

1. Aufgabenstellung

2016-04-05
→ w:\pdf\dipol-fuer-14.175-MHz.pdf

Es soll ein leichter Dipol für das 20m-Band für Portabel-Betrieb gebaut werden.

Nach einer kurzen Einführung wird der Dipol mit dem frei verfügbaren NEC-basierten Programm 4nec2 simuliert und anschließend aufgebaut

2. Einführung

o James Clark Maxwell, 1873

Maxwellsche Gleichungen ≙ Theorie der elektromagnetischen Felder → diese Gleichungen haben bis heute unverändert Gültigkeit

o Heinrich Hertz, 1887 sk. [1] (unten)



Heinrich Hertz
22.2.1857 - 1.1.1894

1 "Hundertmillionstel" - Sekunde:
 $T = \frac{1}{100 \cdot 10^6} \text{ s} = \frac{1}{10^8} \text{ s} = 10^{-8} \text{ s} = 10 \text{ ns}$
 $\frac{1}{T} = 100 \text{ MHz}$

1. Über sehr schnelle elektrische Schwingungen

(Wiedemanns Annalen, Band 31, p. 421, 1887)

Die elektrischen Oszillationen geöffneter Induktionsapparate haben eine Schwingungsdauer, welche nach Zehntausendteilen der Sekunde gemessen werden kann. Etwa hundertmal schneller erfolgen die Schwingungen oszillierender Flaschenentladungen, welche FEDDERSEN beobachtete.¹⁾ Schnellere Schwingungen noch als diese läßt die Theorie als möglich voraussehen in gutleitenden ungeschlossenen Drähten, deren Enden nicht durch große Kapazitäten belastet sind, ohne daß freilich die Theorie zu entscheiden vermöchte, ob solche Schwingungen je in bemerkbarer Stärke tatsächlich erregt werden können. Gewisse Erscheinungen legten mir die Vermutung nahe, daß Schwingungen der letztgenannten Art unter bestimmten Verhältnissen wirklich auftreten, und zwar in solcher Stärke, daß ihre Fernwirkungen der Beobachtung zugänglich werden. Weitere Versuche bestätigten meine Vermutung, und es soll deshalb über die beobachteten Erscheinungen und die angestellten Versuche hier berichtet werden.

Die Schwingungen, um welche es sich dabei handeln wird, sind wiederum etwa hundertmal schneller, als die von FEDDERSEN beobachteten. Ihre Schwingungsdauer, freilich nur mit Hilfe der Theorie geschätzt, rechnet nach Hundertmillionsteln der Sekunde. Der Schwingungsdauer nach stellen sich demnach diese Schwingungen schon in die Mitte zwischen die akustischen Schwingungen der ponderablen Körper und die Licht-

¹⁾ Für die Literatur siehe COLLEY, Wied. Ann. 26, p. 432. 1885. [Auch Anmerkung 1 am Schluß des Buches.]

Lit.: [1] Heinrich Hertz, "Über sehr schnelle elektrische Schwingungen", vier Arbeiten, Oswalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 251, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt/Main, 1936
[2] John D. Kraus, "Antennas", Second Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1988, 1950

Für dieses Dokument behalten wir uns alle Rechte vor.
We reserve all rights for this document.

aus [2], S. 4

4 1 INTRODUCTION

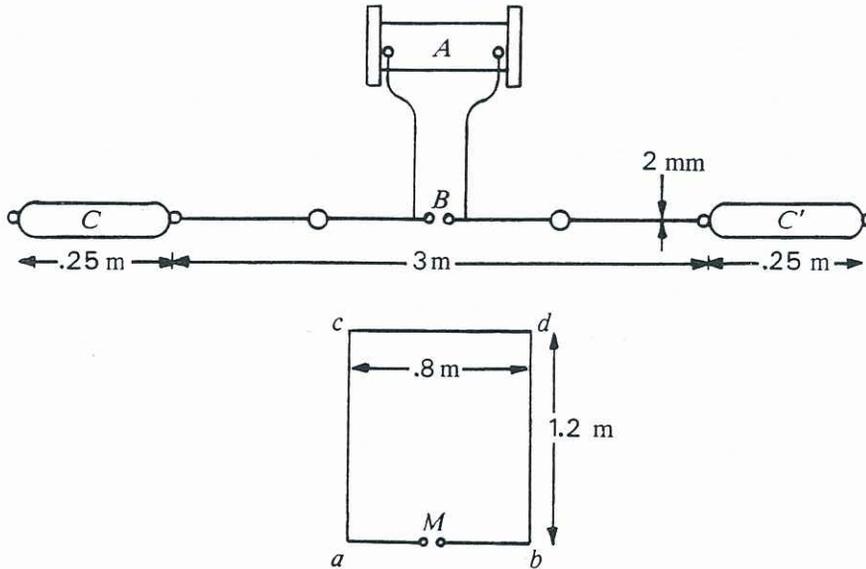


Figure 1-1 Heinrich Hertz's complete radio system of 1886 with end-loaded dipole transmitting antenna (CC') and resonant loop receiving antenna ($abcd$) for $\lambda \approx 8$ m. With induction coil (A) turned on, sparks at gap B induced sparks at M in the loop receiving antenna. (From Heinrich Hertz's book *Electric Waves*, Macmillan, 1893; redrawn with dimensions added.)

aus [1]

längen aufgetragen. Die Punkte bezeichnen die einzelnen Beobachtungen. Eine große Unsicherheit wohnt diesen wie allen Messungen über Funkenlängen bei; diese Unsicherheit vermag das Hauptresultat nicht zu verdecken. Bei einer anderen Versuchsreihe wurde nicht allein die Länge der Seiten a b und

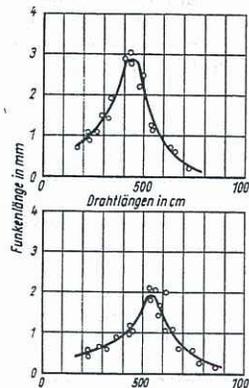


Fig. 5 a und b

c d , sondern auch ihr Abstand, welcher gleich 30 cm war, und ihre Lage konstant erhalten, die Seiten a c und b d aber wurden aus Drähten von allmählich wachsender Länge, welche zu lockeren Spiralen gerollt waren, gebildet. Fig. 5 b stellt die gewonnenen Resultate dar. Das Maximum fällt hier auf eine etwas größere Drahtlänge als vorher. Man darf vermuten, daß dies daher rühre, daß hier durch die Vermehrung der Länge nur das Selbstpotential, dort sowohl das Selbstpotential als die Kapazität gesteigert wurde. Einige Versuche wurden angestellt, um zu erfahren, wie sich

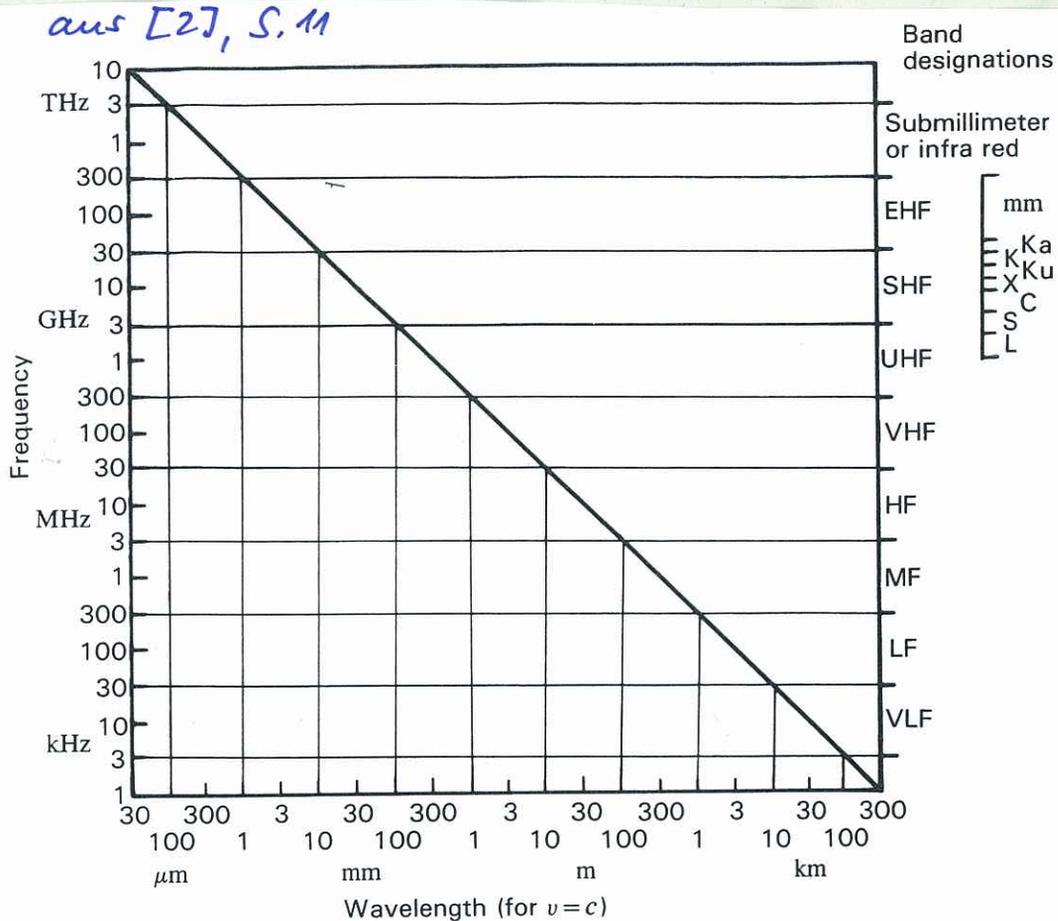


Figure 1-7 Wavelength versus frequency for $v = c$.

Example of wavelength for a given frequency. For a frequency of 300 MHz the corresponding wavelength is given by

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{300 \times 10^6 \text{ Hz}} = 1 \text{ m} \quad (3)$$

In a lossless nonmagnetic dielectric medium with relative permittivity $\epsilon_r = 2$, the same wave has a velocity

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{2}} = 2.12 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \quad (4)$$

and

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2.12 \times 10^8}{300 \times 10^6} = 0.707 \text{ m} = 707 \text{ mm} \quad (5)$$

aus [2], S. 11

Lord Kelvin is reported to have said:

When you can measure what you are speaking about and express it in numbers you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind; it may

be the beginning of knowledge but you have scarcely progressed in your thoughts to the stage of science whatever the matter may be.



3. Betriebsanordnung eines fende-Dipols

aus [2], S. 19

2-3 BASIC ANTENNA PARAMETERS 19

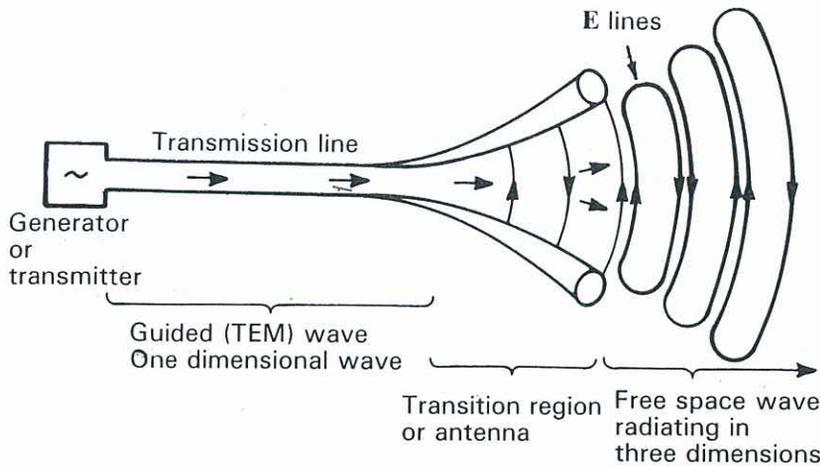


Figure 2-1 The antenna is a region of transition between a wave guided by a transmission line and a free-space wave. The transmission line conductor separation is a small fraction of a wavelength while the separation at the open end of the transition region or antenna may be many wavelengths. More generally, an antenna interfaces between electrons on conductors and photons in space. The eye is another such device.

20 2 BASIC ANTENNA CONCEPTS

aus [2], S. 20

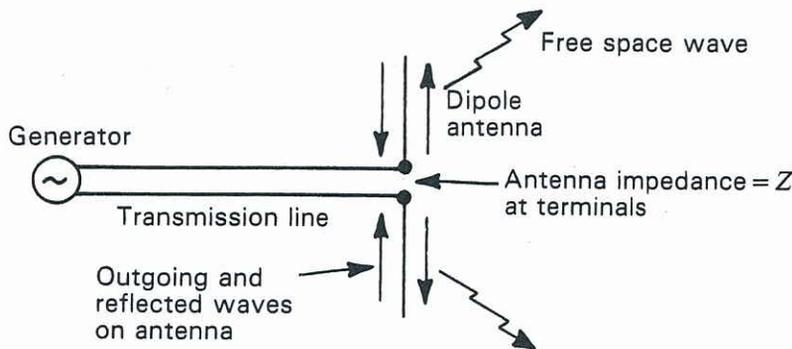


Figure 2-2 The antenna launches a free-space wave but appears as a circuit impedance to the transmission line.

4. Betriebsanordnung eines Empfangs-Dipols

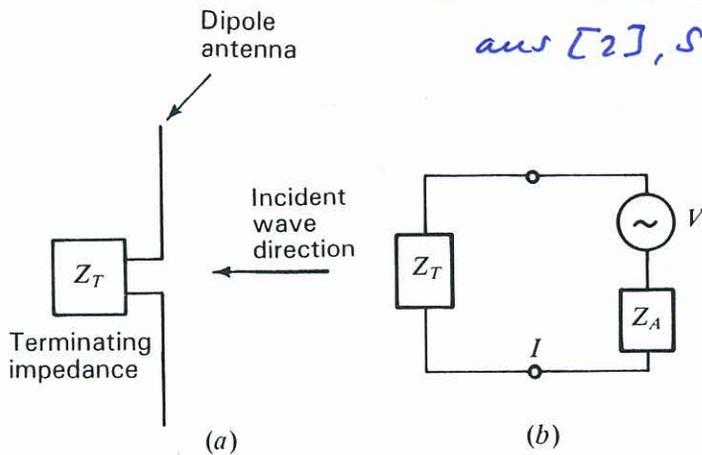


Figure 2-8 Schematic diagram of dipole antenna terminated in impedance Z_T with plane wave incident on antenna (a) and equivalent circuit (b).

In general, the terminating and antenna impedances are complex; thus

$$Z_T = R_T + jX_T \quad (2)$$

and

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (3)$$

The antenna resistance may be divided into two parts, a *radiation resistance* R_r and a nonradiative or *loss resistance* R_L , that is,

$$R_A = R_r + R_L \quad (4)$$

Let the power delivered by the antenna to the terminating impedance be P . Then

$$P = I^2 R_T \quad (5)$$

From (1), (2) and (3), the current magnitude

$$I = \frac{V}{\sqrt{(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2}} \quad (6)$$

Substituting (6) into (5) gives

$$P = \frac{V^2 R_T}{(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2} \quad (7)$$

The ratio of the power P in the terminating impedance to the power density of the incident wave is an area A . Thus,

$$\frac{P}{S} = A \quad (8)$$

where P = power in termination, W

S = power density of incident wave, W m^{-2}

A = area, m^2

If S is in watts per square wavelength ($\text{W } \lambda^{-2}$) then A is in square wavelengths (λ^2), which is often a convenient unit of measurement for areas.

5. Stromverteilung auf dem Dipol

If the same dipole is used at a longer wavelength so that it is only 0.1λ long, the current tapers almost linearly from the central feed point to zero at the ends in a triangular distribution, as in Fig. 2-12b. The average current is $\frac{1}{2}$ of the maximum so that the effective height is $0.5 l$.

aus [2], S. 41

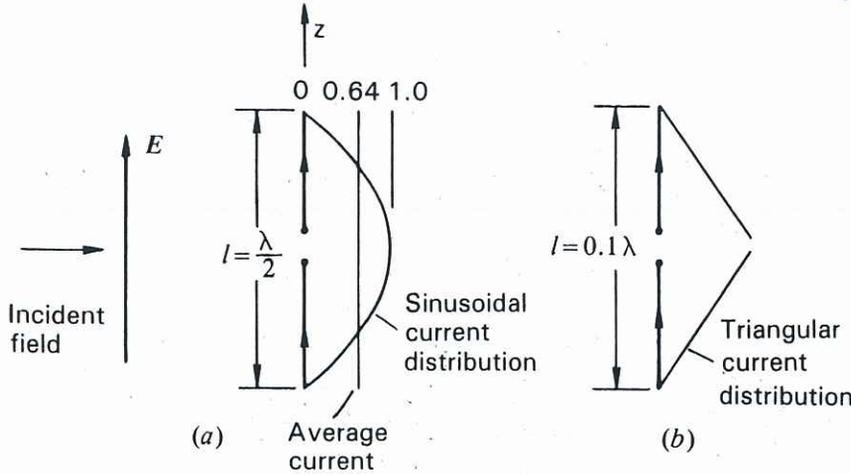


Figure 2-12 (a) Dipole of length $l = \lambda/2$ with sinusoidal current distribution. (b) Dipole of length $l = 0.1\lambda$ with triangular current distribution.

6. Abstrahlung

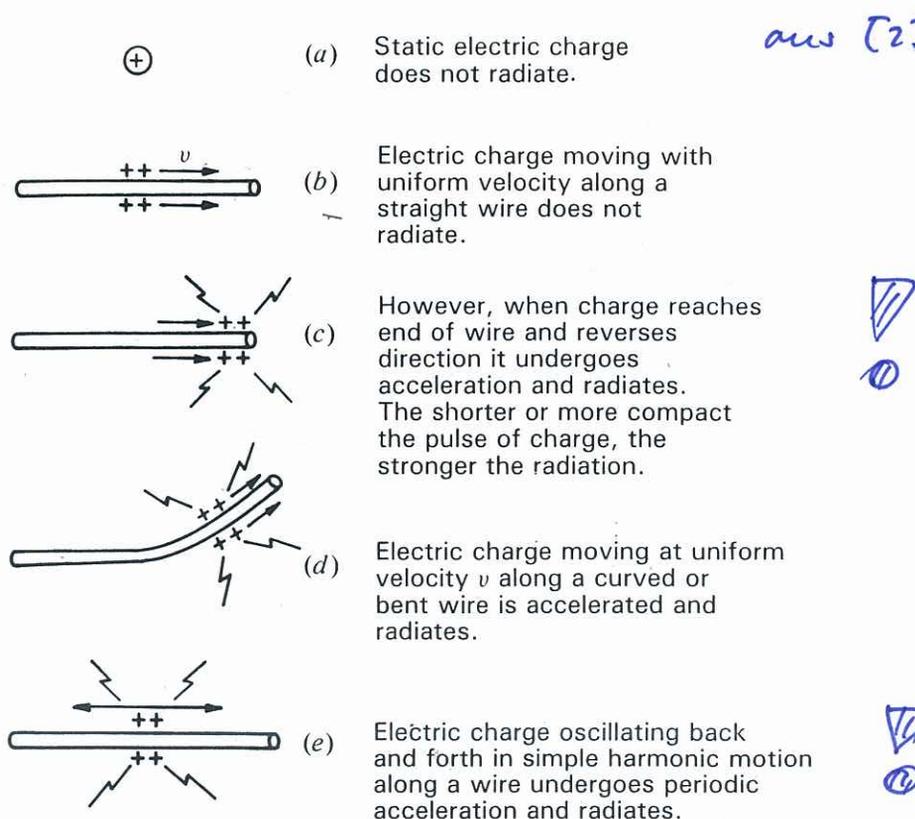


Figure 2-19 A static electric charge or a charge moving with uniform velocity in a straight line does not radiate. An accelerated charge, however, does radiate.

aus [2], S. 55

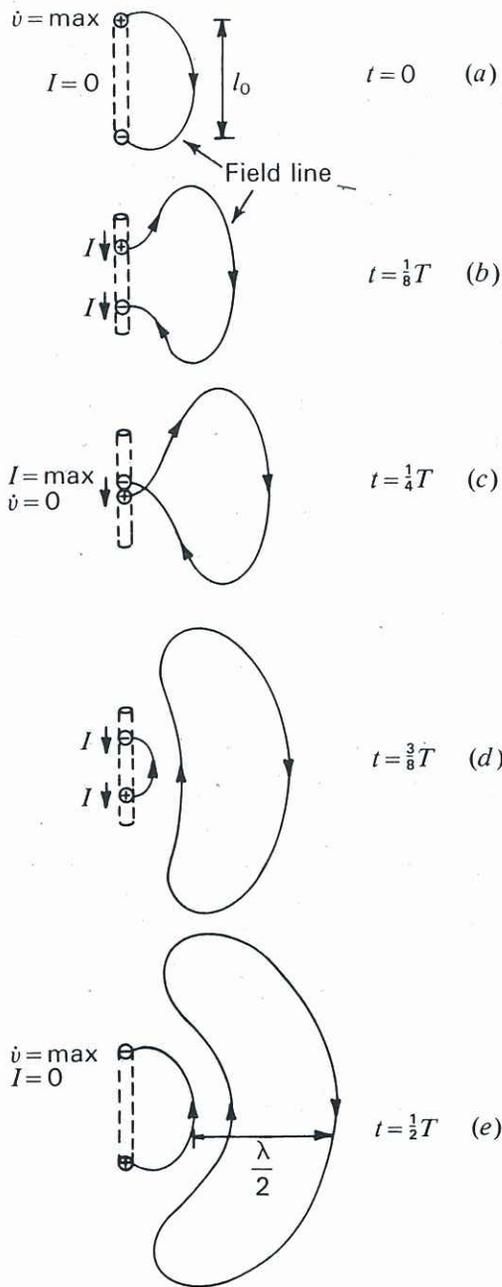
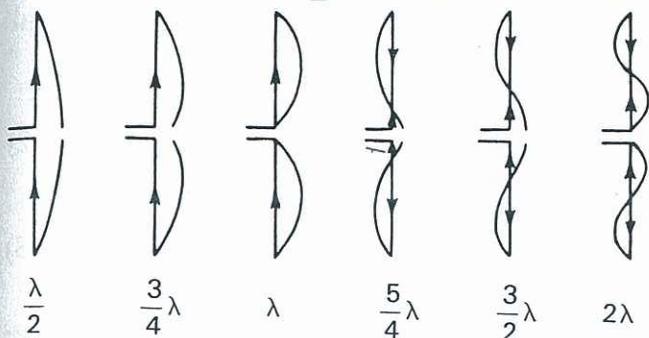


Figure 2-22 Oscillating electric dipole consisting of two electric charges in simple harmonic motion, showing propagation of an electric field line and its detachment (radiation) from the dipole. Arrows next to the dipole indicate current (I) direction.



aus [2], S. 219

Figure 5-8 Approximate natural-current distribution for thin, linear, center-fed antennas of various lengths.

7. Berechnung des Dipols

Ges.: a, Mittenfrequenz ("Resonanzfrequenz") soll
in der Mitte des 20m-Bandes liegen,

$$\text{also } f_0 = \frac{14.000 \text{ MHz} + 14.350 \text{ MHz}}{2} = 14.175 \text{ MHz}$$

b, Antennenleiter

PTFE-isolierte ver Silberte Kupferlitze,
feindrähtig, $d_{\text{Leiter}} \approx 0.8 \text{ mm}$

Bes.

Sh. Seite 9

Mechanical length of a horizontal center-fed halfwave dipole antenna

--> 14.175MHz 0.8mm 50e6 3 6 3 ! "Dipol fuer 14.175 MHz", Newcomer-Treff<--

Input data:

$$f = 14.175 \text{ MHz}$$

$$d = 800.000 \text{ um}$$

$$\kappa(20C) = 50.000E+06 \text{ S/m}$$

$$h_l = 3.000 \text{ m} \quad h_m = 6.000 \text{ m} \quad h_r = 3.000 \text{ m}$$

Drawing

Results:

$$\text{free-space wavelength } \lambda_0 = c_0/f = \underline{21.149 \text{ m}}$$

$$\text{thickness ratio } s = \lambda_0/d = 26.437E+03$$

$$\text{shortening factor } v_f = 977.011E-03$$

conductor cross section area (wire/tube)

$$A = \pi \cdot d^2/4 = 502.655E-09 \text{ m}^2 = 502.655E-03 \text{ mm}^2$$

$$\text{mechanical length of dipole } l = \lambda_0 \cdot v_f/2 = 10.332 \text{ m}$$

$$R_{dc} = 411.081 \text{ mOhm}$$

$$R_{dc}/l = 39.789 \text{ mOhm/m} = 397.887 \text{ uOhm/cm} = 39.789 \text{ uOhm/mm}$$

$$R_{ac} = 4.486 \text{ Ohm}$$

$$R_{ac}/l = 434.209 \text{ mOhm/m} = 4.342 \text{ mOhm/cm} = 434.209 \text{ uOhm/mm}$$

$$\text{mechanical length of dipole half } l/2 = \underline{5.166 \text{ m}}$$

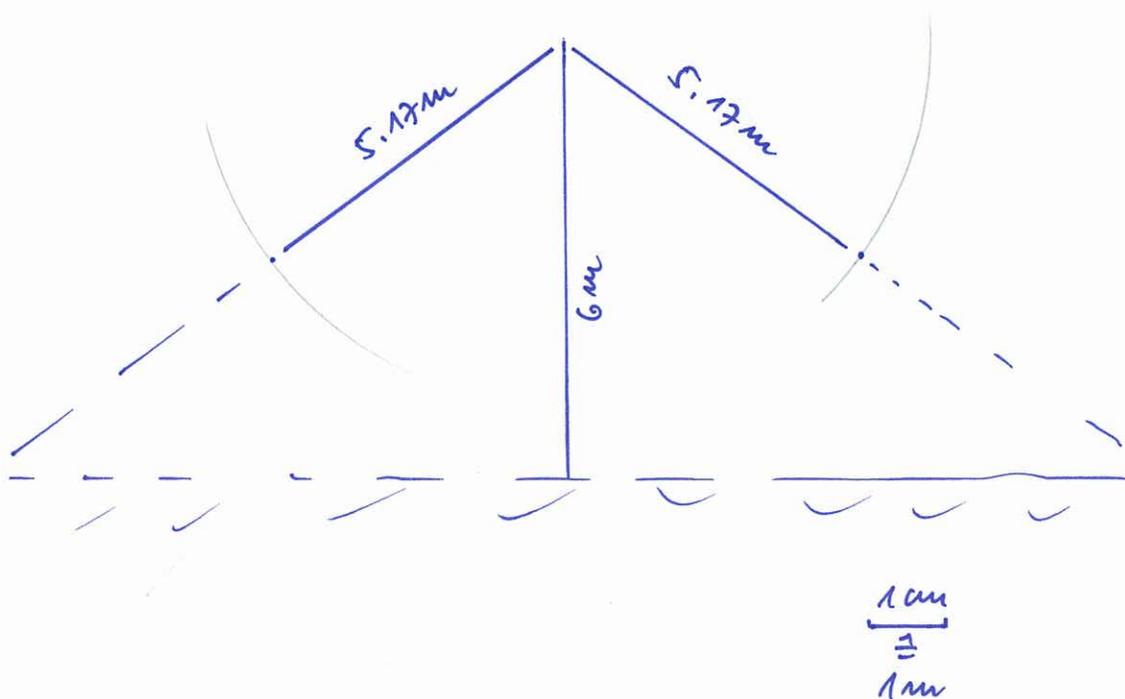
$$R_{dc}/2 = 205.540 \text{ mOhm}$$

$$R_{ac}/2 = 2.243 \text{ Ohm}$$

$$h_l/\lambda_0 = 0.142$$

$$h_m/\lambda_0 = 0.284$$

$$h_r/\lambda_0 = 0.142$$



19 MAI 2014

BAUSCH-GALL GmbH
Simulation und Numerische
Mathematik in der technischen
Anwendung

EEMOD - DDIPOL - DIPOLH4N2
List of 4nec2 input file
'c:\eemod_ex\4n2\dipolh_4n2.nec'

Hans.Gall@Bausch-Gall.de
Telefon 089/3232625
Mo, 19-Mai-14, 18:19:21

10

```

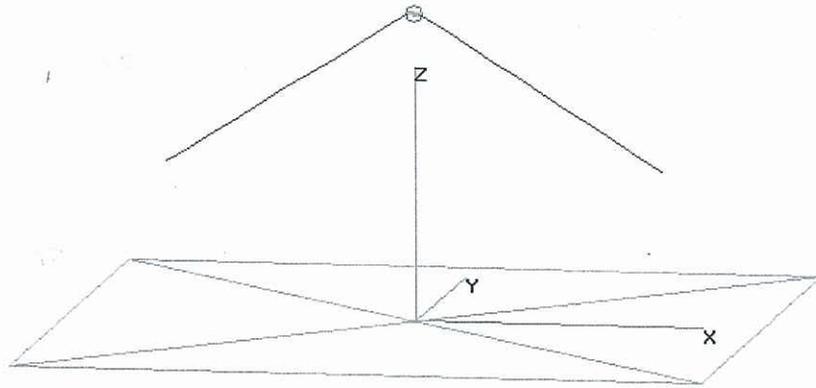
CM DIPOLH: Horizontal center-fed half-wave dipole antenna 19-MAY-14 18:19:21
CM File: "c:\eemod_ex\4n2\dipolh_4n2.nec"
CM Date: Monday, 19-MAY-14 Time: 18:19:21
CM created by: EEMOD Version 1.9+196 (19-MAY-14) Ser.No.059
CM Input data:
CM --> 14.175MHz 0.8mm 50e6 3 6 3 ! "Dipol fuer 14.175 MHz", Newcomer-Treff<--
CM f = 14.175 MHz
CM d = 800.000 um
CM kappa(20C) = 50.000E+06 S/m
CM h_l = 3.000 m
CM h_m = 6.000 m
CM h_r = 3.000 m
CM Design data:
CM free-space wavelength lambda_0 = c_0/f = 21.149 m
SY r=400.000E-06
SY dl=103.316E-03
SY l=5.166
SY h=6.000
SY h_a=3.000
SY lx=sqr(l*l-(h-h_a)*(h-h_a))
GW 1 10 -dl-lx 0 h_a -dl 0 h r
GW 2 1 -dl 0 h +dl 0 h r
GW 3 10 +dl 0 h +dl+lx 0 h_a r
CM Explanation for GE !
GE 1
CM 2 = Sommerfeld-Norton ground
CM poor ground: E_r = 4, kappa = 0.001 S/m
CM (for good ground, please use: E_r = 10, kappa = 0.01 S/m)
GN 2 0 0 0 4 0.001
CM Explanation for EX !
EX 0 2 1 01 1 0
CM Explanation for LD !
LD 5 1 0 0 50.000E+06
LD 5 3 0 0 50.000E+06
SY freq=14.175
CM Explanation for FR !
FR 0 1 0 0 freq
EN

```

EEMOD Version 1.9+196 (19-MAY-14) Ser.No.059 Copyright (c) 1984 - 2014 BAUSCH-GALL GmbH

dipolh_4n2.out

~~14.18 MHz~~
14.175
MHz



Theta : 80

Axis : 5 mtr ✓

Phi : 280

Filename	dipolh_4n2.out	Frequency	14.18	Mhz
		Wavelength	21.15	mtr
Voltage	87.1 + j0V	Current	1.15 - j0.54 A	
Impedance	62.3 + j29 ←	Series comp.	386.7	pF
Parallel form	75.8 // j163	Parallel comp.	68.98	pF
S.W.R. 50	1.75	Input power	100	W
Efficiency	96.32 %	Structure loss	3.678	W
Radiat-eff.	54.47 %	Network loss	0	uW
RDF [dB]	6.61	Radiat-power	96.32	W

Environment Loads Polar

GROUND PLANE SPECIFIED.
 WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.
 FINITE GROUND. SOMMERFELD SOLUTION
 RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 4.000
 CONDUCTIVITY= 1.000E-03 MHOS/METER
 COMPLEX DIELECTRIC CONSTANT= 4.00000E+00-1.26815E+00

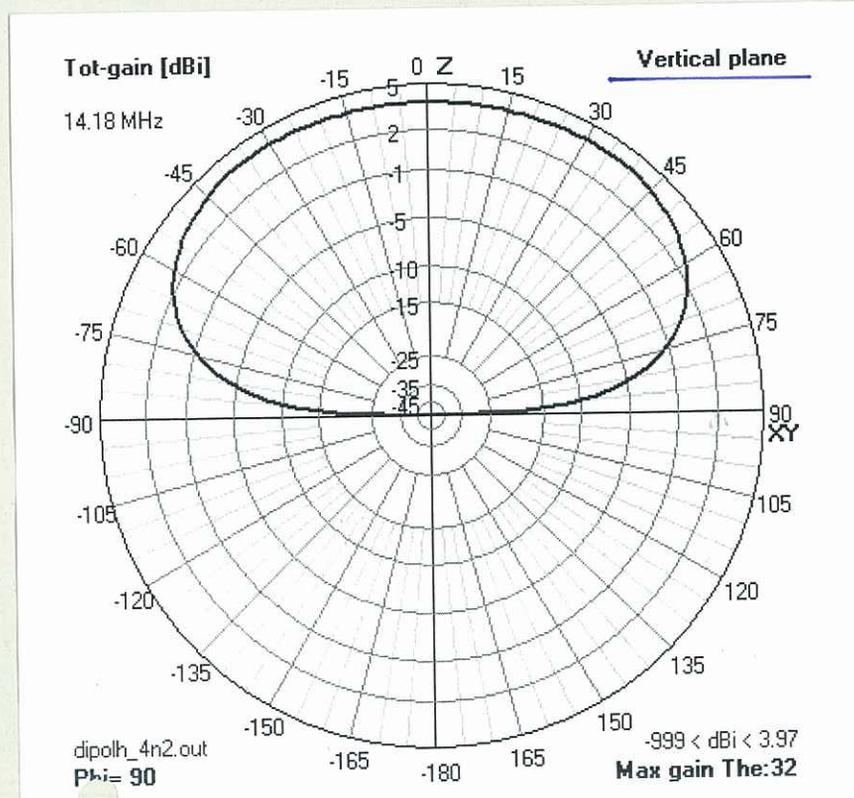
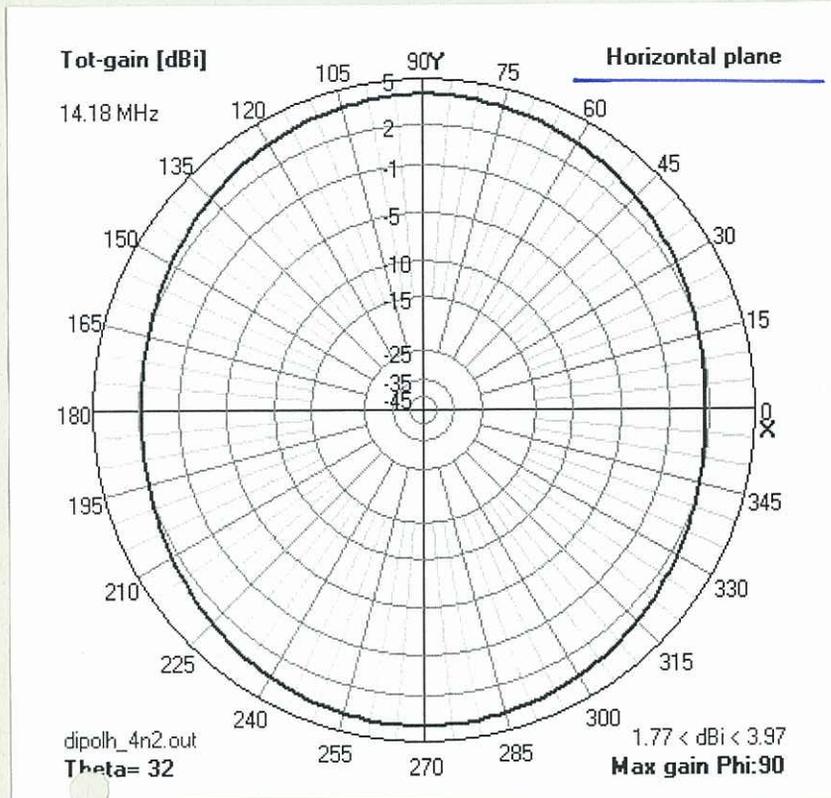
Comment

DIPOLH: Horizontal center-fed half-wave dipole antenna 19-MAY-14 18:19:21
 File: "c:\veemod_ex\4n2\dipolh_4n2.nec"
 Date: Monday, 19-MAY-14 Time: 18:19:21
 created by: EEMOD Version 1.9+196 (19-MAY-14) Ser.No.059
 Input data:
 -> 14.175MHz 0.8mm 50e6 3 6 3! "Dipol fuer 14.175 MHz", Newcomer-Treff-
 f = 14.175 MHz
 d = 800.000 um
 kappa(20C) = 50.000E+06 S/m
 h_1 = 3.000 m

Seg's/patches	21	start	stop	count	step	
Pattern lines	16471	Theta	-90	90	91	2
Freq/Eval steps	1	Phi	0	360	181	2
Calculation time	0.123					

Für dieses Dokument behalten wir uns alle Rechte vor.
 We reserve all rights for this document.

Fernfeld-Strahlungsdiagramme



Für dieses Dokument behalten wir uns alle Rechte vor.
We reserve all rights for this document.

Complex input impedance for a given complex termination impedance at the end of a given TEM transmission line type (i.e. CQ554, RG213/U, ...)

-->Twin-lead_240 8.6 14.175MHz 62.3 +29 ! "Dipol fuer 14.175 MHz", Newcomer-Tr

Input data:

Type = "TWIN-LEAD_240"

l = 8.600 m

f = 14.175 MHz

Re{ Z_2 } = 62.300 Ohm

Im{ Z_2 } = 29.000 Ohm

Drawing

Results:

Z_1 = 70.085 Ohm + j 27.944 Ohm (complex input impedance)

Y_1 = 12.311 mS - j 4.909 mS (complex input admittance)

complex characteristic impedance of transmission line:

Z_{0c} = 240.030 Ohm - j 2.509 Ohm

| Z_{0c} | = 240.043 Ohm < Z_{0c} = -0.599 deg

complex transmission constant of transmission line:

γ = α + j β = 35.052E-03 dB/m + j 365.085E-03 rad/m

$\alpha \cdot l$ = 0.301 dB (matched-line loss for $Z_2 = Z_{0c}$)

$\beta \cdot l$ = 3.140 rad = 179.894 deg (electrical length of line)

$\beta \cdot l / 360 \text{deg} = 0.500 = \text{number of wavelengths on the line}$

λ_0 = c_0 / f = 21.149 m (free-space wavelength)

λ_g = $2 \cdot \pi / \beta$ = 17.210 m (wavelength on transmission line)

| ρ_1 | = 0.555 < ρ_1 = 165.152 deg

s_1 = 3.493 r_{l1} = 5.116 dB (= a_{r1})

| ρ_2 | = 0.595 < ρ_2 = 164.939 deg

s_2 = 3.935 r_{l2} = 4.513 dB (= a_{r2})

Q_1 = |Im{ Z_1 }| / Re{ Z_1 } = 0.399

(quality factor of input impedance)

Q_2 = |Im{ Z_2 }| / Re{ Z_2 } = 0.465

(quality factor of terminating impedance)

gain values for transmission line as a two-port between

Z_S = 50.000 Ohm + j 0

and

Z_L = Z_2 = 62.300 Ohm + j 29.000 Ohm :

operating power gain

G_p = P_{out} / P_{in} = 0.872 (87.175 % of input power transmitted)

$1 - G_p$ = $(P_{in} - P_{out}) / P_{in}$ = 0.128 (12.825 % of input power lost)

$10 \cdot \lg(P_{out} / P_{in})$ = -0.596 dB

} von Seite (12) ←

≈ Z_2 ($\lambda/2$ -Leitung)

← sollte an "50Ω" angepasst werden!