



Überraschendes zu Monopol- und Vertikalantennen

Erkenntnisse aus dem gleichnamigen Buch
von Gerd Janzen (DF6SJ)
1999
ISBN 3-88006-178-5
472 Seiten



zusammengefasst von Wolfgang Beer, DK2FQ

1



Vorstellung **DK2FQ**, Amateurfunkzeugnis **seit 1967**, KW-Mobilbetrieb

Besonderes Interesse gilt den **Antennen**, die **PA des QRP-Amateurs**

Da zu Hause **kein Platz** für Antennen -> **Portabel**

Einfache Formen, Materialien aus dem Baumarkt und Agrarhandel unter Berücksichtigung der HF-Tauglichkeit, PVC ist nicht so gut -> PP oder PE ist besser

Simulation mit **MMANA**, messen mit **RigExpert AA600**.

So konstruieren, dass **möglichst** ohne weitere **Anpassung 50 Ohm** erreicht werden.

Verfolge deshalb die **Literatur und andere Veröffentlichungen zu Antennen**. Das erste Buch (1986) von Gerd Janzen (DF6SJ) „Kurze Antennen“ hatte mich schon fasziniert (enthält ein Kapitel über Koaxtransformatoren, -Baluns, -Ununs -> gehen nicht in die Sättigung, stehen nicht im Rothammel).

Gerd Janzen ist 1938 geboren, war bis 2003 Prof. für HF-Technik an der FH Kempten, hat u.a. auch an dem Standardwerk Meinke/Gundlach „Taschenbuch der HF-Technik“ mit geschrieben.

Aber sein **Buch Monopol und Vertikalantennen** (1999) habe ich ganz besonders genossen. Die **Erkenntnisse** daraus habe ich **zusammengefasst** und in diesem Vortrag verarbeitet. Ich habe die **Erlaubnis** von Gerd Janzen, seine Abbildungen aus dem Buch in den Folien zu zeigen.

Am 03.02.2015 um 17:17 schrieb Wolfgang Beer:

Lieber OM Prof. Janzen,
vor einiger Zeit hatte ich Ihnen schon einmal geschrieben, um meine Hochachtung zu Ihren Büchern auszudrücken. Besonders angetan haben es mir die "Kurzen Antennen" und vor allem auch das **Buch über Monopol- und Vertikalantennen**.

Ich habe einigen OMs von meinen Aha-Erlebnissen aus Ihren Büchern berichtet. Jetzt steht die Idee im Raum, meine Erkenntnisse dazu im OV vorzutragen. Bevor ich das tue, **möchte ich Sie um Erlaubnis bitten, Abbildungen aus Ihrem Buch zu verwenden**.

In der Anlage finden Sie meine Ausführungen.

Ich würde natürlich dabei Werbung für Ihre Bücher machen.

Über eine positive Antwort würde ich mich sehr freuen.

Vy 73 de Wolfgang, DK2FQ

Am 04.02.2015 um 08:50 schrieb Gerd Janzen <gerd.janzen@hs-kempten.de>:

Lieber Wolfgang,
danke für Ihre Post. Es freut mich, dass Ihnen meine Bücher gefallen.

Selbstverständlich dürfen Sie die Inhalte meiner Bücher verwenden, sie sind ja "veröffentlicht".

Ihr Vortrag ist beeindruckend, er hat mir sehr gefallen! Es gibt sicher nicht viele OMs, die sich so in das Wesentliche des Buchs eingearbeitet haben. Kompliment.

Hoffentlich haben Sie aufmerksame Zuhörer.

Vy 73, Gerd, DF6SJ

DK2FQ/ 4.4.2016

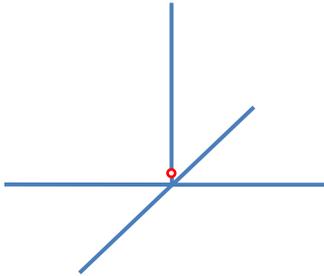
2



Zuerst habe ich im OV über dieses Buch berichtet, dann habe ich einige Bilder daraus kopiert und über den Beamer gezeigt. Danach kam die Idee, doch daraus einen Vortrag über die Aha-Erlebnisse aus diesem Buch zu machen und den einem größeren Publikum vorzuführen. Es plagte mich das Plagiatgewissen. So schrieb ich Gerd Janzen an und bat ihn um Erlaubnis, seine Inhalte verwenden zu dürfen. Innerhalb Stunden kam seine Antwort.

Prinzip einer Monopolantenne

Senkrecht gestellter Dipol bei dem die untere Hälfte zu einem Radialsystem aufgefächert ist.



DK2FQ/ 4.4.2016

3



Dadurch, dass das **Radialsystem** symmetrisch aufgebaut ist, **strahlt es nicht!** Das von jedem Radial ausgehende Feld wird durch das Feld des jeweils symmetrisch angeordneten Radials nach außen kompensiert. Das Radialsystem wirkt nur als Gegengewicht. **Ein Erdnetz strahlt auch nicht!** Dazu später mehr.

Vorteile vertikaler Monpolantennen/Rundstrahler

- **Flacher Abstrahlwinkel**, damit dx-fähig
- **Kaum Strahlung nach oben** (die sonst verloren ist)
- Wenig Bedarf an **Grundfläche**
- Bei Portabelbetrieb **schnell auf- und abgebaut**
- Für **Portabel-** und **Mobilbetrieb** gut geeignet



Bisher konnte man nur **geometrische** relativ **einfache Antennenkonstruktionen** analytisch berechnen.



Heute gibt es numerische Softwareprogramme. Die zerlegen **komplexe Antennenformen** in kleine **Segmente**, bis jedes einzelne nur noch linearen Charakter hat. So wird jedes einzelne Segment herkömmlich berechnet und zu einem **resultierenden Gesamtergebnis** vektorielle addiert. Das entspricht dann der komplexen Konstruktion die man untersuchen will.



DF6SJ vergleicht mit dem Antennensimulationsprogramm **EZNEC** **verschiedene Ausführungsformen** von Monopolen.

DK2FQ/ 4.4.2016

5



Vergleiche **finite Elemente** in der Mechanik

Vektorielle Addition der Einzelergebnisse = Gesamtergebnis

EZNEC von **Roy Lewallen, W7EL**

NEC = **numerical electromagnetics code**

Es gibt noch andere Antennensimulationsprogramme: **Mininec, MMANA**, usw. Im Kern sind sie alle vergleichbar.

Die Programme berücksichtigen auch den **Einfluss der HF-Erde** auf die Strahlungseigenschaften der Antenne.

Analytisch ist der Einfluss der Radials nur schwer zu berechnen, mit einem Simulationsprogramm geht es einfach.

Auch die Höhe über dem Boden und die Bodenarten können variiert werden. Das ist in den gängigen Antennenformeln nicht enthalten.

Grundlage sind die 4 Maxwell'schen-Gleichungen

1. Gaußsches Gesetz $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$

2. Gaußsches Gesetz des Magnetismus $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$

3. Ampèresches Gesetz
(Erweitertes Durchflutungsgesetz) $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

4. Faradaysches Induktionsgesetz
(Induktionsgesetz) $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

E = elektrische Feldstärke
B = magnetische Flußdichte

DK2FQ/ 4.4.2018

6



E = Elektrische Feldstärke
B = magnetische Flußdichte

1.: Gaußsches Gesetz: Eine ruhende elektrische Ladung Q erzeugt um sich herum ein elektrisches Feld, die Feldlinien münden in der Ladung \rightarrow elektrisches Quellenfeld

2.: Gaußsches Gesetz des Magnetismus: Magnetfelder sind quellenfrei, es gibt nur magnetische Wirbelfelder, es gibt keine magn. Monopole, keine magn. Ladungen und keine magn. Ströme. Magnetische und elektrische Erscheinungen sind nicht symmetrisch.

3.: Ampèresches Gesetz: zeitlich veränderte Ströme/ elektrische Felder („echter“ Strom + Verschiebestrom) sind ebenso von zeitlich veränderten magnetischen Wirbelfeldern umgeben

4.: Faradaysches Induktionsgesetz: Zeitlich veränderte Magnetfelder sind von elektrischen Wirbelfeldern umgeben (diese gleichzeitig von zeitlich veränderten Magnetfeldern, usw.)

Poyntingvektor $\leftarrow v_{\text{Licht}}$

DK2FQ/ 12.05.2016 7 \rightarrow

Zusammen mit der [Lorentzkraft](#) erklären die 4 Maxwell'schen Gleichungen alle Phänomene der klassischen [Elektrodynamik](#). Sie bilden daher auch die theoretische Grundlage der [Optik](#) und der [Elektrotechnik](#). Die Gleichungen sind nach dem schottischen Physiker James Clerk Maxwell benannt, der sie von 1861 bis 1864 erarbeitet hat. Er kombinierte dabei das [Durchflutungsgesetz](#) und das [Gaußsche Gesetz](#) mit dem [Induktionsgesetz](#) und führte zusätzlich, um die [Kontinuitätsgleichung](#) nicht zu verletzen, den ebenfalls nach ihm benannten [Verschiebungsstrom](#) ein.

Zu 1.: Gaußsches Gesetz: Probeladungen bewegen sich im elektrischen Feld längs bestimmter Linien, den Feldlinien. Die Richtung der Feldlinien gibt die Kraftrichtung auf eine positive Probeladung an. Beim statischen elektrischen Feld beginnen die Feldlinien bei der positiven felderzeugenden Ladung und enden bei der negativen Ladung. Die Struktur der Feldlinienbilder hängt stark von der Form und der Aufladungen der felderzeugenden geladenen Körper ab.

Zu 2.: Gaußsches Gesetz des Magnetismus: Magnetische Feldlinien haben keinen Anfang und kein Ende, sie sind immer geschlossen. Bei einem Stabmagneten treten sie am Nordpol aus und im Südpol wieder ein und verlaufen innerhalb des Magneten weiter sodass sie geschlossen sind. Feldlinien sind gedachte Linien, die die von einem [Feld](#) auf einen Probekörper ausgeübte [Kraft](#) veranschaulichen. Die an eine Feldlinie gelegte [Tangente](#) gibt die Kraftrichtung im jeweiligen Berührungspunkt an; die Dichte der Feldlinien gibt die [Stärke des Feldes](#) an. Es gibt keinen magnetischen Strom. Dem elektrischen Strom entspricht der magnetische Fluss. Er ist die Folge der magnetischen Spannung durch einen magnetischen Widerstand.

Poyntingvektor: benannt nach T. Elford Poynting (1852 – 1914). Er beschreibt die Dichte und Richtung des Energietransportes eines elektromagnetischen Feldes. Es ist gleichwertig zur Leistungsdichte.

Gerd Janzen **variiert** mit Hilfe von EZNEC

- **Länge** und **Dicke** von Strahler und Radials
- **Anzahl** Radials
- **Werkstoffe**
- **Aufbauhöhe** (der Radials)
- **Bodenarten** (z.B. Meerwasser, Normalboden, Stadtboden)
- Induktive/ kapazitive **Verlängerung**

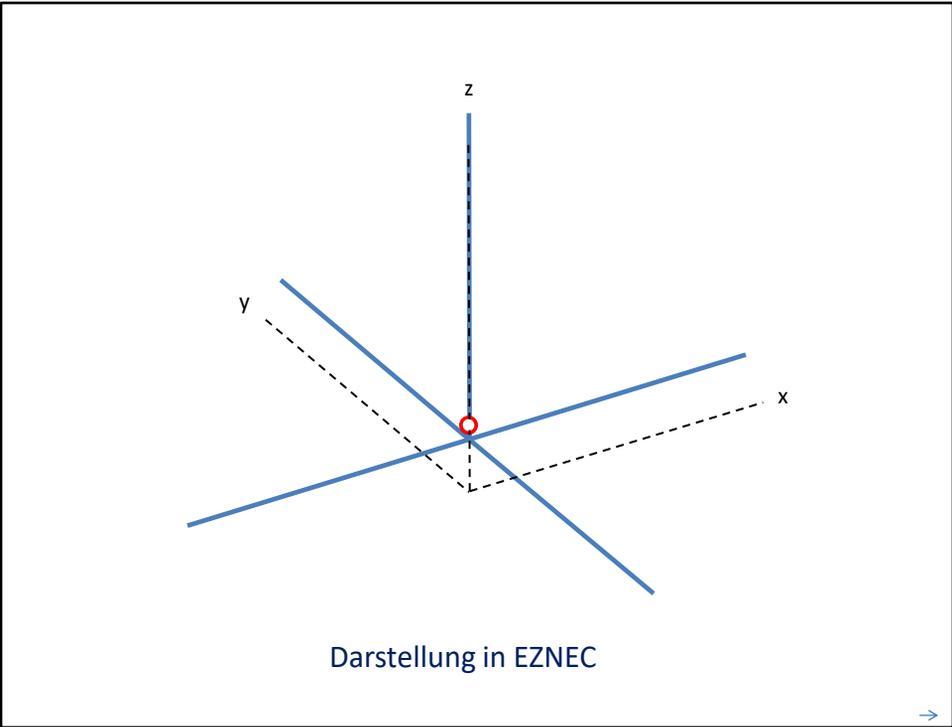
Dabei betrachtet er den Einfluss auf

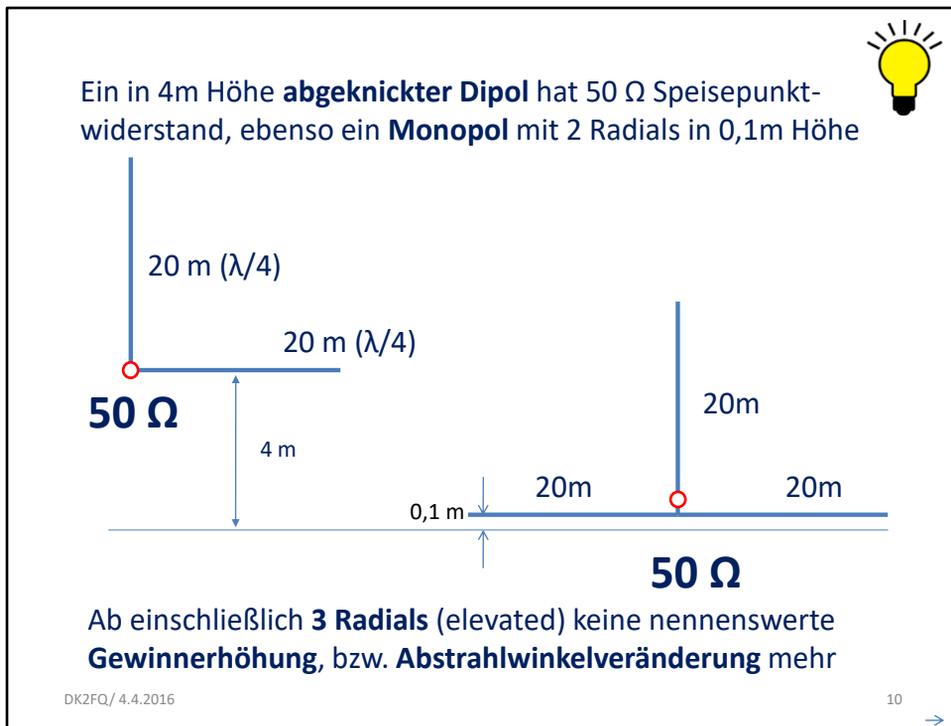
- Speisepunktwidestand
- Abstrahlwinkel
- Bandbreite
- **Wirkungsgrad** ($P_{\text{Eingang}} - P_{\text{Verlust}} / P_{\text{Eingang}}$)
- **Gewinn**

} Nur die sagen etwas über die **Qualität** der Antenne aus

Alle folgenden Angaben beziehen sich auf **3,65 MHz**







Zur **Vortragsgestaltung**: Vorweg bringe ich immer die Erkenntnisse, hinterher die Daten und Fakten dazu sowie Hintergründe und Zusammenhänge.

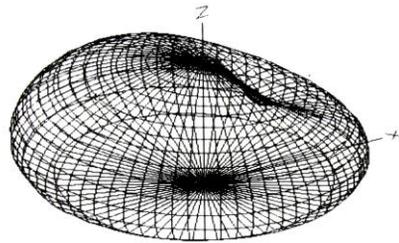
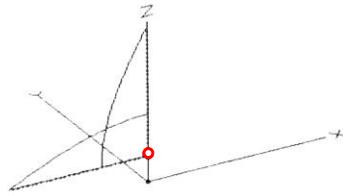
Hier **zwei** Aufbauarten von **Vertikalantennen**, die direkt einen **Speisepunkt-
widerstand** von **50 Ohm** haben. Kein ATU -> keine zusätzlichen Verluste!
Wir brauchen Rx- und Tx-seitig die **wertvollen dBs**.

Eigentlich ist die linke Abbildung kein Monopol, sondern ein **abgeknickter Dipol**, weil hier das „Radial“ strahlt. Ähnlich bei der KW-Mobilantenne, bei der das Auto selbst das Gegengewicht bildet, bzw. als „elevated“ Radial fungiert.

Hanzen betrachtet hier nur sogenannte **elevated Radials** und **kein Erdnetz**.

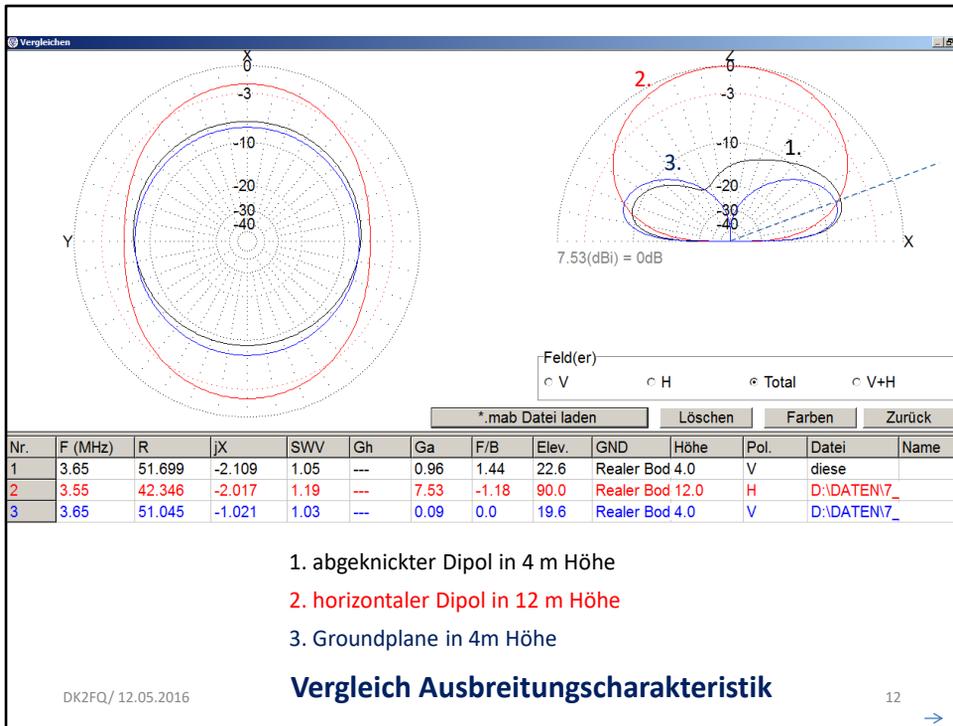
Bei einem **Erdnetz** (auf dem Boden oder vergraben) gibt es **keine resonanzfähigen
Radials** mehr. Sie dienen lediglich der Verbesserung der HF-Bodenleitfähigkeit, nicht zu verwechseln mit dem Erdwiderstand bei Erdern zur Stromversorgung.

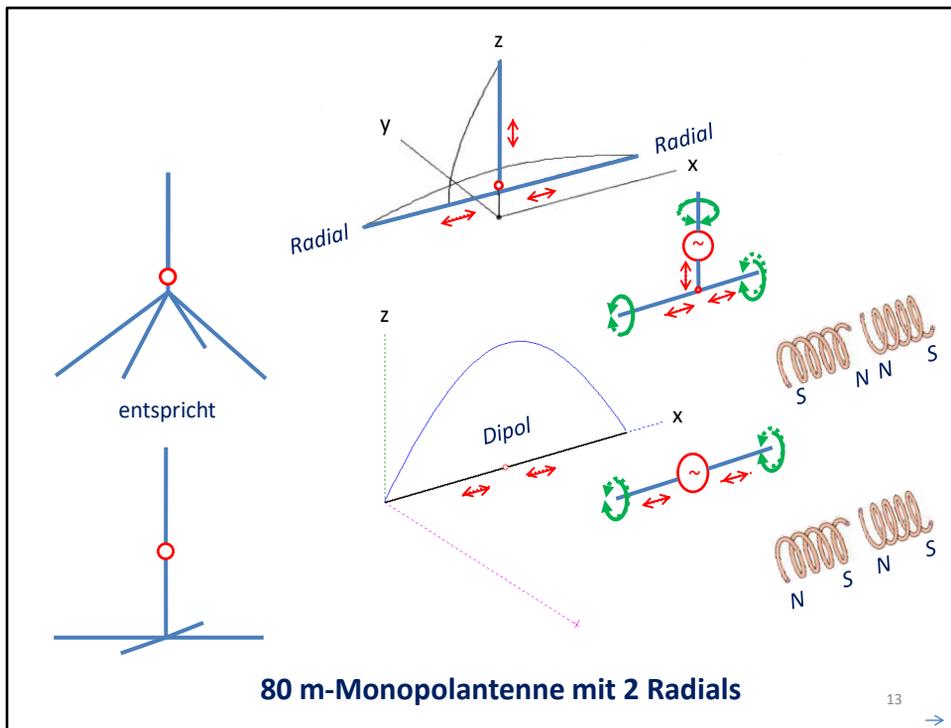
Um ein **gleichwertiges radiales Erdnetz** auszulegen benötigt man deutlich **mehr
Draht!** Beispiel: 4 elevated Radials entsprechen 64 auf dem Erdboden ausgelegte
(gleichlange) Radials. Das sind mehr als 1,2 km. Bei DX-Wire kostet der billigste
Antennendraht (Stahl/ verkupfert) 43 m = 8 €, 1,2 km kosten dann 240€.



80m - Dipolantenne mit abgknicktem Strahler in 4 m Höhe

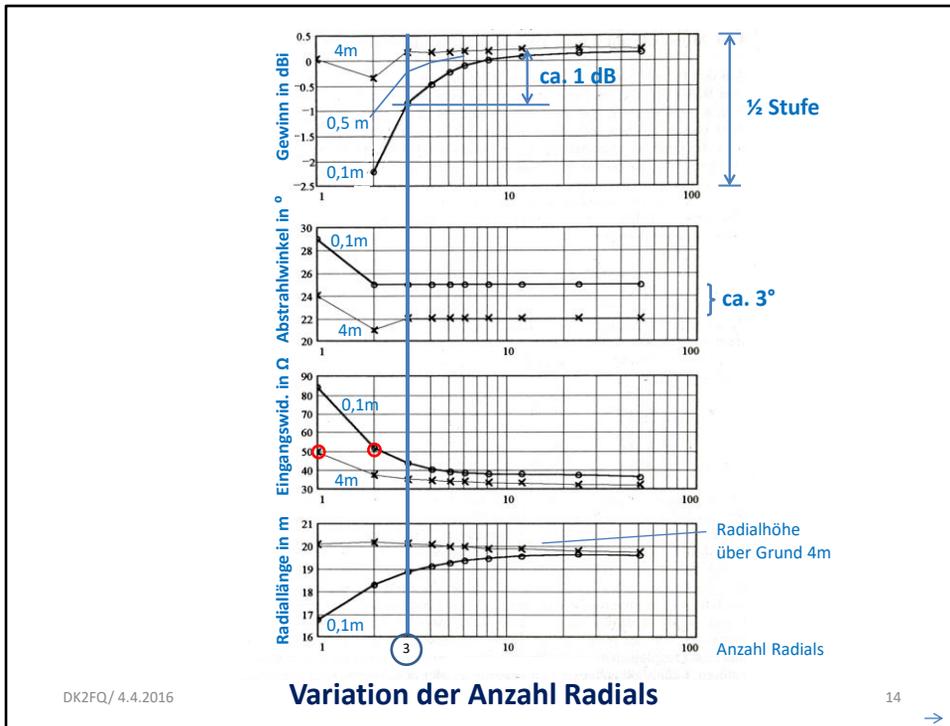






Der **Strahlerstrom teilt sich** auf beide Radials auf.

Interessant ist, dass es durch die zwei in nur einer Ebene angeordneten Radials **keine Richtwirkung** ergibt. Daran erkennt man auch, dass die **Radials** (wenn rechtwinklig zum Strahler) **selbst nicht strahlen**. Obwohl die Radials horizontal angebracht sind zeigt das Antennendiagramm nur eine vertikale Komponente. Die Radials fungieren nur als **Blindleistungsspeicher**. Sind die Radials, wie bei der Groundplane abgewinkelt, so ergibt sich ein zusätzlicher vertikaler Strahlungsanteil an Vertikalstrahlung. Ist der Strom auf den Radials nicht symmetrisch verteilt, bewirkt der Differenzstrom einen auf die resultierende Radialachse bezogenen Strahlungsanteil, der in das Fernfeld wirksam wird. Ist nur *ein* Radial vorhanden, dann wirkt die Antenne wie ein abgelenkter Dipol. Dann spricht man auch nicht mehr von einem Radial, sondern von der zweiten Strahlerhälfte.



Bei **wenigen Radials** ist der **Einfluß des Bodens** stärker.

Je mehr Radials, desto mehr nutzt das Feld das verlustärmere Radialsystem als Gegengewicht.

Der Anstieg des Eingangswiderstandes bei 3 und weniger Radials entspricht den **Erdverlusten**.

Bei **0,1m Radialhöhe** und nur **1 bis 2 Radials** fressen die **Erdverluste** die halbe Leistung (- 1/2 Stufe) gegenüber 4m Radialhöhe.

Bei weniger als 3 Radials sollte man die **Radials mindestens 0,5m hoch hängen**. Ich selbst habe 1,5m hohe Kunststoffweidezaunpfähle, die mit dem Fuß in den Boden getreten werden und die Radials aufnehmen. Funktioniert prima!

Keinesfalls Radials direkt auf dem Boden verlegen oder gar eingegraben. Wenn dann ganz viele (>32)!



im Agrarhandel
ca. 1 – 2 €/ St.

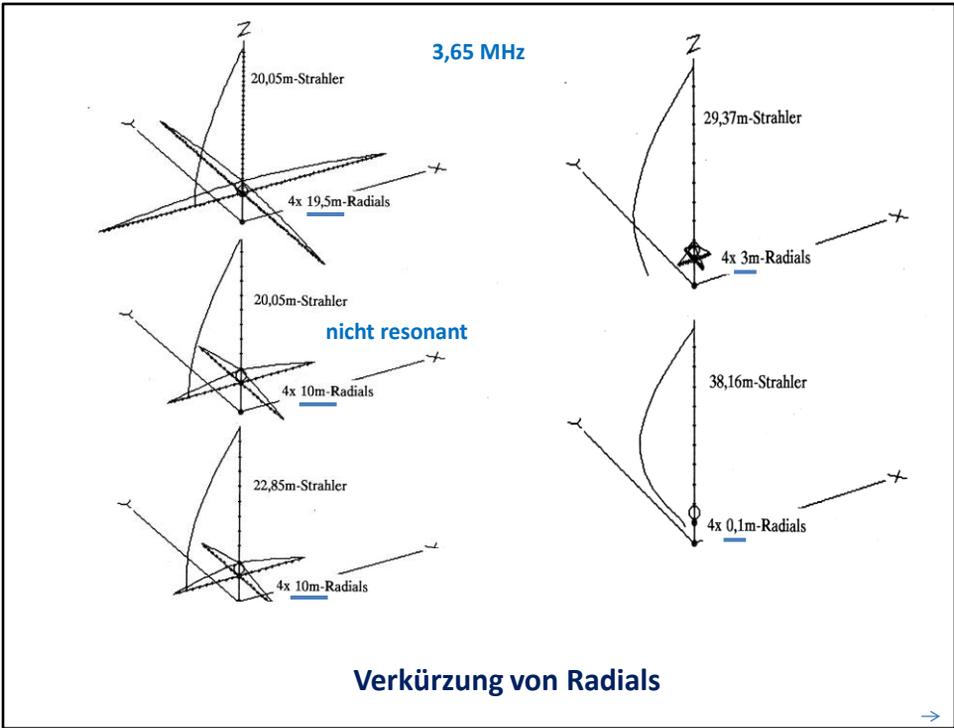


Nichtresonante aber **gleichlange** Radials wirken!



Was passiert, wenn man die **Länge der Radials**
untereinander **variiert** (ungleichlange Radials)?





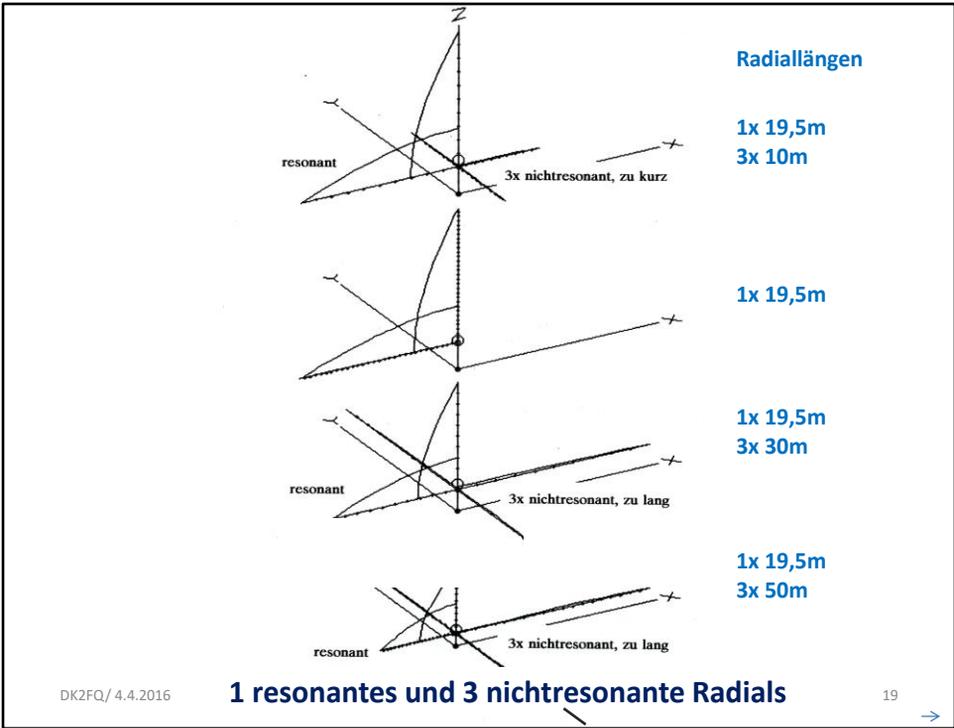
Einzelne nichtresonante Radials haben kaum Wirkung

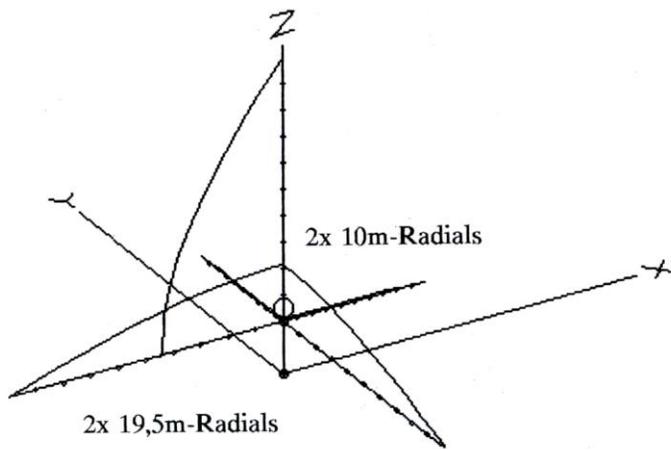


Im Umkehrschluss heißt das, dass leitfähige (nichtresonante) **Komponenten in der Umgebung** der Antenne weniger Einfluss auf die Antennenwerte haben

Erst Radials ausmessen (gleichlang, bzw. gleiche Strombelastung), **dann den Strahler justieren**







DK2FQ/ 4.4.2016

2 resonante und 2 nichtresonante Radials

20





Ein $\lambda/4$ -Strahler ist nicht in sich resonant -> erst mit einem zweiten oder einem Radial (-System), einem Gegengewicht (z.B. Auto) oder der Erde/ Erdnetz

Strahler **dünn/ schlank**

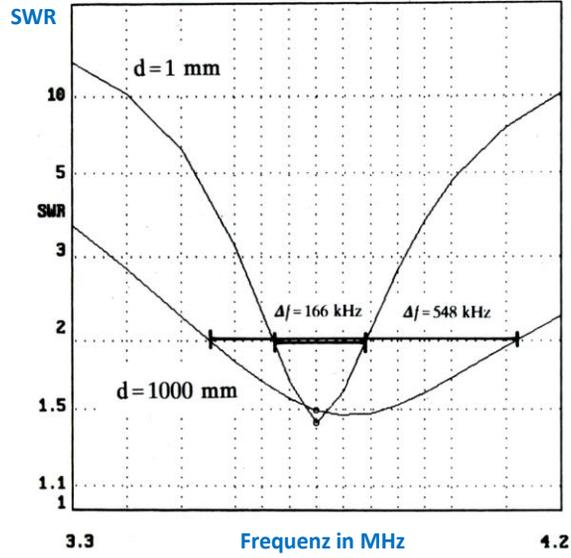
- > um die Resonanzfrequenz herum **große Blindanteile**
- > **geringe Bandbreite**

Strahler **dick/ gedrunen**

- > um die Resonanzstelle herum **kleine Blindanteile**
- > **größere Bandbreite**
- > **Weniger Verluste**, weil Induktivität zur Kompensation kleiner wird

Der **Wirkwiderstand** ist relativ **unabhängig** vom Schlankheitsgrad

Der **Durchmesser der Radialdrähte** spielt kaum eine Rolle (nur unter 1mm Drahtstärke kommen die ohmschen Verluste in den Radialdrähten ins Spiel)

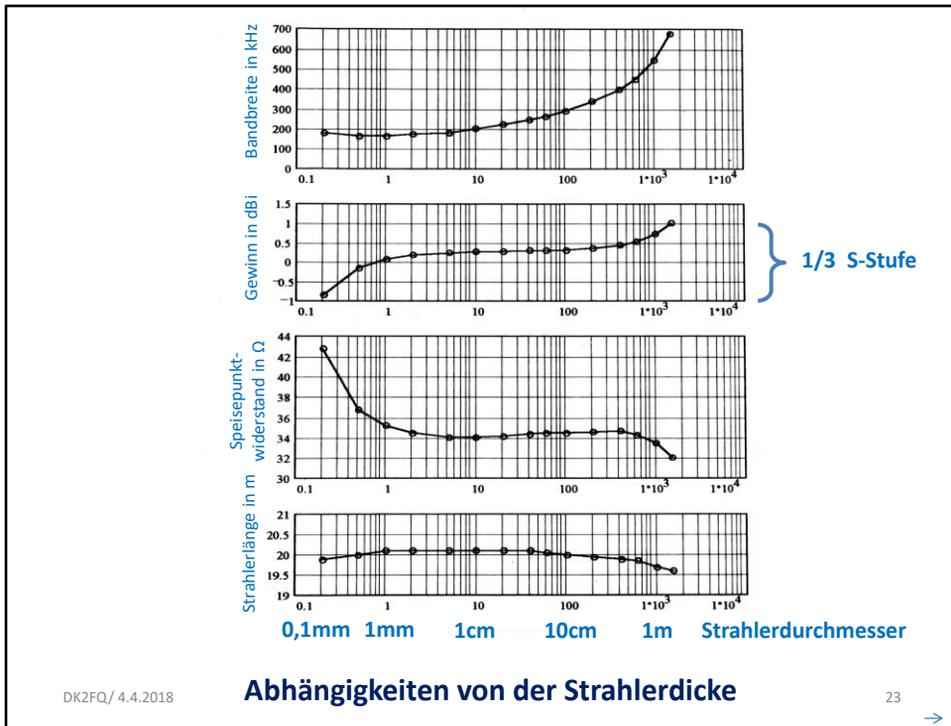


Bandbreite in Abhängigkeit der Strahlerdicke

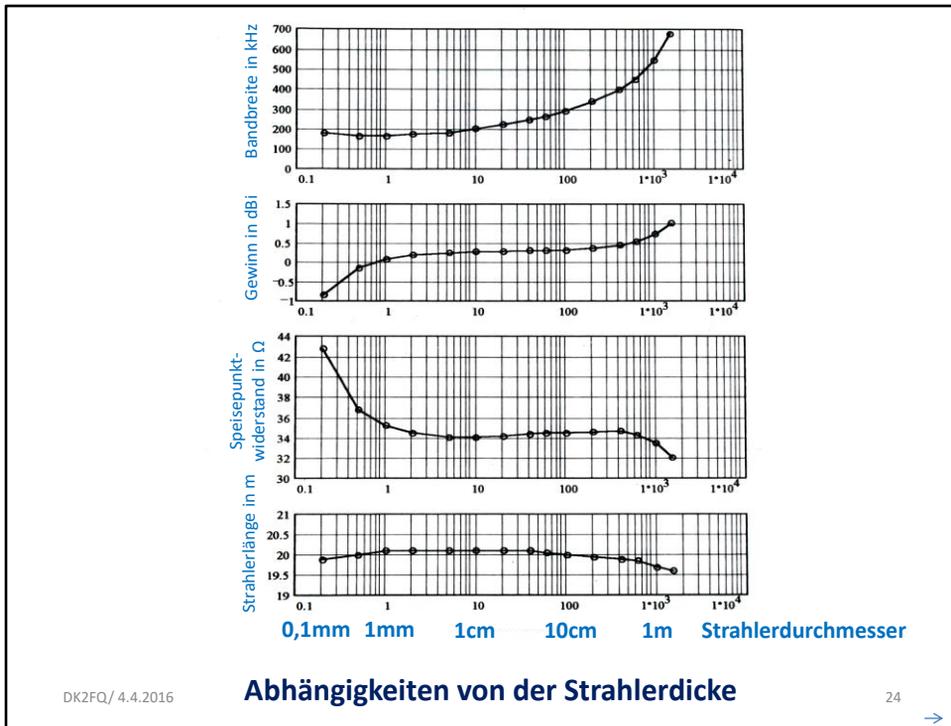
DK2FQ/ 4.4.2016

22





Speisepunkt-widerstand ändert sich bei **großen Dicken** wegen der geänderten **Strahlerlänge** und unterhalb 1mm sind es die **Drahtverluste**.



Speisepunkt-widerstand ändert sich bei **großen Dicken** wegen der **geänderten Strahlerlänge** und unterhalb 1mm sind es die **Drahtverluste**.

1 von 1



200 m Drahtlitze verzinkt 1,2 mm
Weidezaundraht Litze Weidezaun Draht

7,84 € (inkl. MwSt.)
(0,04 € / m)

4,99 €
Versand

15 - 16. Sep.
Lieferung ca.

Beobachten Sofort-Kaufen

DK2FQ/ 4.4.2016

26

Reduziert man $\lambda/4$ -Strahlerlänge auf die Hälfte -> ergibt das **keine signifikante Abnahme des Gewinns**, aber der Speisepunktwiderstand fällt von ca. 35 Ω auf ca. 8 Ω .

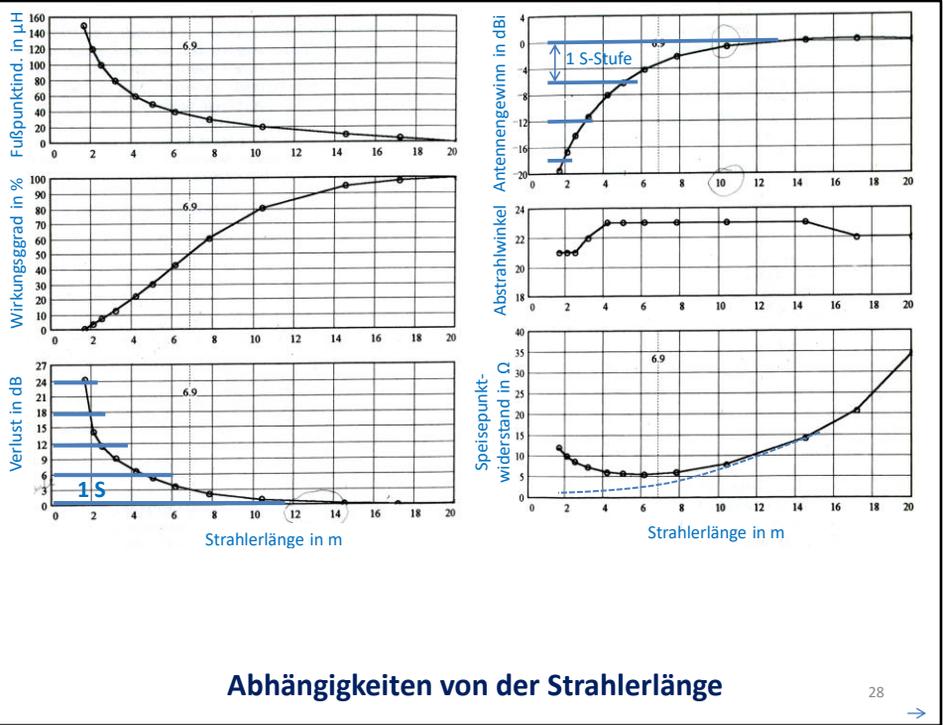


Zwischen Strahlerlänge **1,65 m** und **3 m** (bei 80 m) liegen 15 dB Unterschied Gewinn = **2,5 S-Stufen** oder ...

Wenn bei **3m** Länge **100 Watt** reichen, sind bei **1,65 m** Länge **1.000 Watt** Leistung notwendig, um das gleiche Signal zu produzieren.

Der **Erhebungswinkel** ist nur wenig von der Strahlerlänge abhängig





Abhängigkeiten von der Strahlerlänge





Die **Fußpunktkompensation** der Blindanteile bei einer zu kurzen Antenne ist **optimal in 1/3 der Antennenhöhe**

Aber nur bei sehr kurzen Antennen lohnt sich die Anbringung der Verlängerungsspule auf 1/3 der Antennenhöhe, weil der Wirkungsgrad durch die Lage der Spule hier am meisten beeinflusst wird.

Beispiel: Bei einem **2m** langen Strahler mit Fußpunktspule beträgt der **Wirkungsgrad 3 %**. Wird die Spule auf 1/3 der Strahlerhöhe angebracht, so steigt der **Wirkungsgrad auf 9%**.

Bezüglich der Verluste ist **ab 8m Strahlerlänge** kein signifikanter Unterschied mehr zwischen Lage der Spule am Fußpunkt oder auf 1/3-Antennenhöhe.

Ab 15m Strahlerlänge ist **kein Unterschied** mehr im Wirkungsgrad zu 20 m Strahlerlänge zu erkennen.

+ 0,8 S-Stufen!

DK2FQ/ 4.4.2016

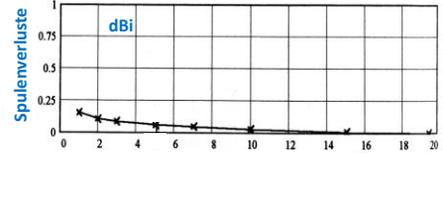
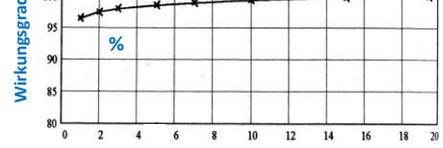
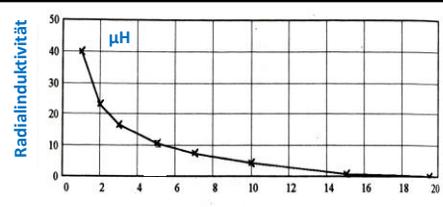
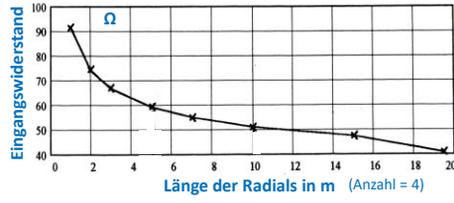
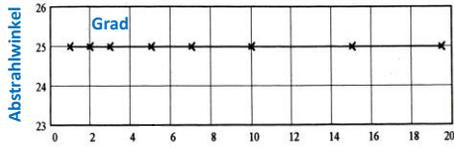
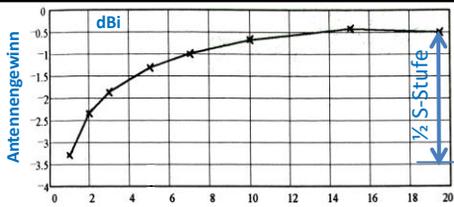
29



Die **2 m lange 80 m-Mobilantenne** am Auto wird um **Faktor 3** besser wenn man die Verlängerungsspule auf ein Drittel Höhe setzt. **Faktor 4 wäre eine S-Stufe.**

Werden **verkürzte Radials** mit einer Induktivität elektrisch auf Resonanz verlängert, wird die **Bandbreite** mit kürzer werdenden Radials **geringer**





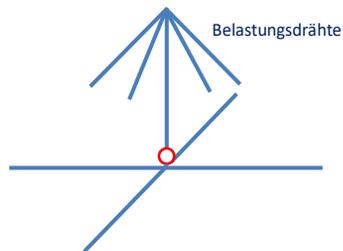
Abhängigkeiten von der Länge der Radials

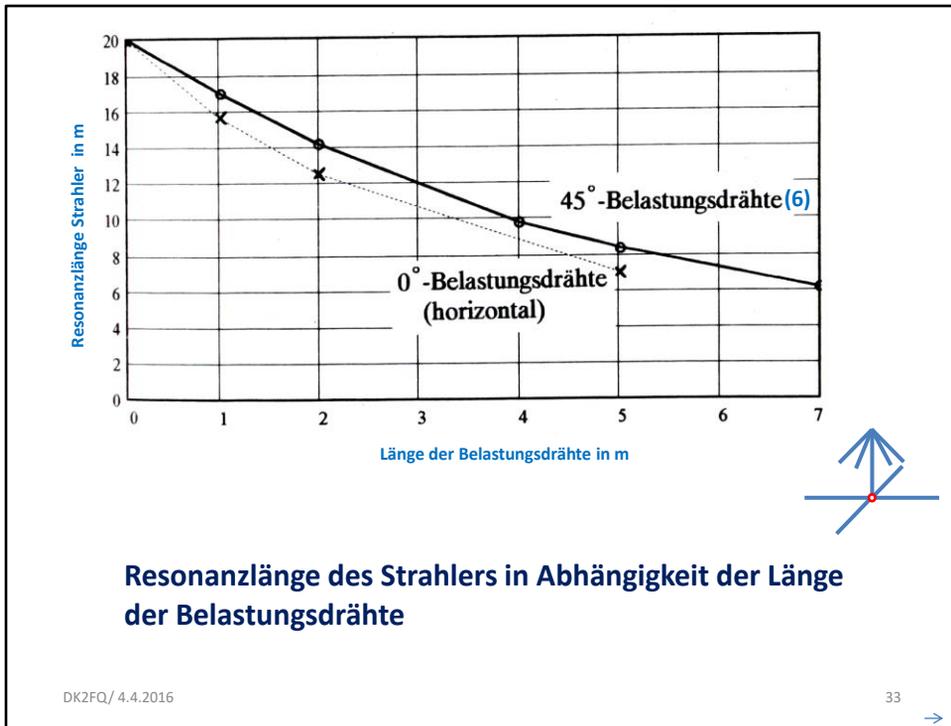




Eine **kapazitive Belastung** (kapazitiver Hut, Belastungsdrähte) ist einer induktiven Verlängerung immer vorzuziehen, weil die praktisch **verlustfrei** ist.

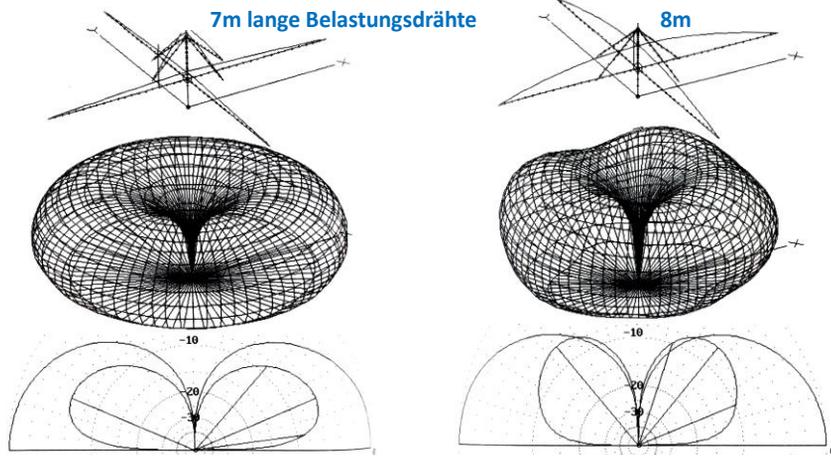
Außerdem wird bei gleicher Antennenhöhe der **Speisepunkt-widerstand höher**, ebenfalls der **Antennengewinn** und der **Wirkungsgrad günstiger** als bei induktiver Kompensation, außerdem ist die **Bandbreite größer**.





Die noch **notwendige Resonanzlänge** des Strahlers, durch Anbringen der Belastungsdrähte.

Macht man allerdings die Belastungsdrähte unter 45 Grad
zu lang, schlägt die Abstrahlcharakteristik plötzlich um



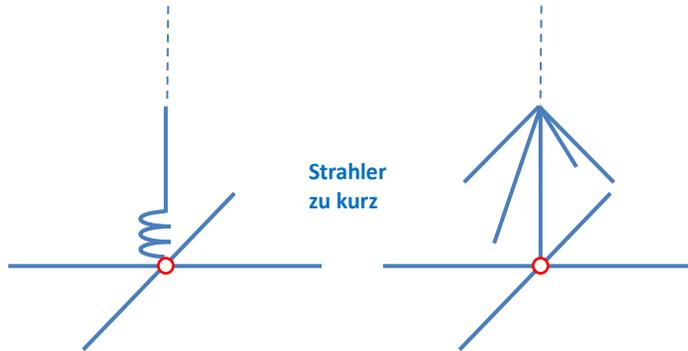
DK2FQ/ 4.4.2016

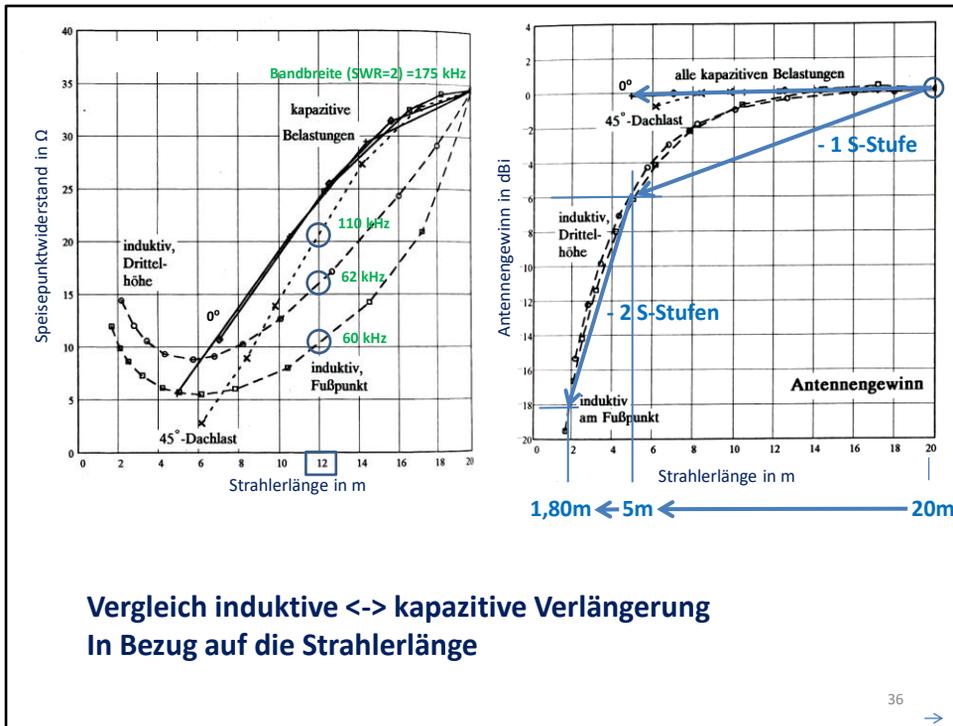
34



- Ein Teil der Strahlung wird bis zu einem bestimmten Winkel (**Brewsterwinkel**) von der Erde reflektiert.

Vergleich **induktiver** und **kapazitiver Kompensation** bei zu kurzen Strahlern





li.:

Bei **induktiver Fußpunkt-kompensation** fällt der Speisepunkt-widerstand von 35 Ohm schon bei 10m Strahlerlänge auf 7 Ohm ab. Damit ist man schon im Bereich der Verlustwiderstände. Würde man die Kompensations-spule auf etwa **ein Drittel der Antennenhöhe** setzen, also in diesem Fall bei 3m, dann erhöht man den Widerstand um ca. 6 Ohm. Bei alternativer Kompensation mit einer **Dachkapazität** hat man zwischen 15 und 18 Ohm Speisepunkt-widerstand. Damit wird das Verhältnis zu den Verlustwiderstände schon wesentlich günstiger.



Nicht jedes einzelne Radial induktiv verlängern sondern **eine Spule für alle Radials** gemeinsam (weniger Verluste durch die Spule)

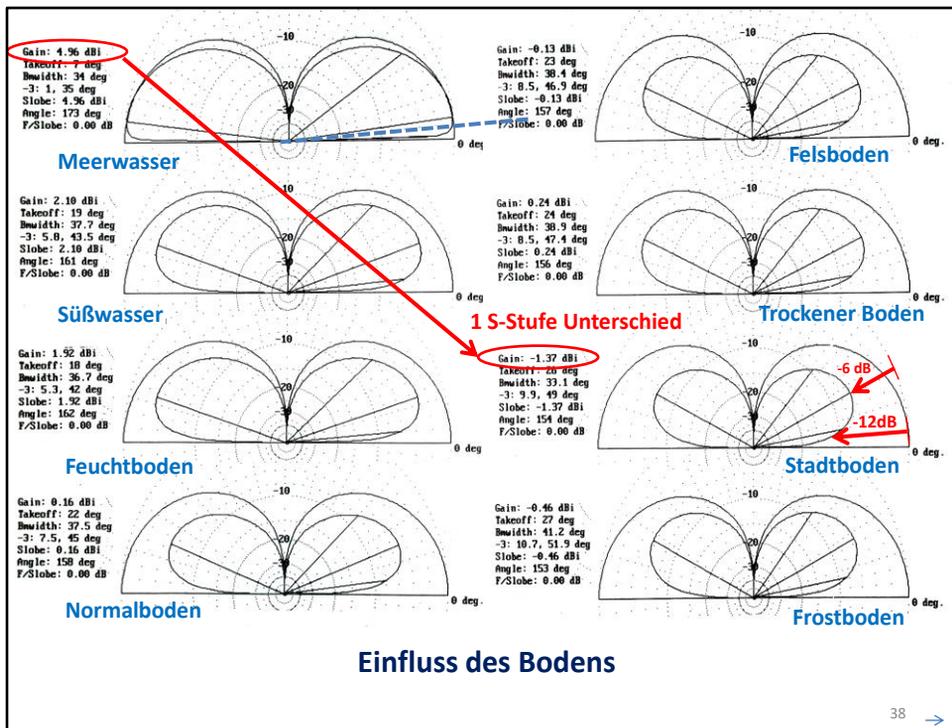


Aufbau eines Radialsystems in 4m Höhe mit **4 m langen** ($\lambda/20$) **Radials** ergibt schon gute Ergebnisse (Verluste durch die Radial-Verlängerungsspule maximal 1%)

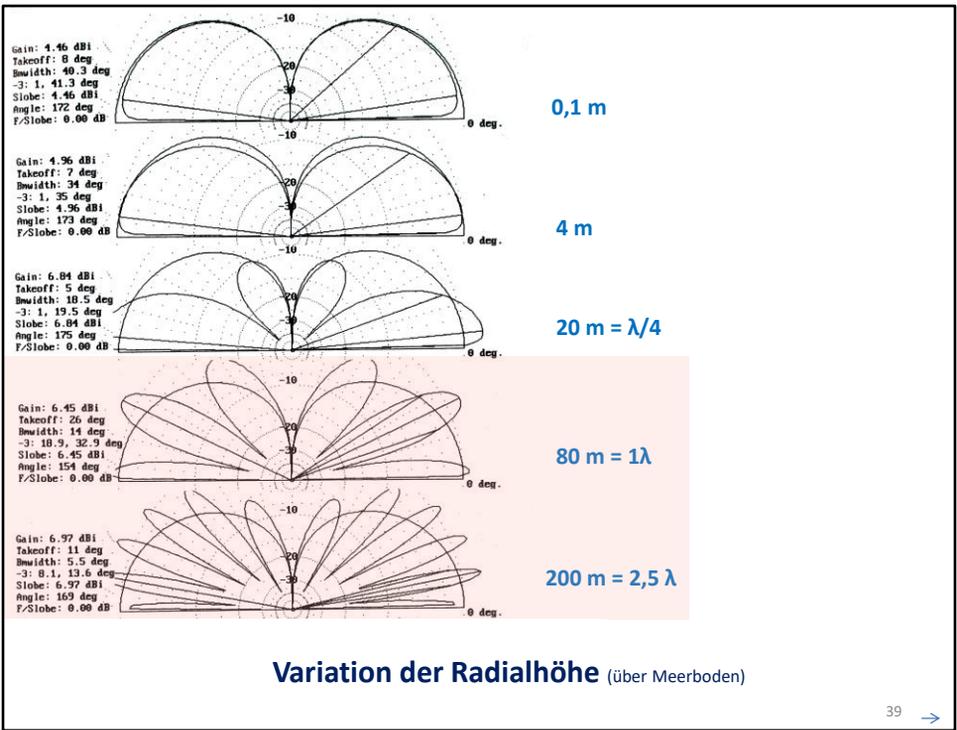
Besser die **Radials kürzer** wählen als den Strahler zu kurz

Bei **schlechtem Boden** besser **kurze Radials** als lange (dafür längerer Strahler)





Die **eine Stufe** bezieht sich nur auf den **absoluten Gewinn**. Betrachtet man die Verluste bei dem **niedrigen Abstrahlwinkel** geht der Verlust natürlich auf **viele S-Stufen** hoch.





Alles was sich in **10 - 50 λ Abstand** (auch unter) **der Antenne** befindet, beeinflusst!

Bei **80 m** (3,65 MHz) -> Einfluß im Umkreis von **800 - 4.000 m**

Bei **2 m** (145 MHz) -> im Umkreis von **20 – 100 m**

Eindringtiefe der elektromagnetischen Wellen in den Boden (in m):

	Leitfähigkeit in S/m	Eindringtiefe in m	
		bei 1,8 MHz	bei 30 MHz
trockener Boden	$< 10^{-4}$	> 40	> 9
Wiesenboden	$5 \cdot 10^{-4}$	17	4
Süßwasser	10^{-3}	12	3
nasser Boden	$10^{-2} \dots 10^{-3}$	3,5...12	0,9...3
Seewasser	4	0,18	0,05
[Kupfer]	$5,8 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$



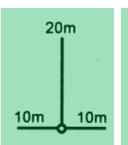
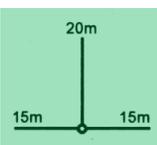
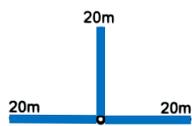


Vergleich unterschiedlicher Kombinationen verkürzter Strahler- und Radiallängen

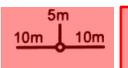
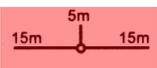
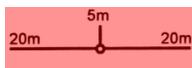
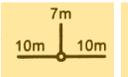
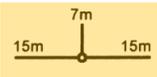
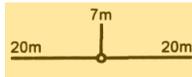
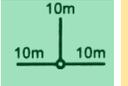
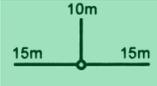
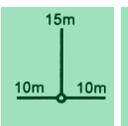
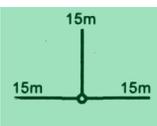
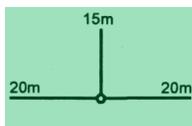
3 dB Verlust ($\frac{1}{2}$ S-Stufe) gegenüber „Normal-Monopol“ (20 m -Strahler mit 20 m – Radial) ergeben sich bei:

- 8,5 m-Strahler mit 5 m-Radials oder
- 7,5 m-Strahler mit 10 m-Radials oder
- 7 m Strahler mit 15 m-Radials





für vier Radials
bei Normal-
Boden und
4m Radialhöhe



bei 0,1 m Radialhöhe
= - 1,2 S-Stufen

< 2 dB
1/3 S-Stufe

2-3 dB
1/2 S-Stufe

3 - 6 dB
1 S-Stufe

Verluste gegenüber
der „Normalversion“



Bei **Übertragung der Werte auf andere Wellenlängen**
sind die geometrischen Werte entsprechen dem
Verhältnis der Frequenzen umzurechnen

Beispiel: **3,5 MHz/ 28 MHz = 1/7,6**

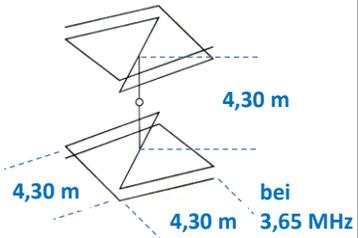
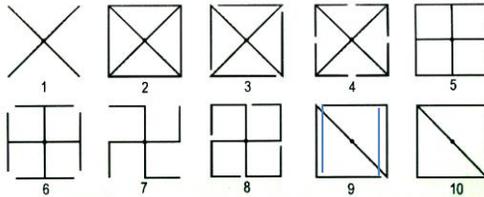
Strahlerlänge also **20,0 m/7,6 = 2,63 m**

Drahtquerschnitt z.B. 2 mm bei 3,65 MHz -> bei 28 MHz
= **2 mm/7,6 = 0,43 mm**

Die **Leitfähigkeit** für die Antennenmaterialien müsste auch
proportional der Frequenz erhöht werden (der spezifische
Widerstand entsprechend geringer!)



Weitere Überlegungen gibt es von Karl-Heinz Hille (DL1VU) zu **verschieden geformten Radialsystemen** und kapazitiven Verlängerungen (z.B. Stern, Maschengitter, Swastika und gefaltete Systeme) für **Vertikalantennen**



aus CQ DL 12-2009 (S. 868)

Je nach Form gibt es unterschiedliche Resonanzfrequenzen. Dabei kann bei vergleichbaren elektrischen Werten **Platz eingespart** werden.

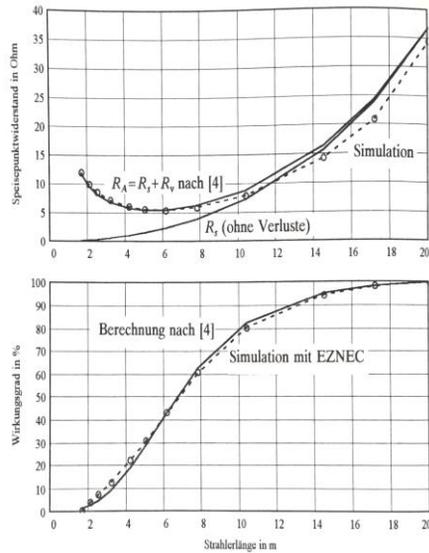
Diese Erkenntnisse waren nur möglich, weil es heute Antennen-Simulations-Programme wie **EZNEC**, **4NEC2**, **MMANA**, usw. gibt.



DF6SJ stellt stolz fest (S. 213):

„Für den Autor eines Antennenbuches mit analytischen Rechnungen, denen immer idealisierte Randbedingungen zu Grunde liegen, ist es eine aufregende Sache, seine **vor fast 15 Jahren** und **ohne jede Computerhilfe** gewonnenen Formeln und Zahlen mit modernen Simulationsergebnissen zu vergleichen. **Mit etwas Herzklopfen wurden die alten Formeln für den Antenneneingangswiderstand eines fußpunktbelasteten Monopols** und für den Wirkungsgrad, Gleichung (5.47), Seite 199 in [Kurze Antennen, 1986], **herangezogen und mit den Eingabedaten der hier simulierten Antennen durchgerechnet**. Die Ergebnisse beider Rechnungen, die vom Ansatz her völlig verschieden sind, sind in Abbildung 9.3.4 in ein Diagramm eingetragen.“

DK2FQ/ 4.4.2016



46

Literaturhinweise

Kurze Antennen, Gerd Janzen, Franckh-Verlag, 1986, ISBN 3-440-05469-1

HF-Messungen mit einem aktiven Stehwellenmeßgerät, **Gerd Janzen, Selbstverlag**

Oder E-Mail: Gerd.Janzen@fh-kempten.de

<http://darcverlag.de/Gerd-Janzen-DF6SJ>

Radials vergraben?

<http://www.technik.dhbw-ravensburg.de/~lau/GPmitRadials/GPmitRadials.html>

Antennenvorträge von OE6ZH:

Vortrag 1 (Höhe und „Strom strahlt“)

Vortrag 2 (Seite 21 wg. vergrabener „Radials“)

Vortrag 3 (Abstrahlung und Polarisation)

http://www.qsl.net/oe6zh/EN/projects/antenna_talks.htm

} diese Vorträge findet
man hier: 

Antennenvortrag von DL9BCP (OV I18 Delmenhorst)

Vortrag (Erdnetz, Radials, S. 21: erst 64 vergrabene Radials sind so gut wie 4 elevated R.)

[http://www.darc.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/140509 -](http://www.darc.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/140509_-_Vortrag_Radialnetze_OV_I18.pdf)

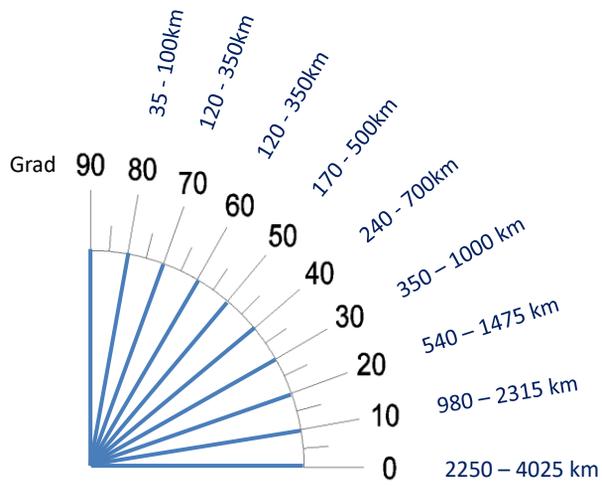
[_Vortrag_Radialnetze_OV_I18.pdf](http://www.darc.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/140509_-_Vortrag_Radialnetze_OV_I18.pdf)



DK2FQ, Wolfgang Beer, K56
dk2fq@dar.c.de

Homepage
<http://dk2fq.jimdo.com/vorträge/>

Sprungdistanz (1. Sprung E-Schicht bzw. F2 -Schicht)



Zahlenwerte aus Rothammels Antennenbuch, 13. Auflage

