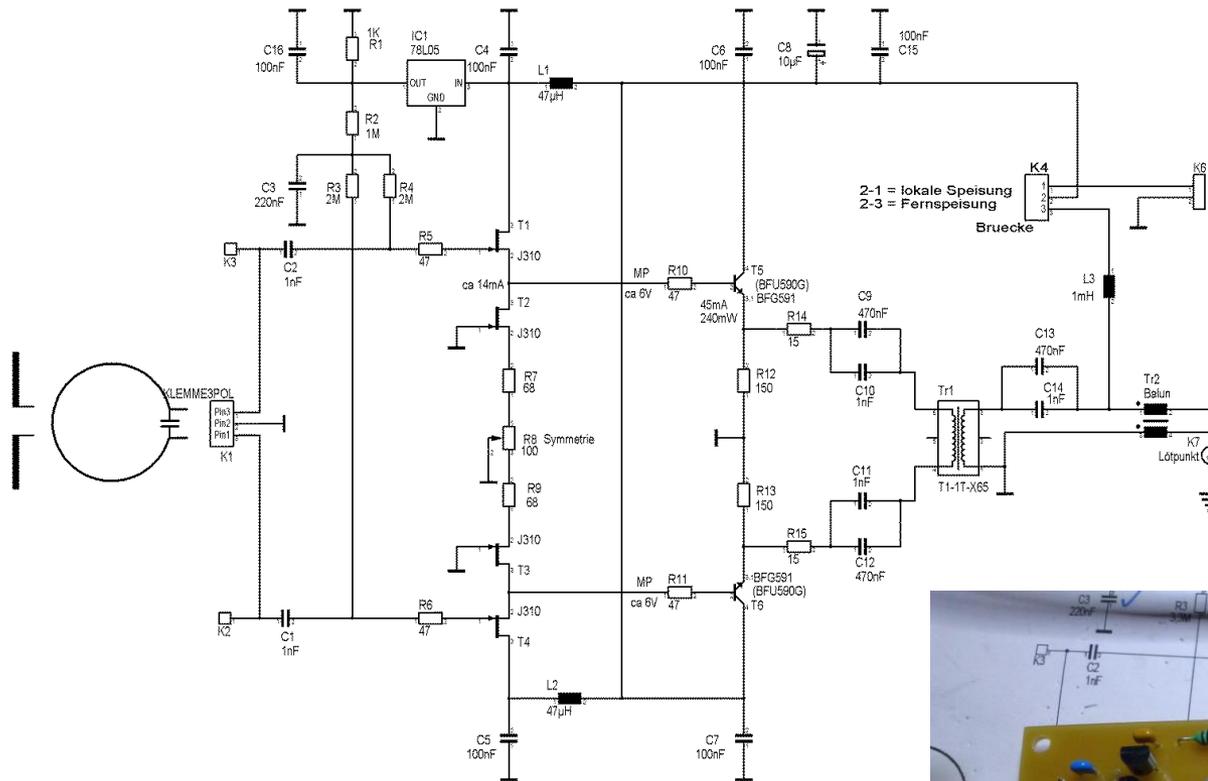
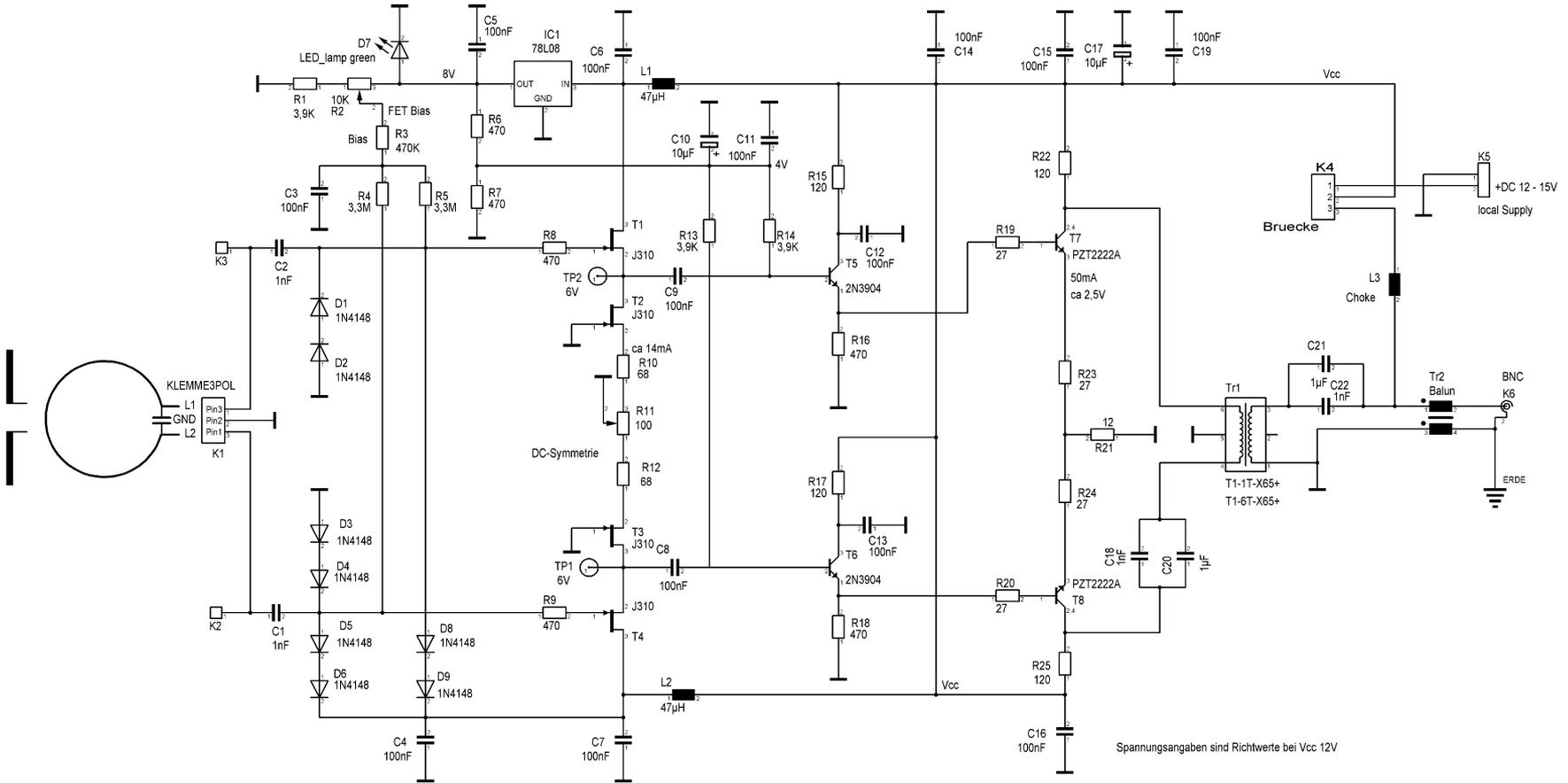


Foto www.Fenu-Radio.ch

SIMWA - Symmetrischer Impedanz-Wandler

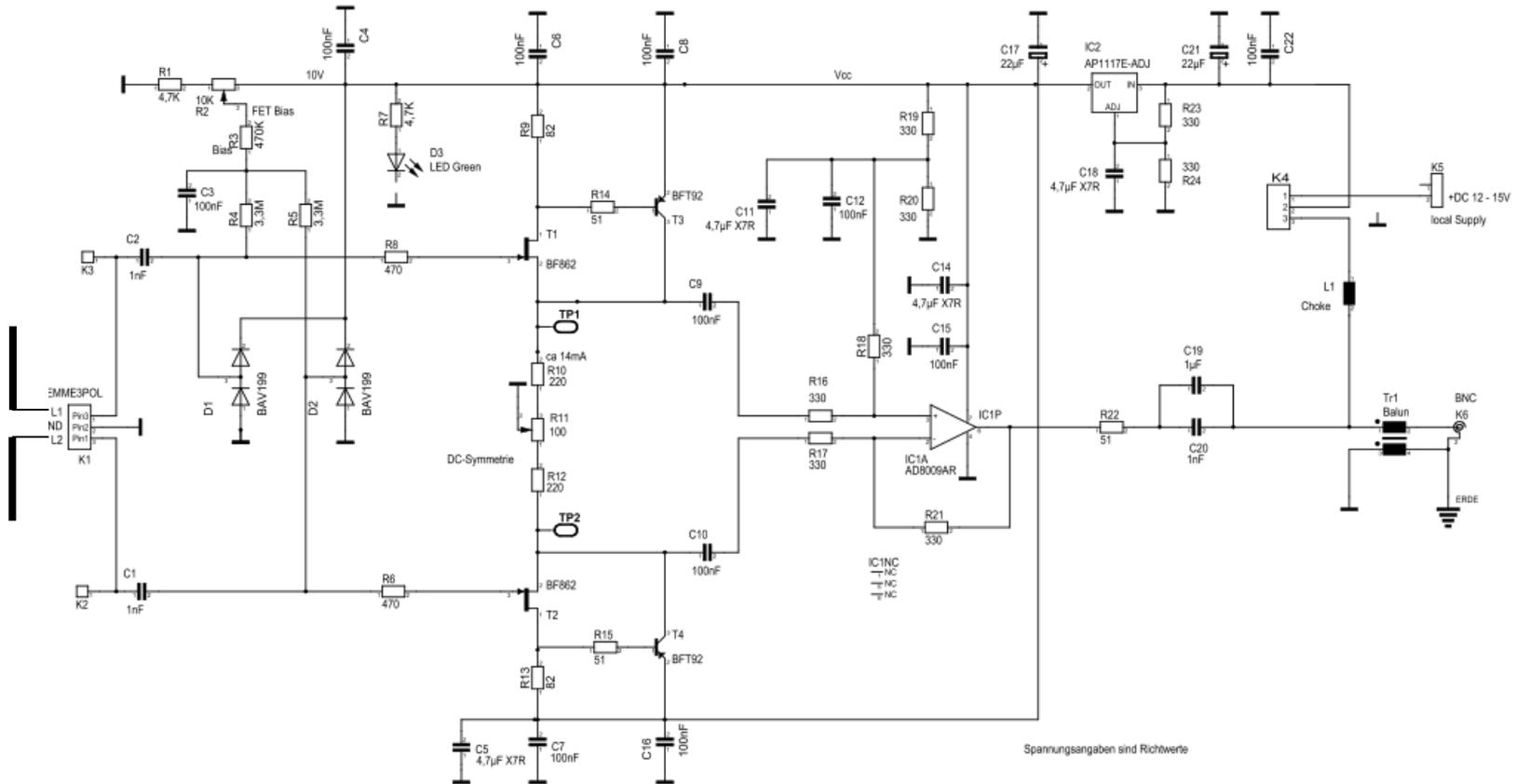


Die Nr. 2 SIMWA - Pro



Mit Pufferstufe und etwas Spannungsverstärkung

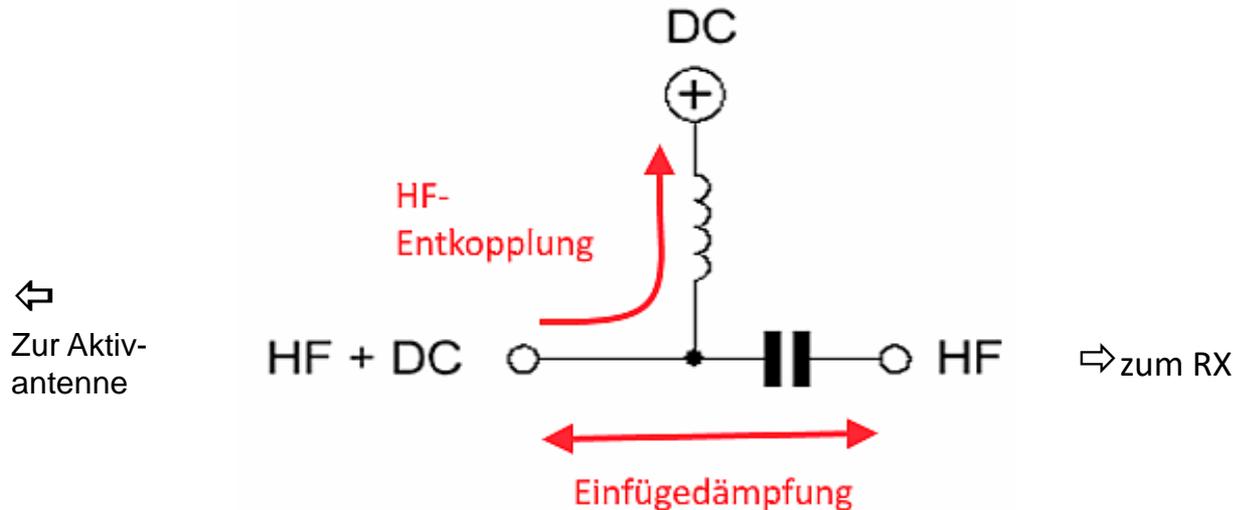
Die Nr. 3: SIMCO



Gleichtaktunterdrückung (180° Subtraktion) mit einem OPAMP als Differenzverstärker

Oft unterschätzt - die Fernspeiseweiche - „Bias-T“

Eine T-förmige Frequenzweiche, über die eine DC-Versorgungsspannung rückwirkungsfrei auf eine Hochfrequenzleitung gekoppelt werden kann.



Anforderungen:

- Entkopplung $>60\text{dB}$ zwischen DC-Port und den HF-Ports im Nutzfrequenzbereich
- Geringe Einfügedämpfung im Durchgangszweig,
- kleines VSWR, geringe Welligkeit

Die Ausführung der Verdrosselung spielt eine ausschlaggebende Rolle

Schlüsselbauteil – die HF-Drossel

Anforderungen an die Verdrosselung in der Fernspeiseweiche:

- Ausreichende Drosselimpedanz im Nutzfrequenzbereich $> 300 \Omega$
- Unterdrückung der Eigenresonanzen durch Bedämpfung
- Für großen Frequenzbereich: abgestufte Drosseln in Serie



Die häufig verwendeten mH Festinduktivitäten haben eine ausgeprägte Eigenresonanz um 1...2 MHz. Oberhalb der Eigenresonanz nimmt die Drosselwirkung zunehmend ab. Resonanzspitzen führen durch Rückwirkung zu ungewollten Stoßstellen im HF-Durchlasszug der Weiche.

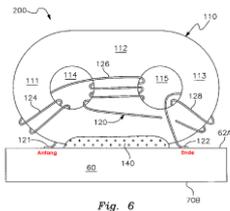
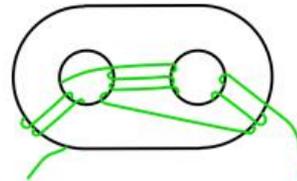
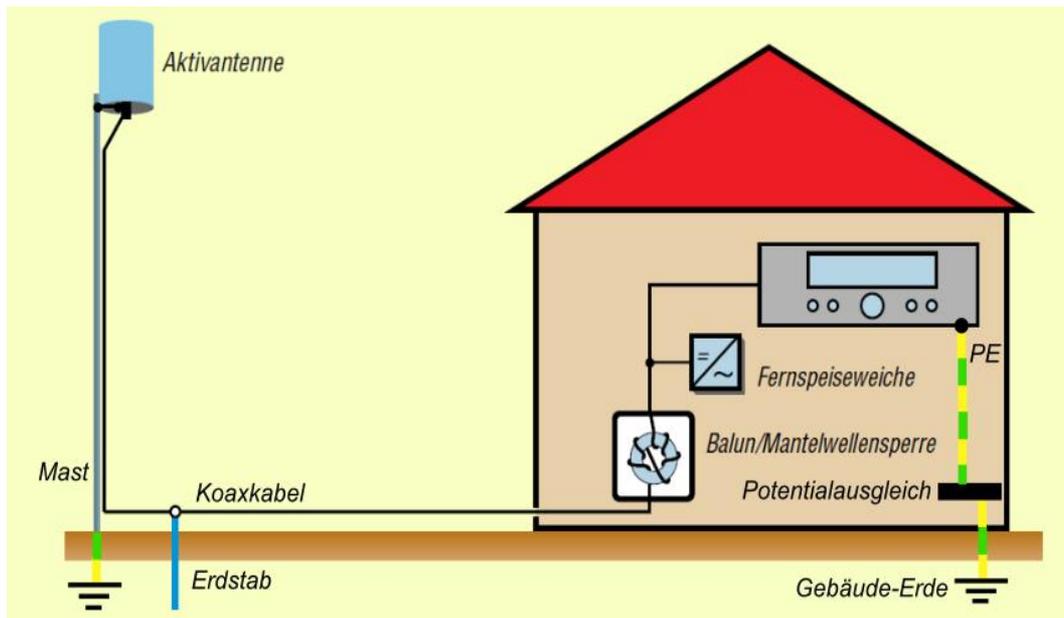


Fig. 6



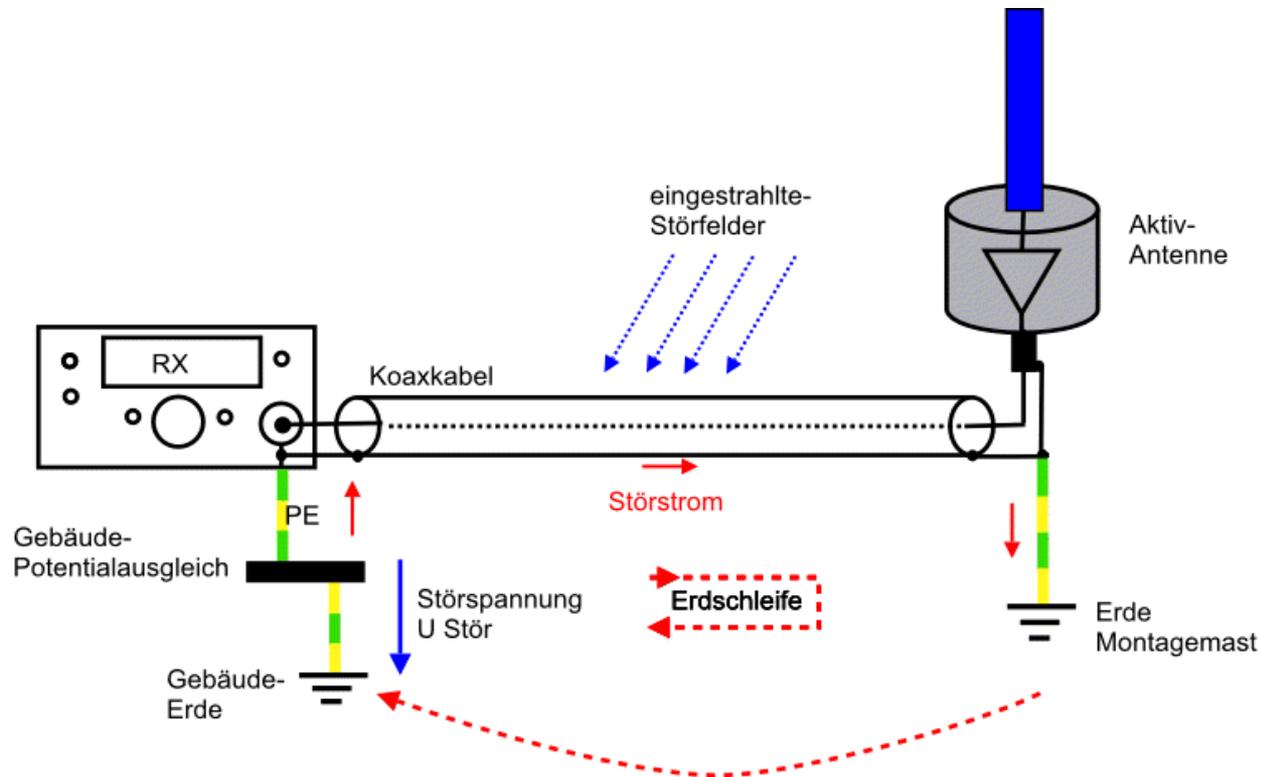
Die „Patentwickel“ Drossel auf BN73-0202 Ferrit Doppellochkern. Ferritmaterial #73 oder N30 ist oberhalb von einigen MHz verlustbehaftet, so dass die Drossel dort durch ihren Verlustwiderstand bedämpft wird. Die Eigenresonanz ist unterdrückt. Ideal als Breitbanddrossel. Funktioniert fast genauso gut, wenn nur der Mittelsteg bewickelt wird.

Störarme Aufstellung



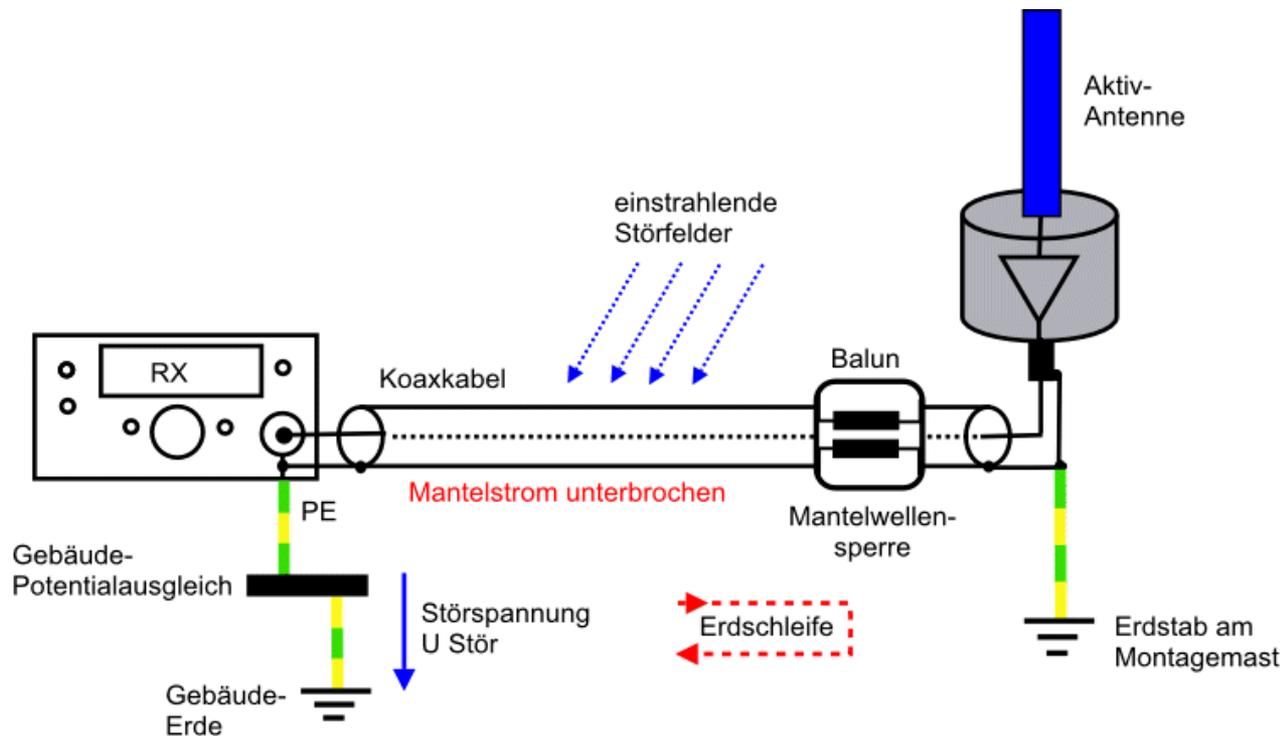
- An einem leitfähigen Mast muss das Antennenelement über den Mast hinausragen – nicht direkt daneben anbringen.
- Aufstellung außerhalb des häuslichen Störnebels. Eine E-Feldsonde nimmt elektrische Nahfeldstörungen von Störquellen von Schaltnetzteilen, TV-Geräten, Energiesparlampen auf.
- Höhe ca. 1 bis 3m über einer Erdoberfläche oder Blechdach. Ggf. Erde mit Radials aufbessern
- HF-Funktions-Erdung von Mast und Kabelmantel auf kurzem Weg (kurz im Verhältnis zu λ)
- Mantelwellensperre /Balun bei eingeschleppten Gleichtaktstörungen

Störquellen



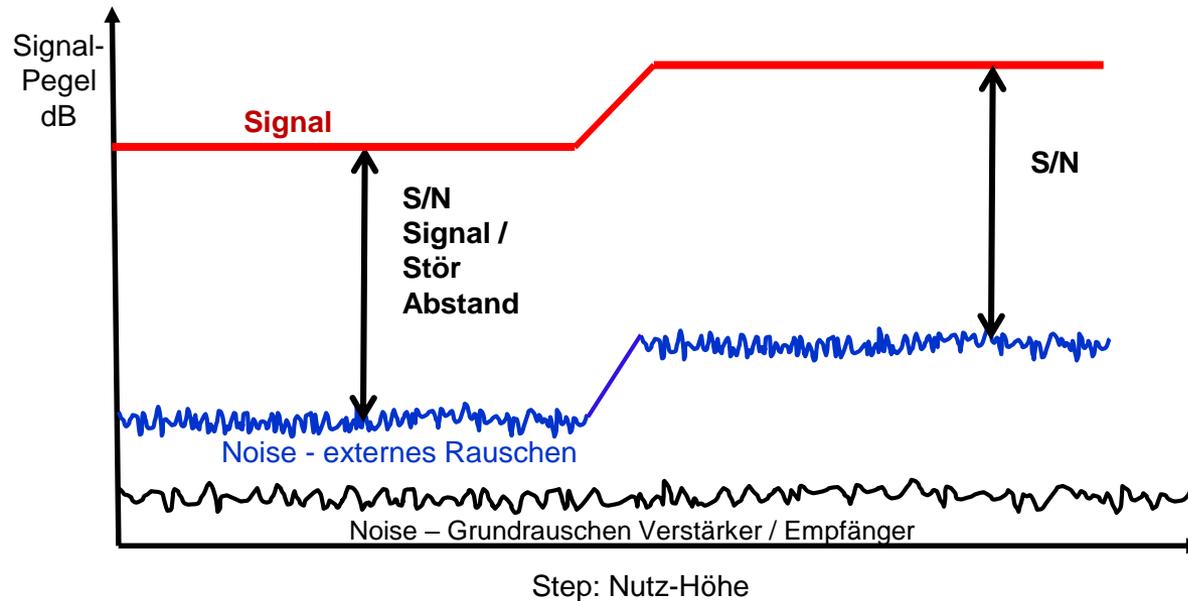
Störspannungen auf dem PE Schutzleiter gegen Erdpotential verursachen einen Gleichtakt-Stromfluss über den äußeren Schirm des Koaxkabels und zurück über die Erde (Erdschleife). Es bildet sich zudem eine ausgedehnte „Rahmenantenne“ als Tor für unerwünschte Einstrahlung von elektrischen Nahfeldstörungen. Diese Störungen werden an der Aktivantenne dem Nutzsignal beaufschlagt.

Mantelwellensperre



Eine Mantelwellensperre wird oft auch als Gleichtaktdrossel oder Strombalun bezeichnet. Eine oder mehrere Mantelwellensperre(n) an geeigneter Stelle im Kabelweg hemmen durch ihren induktiven Widerstand den Fluss von Gleichtakt-Störströmen über den äußeren Kabelschirm. Das Gegentakt-Nutzsignal im Inneren des Koaxialkabels wird durch eine Mantelwellensperre nicht beeinträchtigt.

S/N – Signal / Rauschabstand

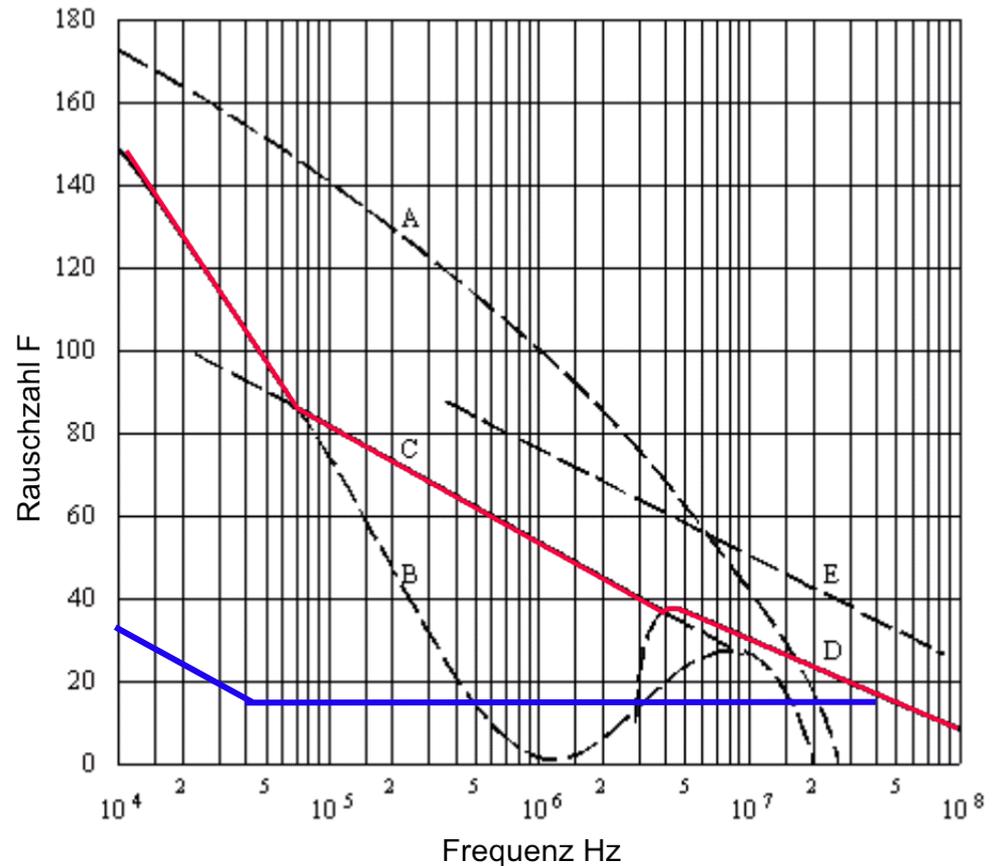


- Eine Empfangsantenne soll ein störungsarmes Signal mit ausreichendem Pegel bereitstellen.
- Die Nutz-Höhe der Aktivantenne so wählen, dass das extern empfangene Rauschen über dem Eigenrauschen der Antenne liegt. Höhere Anbringung erhöht zwar den Absolutpegel verbessert aber nicht mehr den Signal/Rauschabstand (S/N).
- Auf den Signal/Störabstand (S/N) kommt es an, nicht auf den Absolutpegel.

Umgebungs-Rauschen im Bereich 10kHz – 100MHz

- Das atmosphärische Rauschen stammt hauptsächlich von Blitzentladungen irgendwo auf der Welt, deren Impulse sich durch Reflexion an der Ionosphäre über die ganze Erde verbreiten.
- Galaktisches Rauschen über 5 MHz hat seine Ursache in der Aktivität der Sonne und der Fixsterne des Milchstraßensystems. Von Resten des Urknalls stammt das Hintergrundrauschen - es ist frequenz- und richtungsabhängig.
- Man Made Noise entsteht durch elektrische und elektronische Geräte in Industrie und Haushalt.

Die Grafik (aus ITU 372-16) zeigt das externe Rauschen als Rauschzahl F in dB über dem thermischen Grund-Rauschen einer Antenne bei Raumtemperatur.



A : atmosphärisches Rauschen, überschritten in 0,5% der Zeit

B : atmosphärisches Rauschen, überschritten in 95% der Zeit

C : man made noise in ländlicher Umgebung

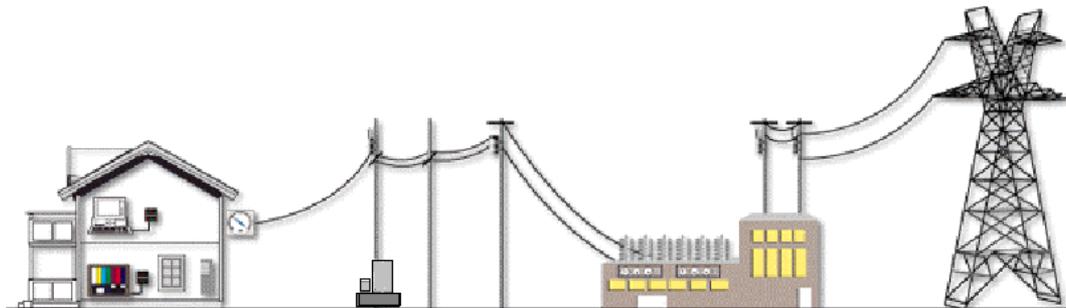
D : galaktisches Rauschen

E : man made noise in städtischer Umgebung

Rote Linie : minimaler zu erwartender Rauschpegel

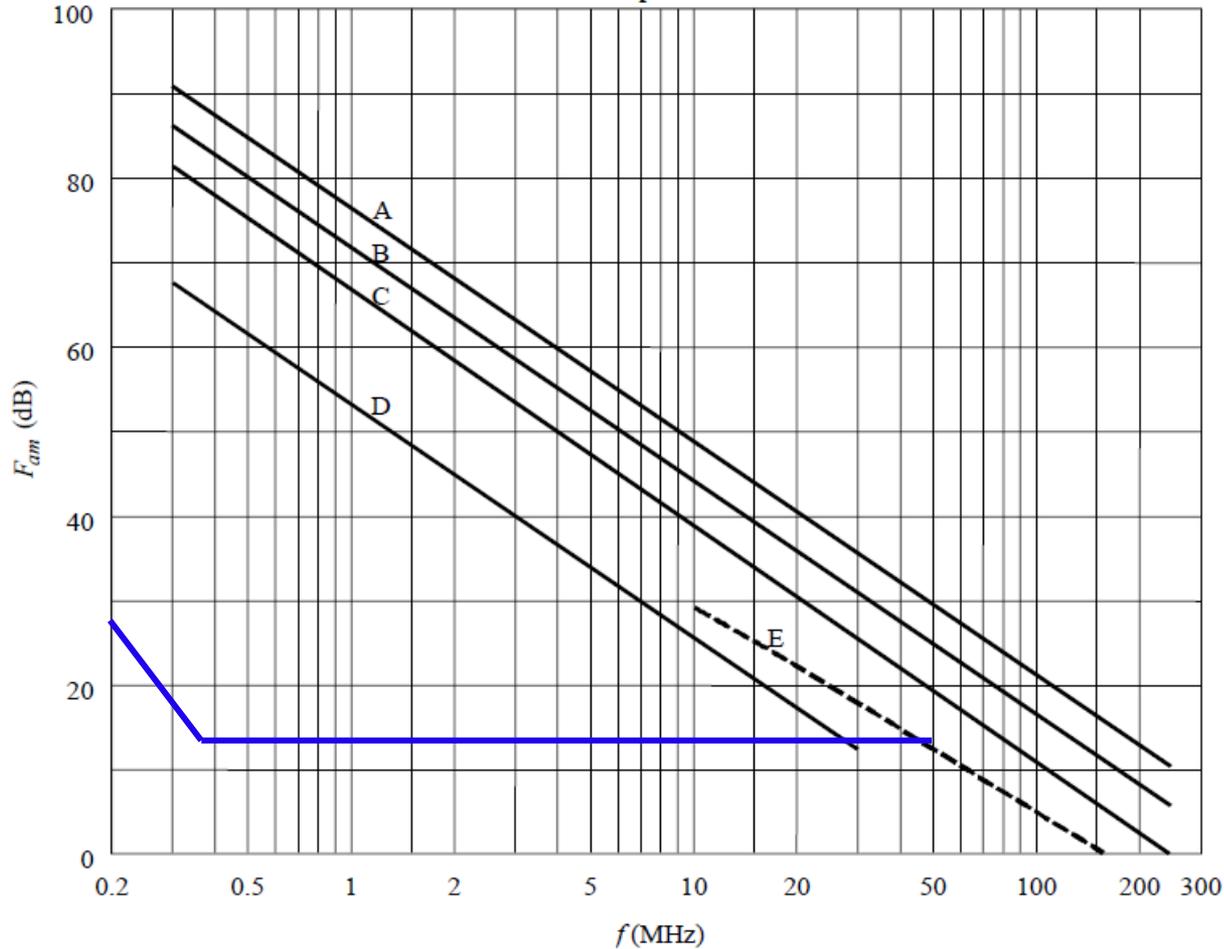
Blaue Linie: Rauschzahl einer FET Aktivantenne

„Man made noise“ Quellen



„Man Made“ Noise

Mittlere Werte künstlicher Störleistung einer kurzen vertikalen verlustfreien geerdeten Monopolantenne



ITU 372-16 Radio-Noise

A: Man Made Noise, in Gewerbegebieten

B: Man Made Noise, in städtischen Wohngebieten

C: Man Made Noise, in ländlicher Umgebung

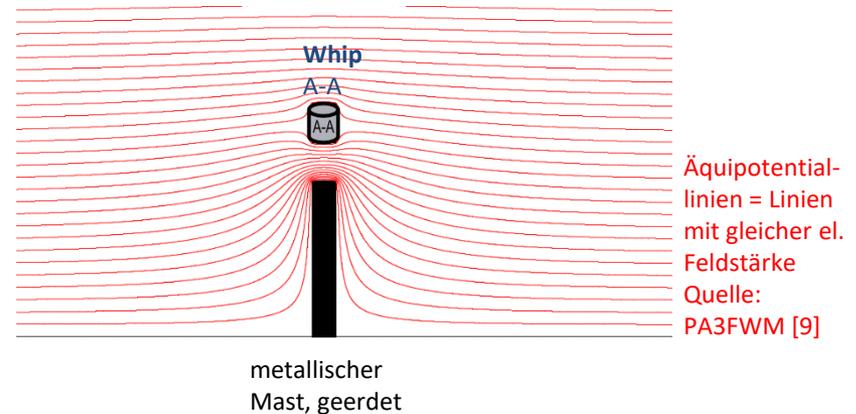
D: Man Made Noise, in ruhiger ländlicher Umgebung

E: Galaktisches Rauschen

Zum Vergleich in blau: die Rauschzahl des Aktiv-Monopols

E-Feld - Aktivantennen zusammengefasst

Der hochohmige Verstärker der Aktiv-Antenne „misst“ die Potentialdifferenz zwischen dem Antennenelement und dem Masse/Erdanschluss des Verstärkers. Als „Erde“ fungiert bei einem leitfähigen Mast das Potential des Mastes, auf dem die Aktivantenne montiert ist. Bei einem isolierten Mast übernimmt der Koaxmantel die Funktion von Erde oder wirkt als Gegengewicht.



- Der Masseanschluss einer Monopol Aktivantenne verlangt Erdpotential als Bezug für das Antennenelement. Die Länge der Zuführung des Erdpotentials beeinflusst den Frequenzgang. Ein symmetrischer Aktivdipol vermeidet weitgehend diese Abhängigkeit von Mast und Kabellänge.
- Beim Aktiv-Monopol geht die Höhe des Tragmastes in die effektive Höhe h_{eff} ein. Die Empfangsspannung steigt mit zunehmender Höhe. Mast und Kabel sind quasi Teil der Antenne.
- Kurze Monopol E-Feld-Antennen empfangen vertikal polarisierte Wellen, unabhängig davon, ob das Antennenelement vertikal oder horizontal ausgerichtet ist [10].
- Die Ausgestaltung eines elektrisch kurzen Antennenelementes, ob Stab oder Fläche, ist nicht ausschlaggebend. Maßgeblich ist die Kapazität gegen den umgebenden Raum [9]. Die Kapazität einer Fläche hängt vom Umfang der Fläche oder des Stabes ab. Daumenwert: 1m Stab \sim ca 10pF [10].

Danke für die Aufmerksamkeit...



...und viel Spaß mit aktiven Antennen

Anhänge

Referenzen und weiterführende Literatur

- [1] Webseite von Guenter Fred Mandel, DL4ZAO, <https://www.dl4zao.de>, mit Baumappen von Aktivantennen
- [2] Dr. F. Landstorfer, „Ein neues Ersatzschaltbild für die Impedanz kurzer Strahler“, NTZ 1973, S490ff
- [3] Roelof Bakker, PA0RDT – Mini-Whip“
- [4] Gerd Janzen, „Kurze Antennen“, ISBN 3-440-054369-1
- [5] Siegfried Best „Aktive Antennen für DX Empfang“, ISBN 3-7723-1821-5
- [5] Dr. Jochen Jirmann, Michael Lass, „Aktiv empfangen mit neuen Ideen“, CQ-DL 2/1997
- [7] ITU Recommendation ITU-R P.372-16 (2016) „Radio Noise“
- [8] Hans-Joachim Brandt, DJ1ZB, „Aktive Antenne mit Mastentkopplung“, CQ-DL 4/2011.
- [9] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, [„Fundamentals of the Mini-Whip Antenna“](#)
- [10] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, [“Capacitance of Antenna Elements”](#)
- [11] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, [“Grounding of MiniWhip and other active whip antennas”](#)
- [12] Jörg Logemann, DL2NI, [„Rauschmessungen konform zu ITU-R P.372-13“](#)
- [13] Webseite von DK5FA mit Informationen professioneller Aktivantennen, <http://www.dk5fa.de>

Aktivantenne - Wetterschutz aus HT-Rohr

Billige Polypropylen Hochtemperatur-Abwasserrohre (HT-Rohr) aus dem Baumarkt eignen sich hervorragend als Wetterschutzgehäuse für die Whip Aktivantennen. HT-Rohr DN50 hat einen **Innendurchmesser** von 46 mm und einen **Aussendurchmesser** von 50 mm.



Muffenstopfen HTM
D50mm



HT-Rohr DN50 x 150mm



Überschiebmuffe
HTU D50mm



Muffenstopfen HTM
D50mm

Diese HT-Rohr Elemente werden benötigt

Mast-Montagewinkel mit Stecker-Durchführung



Bild: DM2GM



Adapter
N- Stecker auf
BNC Stecker

Alternativ:

UHF- Stecker auf
BNC Stecker



N Durchführungs-
Doppelbuchse

Alternativ:

UHF Durchführungs-
Doppelbuchse



Mastschellen
oder U-Bügel



Montagewinkel
aus dem Baumarkt.
Oder schon fertig
gelocht erhältlich
bei WIMO

So wird's gemacht: Boden und Montagewinkel

Der untere Deckel (Muffenstopfen) wird mit der Durchführungsbuchse dicht auf dem gelochten Montagewinkel (16mm Bohrung) festgeschraubt. Er bildet den Boden des Wetterschutz-Gehäuses.

Ein Adapter (N-Stecker auf BNC-Stecker) wird oben auf die Durchführungsbuchse geschraubt. Darauf kann die Aktivantenne mit ihrem BNC-Bajonettverschluss einfach aufgesteckt werden.

Drüber werden die Überschiebmuffe, die Rohrverlängerung und der obere Deckel aufgesteckt.

Der vertikale Schenkel des Montagewinkels wird mit passenden Mastschellen oder U-Bügeln am Montagemast befestigt.



Bild: DM2GM

So wird's gemacht: obere Rohrabdeckung

Damit die HT-Teile problemlos ineinander gleiten, werden die Dichtungsgummis mit Silikonfett geschmiert. Dadurch wird auch verhindert, dass Wasser eindringen kann.

Für den Druckausgleich bei Luftdruckschwankungen und Temperaturunterschieden sind am unteren Deckel zwei 1mm Bohrungen eingebracht.

Damit die Whip-Platine und insbesondere die BNC-Verbindung gegen Erschütterungen und Vibration geschützt ist, wird das Oberteil der Platine mit nichtleitendem Schaumstoff im Rohr fixiert.



Bild: DM2GM

Aktivantenne fertig aufgebaut



Wirkfläche A_W und effektive Höhe h_{eff}

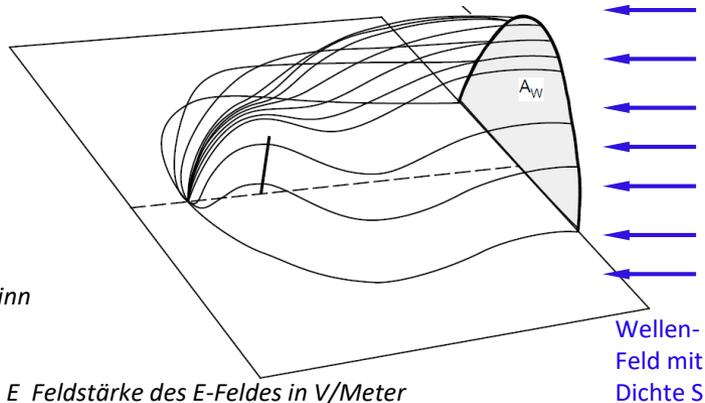
Die Wirkfläche A_W beschreibt die Energie, die eine Antenne aus dem elektromagnetischen Wellenfeld entnehmen kann. A_W ist ein Proportionalitätsfaktor, eine fiktive Fläche durch die der ankommenden Welle Leistung entnommen wird. A_W ist proportional zum Gewinn einer Antenne:

$$A_W = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$$

λ Wellenlänge in m
 G Richtfaktor/Antennengewinn

$$h_{eff} = 2 \sqrt{A_W \frac{R_S}{Z_0}}$$

E Feldstärke des E-Feldes in V/Meter
 R_S Strahlungswiderstand
 Z_0 Feld-Wellenwiderstand 377Ω
 S Leistungsdichte W/m^2



Der Gewinn G oder Richtfaktor D beschreibt die Fähigkeit einer Antenne Leistung in einer Vorzugsrichtung gebündelt abzustrahlen. Er ist ein Verhältnismaß für die in Hauptstrahlrichtung abgestrahlte Leistungsdichte einer Antenne im Verhältnis zu einer Bezugsantenne. In diesem Falle einem Kugelstrahler (Isotropstrahler)

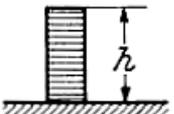
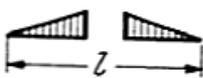
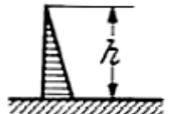
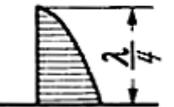
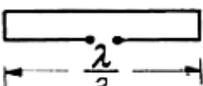
Antennentyp	Gewinn G
Isotropstrahler	1
$\lambda/2$ Dipol	1,64
Kurzer Dipol	1,5
$\lambda/2$ Monopol	3,28
Kurzer Monopol	3

Die effektive Höhe h_{eff} beschreibt als Proportionalitätsfaktor die Leerlaufspannung U_0 , die an einer Antenne in einem elektromagnetischen Wellenfeld mit der elektrischen Feldstärke E entsteht.

Spannung an der Antenne:
$$U_0 = E \cdot h_{eff}$$

Eine Wellenfeld mit der Leistungsdichte S erzeugt eine max. Empfangsleistung : $P_{Ant} = S \times A_W$

Kennwerte einfacher Antennenformen

Antennenart	Stromverteilung	Gewinn	Wirksame Antennenfläche	Effektive Antennenhöhe	Strahlungswiderstand R_S/Ohm
Isotrope Antenne		1	$\frac{\lambda^2}{4\pi}$		
Hertzscher Dipol mit Endkapazität		1,5	$\frac{1,5\lambda^2}{4\pi}$	l	$80\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$
Kurze Antenne auf leitendem Boden mit Dachkapazität		3	$\frac{3\lambda^2}{16\pi}$	h	$160\pi^2 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2$
Kurzer Dipol ohne Endkapazität		1,5	$\frac{1,5\lambda^2}{4\pi}$	$\frac{l}{2}$	$20\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$
Kurze Antenne auf leitendem Boden ohne Dachkapazität		3,0	$\frac{3\lambda^2}{16\pi}$	$\frac{h}{2}$	$40\pi^2 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2$
$\lambda/2$ -Dipol		1,64	$1,64 \frac{\lambda^2}{4\pi}$	$\frac{\lambda}{\pi}$	73,1
$\lambda/4$ -Antenne auf leitendem Boden		3,28	$3,28 \frac{\lambda^2}{16\pi}$	$\frac{\lambda}{2\pi}$	36,6
Kleiner Einwindungsrahmen im freien Raum	Rahmenfläche F beliebige Form	1,5	$\frac{1,5\lambda^2}{4\pi}$	$\frac{2\pi F}{\lambda}$	$80\pi^2 \frac{4\pi^2 F^2}{\lambda^4}$
Ganzwellendipol λ -Dipol		2,41	$2,41 \frac{\lambda^2}{4\pi}$		199,1
Gefalteter $\lambda/2$ -Dipol		1,64	$1,64 \frac{\lambda^2}{4\pi}$	$\frac{2\lambda}{\pi}$	$4 \cdot 73,1 \approx 280$

Energiebilanz einer Empfangsantenne

Für die Empfangsantenne ist der Empfänger ein Belastungswiderstand Z . Unter Empfangsleistung verstehen wir nicht die tatsächlich an den Empfänger, an Z , abgegebene Leistung, sondern die der Antenne maximal entnehmbare Leistung, die dem Empfänger „angebotene“ Leistung. Um sie tatsächlich dem Empfänger zuzuführen, müßte man den Empfänger an den Innenwiderstand $Z_i = R_i + jX_i$ der Antenne anpassen, d. h. den Lastwiderstand $Z = R_i - jX_i$ wählen, und auf diesen Zustand bezieht sich unsere Definition unabhängig davon, ob der Empfänger tatsächlich angepaßt ist oder nicht. Die angebotene Empfangsleistung P_e ist mit dieser Definition unabhängig von Empfängereigenschaften.

Sei nun $S = |\overline{\mathcal{E}}|$ das Zeitmittel der Strahlungsdichte der einfallenden Welle am Empfangsort, so genügt die Feldstärke der Gleichung

$$\mathcal{E}_{\text{eff}}^2 = Z_0 S.$$

Die Empfangsantenne richten wir auf maximalen Empfang aus; für die maximal induzierte EMK gilt

$$E_{\text{max}}^2 = h_{\text{eff}}^2 \mathcal{E}_{\text{eff}}^2 = h_{\text{eff}}^2 Z_0 S.$$

Einem Zweipol mit dem Innenwiderstand $Z_i = R_i + jX_i$ und der EMK E kann man die Maximalleistung

$$P = \frac{E^2}{4R_i}$$

entnehmen, und zwar nur bei Anpassung der Last. Die an den Antennenklemmen angebotene Empfangsleistung wird

$$P = \frac{h_{\text{eff}}^2 Z_0}{4R_i} S.$$

Diese Leistung hängt noch von Verlusten im Antennenmaterial ab, die wir ganz wie beim Sendefall abtrennen wollen. Wir beziehen daher die angebotene Empfangsleistung P_e endgültig auf den Strahlungswiderstand

$$P_e = \frac{h_{\text{eff}}^2 Z_0}{4R_i} S.$$

Die an den Antennenklemmen tatsächlich dem Empfänger angebotene Leistung P ergibt sich zu

$$P = \eta_a P_e = P_e \frac{R_i}{R_i + R_e},$$

so daß wie im Sendefall für ideale Materialien der Antenne $P = P_e$ ist.

Den Proportionalitätsfaktor zwischen Empfangsleistung und Strahlungsdichte nennen wir die Absorptions- oder Wirkfläche F_a der Antenne

$$F_a = \frac{h_{\text{eff}}^2 Z_0}{4R_i}, \quad (49)$$

$$P_e = F_a S. \quad (50)$$