

Antennen und HF-Leitungen

Fragen TH101-TH406

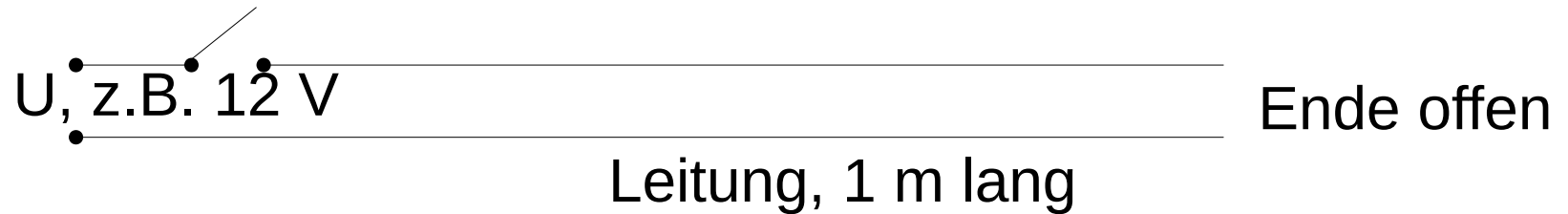


Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

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.

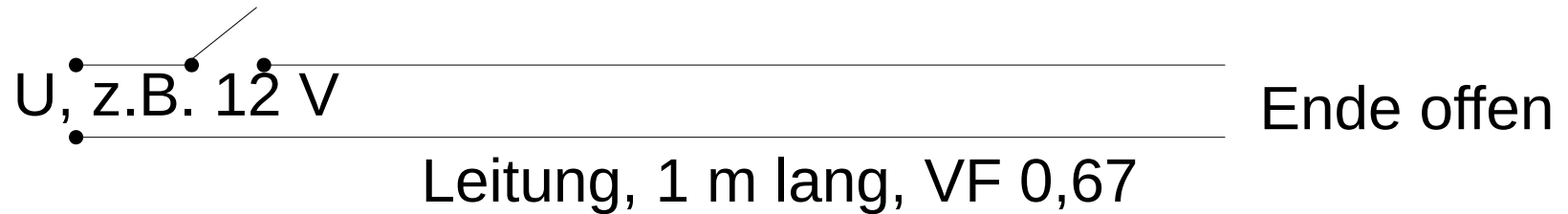
Der Verkürzungsfaktor hängt ab vom Material der Isolierung:

Luft: Schnell, VF nahe 100%,

Plastik: Langsam, je nach Sorte VF z.B. bei 60%,

Plastikschaum: Dazwischen.

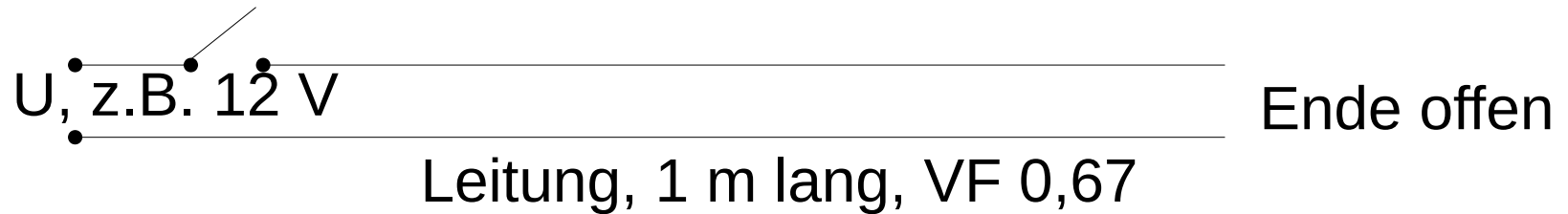
Was passiert?



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?



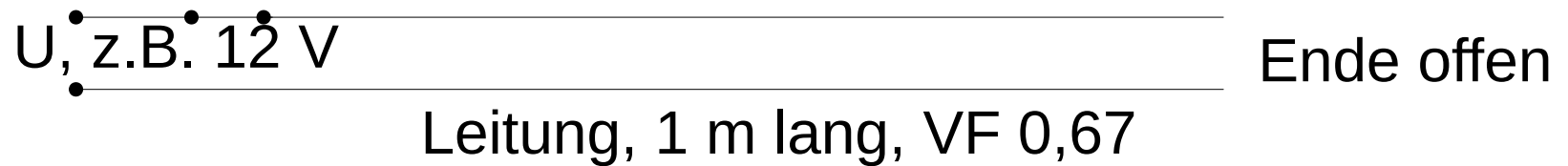
Wenn der Schalter geschlossen wird, dauert es etwa 5 ns (Millardstel Sekunden), bis das Signal am anderen Ende ankommt.

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

Da die Information, was am anderen Ende angeschlossen ist, den Rückweg antreten muss, sogar:

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

Was passiert in den ersten 10 ns?



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

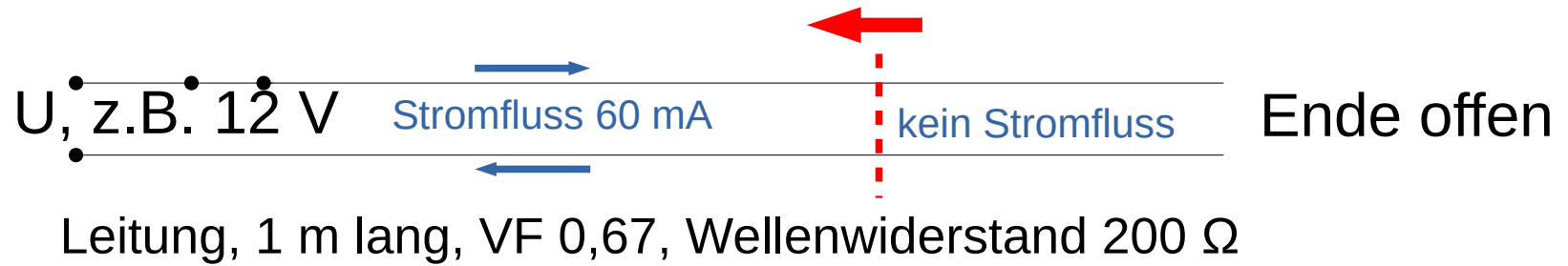
TH307 Der Wellenwiderstand einer Leitung ... ist im HF-Bereich in etwa konstant und unabhängig vom Leitungsabschluss.

Was passiert in den ersten 5 ns?



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

Was passiert in den **nächsten** 5 ns?



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

Was passiert später?

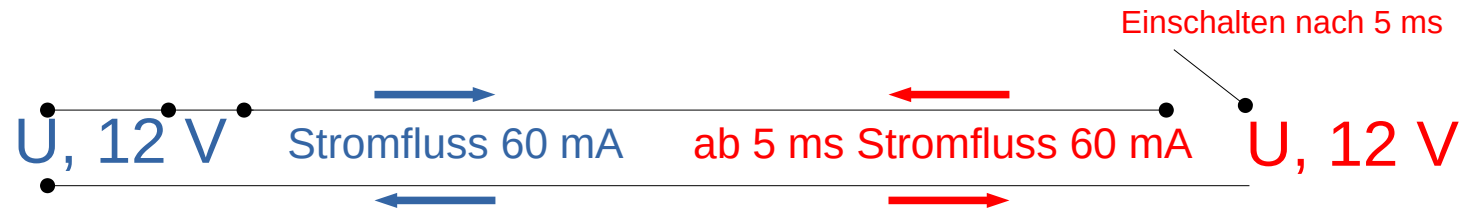
U, z.B. 12 V kein Stromfluss Ende offen

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 $200\ \Omega$

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

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

Warum "nützliche" Sichtweise?

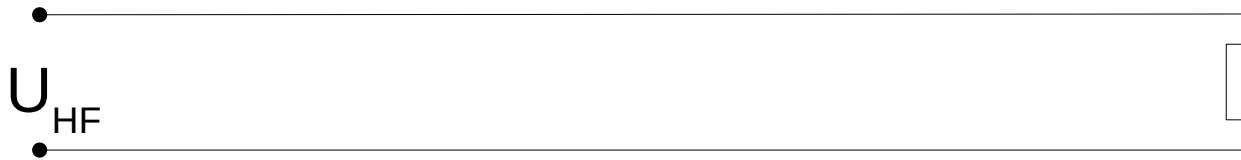
Diese Sichtweise ist für Gleichspannungen nur in wenigen Spezialfällen nützlich.

Im HF-Fall ist sie aber fundamental.

Im Folgenden einige Grundlagen für die Praxis.

Die Theoriedetails sind eher Stoff für Klasse A und Weiterbildung.

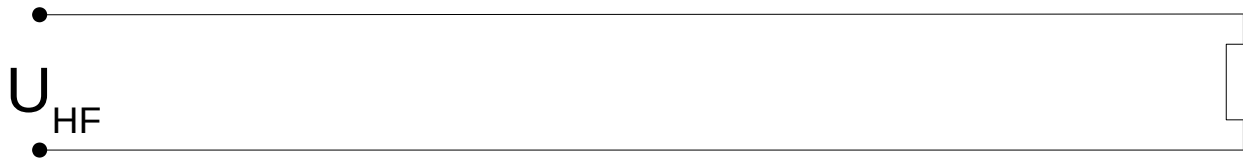
Vor- und rücklaufende Welle



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.

Bäuche und Knoten



Ich betrachte nun verschiedene Punkte der Leitung.

- Wenn ich etwas weiter nach rechts gehe, hat die vorlaufende Welle einen längeren Weg und die rücklaufende einen kürzeren.
- Dadurch 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 **S**tanding **W**ave **R**atio.
- 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.)

Anpassung



- 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".
- Ein offenes Kabelende führt zu einer rücklaufenden Welle derselben Größe wie die vorlaufende. Dann ist $U_{\min} = 0$ und der Quotient U_{\max} / U_{\min} undefiniert. Man spricht dann von $VSWR = \infty$.

Der andere Extremfall

• U_{HF}

- 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 $VSWR = \infty$.

Ich fühle mich abgehängt...

Das wird an dieser Stelle manchen so gehen.

Hier aber wieder aufpassen! Diese Seite reicht für die Praxis:

Wir berechnen SWR fast immer bezogen auf den Wellenwiderstands 50 Ω von Amateurfunk-Koaxialkabel.

- 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.
- 50 / 2 Ω = 25 Ω und 50 * 2 Ω = 100 Ω : Beides SWR = 2.
Allgemein 50 / x Ω und 50 * x Ω beides SWR = x (für x \geq 1).
- Beispiele: 55 Ω ist SWR = 1,1 und 350 Ω ist SWR = 7,
10 Ω ist SWR = 5 und 2 Ω ist SWR = 25.
- Man kann auch SWR von Kombinationen von Widerständen mit Kondensatoren und/oder Spulen ausrechnen.
(Reale Antennen verhalten sich oft wie solche Kombinationen.)

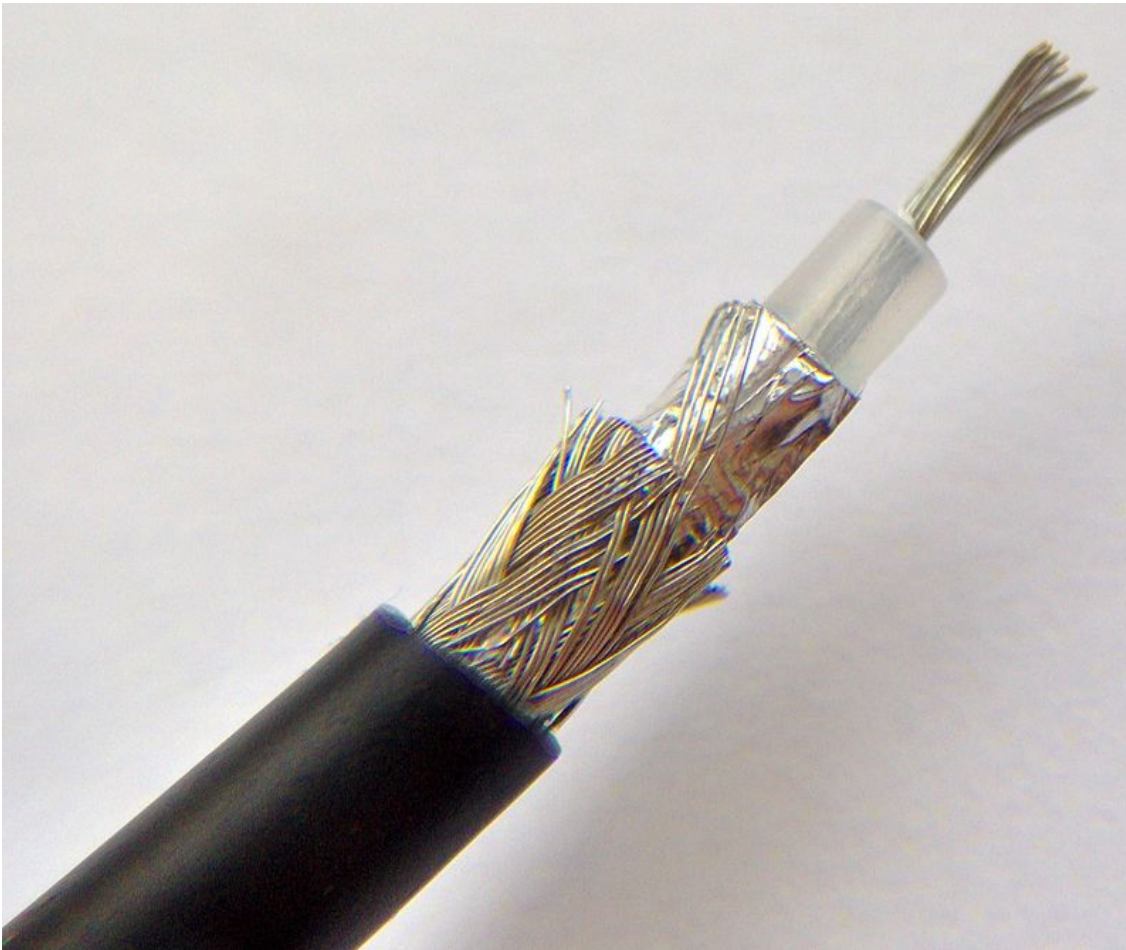
SWR ∞

- Ein offenes Kabelende ("nichts angeschlossen") führt zu einer rücklaufenden Welle derselben Größe wie die vorlaufende. Dann wird $U_{\min} = 0$ und U_{\max} / U_{\min} ist undefiniert. Man spricht dann von $VSWR = \infty$. (Das hatten wir eben.)
- Weniger intuitiv, aber auch richtig:
Alle Abschlüsse, **die keine Energie verbrauchen**, führen zu einer rücklaufenden Welle gleicher Größe wie die vorlaufende und damit zu $VSWR = \infty$. Beispiele:
 - Kurzschluss.
 - Abschluss mit einem Kondensator.
 - Abschluss mit einer Spule.
- Alles nur im Idealfall. Gibt es irgendwo Verluste (also Widerstände), ist das SWR zwar hoch, aber nicht ∞ .

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 $50\ \Omega$ Anschlüsse, geeignet für Koaxkabel mit $50\ \Omega$ Wellenwiderstand. In der Fernsehtechnik findet $75\ \Omega$ Kabel Verwendung. Früher wurde auch noch $60\ \Omega$ Kabel benutzt.

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

Steckernormen für Koaxkabel

PL-Stecker (auch UHF oder SO-259 genannt) sind, aufgrund der einfachen Art der Verarbeitung und des günstigen Preises, weit verbreitet.

Für KW ok.

Für VHF/UHF na ja.

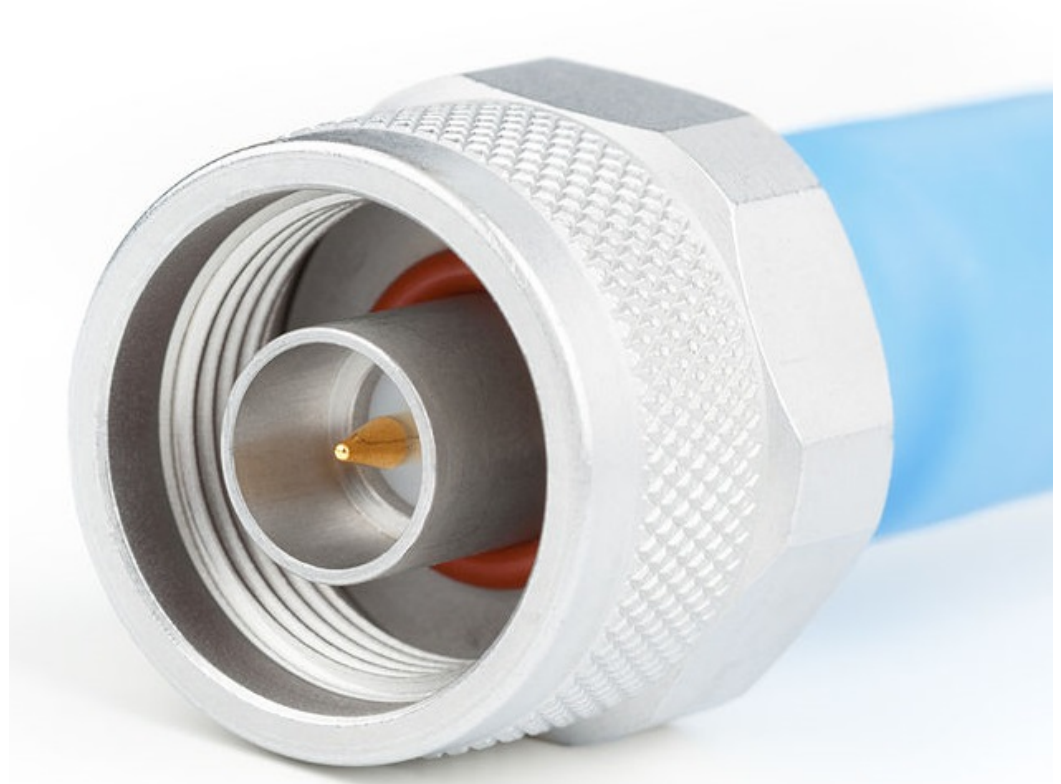


Bildquelle: Appaloosa - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4433526>

Steckernormen für Koaxkabel

N-Stecker werden auf **höheren Frequenzen** eingesetzt, weil sie **weniger Verluste** haben.

Zudem halten sie **mehr Leistung** aus und können wasserdicht sein.



Bildquelle: Von Swift.Hg - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25678659>

Steckernormen für Koaxkabel

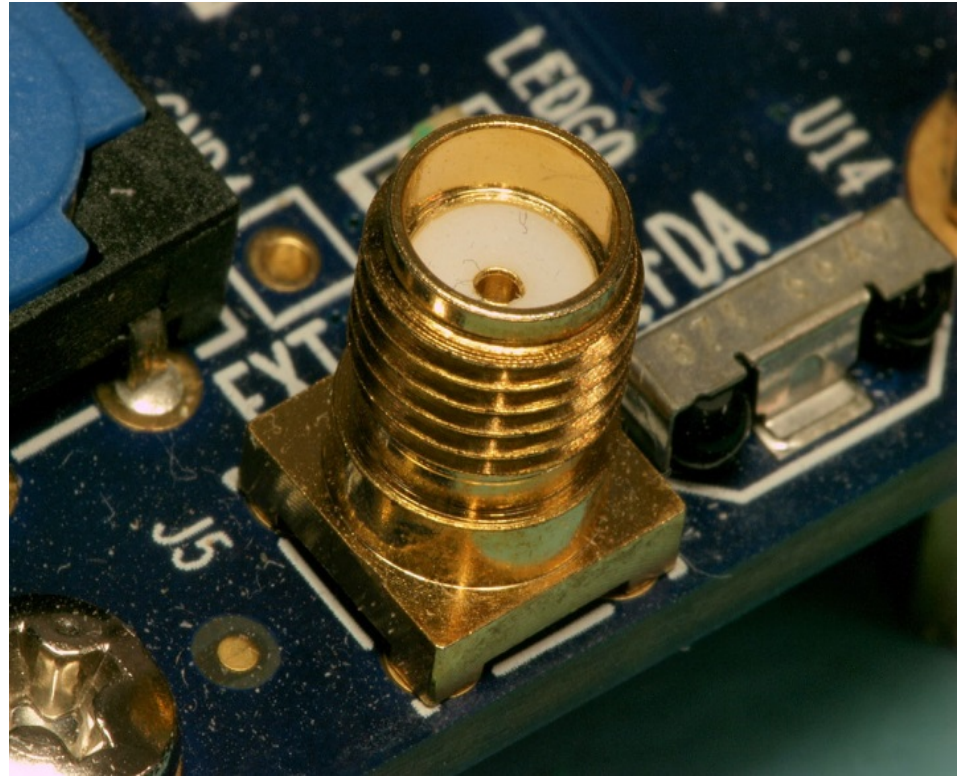
BNC-Stecker finden an Messgeräten und älteren Handfunkgeräten. Sie lassen sich schnell an und abstecken. Für VHF und UHF ok, halten aber nicht so viel Leistung aus wie N-Stecker.



Bildquelle: Jonas Bergsten - Photo taken by Jonas Bergsten using a Canon PowerShot G3., Domínio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=232485>

Steckernormen für Koaxkabel

SMA-Stecker sind klein und halten nicht viel Leistung aus. Ok auch für VHF/UHF. Üblich bei neueren Handfunken und sogar zur Verkabelung innerhalb von Geräten.



Bildquelle: Von KaiMartin - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18564868>

Klassische Leitung: Paralleldrahtspeiseleitung (Hühnerleiter, Flachbandkabel)

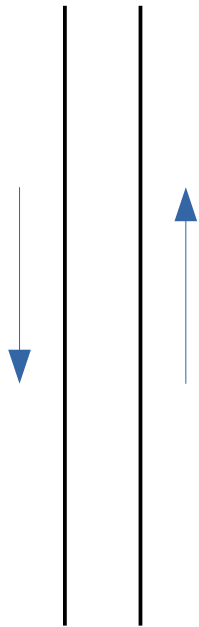
Paralleldraht-Speiseleitungen haben einen höheren Wellenwiderstand (typisch 200-600 Ω). Sie haben von Haus aus **geringere Verluste** als Koaxkabel und halten **hohe Leistungen** aus.



Bildquelle: Michael Funke - DL4EAX

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.)

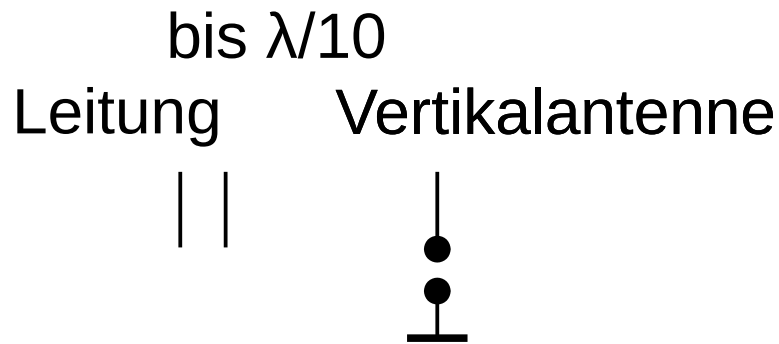
Mantelwellen

- Wenn die Symmetrie gestört ist, sendet das Kabel.
- Das will man in der Regel nicht.
- Das Richtdiagramm ändert sich.

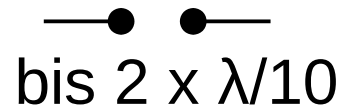
Antennen und Speiseleitungen verschiedener Größe

Speiseleitungen und Antennen

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



Horizontaldipol



Eingespeistes Signal schwappt zum Ende und wird schnell wieder zurückgeworfen, wegen kurzer Wegstrecke U_{vor} und $U_{\text{rück}}$ 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.

Speiseleitungen und Antennen

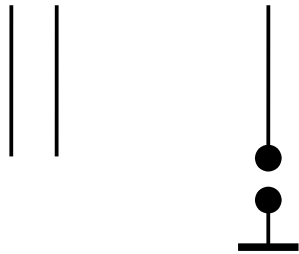
Etwa $\lambda/8$ bis unter $\lambda/4$.

Horizontaldipol



unter $2 \times \lambda/4$

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



unter $\lambda/4$.

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: $2 \times \lambda/8$) brauchbar mit Antennentuner. Beispiele: $2 \times 6,5$ m Antenne auf 40 m, 2×13 m Antenne auf 80 m.

Speiseleitungen und Antennen

Genau $\lambda/4$.



Eingespeistes Signal schwappt zum Ende und wird wieder zurückgeworfen, wegen $2 \times \lambda/4$ 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.

Speiseleitungen und Antennen

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

Halbwellendipol, horizontal


genau $2 \times \lambda/4 = \lambda/2$

 genau $\lambda/4$.

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

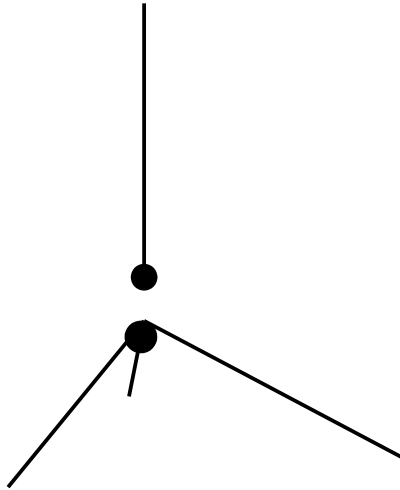
Die BNetzA hat noch den älteren Wert 95 %,
je nach Leiter sind es 97 %.

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. $\lambda/4$ lang).
- Wenn man die Radials höher in die Luft bringt, kommt man mit 3 oder 4 aus.
- Extremfall: Upper + Outer: *Ein* Radial.

Grundplane



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 sie horizontal sind, ca. 30 Ω .

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

Magnetische Schleifenantenne

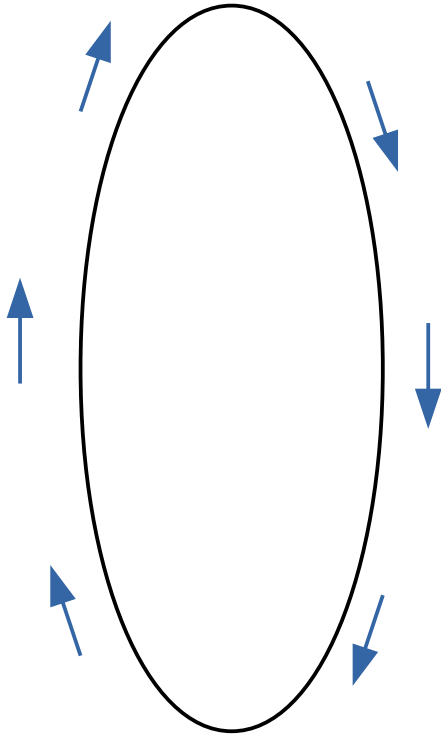
Magnetic Loop



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

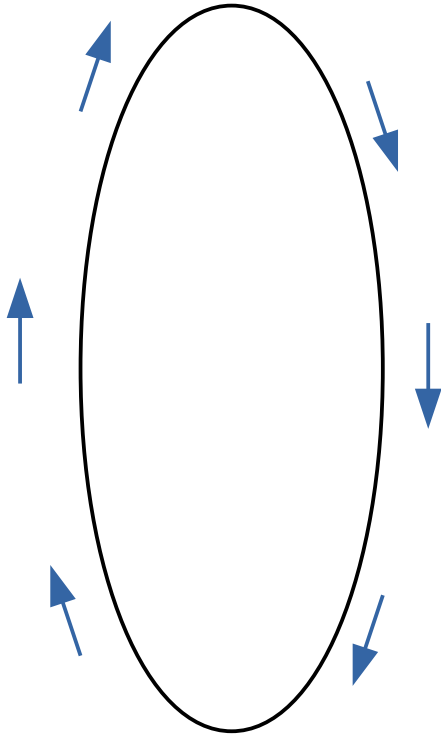
Magnetische Ringantenne

- Kreis (oder z.B. Quadrat),
klein gegenüber der
Wellenlänge,
z.B. Umfang $\lambda/10$.



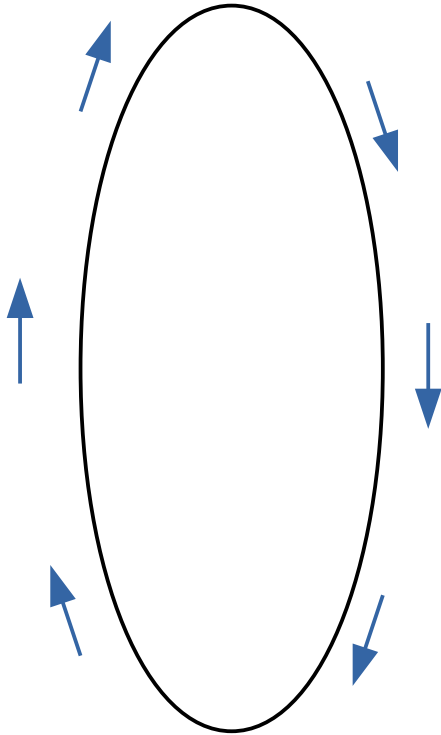
- Deshalb fließt in jedem
Augenblick überall
(ungefähr) derselbe Strom.

Magnetische Ringantenne



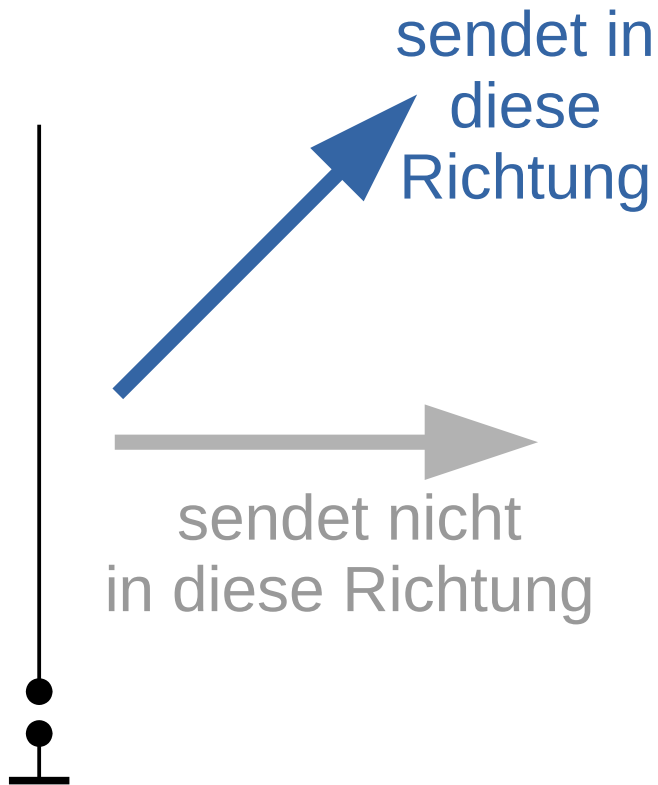
- Zu jeder Stelle vorne gibt es eine Stelle hinten, wo der Strom genau andersherum fließt.
- Das hebt sich auf, die Loop sendet daher nicht. *Hä?*
- Nein – nur fast! Das Feld braucht etwas Zeit von hinten nach vorne und kommt daher etwas zu spät, um *genau* aufzuheben.

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



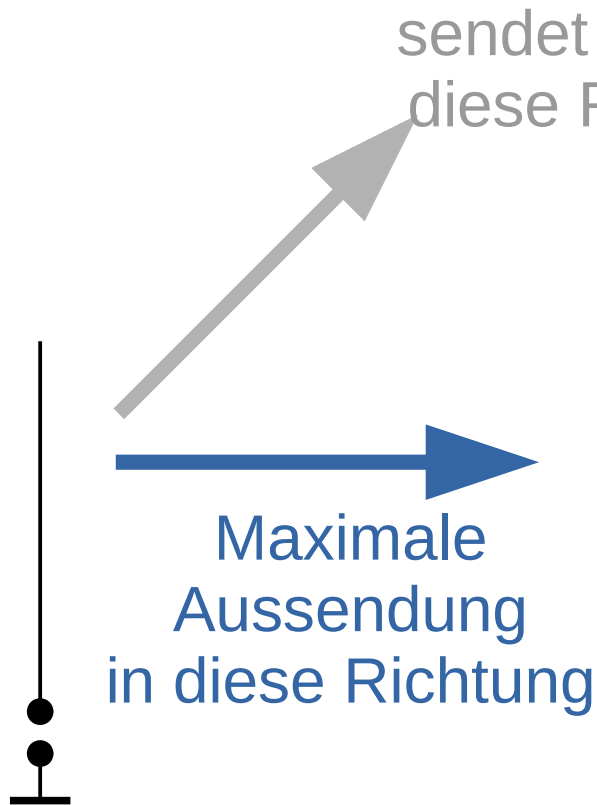
Nach $\lambda/2$ dreht sich die Phase um.

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.

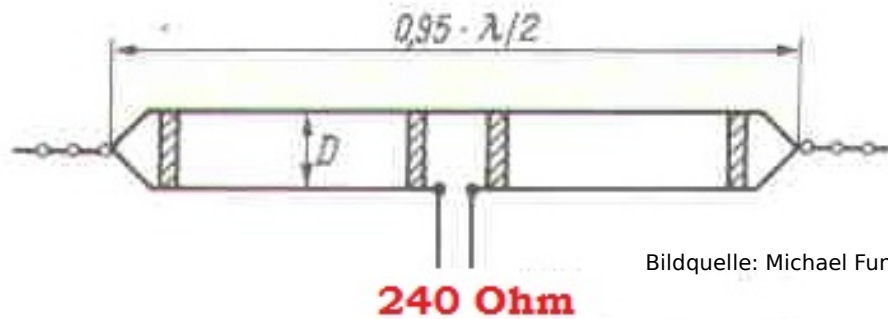
Schaue ich von schräg oben (oder unten), hebt sich das nicht auf.

Optimale Vertikalantenne: $5/8 \lambda$



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

Faltdipol-Antenne



Bildquelle: Michael Funke - DL4EAX

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 60Ω , daher Faltdipol $4 \times 60 \Omega = 240 \Omega$.

Yagi-Antenne (Yagi-Uda-Antenne)



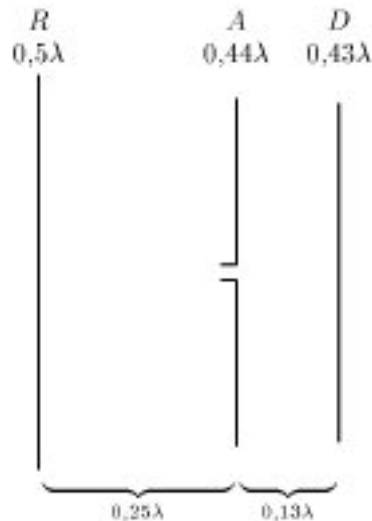
Bildquelle: Von Denis Apel in der Wikipedia auf Deutsch, CC BY-SA 3.0
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11361917>

Yagi-Antenne

Bei der **Yagi-Antenne** wird die Abstrahlung und der Empfang in eine 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 verstärkter Richtungen auf.

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



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 **“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 Dipol nicht zulassen.



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

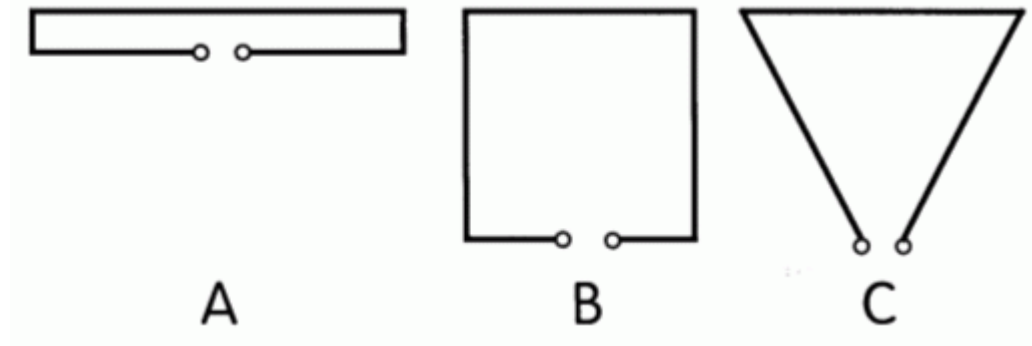
(Delta)-Loop-Antenne

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

Bei Dreiecksform (C) nennt man sie auch Deltaloop.

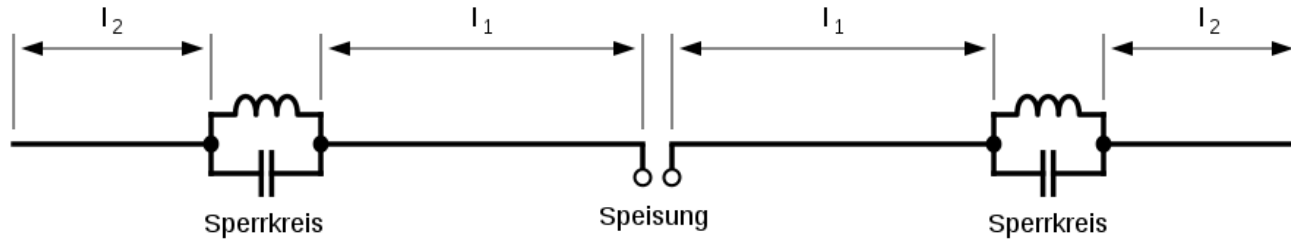
Die Loop kann auf der Spitze stehen (wie hier) oder auch vertikal gespiegelt.

Verschiedene Einspeisungen sind möglich.



Bildquelle: <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e11/>

W3DZZ-Antenne



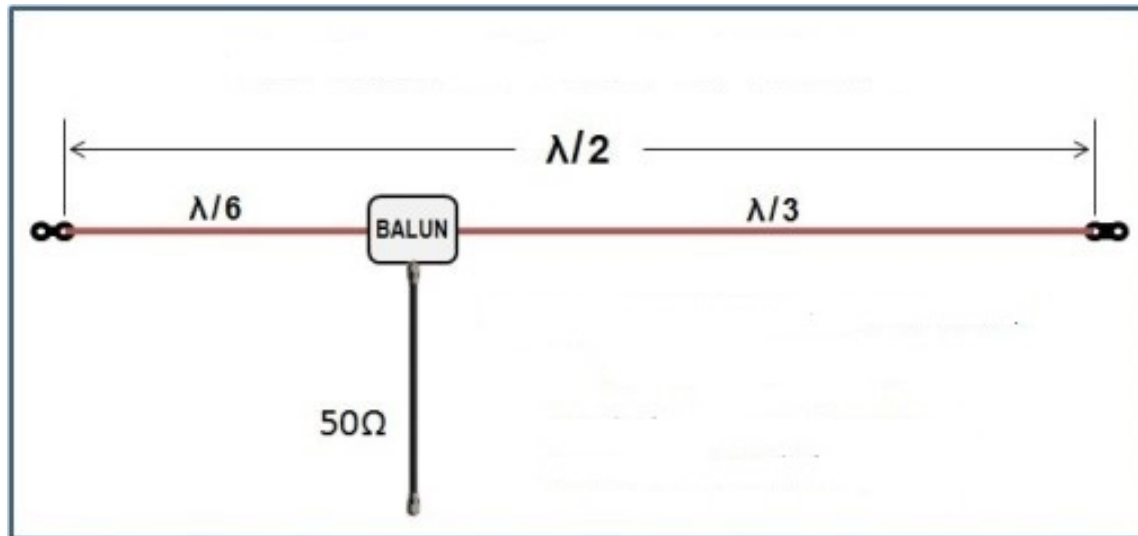
Bildquelle: Von wdwd - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38029676>

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

Beispiel: Die "Ur"-W3DZZ ist l_1 10.07m lang und damit ein $\lambda/2$ -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.

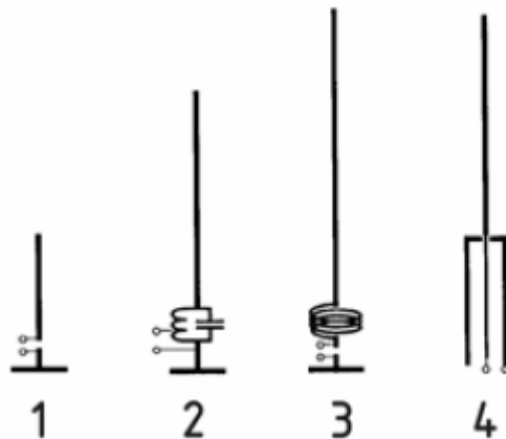


Bildquelle: <http://www.dj0ip.de/off-center-fed-dipole/classical-c-f-windom/>

Verschiedene Arten von UKW-Vertikalantennen

- 1 - Lambda $\frac{1}{4}$
- 2 - Lambda $\frac{1}{2}$ mit Fuchskreis
- 3 - Lambda $\frac{5}{8}$
- 4 - Sperrtopf

Das folgende Bild enthält verschiedene UKW-Vertikalantennen.

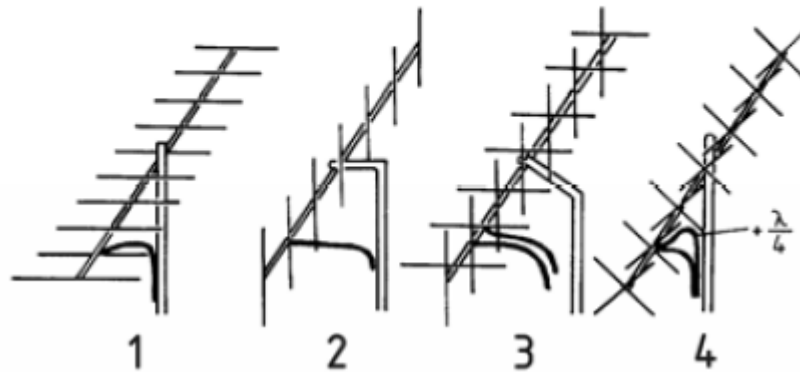


Bildquelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
Fragenkatalog Prüfungsfragen „Technische Kenntnisse“ Klasse E 1. Auflage, September 2006

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** des 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, das 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?

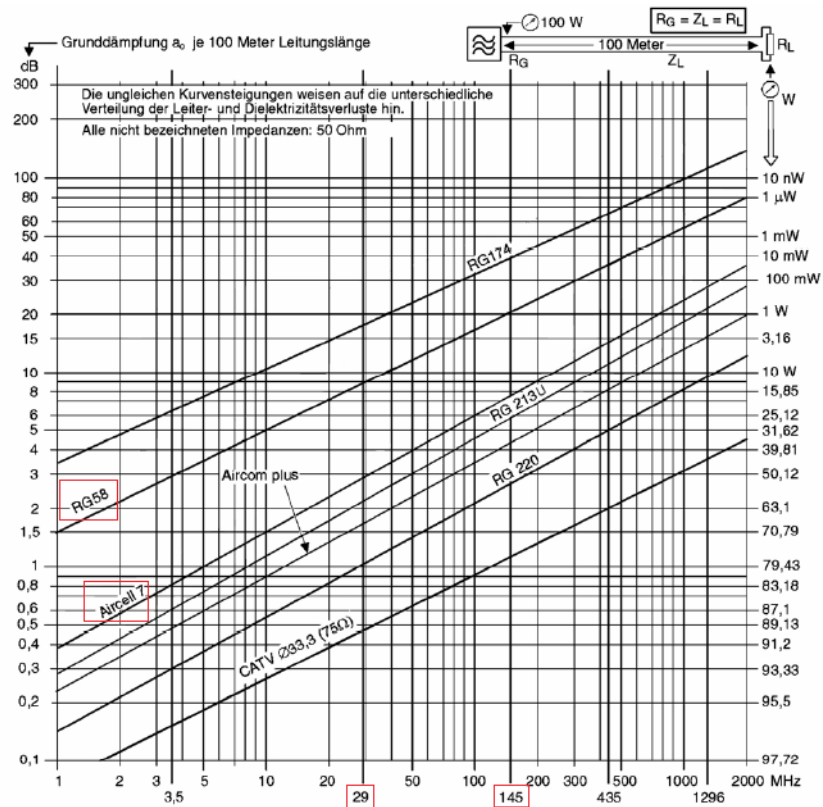
Bei 3dB bleibt $\frac{1}{2}$ über.

Bei 6dB bleibt $\frac{1}{4}$ über.

Bei 10dB bleibt $\frac{1}{10}$ über.

Bei 20dB bleibt $\frac{1}{100}$ über.

Das Kabeldämpfungsdiagramm



Grunddämpfung verschiedener gebräuchlicher Koaxleitungen in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz für eine Länge von 100 m.

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** $\frac{1}{2}$ 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!

Keine Schlaumeieritis!

TH303 Eine HF-Ausgangleistung von 100 W wird in eine angepasste Übertragungsleitung eingespeist. Am antennenseitigen Ende der Leitung beträgt die Leistung 50 W bei einem Stehwellenverhältnis von 1:1. Wie hoch ist die Leitungsdämpfung?

- A** 3 dB
- B** -6 dB
- C** -3 dB
- D** 6 dBm

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 Schlaumeritis* gearbeitet:

0,000.000.000.001 mW: -120 dBm (Leises Kurzwelligensignal.)

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/>

