Klasse A Antennen und HF-Leitungen

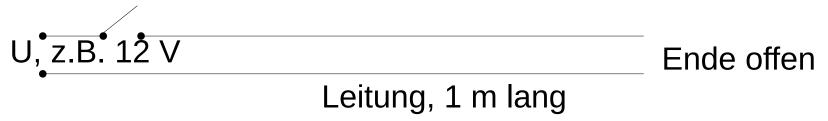
Fragen TH101-TH423



Michael Funke – DL4EAX Andreas Krüger - DJ3EI



Was passiert?



Erster Versuch:

Wenn der Schalter geschlossen wird, passiert – nix. Der Stromkreis ist nicht geschlossen.

Das ist nicht falsch, aber Gleichstromdenken. HF-Technik schaut genauer hin...

Verkürzungsfaktor

Signale pflanzen sich in üblichen Kabeln fort mit etwa VF = 60-95% der Lichtgeschwindigkeit.

Der Prozentsatz ist der Verkürzungsfaktor VF des Kabels.

Der Verkürzungsfaktor hängt ab vom Material der Isolierung:

Luft: Schnell, VF nahe 100%,

Plastik: Langsam, je nach Sorte VF

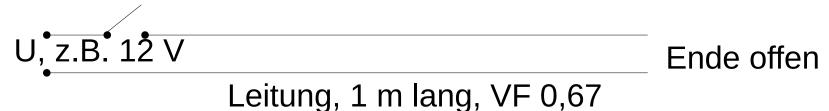
z.B. massives Polyäthylen 0,66,

Plastikschaum: Dazwischen.

TH318 TH319 TH321

TH322

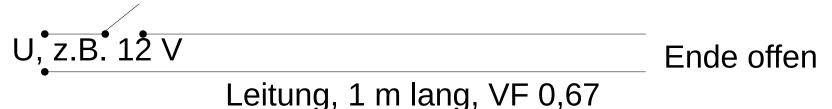
Was passiert?



Wenn der Schalter geschlossen wird, dauert es etwa 5 ns (Millardstel Sekunden), bis das Signal am anderen Ende ankommt.

In den ersten 5 ns spielt es noch keine Rolle, was am anderen Ende angeschlossen ist.

Was passiert?



Wenn der Schalter geschlossen wird, dauert es etwa 5 ns (Millardstel Sekunden), bis das Signal am anderen Ende ankommt.

In den ersten 5 ns spielt es noch keine Rolle, was am anderen Ende angeschlossen ist.

Die Information, was am anderen Ende angeschlossen ist, muss den Rückweg antreten. Daher sogar:

In den ersten 10 ns spielt es noch keine Rolle, was am anderen Ende angeschlossen ist.

Was passiert in den ersten 10 ns?

U, z.B. 12 V Leitung, 1 m lang, VF 0,67

In den ersten ns nachdem der Schalter geschlossen wird, schluckt die Leitung Strom und verhält sich wie ein Widerstand.

Den Widerstandswert nennt man den Wellenwiderstand oder die Impedanz des Kabels, Formelbuchstabe Z oder Z_0 .

(Werte etwa 50-600 Ω , kommt noch.)

Wellenwiderstand in etwa frequenzunabhängig

TH301 Der Wellenwiderstand einer Leitung ist im HF-Bereich in etwa konstant.

TH301

Was passiert in den ersten 5 ns?



Leitung, 1 m lang, VF 0,67, Wellenwiderstand 200 Ω

In den ersten 5 ns nach Schaltmoment wandert eine "Stromfront" vom gespeisten zum offenen Ende.

Was passiert in den nächsten 5 ns?



Leitung, 1 m lang, VF 0,67, Wellenwiderstand 200 Ω

5-10 ns nach Schaltmoment wandert eine "kein-Strom-Front" vom offenen Ende zurück zum gespeisten.

Was passiert später?

U, z.B. 12 V

kein Stromfluss

Ende offen

Leitung, 1 m lang, VF 0,67, Wellenwiderstand 200 Ω

Nach 10 ns und später stimmt, was der Gleichstromtechniker vorausgesehen hatte:
Nix tut sich.

Eine nützliche Sichtweise



Leitung, 1 m lang, VF 0,67, Wellenwiderstand 200 Ω

Das System verhält sich genau so, als würde 5 ns nach dem Schaltvorgang links am rechten Ende eine zweite Spannungsquelle von ebenfalls 12 V zugeschaltet.

Ab 10 ns sind die beiden Stromflüsse von je 60 mA beide auf dem Kabel vorhanden, aber sie heben sich gegenseitig genau auf.

Warum "nützliche" Sichtweise?

Diese Sichtweise ist für Gleichspannungen nur in wenigen Spezialfällen nützlich.

Im HF-Fall ist sie fundamental.

Vor- und rücklaufende Welle



Aufbau: Eine HF-Quelle (gegebener Frequenz), eine Leitung, ein Abschluss.

- Im laufenden Betrieb entstehen an verschiedenen Punkten der Leitung unterschiedliche Verhältnisse.
- Die kann man verstehen, indem man sich eine vorlaufende und eine rücklaufende Spannung (Welle) denkt.
- Die vorlaufende läuft von der Quelle zum Abschluss, die rücklaufende umgekehrt.
- Beide haben dieselbe Frequenz, die von der Quelle vorgegeben ist.

Gleichimpedanter Abschluss



Schließe ich mit einem Widerstand ab, dessen Wert gleich ist dem Wellenwiderstand der Leitung, gibt es keine rücklaufende Welle.

Manchen hilft die Vorstellung:
Der Widerstand verhält sich genauso
wie eine unendlich lange Fortsetzung der Leitung:
Es kommt nie was zurück.

Phasenverschiebung



 λ Leitungslänge entspricht 360° oder 2π . $\lambda/2$ entspricht 180° oder π . $\lambda/4$ entspricht 90° oder $\pi/2$.

- Das gilt immer nur für die eine Frequenz, für die ich die λ berechne.
- λ , $\lambda/2$, $\lambda/4$ normal ausgerechnet (300 / MHz) ergibt **elektrische** Länge
- Die tatsächliche Leitungslänge ist kürzer:

$$l_{\text{mechanisch}} = VF * l_{\text{elektrisch}}$$

Phasenverschiebung



- Die vorlaufende Welle reist von links nach rechts.
- Die rücklaufende Welle reist von rechts nach links.

Wenn ich meinen Beobachtungspunkt auf der Leitung etwas nach links verschiebe:

- Die vorlaufende Welle hat etwas weniger Phasenverschiebung
- Die rücklaufende Welle hat etwas mehr Phasenverschiebung.

Durch Wahl passender Punkte kann ich jede gewünschte Phasenverschiebungs**differenz** zwischen den beiden Wellen "einstellen".

Bäuche und Knoten



Ich betrachte nun verschiedene Punkte der Leitung. Je nachdem, wo, ändert sich die relative Phasenlage der beiden.

- Wenn die Leitung lang genug ist, findet sich ein Punkt, an dem beide gleichphasig schwingen und sich verstärken: Dort Spannungsmaximum, "Spannungsbauch".
- An einer anderen Stelle schwingen sie genau gegenphasig und schwächen sich ab: Spannungsminimum, "Spannungsknoten".

Wer den Begriff "stehende Wellen" kennt: Genau darum geht es hier.

Stehwellenverhältnis



- Im Spannungsmaximum hohe Spannung U_{\max} .
- Im Spannungsminimum niedrigere Spannung U_{\min} .
- Das Stehwellenverhältnis ist das Verhältnis der beiden:

$$VSWR = U_{max} / U_{min}$$

- Die Abkürzung VSWR steht für Voltage Standing Wave Ratio.
- Das "V" wird oft weggelassen: SWR.

Stehwellenverhältnis



- Im Spannungsmaximum hohe Spannung U_{max} .
- Im Spannungsminimum niedrigere Spannung U_{\min} .
- Das Stehwellenverhältnis ist das Verhältnis der beiden:

$$VSWR = U_{max} / U_{min}$$

- Die Abkürzung VSWR steht für Voltage Standing Wave Ratio.
- Das "V" wird oft weggelassen: SWR.
- Wenn das Kabel nicht lang genug ist für einen U_{max} und einen U_{min} – Punkt, ändert das nichts am SWR-Wert.
 (Ich denke es mir einfach länger.)

Beispiele

Hinlaufend 3 V, rücklaufend 1 V (Leistung hinlaufend 9fach der rücklaufenden):

Maximalspannung 3 + 1 = 4

Minimalspannung 3 - 1 = 2

SWR 4 / 2 = 2

Hinlaufend 2 V, rücklaufend 1 V (Leistung hinlaufend 4fach der rücklaufenden):

Maximalspannung 2 + 1 = 3

Minimalspannung 2 - 1 = 1

SWR 3 / 1 = 3

Lose verknüpft mit TH330 und TH331. Auch TH422.

Extremfall Anpassung

(gleichimpedanter Abschluss)

- Wird mit dem Wellenwiderstand des Kabels abgeschlossen, so gibt es keine rücklaufende Welle.
- Also $U_{max} = U_{min}$ also VSWR = 1.
- Diesen Fall nennt man "angepasste Speisung" oder "Anpassung".

TH302: Eine Übertragungsleitung gilt als richtig angepasst, wenn der Widerstand, mit dem sie abgeschlossen ist, den Wert des Wellenwiderstandes aufweist.

TH421 Fehlanpassungen, schlecht montierte Steckverbindungen oder Beschädigungen von HF-Übertragungsleitungen führen zu Reflektionen des übertragenen HF-Signals und zu einem erhöhten VSWR.

TH323: Wie verhält sich das Stehwellenverhältnis, wenn Wasser in eine genau angepasste Antennenspeiseleitung eindringt? Es erhöht sich.

Der andere Extremfall

```
U<sub>HF</sub>
```

- Ein offenes Kabelende führt zu einer rücklaufenden Welle derselben Größe wie die vorlaufende (bei verlustfreiem Kabel).
- Dann ist $U_{min} = 0$ und der Quotient U_{max} / U_{min} undefiniert (man kann nicht durch 0 dividieren).
- Man spricht dann von VSWR = ∞.

Noch ein? Extremfall

U_{HF}

- Ein kurzgeschlossenes Kabelende?
- Offensichtlich ist $U_{min} = 0$ (am Kurzschluss) und der Quotient U_{max} / U_{min} undefiniert (man kann nicht durch 0 dividieren).
- Man spricht dann wieder von VSWR = ∞ .
- Ein kurzgeschlossenes Kabelende führt ebenfalls zu einer rücklaufenden Welle derselben Größe wie die vorlaufende.
- Am Kurzschlussort sind die beiden Wellen entgegengesetzt (Spannung heben sich auf, Strom verdoppelt).
- Beim offenen Ende waren die beiden Wellen am Kabelende gleichphasig (Spannungen gleich, Ströme heben sich auf).

Die magische Länge λ/4

- Ein $\lambda/4$ -Kabelstück, am Ende offen, verhält sich am anderen Ende wie ein Kurzschluss.
- Ein $\lambda/4$ -Kabelstück, am Ende kurzgeschlossen, verhält sich am anderen Ende wie "nicht da" offen.
- Übrigens: Spannungsbauch und Spannungsknoten sind immer λ/4 voneinander entfernt.

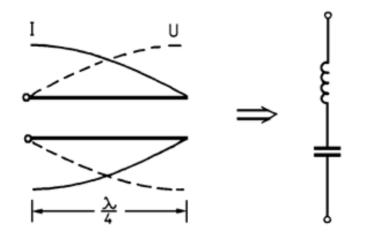
TH408 TH409 TH410

Lecherleitung

- Paralleldrahtleitung mit Luftisolation
- Ausführung z.B.:
 Zwei Drähte über einem langen Brett.
- VF praktisch 1
- Ziel nicht Energietransport, sondern in der Regel Herumspielen Experimente
- Früher: Wellenlängenmessung (Kurzschlussreiter verschieben, Länge nachmessen).

Lecherleitung Beispiel

TH326 Was zeigt diese Darstellung?



Quelle: BNetzA Fragenkatalog A

A Sie zeigt die Strom- und Spannungsverteilung an einer offenen λ/4-Lecherleitung. Sie wirkt als Reihenschwingkreis.

Na ja... Wirkt als Reihenschwingkreis (nur) in der Nähe der Zielfrequenz.

Die andere magische Länge: λ/2

- An einer Stelle X hat die vorlaufende Welle eine bestimmte Phase und die rücklaufende eine andere.
- Die Stelle λ/2 weiter zur Quelle nennen wir Y.
- Dort ist die vorlaufende Welle 180° später und die rücklaufende Welle 180° früher

(je nachdem, wie man "später" und "früher" definiert).

- Der (allein wichtige) Phasenunterschied zwischen beiden ist bei Y um 360° verschoben gegenüber X: also identisch.
- Kurzschluss am Ende einer $\lambda/2$ -Leitung: Am Anfang Kursschluss.
- Offenes Ende am Ende einer $\lambda/2$ -Leitung: Am Anfang wieder offenes Ende.

TH413 TH414

• Beliebiger Abschluss Z am Ende einer $\lambda/2$ -Leitung: Am Anfang wieder Z.

Das gilt für Leitungen jeden Wellenwiderstandes.

SWR ∞

 Alle Abschlüsse, die keine Energie verbrauchen, führen zu einer rücklaufenden Welle gleicher Größe wie die vorlaufende und damit zu VSWR = ∞.

Es gibt vier Beispiele:

- Offenes Ende.
- Kurzschluss.
- Abschluss mit einem Kondensator.
- Abschluss mit einer Spule.

SWR berechnen.

... am Beispiel des üblichen 50 Ω Amateurfunk Koaxialkabels.

Das VSWR = SWR misst, wie "weit entfernt" von 50 Ω das Angeschlossene ist.

Wie funktioniert das?

- Genau 50 Ω : SWR = 1.
- Alle anderen SWR-Werte sind höher.
- Abschluss mit 25 Ω oder 100 Ω: (50/2 oder 50 * 2):
 Beides SWR = 2.
 Allgemein 50 / x Ω und 50 * x Ω beides SWR = x (für x ≥ 1).
- Mehr Beispiele: $55~\Omega$ ist SWR = 1,1 und $350~\Omega$ ist SWR = 7, $10~\Omega$ ist SWR = 5 und $2~\Omega$ ist SWR = 25.
- Man kann SWR auch für Kombinationen von Widerständen mit Kondensatoren und/oder Spulen ausrechnen, siehe Formelsammlung. (Reale Antennen verhalten sich oft wie solche Kombinationen.) Dazu gibt es aber keine Prüfungsfragen.

Transformation durch Leitungen

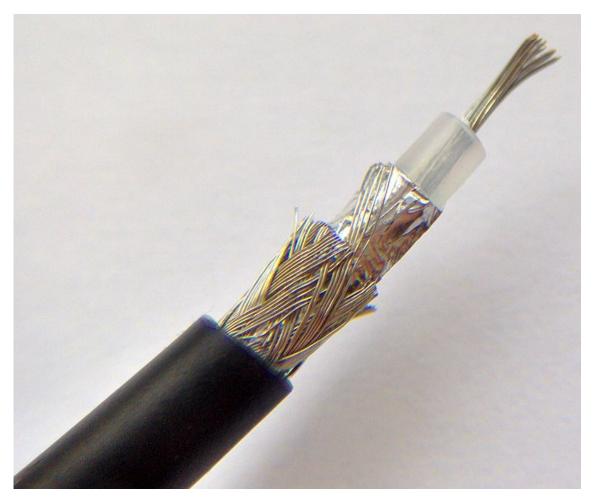
Bei 50 Ω Kabel liefert ein Abschluss von 5 Ω ein SWR von 10 und von 500 Ω auch ein SWR von 10.

- Ein Stück 50 Ω Kabel von $\lambda/4$ mit 5 Ω abgeschlossen: Am anderen Ende eine Impedanz von 500 Ω .
- Ein Stück 50 Ω Kabel von $\lambda/4$ mit 500 Ω abgeschlossen: Am anderen Ende eine Impedanz von 5 Ω .
- Passende andere Längen, mit 5 Ω oder 500 Ω am Ende liefern jede SWR 10 Kombination von L/C und R.
- Passende Längen transformieren jede solche Kombination nach 5 Ω oder 500 Ω .

Alles bisher gesagt gilt für verschiedene

Typen von Speiseleitungen

Koaxkabel



Der eine Leiter ist ein (mehr oder weniger) flexibles Rohr um den anderen Leiter herum.

Innenleiter
Draht oder Litze

Schirm
Geflecht und Folie
(bei einfachem Kabel
nur Geflecht)

Bildquelle: FDominec - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1799992

Koax(ial)kabel

Koaxkabel ist eine unsymmetrische Speiseleitung, weil beide Leiter unterschiedlich geformt sind.

Amateurfunktransceiver haben meist passende unsymmetrische 50 Ω Anschlüsse, geeignet für Koaxkabel mit 50 Ω Wellenwiderstand. In der Fernsehtechnik findet 75 Ω Kabel Verwendung. Früher wurde auch noch 60 Ω Kabel benutzt.

Koaxkabel strahlen nicht und nehmen keine Störsignale auf, wenn man sie richtig benutzt (Mantelwellen vermeidet).

Klassische Leitung: Paralleldrahtspeiseleitung (Hühnerleiter, Flachbandkabel)

Paralleldraht-Speiseleitungen haben einen höheren Wellenwiderstand (typisch 200-600 Ω). Sie haben von Haus aus geringere Verluste als Koaxkabel und halten hohe Leistungen aus. Sie sind symmetrisch.



Warum sendet eine Speiseleitung nicht?

Wo HF-Strom fließt, wird gesendet.

Aber:

Die Ströme einer ordnungsgemäß betriebenen Speiseleitung sind in jedem Augenblick gleich groß und entgegengesetzt.

Deshalb heben sich die beiden Aussendungen auf.

(Die Form der Speiseleitung ist egal.)

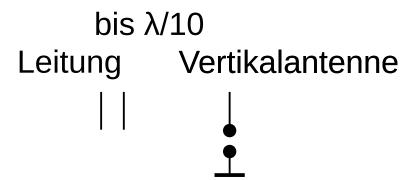
Mantelwellen

- Wenn die Symmetrie gestört ist, sendet das Kabel.
- Es treten unsymmetrische Ströme auf dem Kabel auf; bei Koaxkabel nennt man die "Mantelwellen".
- Das Richtdiagramm der Antenne wird verformt.
- Es können Störungen entstehen (Senden) oder eingefangen werden (Empfang).

TH415 TH418

Antennen und Speiseleitungen verschiedener Größe

Erstmal ganz kurz, unterhalb von $\lambda/10$.



Horizontaldipol

bis 2 x λ/10

Eingespeistes Signal schwappt zum Ende und wird schnell wieder zurückgeworfen, wegen kurzer Wegstrecke U_{vor} und $U_{rück}$ fast phasengleich, heben sich fast auf, daher kaum Strom.

Alles drei verhält sich wie ein kleiner Kondensator (wenige pF). Braucht hohe Spannung, um wenig Strom durchzulassen.

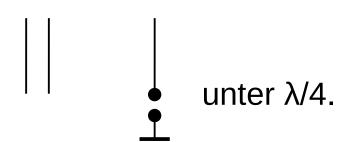
Kurze Antennen verhalten sich wie kleine Widerstände ($m\Omega$) in Serie mit diesen Kondensatoren. Benötigt hohen Strom, um wenig Leistung zu senden.

Spezial-Antennentuner mit guten Spulen erlauben hohe Spannungen und gleichzeitig hohe Ströme. (Oft trotzdem hohe Verluste.)

Beispiele: Mittelwellenantennen, KW-Antennen für Mobilbetrieb auf Kfz.

Etwa $\lambda/8$ bis unter $\lambda/4$.

Horizontaldipol
unter $2 \times \lambda/4$



Eingespeistes Signal schwappt zum Ende und wird wieder zurückgeworfen, wegen längerer Wegstrecke deutlicher Phasenunterschied $U_{vor} <=> U_{rück}$, also mehr Strom.

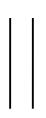
Alles drei verhält sich wie ein mittlerer Kondensator (einige pF). Braucht normale Spannung, um ganz ordentlich Strom durchzulassen.

Antennen verhalten sich wie Widerstände (Ω) in Serie mit diesen Kondensatoren. Benötigt normalen Strom, um Leistung abzusenden.

Ab etwa $\lambda/8$ und länger (Dipol: 2 x $\lambda/8$) brauchbar mit Antennentuner.

Beispiele: 2 x 6,5 m Antenne auf 40 m, 2 x 13 m Antenne auf 80 m.

Genau $\lambda/4$.



Eingespeistes Signal schwappt zum Ende und wird wieder zurückgeworfen, wegen 2 x λ/4 Wegstrecke genaue Phasenumkehr am Anfang, dort

$$U_{\text{vor}} = -U_{\text{rück}}$$
.

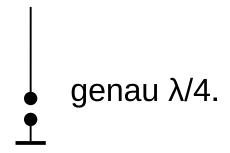
Bei einer (verlustlosen) Speiseleitung von (elektrisch) $\lambda/4$ mit offenem Ende kompensieren sich hinlaufende und rücklaufende Welle am Eingang.

Also herrschen dort 0 Volt.

Eine hinten offene Stichleitung von $\lambda/4$ verhält sich vorne wie ein Kurzschluss! Die mechanische Länge ist dabei kürzer als $\lambda/4$, wegen des Verkürzungsfaktors.

Genau $\lambda/4$ bzw. 2 x $\lambda/4$.

Halbwellendipol, horizontal genau 2 x $\lambda/4 = \lambda/2$



Durch die ausgesendete Energie ist hier die Spannung $U_{rück}$ kleiner.

Beide Antennen verhalten sich wie relativ niedrige Widerstände.

Vertikalantenne: Etwa 30...35 Ω , Halbwellendipol: 50...100 Ω , beides sehr abhängig von Bodenverhältnissen und Aufbau.

Die mechanische Länge ist etwas kürzer.

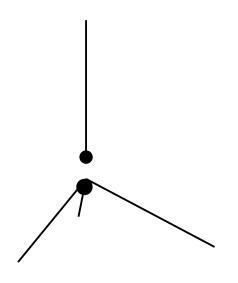
Die BNetzA hat noch den älteren Wert 95 %, je nach Leiter sind es 97 %.

Vertikalantennen

Erdnetz einer Vertikalantenne

- Staberder o.ä. einbuddeln ist Mist für HF.
- Gut funktioniert eine große Blechscheibe z.B. Autodach für 70cm – Antenne.
- Ersetzbar durch 120 strahlförmig vom Antennenfußpunkt in alle Richtungen ausgelegte "Radials" (auf der Erde oder flach eingebuddelt, z.B. λ/4 lang).
- Wenn man die Radials höher in die Luft bringt, kommt man mit 3 oder 4 aus.
- Extremfall Upper + Outer: Ein Radial.

Groundplane



Vertikalantenne mit erhöhten Radials (zum Beispiel für 2 m oder 70 cm).

Nur drei gleichmäßig um die Antenne verteilte Radials.

Radials und Strahler (ungefähr) $\lambda/4$, dann wirkt die Antenne als Widerstand.

Wenn Radials horizontal sind, ca. 30 Ω .

Winkelt man sie nach unten ab, erreicht man 50 Ω .

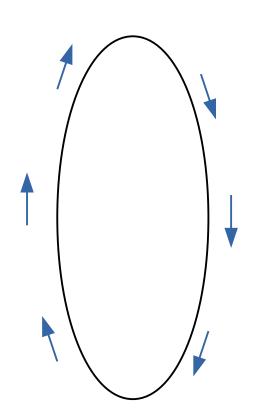
Magnetische Schleifenantenne

Magnetic Loop



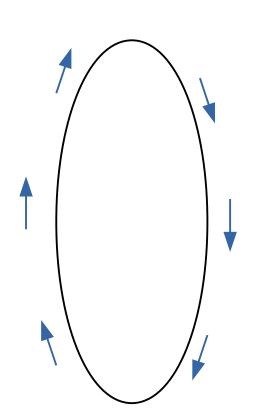
Bildquelle: Trixt - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0 https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4623578

Magnetische Ringantenne



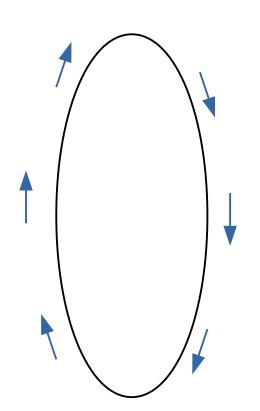
- Kreis (oder z.B. Quadrat), klein gegenüber der Wellenlänge, z.B. Umfang λ/10.
- Deshalb fließt in jedem Augenblick überall (ungefähr) derselbe Strom.

Magnetische Ringantenne



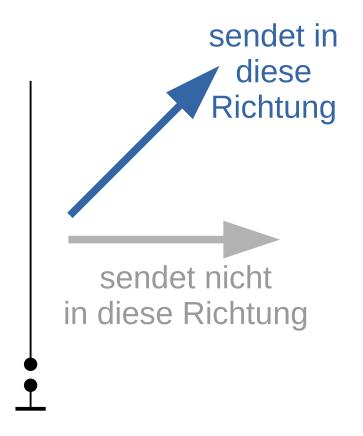
- Zu jeder Stelle vorne gibt es eine Stelle hinten, wo der Strom genau andersherum fließt.
- Das hebt sich auf, die Loop sendet daher nicht. Hä?
- Nein nur fast! Das Feld braucht etwas Zeit von hinten nach vorne und kommt daher etwas zu spät, um genau aufzuheben.

Magnetische Ringantenne



- Sehr hohe Ströme nötig, damit da was rauskommt.
- Man erreicht die, indem man die Spule irgendwo aufmacht und mit einem Kondensator zum Schwingkreis ergänzt.
- Wegen der hohen Ströme starke HF-Magnetfelder im Nahfeld!

Vertikalantenne Länge λ



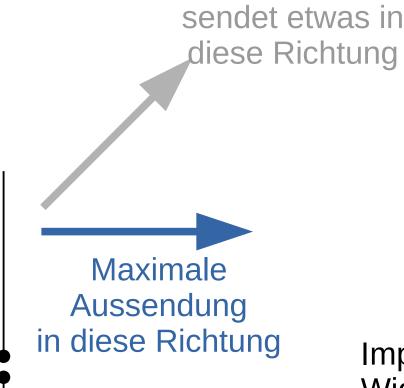
Nach $\lambda/2$ dreht sich die Phase um.

Zu jedem Stromfluss in der oberen Hälfte findet sich ein genau entgegengesetzter Stromfluss in der unteren Hälfte.

Die heben sie sich auf, wenn ich von der Seite schaue.

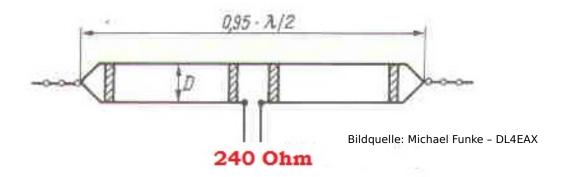
Schaue ich von schräg oben (oder unten), hebt sich das nicht auf.

Optimale Vertikalantenne: 5/8 λ



Impedanz kein reiner Widerstand, die 5/8 λ Antenne benötigt einen Antennentuner oder andere (einfache) Anpassung.

Faltdipol-Antenne



Sonderform der Dipolantenne und Schleifenantenne.

(Die Schleife ist enger als hier gezeichnet, kleines D.)

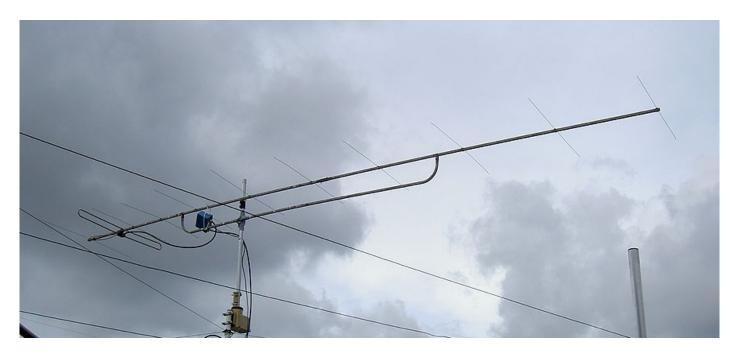
Die beiden Leiter schwingen im Gleichtakt, die Felder verstärken sich.

Daher nur die halbe Stromstärke nötig für dieselbe Sendeleistung.

"Halbe Stromstärke für selbe Leistung" bedeutet "vierfacher Widerstand" (Ohmsches Gesetz).

Normales Dipol etwa 60 Ω , daher Faltdipol etwa 4 x 60 Ω = 240 Ω .

Yagi-Antenne (Yagi-Uda-Antenne)



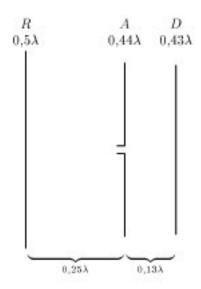
Bildquelle: Von Denis Apel in der Wikipedia auf Deutsch, CC BY-SA 3.0 https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11361917

Yagi-Antenne

Bei der Yagi-Antenne wird die Abstrahlung und der Empfang in eine/aus einer Richtung gebündelt.

Das passiert durch parasitäre Elemente. Durch ihre Länge (knapp außerhalb der Resonanz) verändern sich die Phasenlagen und es tritt Auslöschung unerwünschter Richtung und Verstärkung erwünschter Richtungen auf.

Je mehr Aufwand man treibt, umso höher werden Richtwirkung und Gewinn.





Bildquelle: CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1032793

Beam

Nennt man eine Yagi-Antenne für Kurzwelle.

Beams für das 80 m – Band werden so riesig, dass die BnetzA nicht glaubt, dass so etwas real existiert. (Tut es aber.)

Symmetrische und unsymmetrische Antenne

Ein Dipol hat zwei gleich lange Seiten und ist damit symmetrisch.

Eine Vertikalantenne gegen Erde oder Radialnetz oder eine "Groundplane" ist unsymmetrisch.

Wie wir im Weiteren noch sehen werden, hat diese Konstellation Einfluss auf die Einspeisung.

Langdraht-Antenne

Ein Langdrahtantenne ist nach genauer Definition eine Antenne, die länger als Lambda ist. Der Begriff wird heute aber auch für endgespeiste Antennen genutzt, die kürzer als Lambda sind. Sie werden auf Kurzwelle eingesetzt, wenn die lokalen Gegebenheiten einen mittelgespeistes Dipol nicht zulassen.



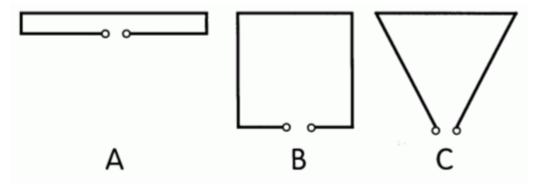
Bildquelle: Adamantios - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0 https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6329109

(Delta)-Loop-Antenne

Die Loop-Antenne kann z.B. als Ganzwellenschleife ausgeführt werden.

Bei Dreiecksform (C) nennt man sie auch Deltaloop.

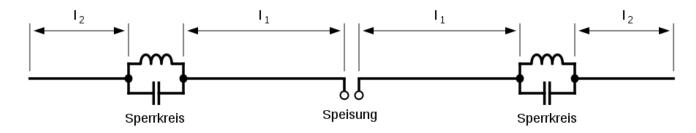
Die Loop kann auf der Spitze stehen (wie hier) oder auch vertikal gespiegelt.



Bildquelle: https://www.darc.de/der-club/referate/aiw/lehrgang-te/e11/

B, C: Alternative Einspeisungsstellen sind möglich.

W3DZZ-Antenne



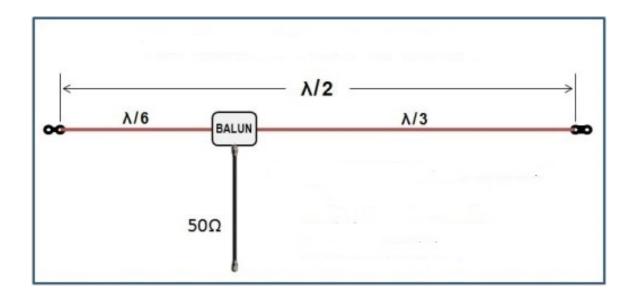
Bildquelle: Von wdwd - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38029676

Bei der W3DZZ-Antenne erreicht man ca. 50 Ω auf zwei Bändern, indem man einen Teil der Antenne für eine bestimmte Frequenz mittels Sperrkreisen sperrt.

Beispiel: Die "Ur"-W3DZZ ist I_1 10.07m lang und damit ein λ /2-Dipol für 40m. Die Sperrkreise sind bei 7MHz in Resonanz und sperren den Rest der Antenne bei 40m-Betrieb ab. Bei 80m-Betrieb kommt die gesamte Länge der Antenne zur Wirkung und die Sperrkreise bewirken zusätzlich eine Verkürzung der Antenne.

Windom-Antenne

Durch die Speisung außerhalb der Mitte erreicht man Mehrbandbetrieb. Allerdings neigt die Antenne dazu, "Mantelwellen" auf dem Koaxkabel zu erzeugen: In beiden Leitern des Kabels fließen nicht genau entgegengesetzte Ströme. Dagegen wehrt man sich mit einem Balun.

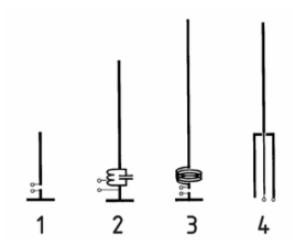


Bildquelle: http://www.dj0ip.de/off-center-fed-dipole/classical-c-f-windom/

Verschiedene Arten von UKW-Vertikalantennen

- 1 Lambda ¼
- 2 Lambda ½ mit Fuchskreis
- 3 Lambda 5/8
- 4 Sperrtopfantenne

Das folgende Bild enthält verschiedene UKW-Vertikalantennen.

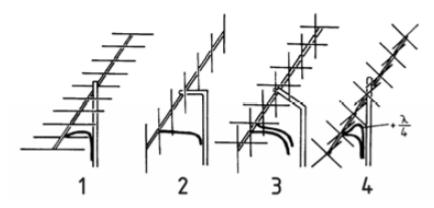


Bildquelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen Fragenkatalog Prüfungsfragen "Technische Kenntnisse" Klasse E 1. Auflage, September 2006

Verschiedene Arten von UKW-Richtantennen

- 1 Horizontale Yagi
- 2 Vertikale Yagi
- 3 Kreuz-Yagi
- 4 X-Yagi

Das folgende Bild enthält verschiedene UKW-Antennen.



Bildquelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen Fragenkatalog Prüfungsfragen "Technische Kenntnisse" Klasse E 1. Auflage, September 2006

Verluste von Kabeln

Beim Transport der HF-Energie im Koaxkabel geht Energie verloren, wird in Wärme verwandelt.

Die Höhe der Verluste hängen von der Länge das Kabels, seiner Beschaffenheit und der Übertragungsfrequenz ab.

- Kurze Kabel haben weniger Verluste!
- Bei höheren Frequenzen nehmen die Verluste zu.

Anpassung

Jedes Speisekabel hat die kleinsten Verluste, wenn als Verbraucher etwas angeschlossen ist, dass sich wie ein Widerstand verhält, wobei der Wert des Widerstandes gleich dem Wellenwiderstand des Kabels ist.

Dann spricht man von Anpassung.

Unangepasster Betrieb ist nicht schlimm, wenn man mit den zusätzlichen Verlusten leben kann (siehe nächste Folie).

Verluste von Kabeln

Die Dämpfung eines Kabels quantifiziert die Verluste. Sie wird in dB angegeben.

"dB" bedeutet "dezi-Bel" und ist das in der Technik übliche Maß für das Verhältnis zweier Größen, bei uns Leistungen.

Dämpfung

Beispiel dB-Werte für das Dämpfungsmaß (die man so nicht haben will).
Wie viel von der Leistung, die ich vorne hereinstecke, bleiben hinten übrig?

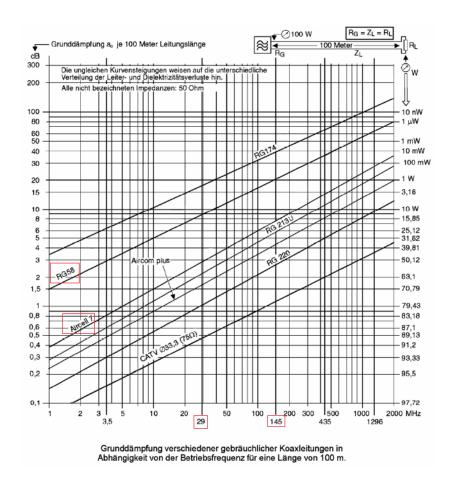
Bei 3dB bleibt ½ über.

Bei 6dB bleibt ¼ über.

Bei 10dB bleibt 1/10 über.

Bei 20dB bleibt 1/100 über.

Das Kabeldämpfungsdiagramm



Bildquelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen Fragenkatalog Prüfungsfragen "Technische Kenntnisse" Klasse E 1. Auflage, September 2006

Dieses Kabeldämpfungsdiagramm

... beschreibt die Dämpfung (bezogen auf 100m) eines Koaxkabels. Man sucht zuerst das Kabel und die Frequenz und dann die Stelle, an der die Linie für die Dämpfung getroffen wird.

Den ermittelten Wert danach teilen, wenn man nicht gerade 100m Kabel hat.

Verstärkungs dB Dämpfungs dB

3dB Verstärkung 2-fache Leistung
3dB Dämpfung ½ der Leistung
Man sollte sich also jeweils
die Fragestellung genau anschauen.

Mathematiker und andere Schlaumeier reden auch mit Vorzeichen von -3dB Verstärkung und meinen damit 3dB Dämpfung.

In den Fragen kommt das so nicht vor!

Leistungspegel

Wir drücken Leistungen oft aus in dBm:
"Wieviel dB Verstärkung bräuchte ich,
um aus 1 mW
die gewünschte Leistung zu erzeugen?"

```
1 mW 0 dBm
```

2 mW 3 dBm

10 mW 10 dBm

1000 W = 1.000.000 mW: 60 dBm

Hier wird *mit Schlaumeriti*s gearbeitet: 0,000.000.000.001 mW: -120 dBm (Leises Kurzwellensignal.)



Initiales Autorenteam:

Michael Funke - DL4EAX Carmen Weber - DM4EAX Willi Kiesow – DG2EAF



Änderungen durch:

Andreas Krüger, DJ3EI

Hier bitte Ihren Namen eintragen, wenn Sie Änderungen vorgenommen haben.

Sie dürfen:

Teilen: Das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten.

Bearbeiten: Das Material verändern und darauf aufbauen.

Unter folgenden Bedingungen:

Namensnennung: Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Art und Weise gemacht werden, allerdings nicht so, dass der Eindruck entsteht, der Lizenzgeber unterstütze gerade Sie oder Ihre Nutzung besonders.

Nicht kommerziell: Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.

Weitergabe unter gleichen Bedingungen: Wenn Sie das Material verändern oder anderweitig direkt darauf aufbauen, dürfen Sie Ihre Beiträge nur unter derselben Lizenz wie das Original verbreiten.

Der Lizenzgeber kann diese Freiheiten nicht widerrufen solange Sie sich an die Lizenzbedingungen halten.

Details: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/