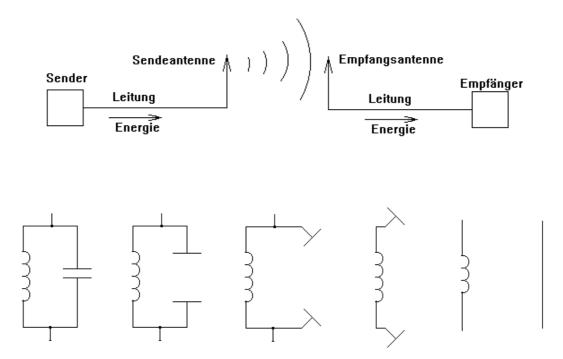
Antennen

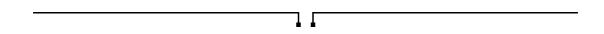
Definition einer Antenne (Sende-/Empfangsantenne):

- Eine **Sendeantenne** wandelt die vom Sender über eine Leitung zur Antenne transportierte Energie in eine im freien Raum ausbreitungsfähige Welle um,
- eine **Empfangsantenne** wandelt einen Bruchteil der mit dieser Welle transportierten Energie wiederum zurück in eine Leitungswelle, die den Empfänger speist.
- Eine Antenne kann als Wellentypwandler (Leitungswelle \Leftrightarrow Raumwelle) gesehen werden.



Eine Antenne kann man sich aus einem Parallelschwingkreis entstanden denken. Sie kann nur dann maximale Endergie umwandeln, wenn sie **resonant** ist, d.h. wenn man sie auf ihrer **Resonanzfrequenz** betreibt.

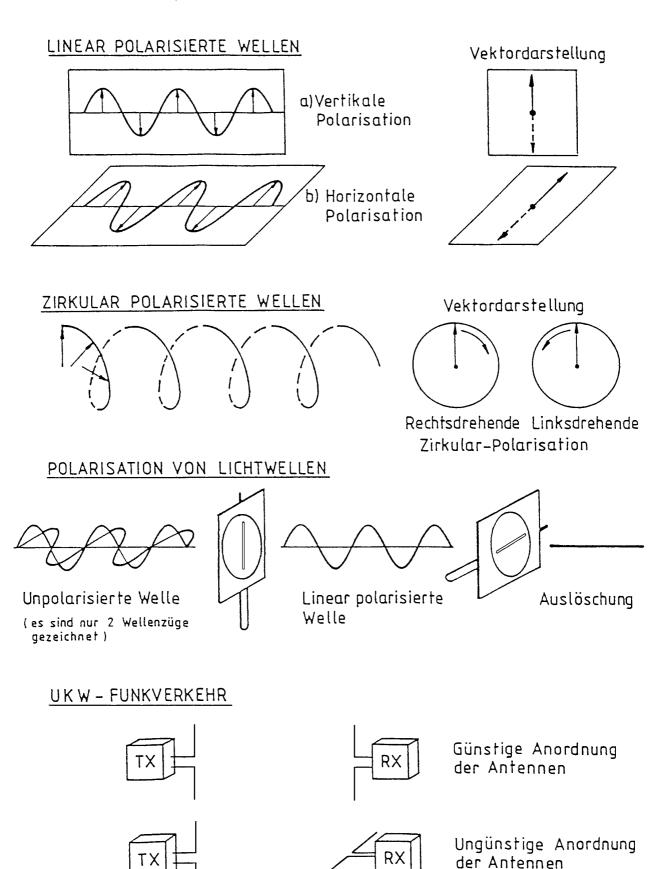
Einfachste Antenne: **der Dipol** ($\lambda/2$ -Dipol)



Stromverlauf

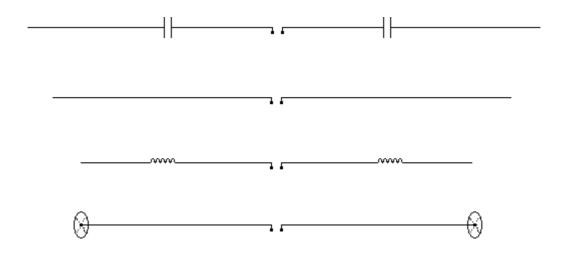
Spannungsverlauf

Polarisation von Wellen, bzw. Antennen



Abmessungen von Antennen, Horizontalstrahler

Der einfachste Dipol (Halbwellen-)Dipol hat eine theoretische Länge von $\lambda/2$. Durch geeignete Veränderungen kann dieser jedoch länger oder kürzer als $\lambda/2$ sein.



In der Praxis hat ein Halbwellen-Dipol eine etwas geringere Länge als genau $\lambda/2$, da das Material, aus dem die Strahlerhälften bestehen, eine gewisse Dicke besitzt.

Dicke Strahlerhälften haben große Oberflächen \to große Kapazitäten zwischen den Strahlerhälften \to Wirkung wie Endkapazitäten \to elektrische Strahlerverlängerung \to

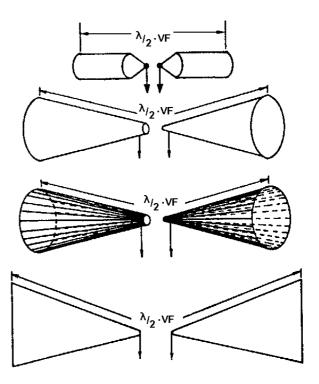
mechanische Strahlerverkürzung!

Die Materialdicke hat außerdem noch einen erheblichen Einfluß auf die Bandbreite einer Antenne., d.h. in welchem relativen Frequenzbreich um die eigentliche Resonanzfrequenz die Antenne noch gut zu gebrauchen ist.

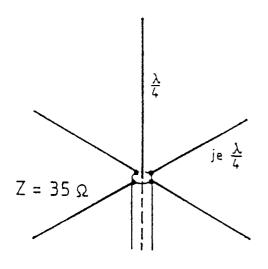
Beispiele von Breitband-Dipolen →

Breitband-Dipole dieser Art können üblicherweise in einem Frequenzbereich f.. 2•f teilweise sogar f.. 3•f verwendet werden.

Der Verkürzungsfaktor VF ist immer kleiner als 1. Er ist um so kleiner, je dicker der Strahler ist.



Abmessungen von Antennen, Vertikalstrahler

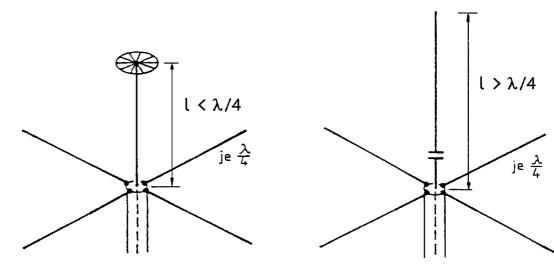


Der einfachste Vertikalstrahler hat eine theoretische Länge von $\lambda/4$. Er wirkt, wie ein vertikal aufgestellter Halbwellendipol, bei dem die untere Hälfte durch den Erdboden (Ground) ersetzt wird.

Daher der Name: Viertelwellen-Groundplane

Im nebenstehenden Beispiel wird die reflektierende Fläche durch 4 Radials gebildet, die alle die elektrische Länge $\lambda/4$ haben. Mit Rücksicht auf die Rundheit des Strahlungsdiagrammes sollten es mindestens 3 Radials sein. Der Wellenwiderstand läßt sich durch Neigung der Radials schräg nach unten auf bis zu 75 Ohm erhöhen; bei 45 Grad sind es etwa 50 Ohm (poor man's ground plane).

Die mechanische Länge des Strahlers kann durch geeignete Veränderungen auch länger oder kürzer als $\lambda/4$ sein.

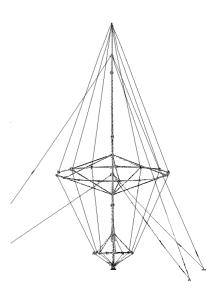


Auch bei Vertikalantennen hat die Materialdicke einen erheblichen Einfluß auf die Bandbreite einer Antenne.

Einen dicken Strahler kann man beispielsweise durch eine Reuse simulieren, d.h. man verwendet viele Drähte, die als eine große Fläche gespannt sind.

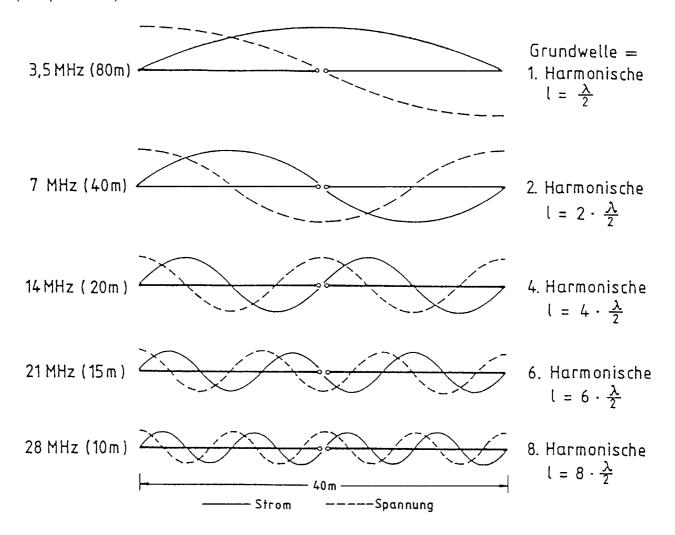
Siehe Beispiel →

KW-Sendeantenne für einen Frequenzbereich von 3,5 -30 MHz (KW-Rundfunksender, 100 kW)

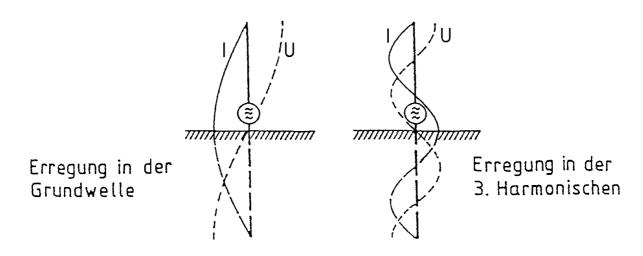


Strahlerlängen mit I>>\(\lambda/4\) (Vertikal-) bzw. I>>\(\lambda/2\) (Horizontalantennen):

Die Strahlerlänge von Antennen kann auch ein mehrfaches der "Grundlängen" betragen, bzw. Antennen können auf Vielfachen der (Grund-)Betriebsfrequenz betrieben werden. (Reziprozität !!!)



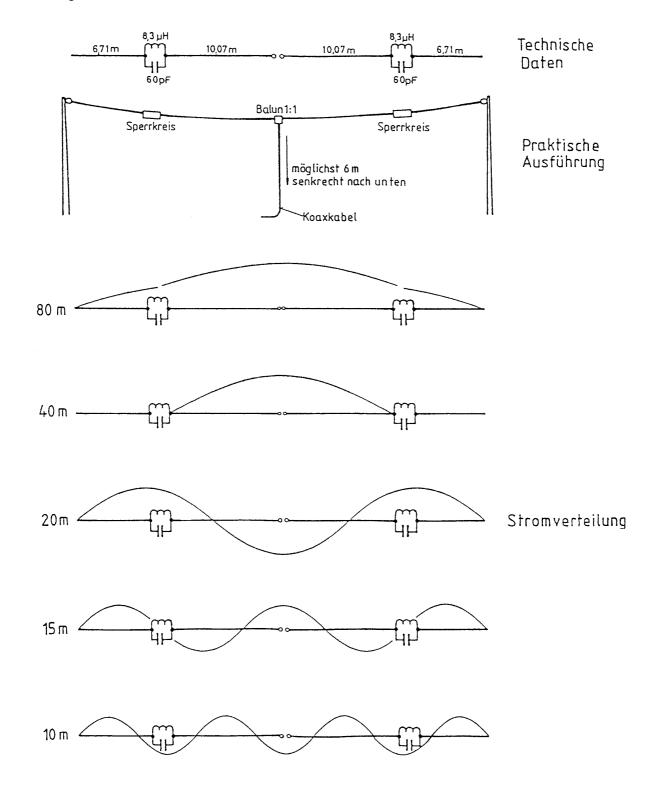
Während der Strahlungswiderstand am Einspeisepunkt auf allen geradzahligen Vielfachen der Grundfrequenz hochohmig ist (Spannungsbauch), ist er bei den ungeradzahligen Vielfachen niederohmig (Strombauch, Spannungsknoten).



Mehrbandantennen: (Horizontalstrahler)

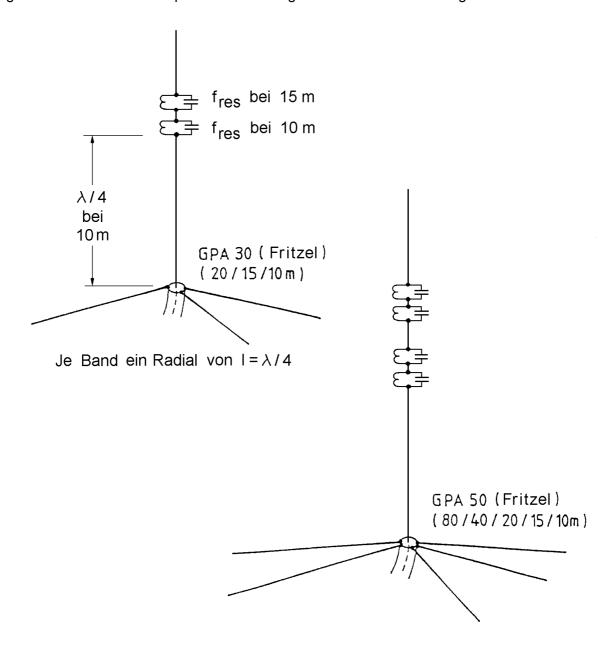
Will man eine Antenne auf mehreren Frequenzbändern bei gleichen Strahlungseigenschaften betreiben, kann man die Strahlerlänge für jedes Band durch Einfügen von Sperrkreisen (Traps) passend machen. Die Sperrkreise (Parallelschwingkreise) müssen so bemessen sein, daß sie bei der jeweiligen Frequenz resonant - also hochohmig - sind, die Strahlerlänge nach den Traps ist dann unwirksam. So hat die Antenne für jedes Band "ihre" Länge.

Eine besonders elegante Lösung des Mehrband-Problems hat der amerikanische Funkamateur W3DZZ gefunden. Diese Antenne heißt nach ihm daher die **W3DZZ** oder kurz **W3.**



Mehrbandantennen: (Vertikalstrahler)

Auch bei Vertikalantennen kann die wirksame Strahlerlänge durch Parallelresonanzkreise abgestuft werden. Zwei Beispiele aus dem Angebot der Firma Fritzel zeigt das Bild.



Wird bei Vertikalantennen als Ground nicht der Erdoden oder eine andere große leitende Fäche verwendet, muß man diese Fläche mit sog. "Radials" nachbilden. Radials sind $\lambda/4$ -lange Drähte (möglichst viele), die waagerecht oder schräg nach unten angeordnet sind.

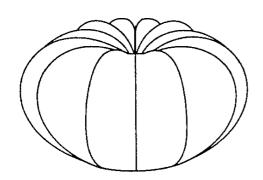
Bei Multiband-Groundplanes - wie der GPA30 und GPA50 - muß man für jedes Band **mindestens** ein λ /4- Radial verwenden (so daß der λ /2-Dipol vollständig wird). Es ist auch möglich Radiale mit Hilfe von Traps zu unterteilen, dies wird jedoch aus Gewichts- und Dimensionierungsgründen meist nicht praktiziert.

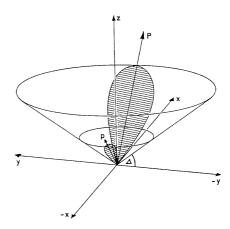
Der prinzipielle Nachteil von Kurzwellen-Vertikalstrahlern ist, daß sie nicht nach oben strahlen (wichtig für die unteren Bänder im Europa-Verkehr) und daß praktisch immer Mantelwellen auftreten, was nicht nur das Diagramm "verbiegt", sondern auch Anlaß zu BCI und TVI gibt und das Einhalten von Grenzwerten enorm erschwert.

Strahlungsdiagramm einer Antenne:

Darstellung der Strahlungseigenschaften in einem räumlichen Koordinatensystem.

Räumliche Diagramme:



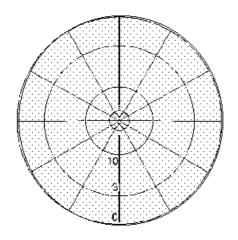


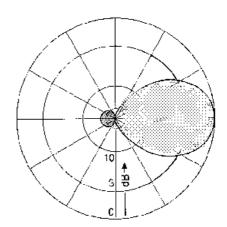
Zur besseren Verständlichkeit und Übersichtlichkeit wird das dreidimensionale Diagramm von Antennen üblicherweise in zwei zweidimensionalen Diagrammen geteilt dargestellt \to

Vertikaldiagramm und Horizontaldiagramm.

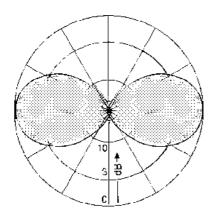
(Achtung: Nur Betrachtungsart! Hat nichts mit vertikaler oder horizontaler Polarisation zu tun !)

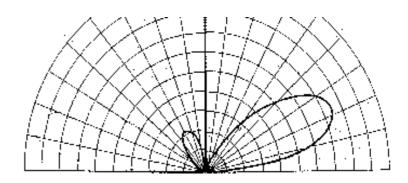
Horizontaldiagramme: (Betrachtung von oben, man steht exakt über der Antenne)





Vertikaldiagramme: (Betrachtung von der Seite, man steht auf gleicher Ebene mit der A.)





Reflexion, Bodeneinfluß, Richtstrahler

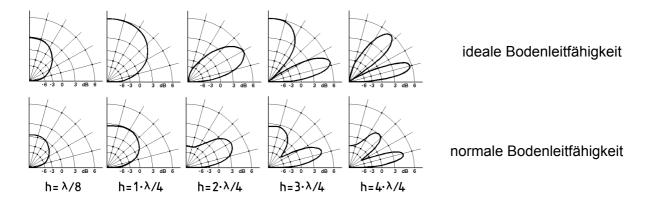
Wenn nichts anderes angegeben ist, zeigen vertikale Strahlungsdiagramme immer das im <u>freien</u> Raum sich ergebende Diagramm.

Der Einfluß des Bodens ist aber nicht unerheblich, ja sogar von sehr großer Bedeutung.

Grund: Die Wellen, die die Antenne nach unten - also zum Boden hin - abstrahlt werden, werden von diesem wieder nach oben reflektiert. Bei unterschiedlichen Höhen haben die reflektierten Wellen unterschiedliche Laufzeit, → unterschiedliche Phase!

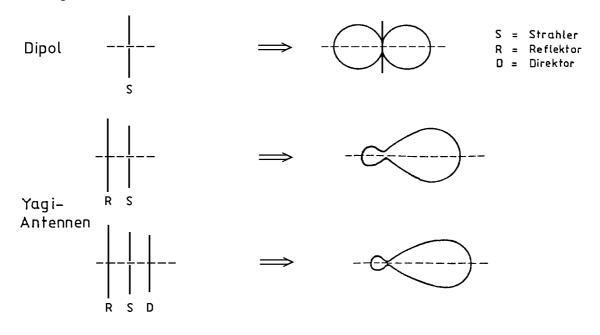
gleiche Phase (0°) → bedeutet Amplitudenaddition entgegengesetzte Phase (180°) → bedeutet Amplitudensubtraktion

λ/2-Dipol in verschiedenen Höhen über dem Boden (Bild: DJ4UF):

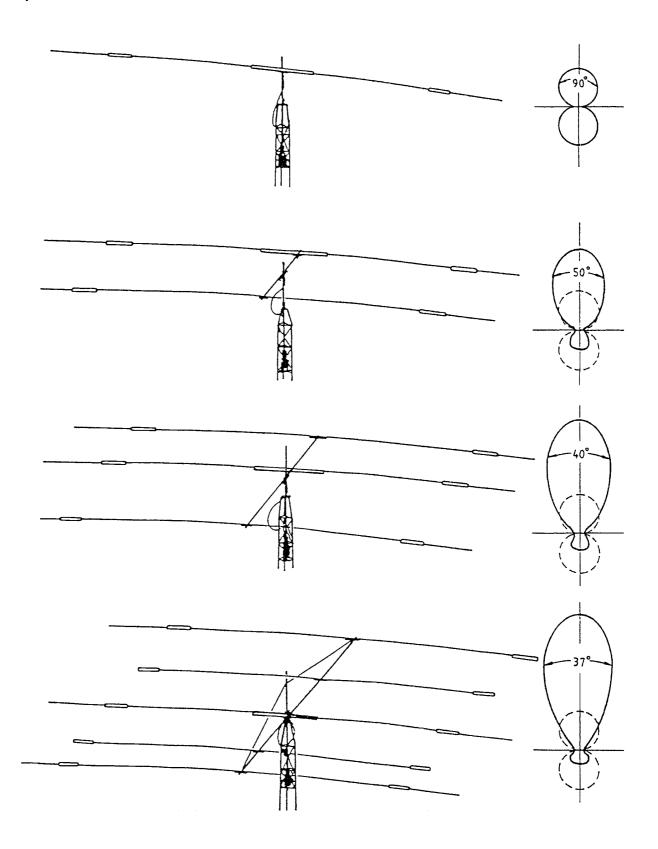


Dies gilt vorrangig für KW-Antennen. Bei UKW-Antennen ist der Erdbodeneinfluß auf das Strahlungsdiagramm durch den (bezogen auf λ) sehr großen Abstand nicht groß und kann meistens vernachlässigt werden.

Bildet man den "Erdboden" durch reflektierende Elemente, wie metallische Stangen, Netze oder auch Platten nach, so kann man sich die Reflexion in jeder beliebigen Richtung zu nutze machen. Anwendung: Reflexion nach vorne → Richtantenne.



Beispiele von Richtstrahlern: "Multibandbeams" für KW



Hinweis: Die dargestellten Horizontaldiagramme gelten jeweils nur für ein ausgewähltes Band.

Antennengewinn:

Eine Antenne, die ihre Sendeenergie in eine oder mehr Richtungen gebündelt abstrahlt, wird Richtantenne genannt. Durch diese Bündelung entsteht in diese Richtung eine größere Feldstärke als von einem Rundstrahler ausgesendet.

Als Antennengewinn einer Sendeantenne X bezeichnet man das Verhältnis der Feldstärke, die diese Antenne (in Hauptstrahlrichtung) erzeugt, gegenüber der Feldstärke, die ein Referenzstrahler in derselben Richtung erzeugt; beide gleich polarisiert, mit derselben Leistung am selben Ort gespeist.

Entsprechendes ist ebenfalls für eine Empfangsantenne gültig.

Referenzstrahler: In theoretischen Betrachtungen wird dafür oft der <u>Isotropenstrahler</u>

verwendet. Das ist eine Antenne, die ihre Energie ungerichtet, d. h. kugelförmig in alle Richtungen gleichmäßig abstrahlt. Diese Antenne ist in

der Realität nicht existent; der einzige Vorteil liegt in der leichten Berechnungsmöglichkeit des "Diagramms" und der Feldstärke.

In der Praxis wird der Antennengewinn auf einen <u>Halbwellendipol</u> bezogen, da dieser leicht vorstellbar ist und Vergleichsmessungen gut durchführbar

sind.

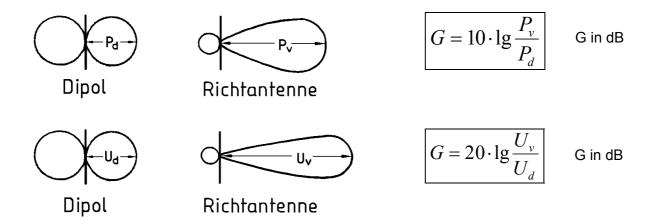
Der Antennengewinn wird in dB angegeben.

Die Unterscheidung, auf welchen Referenzstrahler bezogen wurde, erfolgt durch Index:

Gewinn gegenüber dem Isotropenstrahler wird angegeben : dBi Gewinn gegenüber dem Halbwellendipol wird angegeben : dBd

Umrechnung: dBd = dBi - 2,15 dB

Der Halbwellendipol hat also einen "Gewinn" von 2,15 dBi



Der <u>Gewinn</u> wird nur <u>durch Bündelung der Abstrahlung in eine Richtung</u> erzielt! Eine Antenne kann niemals Leistung verstärken, darum ist der für den Gewinn laienhaft gebrauchte Ausdruck "Verstärkung" falsch.

Gewinn bei (Vertikal-)Rundstrahlantennen:

Da bei Rundstrahlantennen keine Bündelung im Horizontaldiagramm erfolgt, muß sich der Gewinn aus dem Vertikaldiagramm ergeben. Durch Verlängerung des Strahlers bis max. $5/8 \cdot \lambda$ oder durch Verwendung von mehreren, übereinander angeordneten Vertikalstrahlern wird ein Gewinn erzielt. Beide Möglichkeiten können kombiniert werden.

Gewinn durch verschiedene Strahlerlängen: (lineare Skalierung)

Gewinn durch Stockung (Colliniear-Strahler) mit skizziertem Strombelag

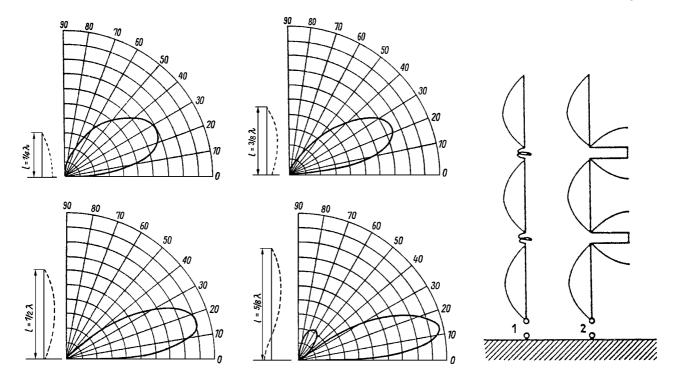
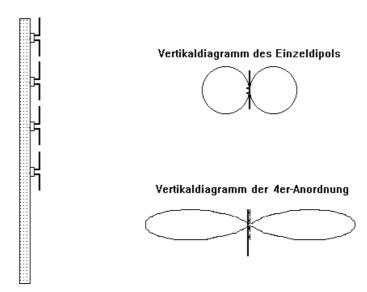


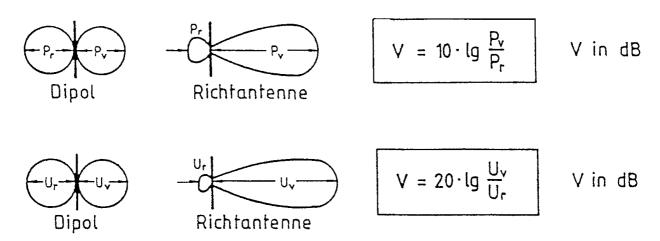
Bild: DJ4UF

Gewinn durch Zusammenschaltung mehrerer gleicher Dipole übereinander



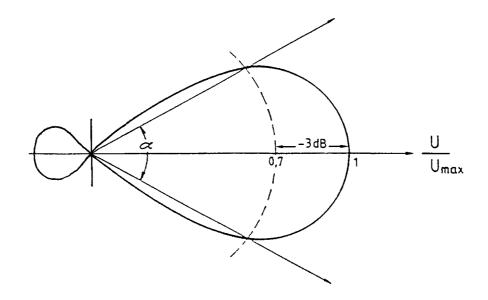
Vor/Rück-Verhältnis

Bei der Gewinnerzielung durch einen Reflektor ist zwar die Feldstärke entgegen der Hauptstrahlrichtung deutlich geringer als die Feldstärke in Hauptstrahlrichtung; sie ist jedoch nicht Null. Das Verhältnis zwischen Feldstärke "nach vorne" und "nach hinten" wird Vor/Rück-Verhältnis genannt und ebenfalls in dB angegeben.



Halbwertsbreite:

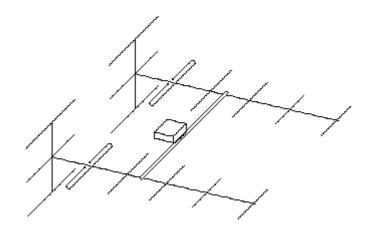
Die Halbwertsbreite α ("Alpha") bezeichnet den Zwischenwinkel zwischen den beiden Stellen, an denen die Feldstärke um genau 3dB gegenüber der Hauptstrahlrichtung abfallen ist. So kann bei einer Richtantenne die Breite des gebündelten Diagramms zahlenmäßig erfaßt werden.



Es gibt auch den Winkel β ("beta"), der die Diagrammbreite bei einem 6dB-Abfall angibt; Dieser Wert findet jedoch in der Praxis fast keine Verwendung.

Gewinn durch Zusammenschalten (Stocken) von Antennen:

Verwendet man statt einer Antenne mehrere gleiche Antennen, die alle in die gleiche Richtung ausgerichtet sind, ergibt sich ebenfalls ein (zusätzlicher) Gewinn.

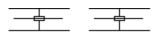


Eine Verdopplung der Antennen anzahl ergibt eine Gewinnerhöhung um ungefähr 3dB und die Halbwertsbreite α der Ebene in der die Verdopplung geschieht, wird halbiert.

Der optimale Abstand der Antennen hängt von der Antenne selber ab; praktisch gute Werte sind $\lambda/2$ bis λ .

Verteiler, zum Aufteilen der (Sende-) Leistung auf die entsprechende Anzahl Antennen werden benötigt.

Stockung nebeneinander:



 $\begin{array}{ll} \mbox{Horizontal:} & \alpha \mbox{ wird halbiert.} \\ \mbox{Vertikal:} & \alpha \mbox{ bleibt gleich.} \\ \mbox{Gewinn:} & \mbox{steigt um 3dB.} \end{array}$



Stockung übereinander:

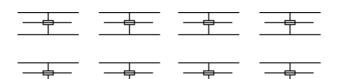
 $\begin{array}{lll} \mbox{Horizontal:} & \alpha \mbox{ bleibt gleich.} \\ \mbox{Vertikal:} & \alpha \mbox{ wird halbiert.} \\ \mbox{Gewinn:} & \mbox{steigt um 3dB.} \end{array}$



Stockung neben- und übereinander:

 $\begin{array}{ll} \mbox{Horizontal:} & \alpha \mbox{ wird halbiert.} \\ \mbox{Vertikal:} & \alpha \mbox{ wird halbiert.} \\ \mbox{Gewinn:} & \mbox{steigt um 6dB.} \end{array}$

Beispiel:



Daten einer Einzelantenne:

 α_{horiz} = 20° α_{vert} = 30° g = 12 dB

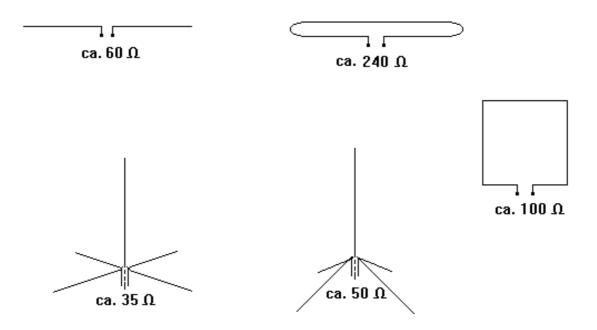
Kombination: ?

 $\alpha_{\text{horiz}} = \alpha_{\text{vert}} = g = dB$

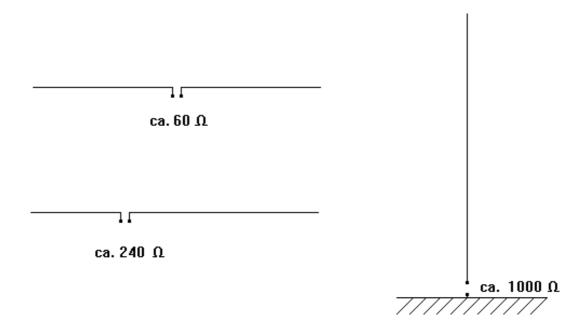
Fußpunktwiderstand (Impedanz)

Das <u>Verhältnis aus Strom und Spannung an der Einspeisestelle</u> einer Antenne <u>wird Fuß-punktwiderstand</u> (auch <u>Impedanz</u>) genannt und hängt von vielen Faktoren ab, am deutlichsten von der Art und Form der Antenne und der Position der Einspeisestelle.

• Art und Form der Antenne



• Position der Einspeisestelle



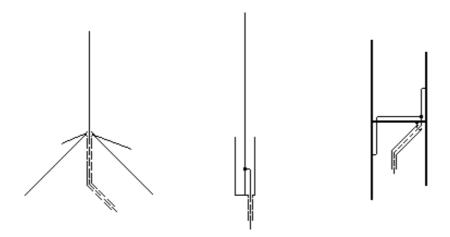
Symmetrie, Umsymmetrie (engl: balanced, unbalanced)

Sind beide Pole der Einspeisestelle der Antenne "gleichberechtigt", d.h. keiner der beiden Pole hat eine Verbindung zur Masse (Elektrisches Feld besteht nur zwischen den beiden Leitern, nicht gegen Erde), spricht man von einer Antenne mit <u>symmetrischer Einspeisung</u>.

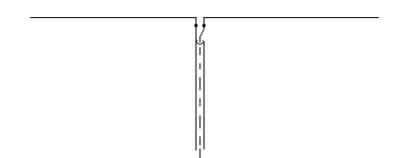
Beispiele:



Ist einer der beiden Pole der Einspeisestelle mit Masse verbunden (Elektrisches Feld besteht zwischen dem Leiter und der Erde), spricht man von einer Antenne mit <u>unsymmetrischer Einspeisung</u>.



Probleme bei Verwendung unsymtrischer Speiseleitungen(Koaxialabel) zur Einspeisung symmetrischer Antennen :



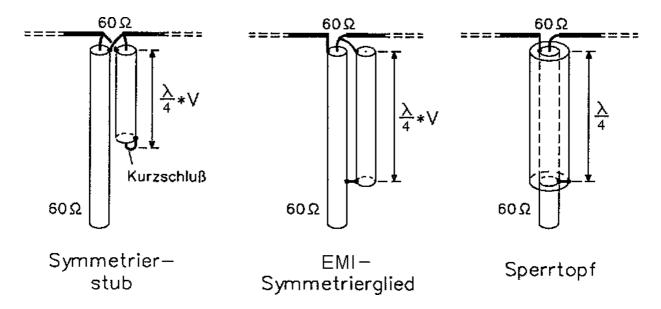
Es entstehen sog. <u>Mantelwellen</u>. Diese laufen <u>auf dem Außenleiter</u> (Mantel) des Koaxialkabels zurück in Richtung Sender. Das <u>Kabel</u> wird so zu einem Teil der Antenne und <u>strahlt HF-Energie ab</u>.

Mantelwellen sind sehr häufig Ursache für TVI und BCI !!!

Symmetrierschaltungen

Um eine symmetrische Antenne an ein unsymmetrisches Speisekabel (Koaxialkabel) anzuschließen, benötigt man einen <u>Symmetriewandler</u>, auch "Balun" genannt. (aus <u>bal</u>anced - <u>un</u>balanced). Hierfür gibt es eine Vielzahl von Techniken.

Symmetrierung durch Leitungsstücke (ohne Transformation)

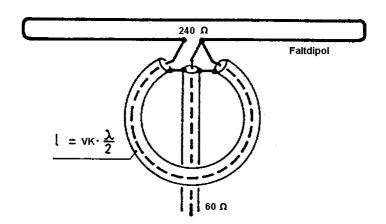


In allen 3 Fällen werden Ströme, die von der Antenne kommend auf dem Außenleiter fließen, durch ein zweites Kabelstück mit der Länge $\lambda/4$ kompensiert oder ausgesperrt.

Symmetriewandler (Balun) mit gleichzeitiger 1:4-Impedanztransformation:

 $\lambda/2$ -Umwegeleitung:

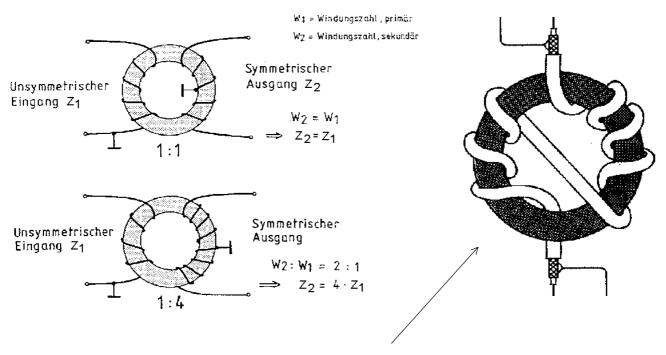
(Ideal zum Anschluß eines 240 Ω -Faltdipols an ein 50..60 Ω -Koaxial-kabel. Siehe auch übernächste Seite!)



Die bisher genannten Symmetriewandler werden mit Hilfe von Koaxialleitungsstücken aufgebaut.

Da diese Leitungsstücke in einem bestimmten Zusammenhang mit der Wellenlänge λ (λ /4 oder λ /2) und damit auch mit der Betriebsfrequenz stehen, sind diese Baluns nur für einen bestimmten, relativ schmalen Frequenzbereich wirksam (ungefähr für ein Amateurfunkband).

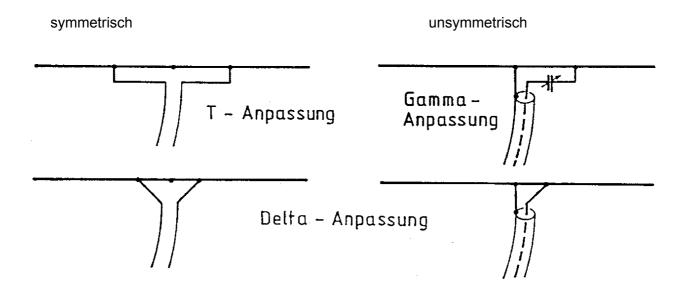
Breitbandige Baluns sind in anderer Weise realisierbar:



Der Ringkernbalun mit durchgeschlungenem Koaxialkabel ist im eigentlichen Sinne kein echter "Balun", sondern wirkt als Drossel (Sperre) für Mantelwellen.

Die durch unsymmetrische Speisung einer symmetrischen Antenne entstehenden Mantelwellen würden die Ringkerndrossel als hohen Widerstand ansehen und so zurück zur Antenne reflektiert.

weitere Dipol-Einspeisemöglichkeiten,



Der Faltdipol

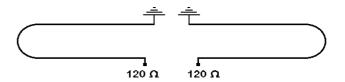
Einen Faltdipol kann man in der Mitte des Strahlers, gegenüber der Speisestelle <u>erden</u>, da dort sich dort ein <u>Spannungsminimum</u> befindet und auch kein Strom gegen Masse abfließt, da die Antenne <u>symmetrisch</u> gespeist ist, also keine der beiden Pole eine Spannungsbeziehung zu Masse hat.

In der Praxis wird ein Faltdipol meist an dieser Stelle mit dem Antennenträger (Boom) verbunden. \rightarrow gute mechanische Befestigung

→ Erdung des Strahlers gegen statische Aufladungen und sonstige Fremdspannungen.

Symmetrierung und Anpassung

Einen Faltdipol kann man in zwei halbe Faltdipole aufteilen, die an den jeweiligen Enden auf Masse liegen. Da der gesamte Faltdipol eine Fußpunktimpedanz von ca. 240 Ω aufweist, hat jeder der beiden halben Dipole eine Impedanz von - gegen Masse gemessen - ca. 120 Ω .

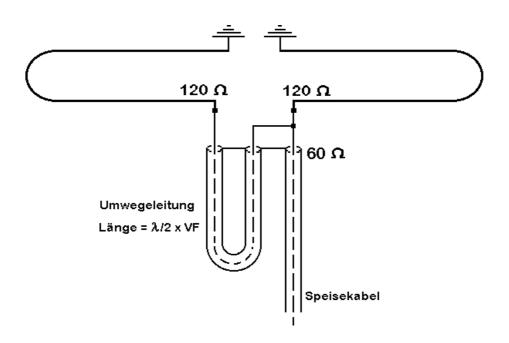


Um auf eine Impedanz von 60 Ω zu kommen (\rightarrow Anschluß an Koaxialkabel), könnte man die beiden Anschlüsse der Dipole einfach parallel schalten. **Aber** \rightarrow <u>Kein Energiefluß</u> in die Antenne, durch das Zusammenschalten der beiden Anschlüsse kein Spannungsunterschied, \rightarrow kein Stromfluß.

Lösung: Man verbindet den einen Anschluß des Dipols direkt mit dem Innenleiter des Speisekabels; zusätzlich wird das HF-Signal von diesem Anschluß über eine (elektrisch) $\frac{\lambda}{2}$ -lange Koaxialleitung zu dem anderen Dipolanschluß geführt und der Innenleiter dieses Kabelstückes mit dem anderen Dipolanschluß verbunden. Dieser zweite Anschluß erhält jetzt ein durch die $\frac{\lambda}{2}$ -lange Koaxialleitung um 180° verzögertes (\rightarrow zum ersten Dipolanschluß gegenphasiges) HF-Signal.

ightarrow <u>Gegenphase</u> ightarrow <u>Spannungsunterschied</u> an den beiden Dipolanschlüssen ightarrow es <u>fließt Strom</u>.

Die $\lambda/2$ -Umwegeleitung transformiert die 120 Ω der einen Dipolhälfte wieder in 120 Ω ; diese werden am Punkt A mit den anderen 120 Ω parallelgeschaltet \to dies ergibt 60 Ω .



Parabolantennen

Parabolantennen bestehen aus einem Erreger ("Speisesystem", "Feed"), der die EM-Wellen aussendet und aus einem Reflektor, der die vom Erreger kommenden Wellen in die Hauptstrahlrichtung der Antenne reflektiert.



Durch die parabolische Form des Reflektors ist gegeben, daß alle vom <u>Brennpunkt</u> (Fokus) ausgehenden Wellen so refektiert werden, daß sie in der Hauptstrahlrichtung <u>parallel</u> und <u>phasengleich</u> verlaufen.

Beim Empfangsfall gilt dasselbe: Alle aus der Empfangsrichtung <u>kommenden Wellen treffen sich</u> <u>nach der Reflexion am Parabolspiegel phasengleich</u> im Brennpunkt.

Eine dort angebrachte Antenne nimmt die konzentrierte HF-Energie auf.

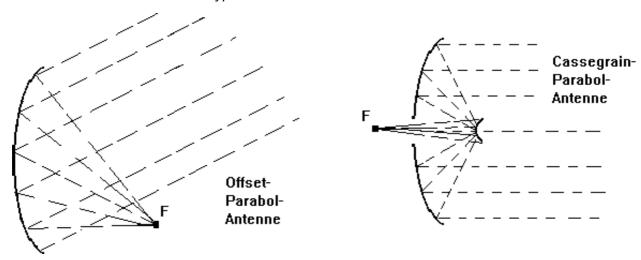
Der <u>Erreger</u> kann eine beliebige Antenne sein. Üblicherweiseverwendet man im Frequenz-bereich 1-3 GHz einen λ /2-Dipol (oder zwei λ /2-Dipole für Kreuzpolarisation); bei höheren Frequenzen kommen als Erreger Hornstrahler zum Einsatz.

Die Größe des Spiegels ist prinzipiell nicht von der Frequenz abhängig, jedoch gilt:

- je größer der Durchmesser des Spiegels → desto höher der Gewinn (bei gleicher Frequenz)
- je höher die Freguenz → desto höher der Gewinn

(bei gleichem Durchmesser)

Verschiedene Parabolantennen-Typen:



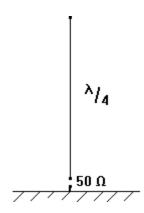
Vertikal-Rundstrahl-Antennen in der Funkpraxis

Ein Vertikal-Rundstrahler ist die in der Funkpraxis am häufigsten angewendete Antennenform.

Anmerkung zur Gewinnbetrachtung von Vertikalantennen, die auf einer leitenden Fläche (Autodach, Erdboden, Radials) montiert sind:

Die Strahlungsenergie, die die Antenne in <u>Richtung Boden</u> abstrahlt, wird wieder schräg nach oben <u>reflektiert</u> und somit <u>zur Hauptstrahlung addiert</u>. Aus diesem Grund haben über Boden montierte Antennen immer einen Gewinn gegenüber derselben, in freiem Raum strahlenden Antenne. Dieser Gewinn ist jedoch <u>sehr von der Leitfähigkeit des Bodens abhängig</u>.

$\lambda/4$ -Strahler:



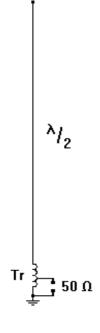
Ein Viertelwellenstrahler ist die einfachste Vertikal-Rundstrahlantenne. Sie stellt prinzipiell eine Hälfte eines Halbwellendipols dar; die Funktion der fehlenden Hälfte übernimmt der Boden. (Erde, Autodach, etc...)

Ein Viertelwellenstrahler hat einen Funkpunktwiderstand von nahezu 50 Ω , so daß eine direkte Anschaltung an übliche Koaxialkabel und Sender erfolgen kann.

Gewinn (ideal) : 3 dBd (Boden = unendliche, leitende Fläche)

Gewinn (real) : 0 - 1 dBd

λ /2-Strahler:



Ein Halbwellenstrahler gehört auch zu den oft verwendeten Vertikalrundstrahlantennen. Sie stellt prinzipiell einen Halbwellendipol dar, der an einem Ende gegen Masse eingespeist wird.

Ein Halbwellenstrahler hat einen Funkpunktwiderstand von ca. 700 bis 2000Ω , so daß eine direkte Anschaltung an übliche Koaxialkabel und Sender nicht möglich ist. Die Anpassung erfolgt über einen Transformator, der üblicherweise nur aus einer Spule, manchmal sogar nur aus einer Windung besteht.

Am oberen Ende der Spule besteht eine sehr hohe Impedanz, am unteren Ende die Impedanz Null. Dazwischen läßt sich ein Anzapfungspunkt finden, der ca. 50 Ohm aufweist.

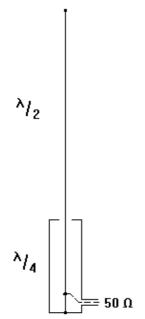
Vorteil: Massefläche bzw. Radials nicht notwendig

Gewinn (ideal) : 4,7 dBd (Boden = unendliche, leitende Fläche)

Gewinn (real) : 2 - 3 dBd (über Boden)

: 0 - 1 dBd (ohne Boden)

$\lambda/2$ -Sperrtopf:



Ein Halbwellen-Sperrtopf besteht aus einem Halbwellendipol, der mit über ein Viertelwellen-Stück an Masse gelegt ist.

Das Viertelwellen-Stück ist mit einem Abschirmbecher umgeben. Es dient lediglich als Transformation von der hohen Impedanz des unteren Ende des $\lambda/2$ -Strahlers auf einen Kurzschluß (0 Ω) am Fußpunkt.

Dieses Stück strahlt keine Energie ab.

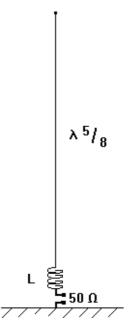
Ein Halbwellen-Sperrtopf kann für den Anschluß eines beliebigen Wellenwiderstandes gebaut werden, da ähnlich wie bei einem $\lambda/2$ -Strahler (Trafo mit Anzapfung) die Eingangsimpedanz je nach Position des Innenleiteranschlusses am $\lambda/4$ -Teil des Strahlers gewählt werden kann.

Vorteil: Massefläche bzw. Radials nicht notwendig

Gewinn (ideal) : 4,7 dBd (Boden = unendliche, leitende Fläche)

Gewinn (real) : 1 - 2 dBd (ohne Boden)

λ5/8-Strahler:



Ein λ 5/8-Strahler ist die am weitesten verbreitete Vertikal-Rundstrahlantenne. Sie wirkt prinzipiell wie ein λ 6/8-(also λ 3/4) Strahler, bei dem das unterste λ /8 durch eine Spule ersetzt wurde.

Grund: Eine $\lambda 3/4$ -Antenne hätte zwar ein gutes SWR, aber keine gute Abstrahlung im Vertikaldiagramm.

Durch die <u>Umkehrung des Stromverlaufs</u> entsteht ein deutlicher <u>Nebenzipfel nach oben</u> \rightarrow Leistungsverlust.

Darum läßt man die ersten "störenden" $\lambda/8$ Länge in einer Spule "laufen", die (fast) keine Abstrahlung hat.

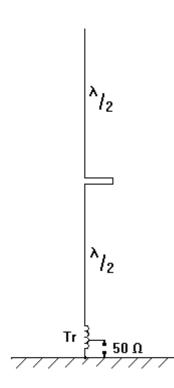
Eine $\lambda 5/8$ -Antenne hat einen Funkpunktwiderstand von nahezu 50Ω , so daß eine direkte Anschaltung an übliche Koaxialkabel und Sender erfolgen kann.

Gewinn (ideal) : 6,0 dBd (Boden = unendliche, leitende Fläche)

Gewinn (real) : 2 - 3 dBd

Trotz einer kleinen, steil nach oben strahlenden Nebenkeule hat eine $\underline{\lambda5/8}$ -Antenne den <u>besten DX-Wirkungsgrad</u> unter den (nicht gestockten) Vertikalstrahlern. Grund dafür ist der sehr flache vertikale Abstrahlwinkel (ca. 18°).

Vertikal-Rundstrahl-Antennen, länger als λ5/8:



Zur Erzielung eines höheren Gewinns muß man die Länge des Strahlers weiter erhöhen.

Ab einer Strahlerlänge von $5\lambda/8$ entstehen jedoch Nebenzipfel, die steil nach oben und unten strahlen und bei weiterer Verlängerung einen hohen Verlust bedeuten würden.

Bei einer Länge von 1λ löscht sich die Abstrahlung parallel zum Erdboden durch gegenphasige Stromverläufe sogar ganz aus und es bleiben nur Nebenzipfel.

Um diesen Effekt zu verhindern, läßt man die "störenden", also gegenphasigen Wellenanteile in Blindelemente, wie L's, C's oder Umwegeleitungen (sog. Stubs) laufen, bis sie wieder phasengleich sind. \rightarrow Drehung um 180°

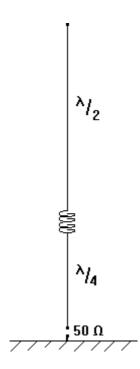
Solche Stubs drehen lediglich die Phase des Stromverlaufs, strahlen jedoch keine Energie ab, also bedeuten keine Diagrammveränderungen oder Verluste.

Stockungen dieser Art (Colliniear-Anordnungen) sind auch mehrfach ($3x \lambda/2$, $4x\lambda/2$, $5x\lambda/2$...) möglich.

Gewinn (ideal) : 7,7 dBd

Gewinn (real) : 5 - 6 dBd (über Boden)

: 3 - 4 dBd (ohne Boden)



Will man sich den Transformator am Fußpunkt sparen, verwendet man häufig nebenstehende Antennenform.

Diese Antenne besteht aus einem $\lambda/2$ - und einem $\lambda/4$ -Strahler, die über eine Spule (\rightarrow Phasenumkehr s.o.) gekoppelt sind.

Diese Antenne hat zwar einen um ca 1 dB geringeren Gewinn als die 2x λ /2-Antenne, weist jedoch eine Fußpunktimpedanz von ca. 50 Ω auf, so daß eine leichte Anpassung an Koaxialkabel möglich ist

Durch den stabilen, trafolosen Fußpunkt finden diese Antennen oft Anwendung als Autoantenne; neben dem Amateurfunk auch für Betriebsfunk und C-Netz (im 70cm-Band), D-Netz (35cm-Band) und E-Netz (17cm-Band).

Gewinn (ideal) : 6,8 dBd (Boden = unendliche, leitende Fläche)

Gewinn (real) : 3 bis 5 dBd

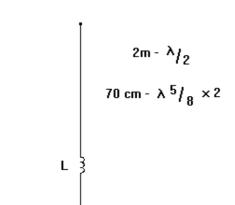
Duoband-Rundstrahl-Antennen (2m + 70cm), Kfz-Montage:

^{2m - λ}/₄ 70 cm - λ⁵/₈ Einfache Vertikalantenne für das 2m- und 70cm-Band:

ca. 45cm langer Strahler mit einer Spule (1 Windung) am Fußpunkt.

- Diese Antenne ist für das <u>2m-Band</u> ein (durch die Spule) leicht verkürzter $\lambda/4$ -Strahler \rightarrow 50 Ω .
- Im <u>70cm-Band</u> wirkt der verkürzte Strahler als $\lambda 5/8$ -Strahler, mit der Spule \rightarrow 50 Ω ..

Gewinn_{real} (2m) : 0 - 1 dBdGewinn_{real} (70cm) : 2 - 3 dBd



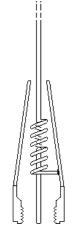
Gestockte Vertikalantenne für das 2m- und 70cm-Band:

ca. 90cm langer Strahler mit einer Spule in der Strahlermitte und einem Transformator am Fußpunkt.

- Diese Antenne ist für das <u>2m-Band</u> ein (durch die Mittelspule) leicht verkürzter <u>λ/2-Strahler</u>.
- Im <u>70cm-Band</u> wirkt die Antenne als <u>2 x λ5/8-Strahler</u>, die Mittelspule dient zur Phasendrehung um 90°.

Nach der 90°-Drehung des 70cm-Signals trifft dieses im Fußpunkt mit dem 2m-Signal wieder in einem gemeinsamen Strom-Minimum zusammen. Für beide Bänder ist diese Antenne am Fußpunkt hochohmig und wird über einen Breitbandtrafo an 50 Ω agepaßt.

 $\begin{array}{ll} \text{Gewinn}_{\text{real}} \ (2\text{m}) & : \ 3 \ - \ 4 \ \text{dBd} \\ \text{Gewinn}_{\text{real}} \ (70\text{cm}) & : \ 5 \ - \ 6 \ \text{dBd} \\ \end{array}$



Mechanische Ausführung des Transformators im Fußpunkt der gestockten Duoband-Antenne.

Der Anschluß erfolgt über eine Koaxial-Steckverbindung vom Typ TNC, N- oder PL.

Die Antenne ist mit dem Stecker, der Fuß mit der passenden Buchse versehen.

Duoband-Rundstrahl-Antennen (2m + 70cm), Hausdachmontage:

2m - λ/2 ×2

70 cm - λ $^{5}/_{8} \times 4$

Duoband-Antennen für Hausdachmontage funktionieren prinzipiell wie gestockte Duoband-Antennen für KFz-Montage.

Je nach gewünschter Länge (\rightarrow Gewinn) werden mehrere $\lambda/2+2x\lambda5/8$ -Systeme übereinander gestockt.

Bei jedem Übergang von einem $\lambda/2+2x\lambda5/8$ -System in das nächste muß die Phase um 180° gedreht werden, da sonst gegenphasige Stromverläufe zu einem ungünstigen Strahlungsdiagramm (Nebenkeulen, Auslöschungen) führen würden.

Diese Aufgabe übernimmt die vergleichsweise große Spule (höhere Induktivität) zwischen den Systemen.

Phasendrehung der (großen) Spule:

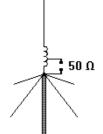
bei 2m: 180° (Gegenphase)

bei 70cm : 3 x 180° → Wirkung wie 180° (Gegenphase)

Feststations-Duoband-Antennen dieser Art sind von vielen Herstellern in verschiedenen Längen erhältlich; z.B.:

Typ:*)	Länge:	Stockung:	Gewinn:	
		70cm	2m	70cm
X30	1,2 m	$1 \times \lambda/2 + 2 \times \lambda 5/8$	1 dBd	2,5 dBd
X200	2,5 m	$2 \times \lambda/2 + 4 \times \lambda 5/8$	4 dBd	5,5 dBd
X500	5,2 m	$4 \times \lambda/2 + 8 \times \lambda 5/8$	6 dBd	8,5 dBd
X700	7,6 m	$6 \times \lambda/2 + 12 \times \lambda 5/8$	7,5 dBd	10 dBd

*) Antennen "X..." sind Produkte der Firma "Diamond"; andere Hersteller bieten auch vergleichbare Antennen, mit gleichen elektrischen Daten, unter anderen Bezeichnungen an.



Dreibandantennen:

Neben den Duoband-Antennen gibt es auch Antennen für drei Bänder.

Üblich sind Konfigurationen wie : 2m, 70cm, 23cm

2m, 70cm, 1,25m (USA)

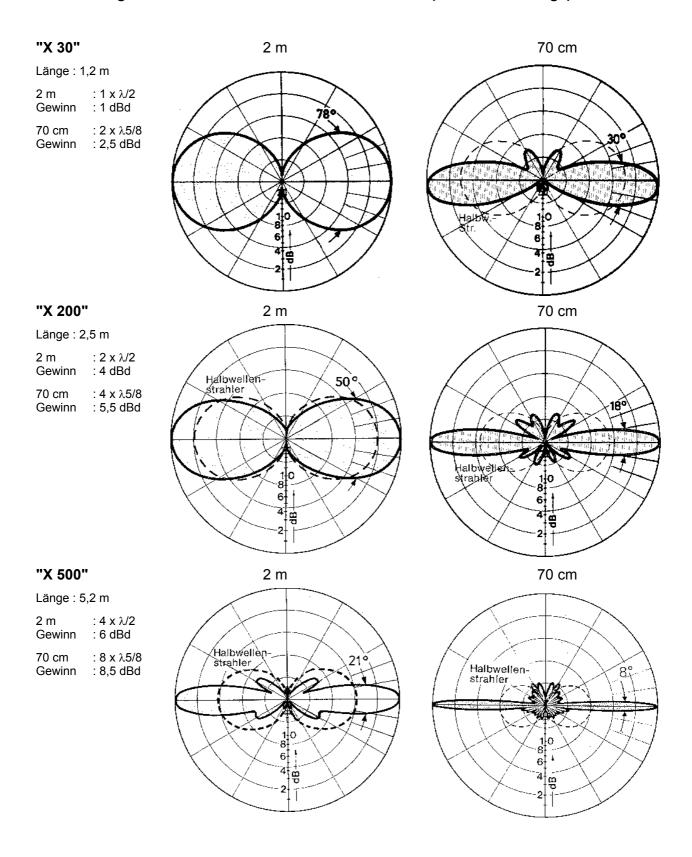
2m, 70cm, 10m

2m, 70cm, UKW-Radio

2m, 70cm, D-Netz

Dreiband-Antennen sind in der prinzipiellen Funktion den Duoband-Antennen sehr ähnlich.

Vertikal-Diagramme von Duoband-Rundstrahl-Antennen (Hausdachmontage):



Lösungen der Aufgaben

Seite 1: Strom- und Spannungsverlauf auf einem Dipol Am Ende muß der Strom immer Null sein. Daher ist er in der Mitte ein Maximum. Die Spannung kann am Ende existieren. Sie ist daher am Ende hoch, in der Mitte klein.

Seite 14: Stockung 2x vertikal, 4x horizontal

Daten einer Einzelantenne: $\alpha_{horiz} = 20^{\circ}$ $\alpha_{vert} = 30^{\circ}$ g = 12 dB Kombination : $\alpha_{horiz} = 5^{\circ}$ $\alpha_{vert} = 15^{\circ}$ g = 21 dB