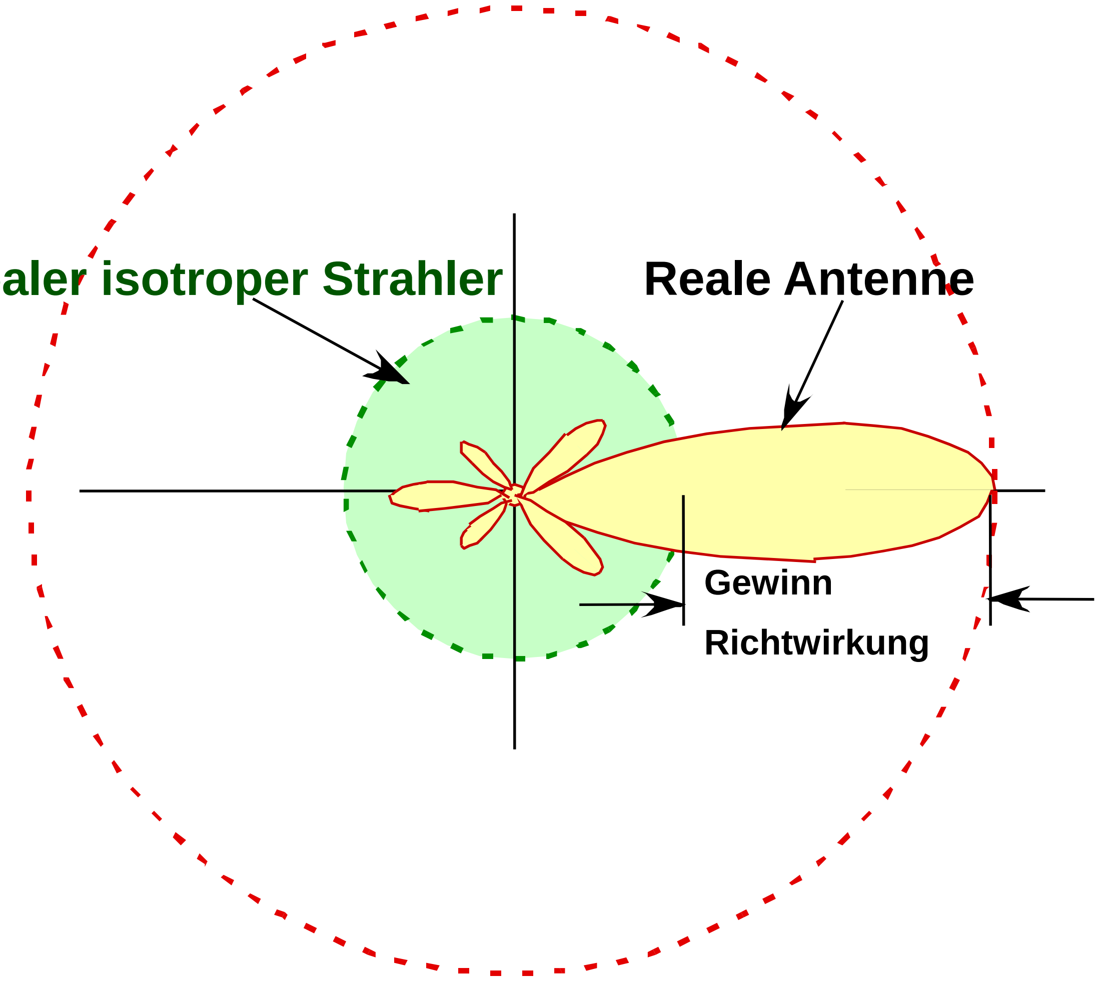
Antennen Definitionen

by Thomas Zwick

INSTITUT FÜR HOCHFREQUENZTECHNIK UND ELEKTRONIK

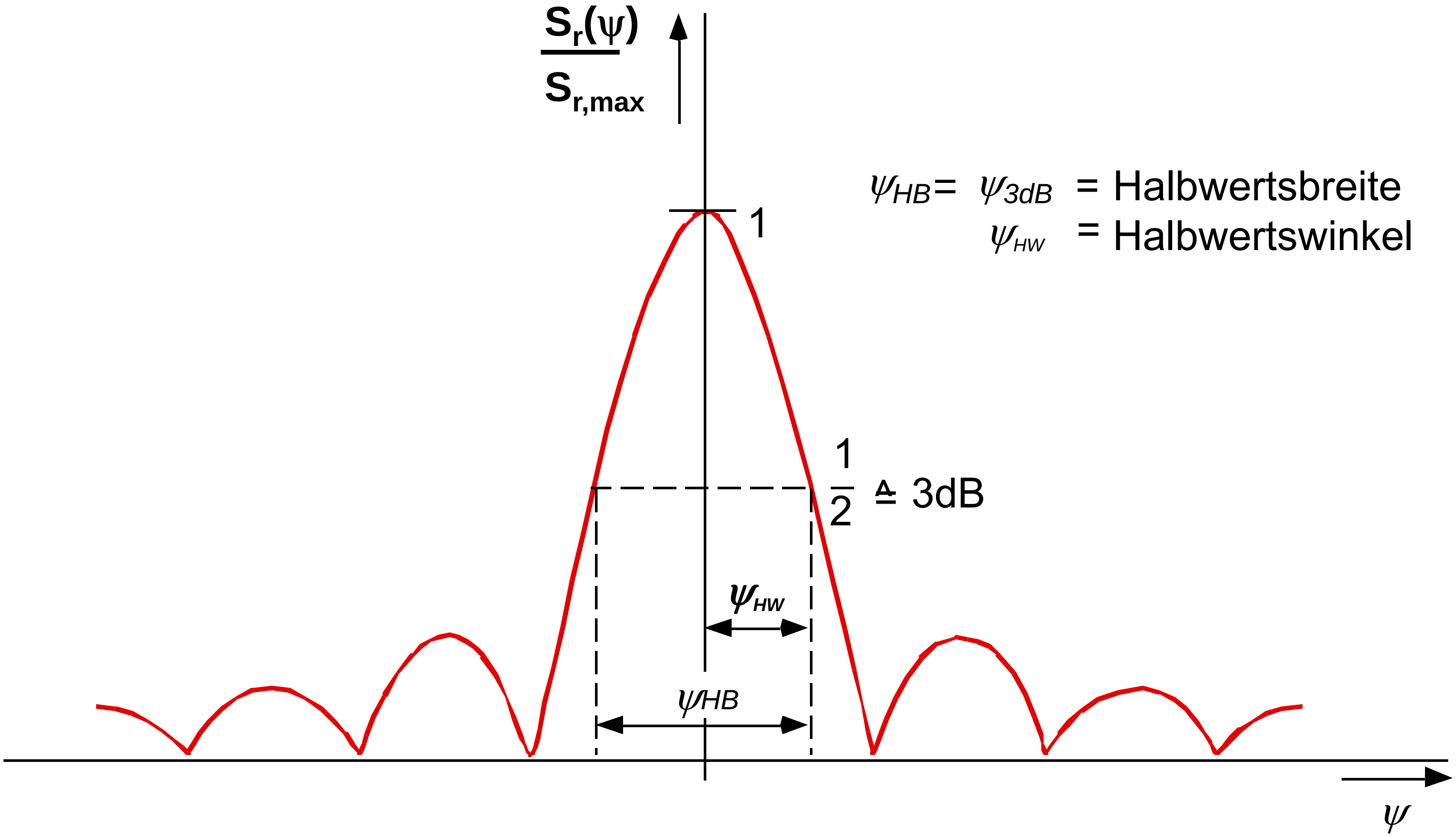
Gewinn und Richtwirkung einer Antenne


Idealer isotroper Strahler
Reale Antenne
Gewinn
Richtwirkung

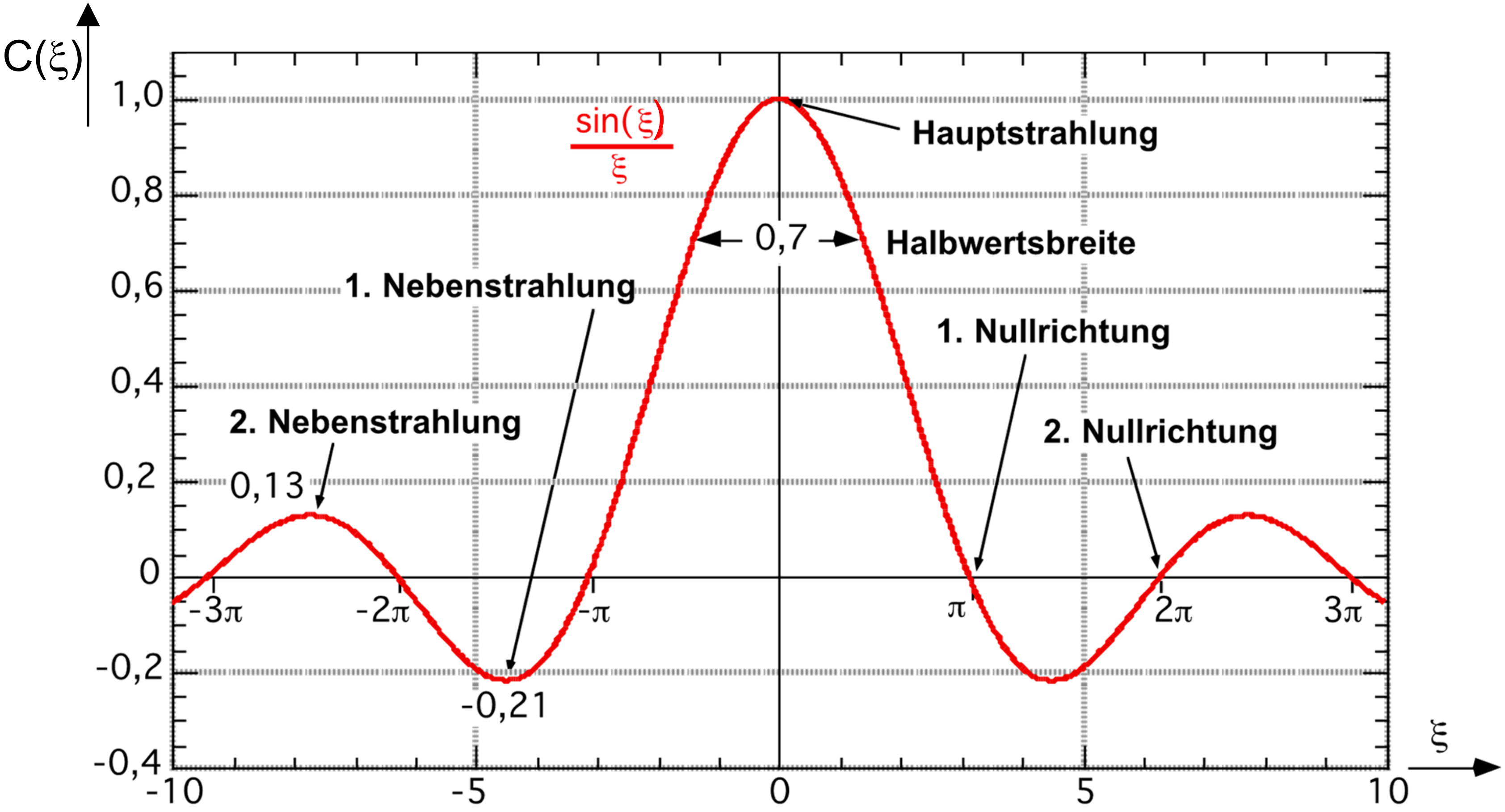
Halbwertsbreite und Halbwertswinkel

$\psi_{HB} = \psi_{3dB}$ = Halbwertsbreite

ψ_{HW} = Halbwertswinkel


$\frac{S_r(\psi)}{S_{r,max}}$
1
$\frac{1}{2} \triangleq 3\text{dB}$
ψ_{HW}
ψ_{HB}
ψ

Definitionen zur Richtcharakteristik (hier *sin ξ / ξ*)



Gewinn, Richtwirkung und Richtcharakteristik

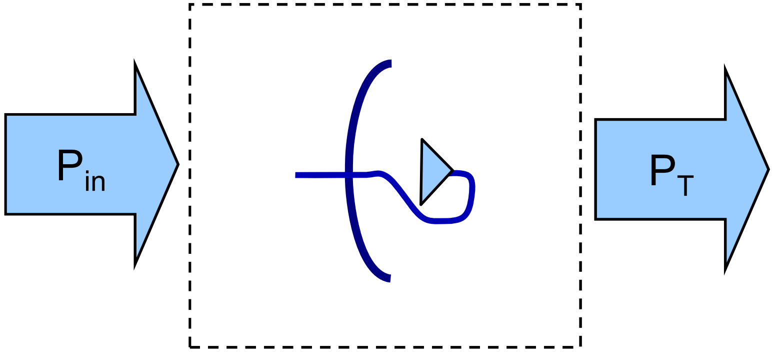
Lokal ebene Welle in großer Entfernung von Punktquelle: $S_z \to S_r$

Gesamte abgestrahlte Leistung:

$$P_T = \int_F \left|\vec{S}\right| d\vec{f} = \int_F S_r \, df = r^2 \int_{\psi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\pi} S_r \sin\vartheta \, d\vartheta \, d\psi \qquad r \to \infty$$

Idealer isotroper Strahler:

$$P_T = P_{in} \qquad S_i = \frac{P_{in}}{4\pi r^2}$$



Allgemeine Antenne:

$$P_T = \eta P_{in} \qquad G_i = \frac{S_{r,\max}}{S_i} \qquad G_i = \eta D_i$$

G_i: Gewinn
D_i: Richtwirkung
η: Wirkungsgrad

Komplexe Richtcharakteristik:

$$\vec{C}(\theta,\psi) = \left. \frac{\vec{E}(r,\theta,\psi)\cdot e^{jk_0 r}}{\left|\vec{E}(r,\theta,\psi)\cdot e^{jk_0 r}\right|_{\max}} \right|_{r=const\to\infty} = C_\theta(\theta,\psi)\cdot\vec{e}_\theta + C_\psi(\theta,\psi)\cdot\vec{e}_\psi$$

Zusammenhang Gewinn / Richtcharakteristik

$$P_T = r^2 \int_{\psi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\pi} \frac{|E|^2}{2Z_{F0}} \sin\vartheta \, d\vartheta \, d\psi =$$

$$r^2 \frac{|E_{\max}|^2}{2Z_{F0}} \int_{\psi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\pi} \frac{|E|^2}{|E_{\max}|^2} \sin\vartheta \, d\vartheta \, d\psi =$$

$$r^2 S_{r,\max} \int_{\psi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\pi} |C(\vartheta,\psi)|^2 \sin\vartheta \, d\vartheta \, d\psi$$

$$G_i = \eta D_i = \frac{S_{r,\max}}{S_i} =$$

$$= 4\pi r^2 \frac{S_{r,\max}}{P_{in}} =$$

$$= \eta 4\pi r^2 \frac{S_{r,\max}}{P_T}$$

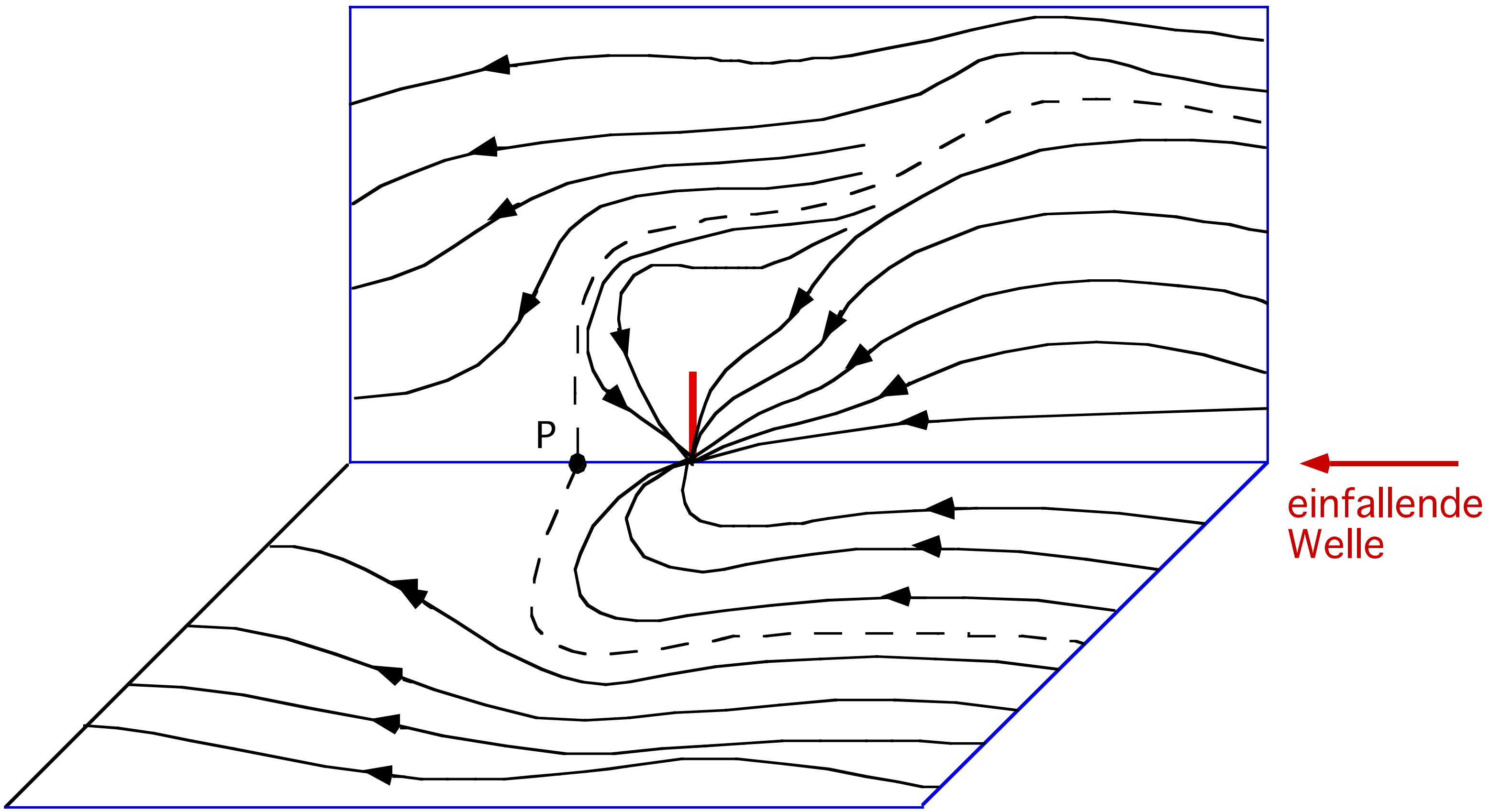
$$G_i = \eta \frac{4\pi}{\int_{\psi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\pi} |C(\vartheta,\psi)|^2 \sin\vartheta \, d\vartheta \, d\psi} \approx \frac{DB}{\theta_{3dB} \cdot \psi_{3dB}}$$

Zusammenhang Gewinn zu Halbwertsbreiten θ_{3dB}, ψ_{3dB}

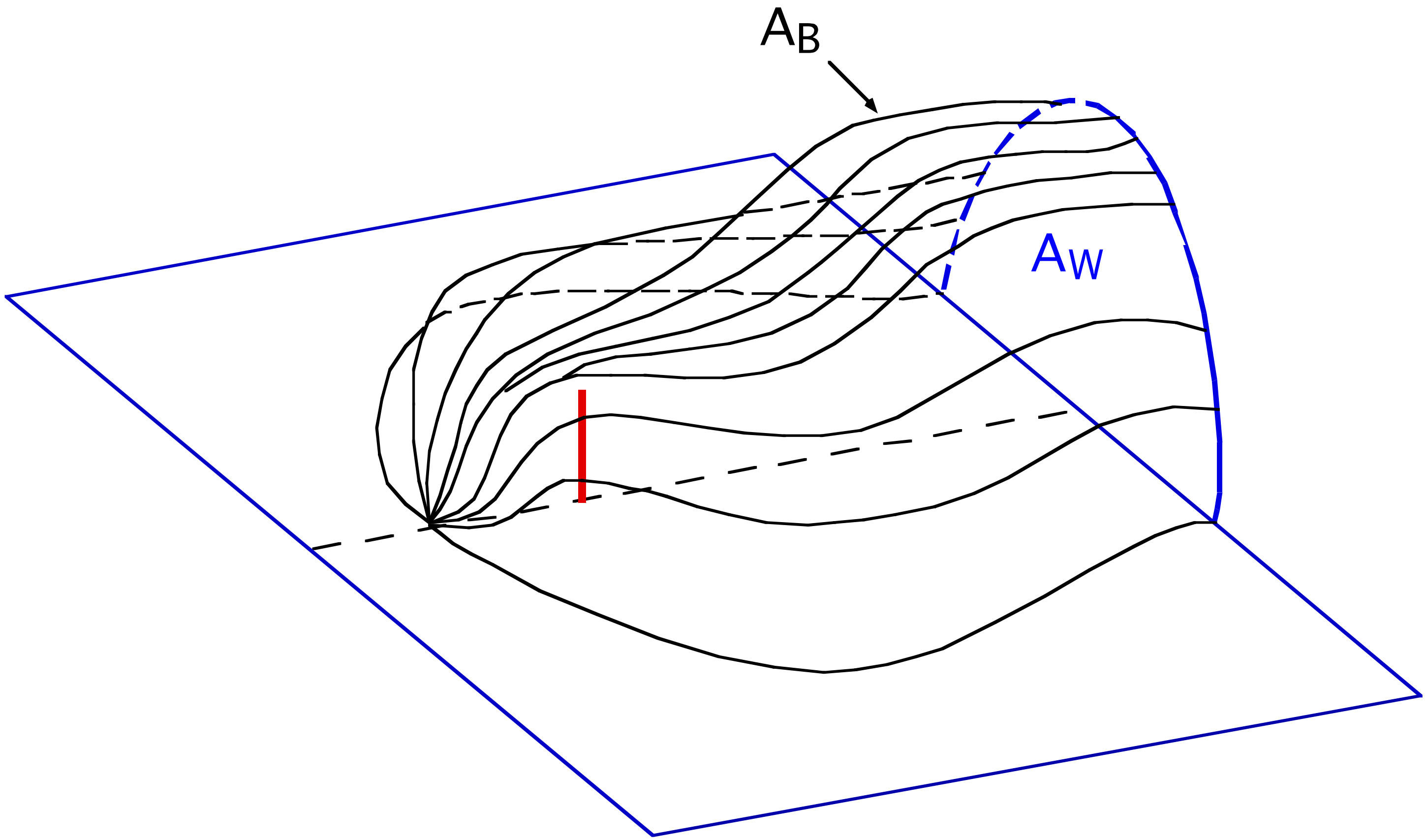
Richtcharakteristik	Aperturen	Directivity Beamwidth
rechteckförmig, ohne Nebenmaxima		**41 253 deg^2**
kegelförmig, ohne Nebenmaxima		**42 525 deg^2**
	konstant belegte rechteckige Apertur	**32 383 deg^2**
	rechteckige Apertur, eine Richtung konstant, andere cosinusförmig belegt	**35 230 deg^2**
	konstant belegte, runde Apertur	**33 709 deg^2**
	runde Apertur mit *parabolic on a 12dB pedestal* Belegung	**38 933 deg^2**
	allgemein für reale Antennen mit θ_{3dB}, ψ_{3dB} <20° (mit Verlusten)	**26 000 deg^2**

Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele: Antenna theory and design, Wiley, New York ©1998, Englisch : 2nd ed., Section 7.3.3

Strömungslinien der Strahlungsdichte einer linearen Empfangsantenne


P
einfallende Welle

Antennenwirkfläche A_W einer Empfangsantenne



Antennenwirkfläche und Freiraumausbreitung

Antennenwirkfläche:

$$P_R = A_W \cdot S_r \qquad A_w = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_i \qquad G_i = A_w \frac{4\pi}{\lambda^2}$$

Strahlungsleistungsdichte im Abstand r bei optimaler Ausrichtung und Polarisation:

$$S_r = \frac{P_T G_T}{4\pi r^2}$$

Empfangsleistung bei optimaler Antennenausrichtung und Polarisation:

$$P_R = A_{wR} \cdot S_r = \frac{\lambda^2}{4\pi} \frac{P_T G_T G_R}{4\pi r^2} = \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 G_R G_T P_T$$

Friis ʻsche Freiraumausbreitung

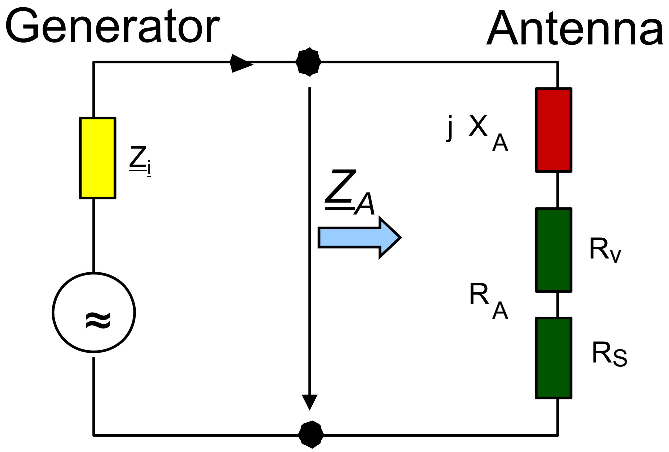
Allgemein:

$$P_R = \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 G_R G_T P_T \left|\vec{C}_R(\theta_R, \psi_R)\vec{C}_T(\theta_T, \psi_T)\right|^2$$

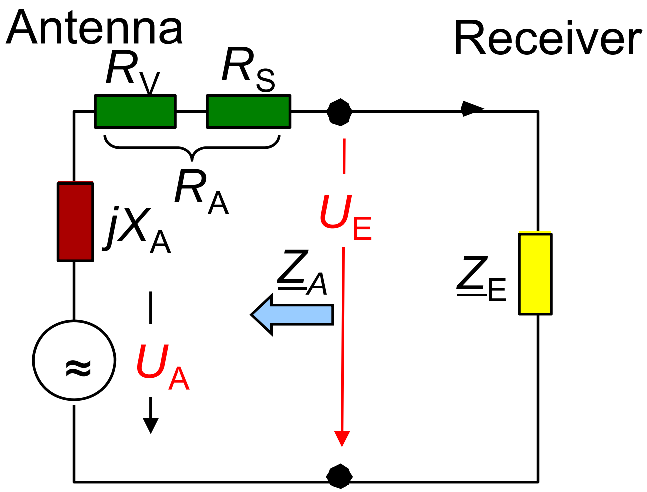
Polarisation beachten!

Antennen Ersatzschaltbilder

Equivalent electric circuit for a transmit antenna


Generator
Antenna
$\underline{Z}_i$
$\underline{Z}_A$
j X_A
R_V
R_A
R_S
≈

Equivalent electric circuit for a receive antenna


Antenna
Receiver
R_V
R_S
R_A
jX_A
U_E
$\underline{Z}_A$
$\underline{Z}_E$
U_A
≈

Antenna input impedance: $\underline{Z}_A = R_A + jX_A = R_V + R_S + jX_A$ **R_S = radiation resistance**

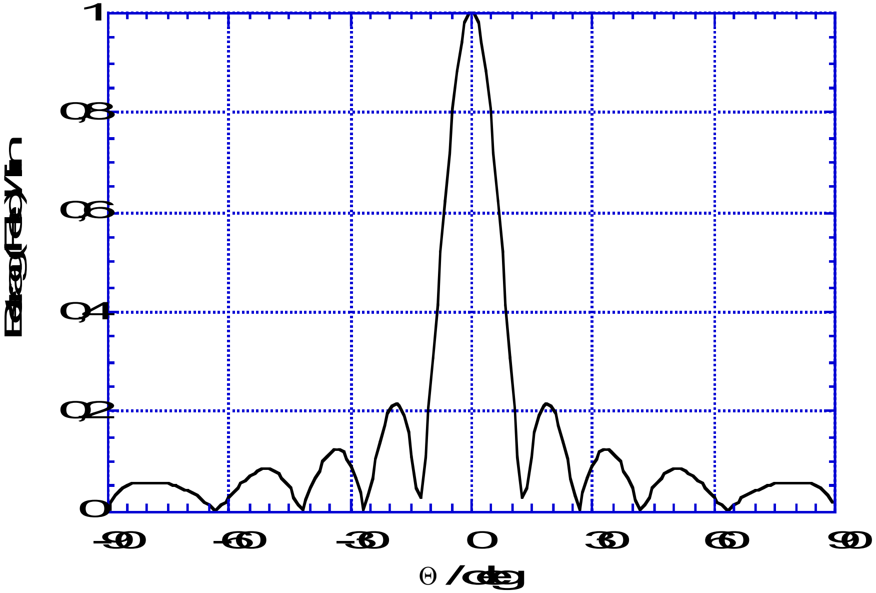
R_V = series resistance (losses)

for good antennas: $R_V \ll R_S$

Antenna efficiency η: $\eta = \frac{R_S}{R_S + R_V} = \frac{P_S(abgestrahlt)}{P_{in}(zugeführt)}$

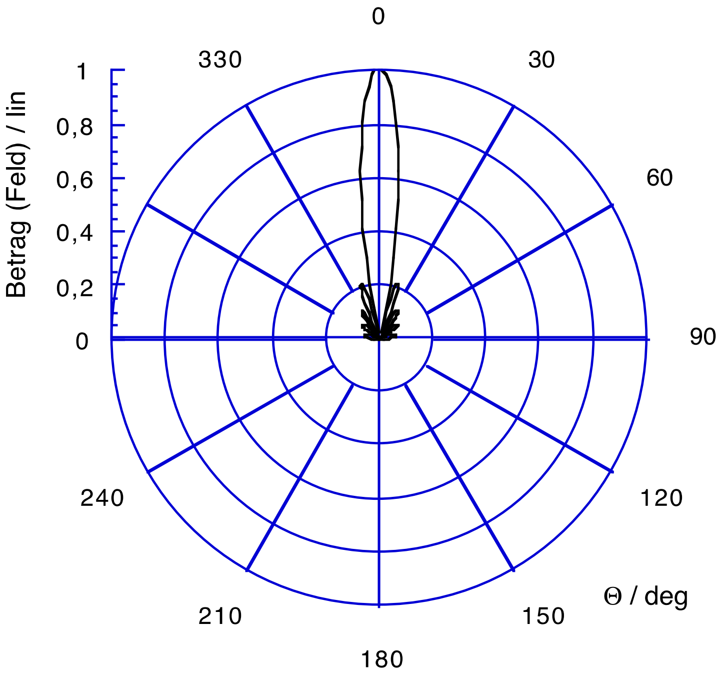
Maximum power transfer to the antenna or the receiver: $Z_i^* = Z_A \text{ oder } Z_E^* = Z_A$

Richtcharakteristiken, Linearer Maßstab

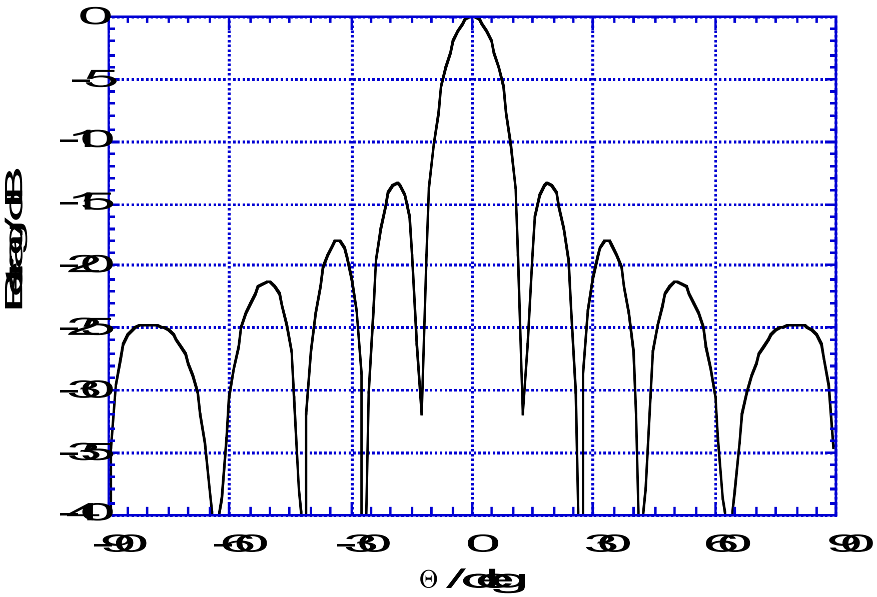


Rectangular plot, magnitude linear

Polar plot, magnitude linear

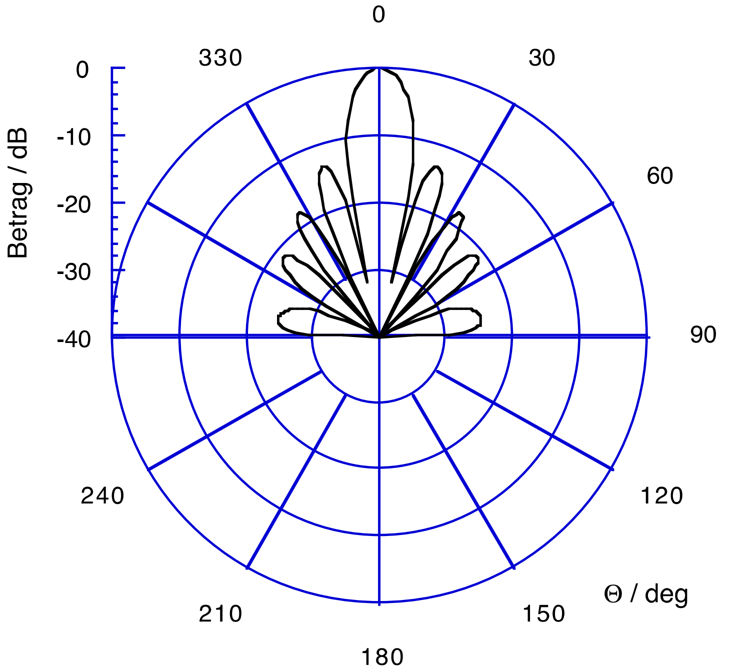


Richtcharakteristik, Logarithmischer Maßstab

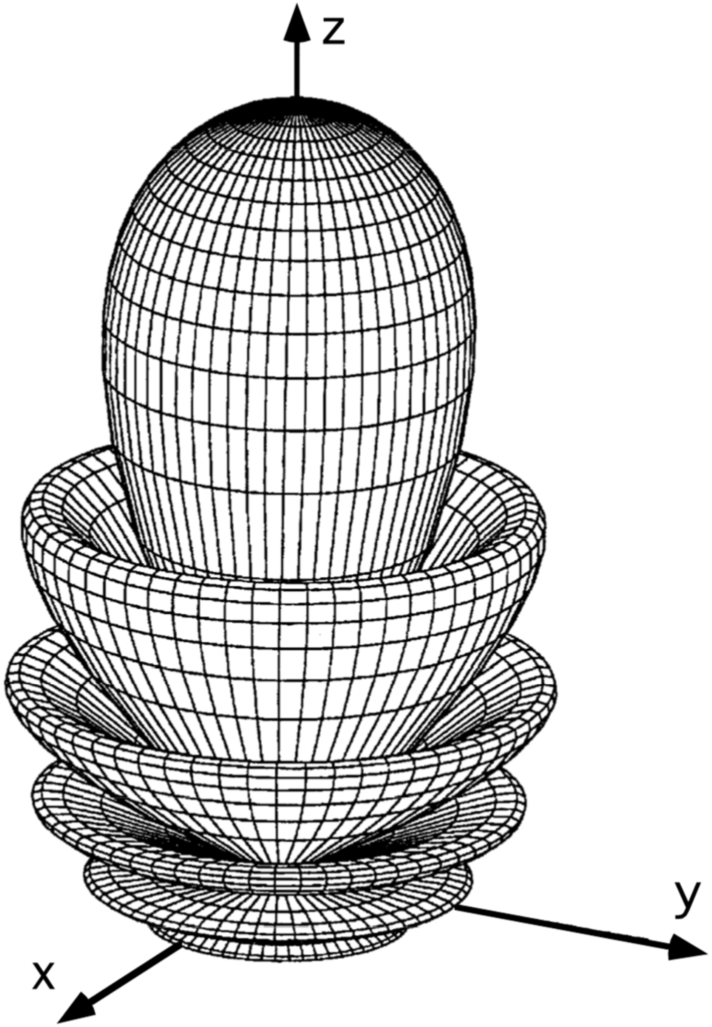


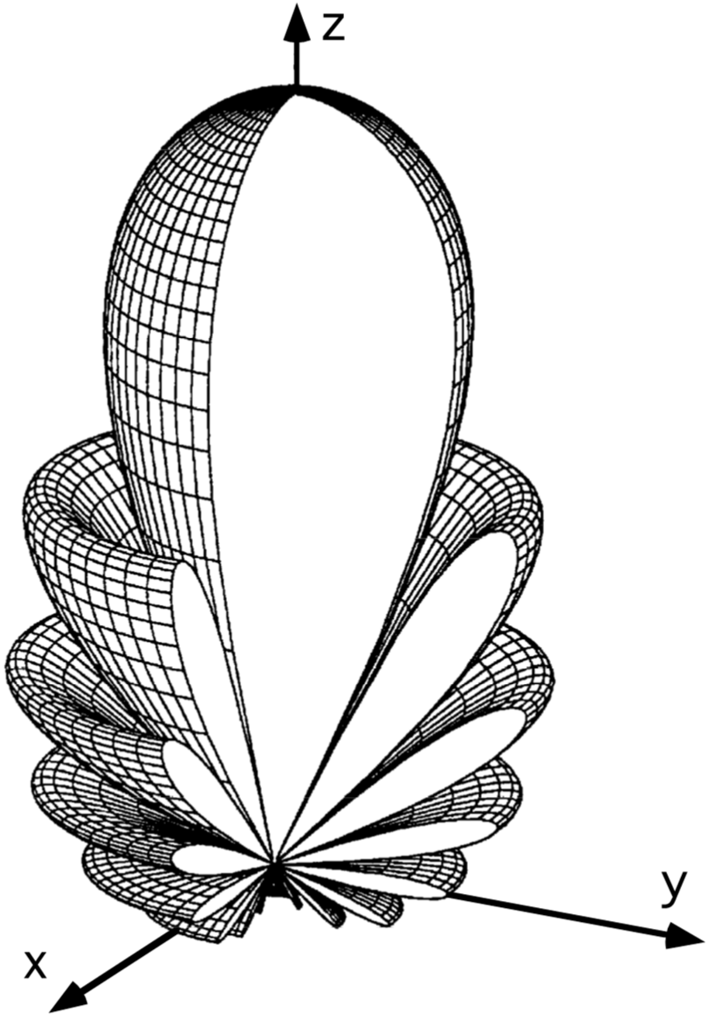
Rectangular plot, magnitude in dB

Polar plot, magnitude in dB

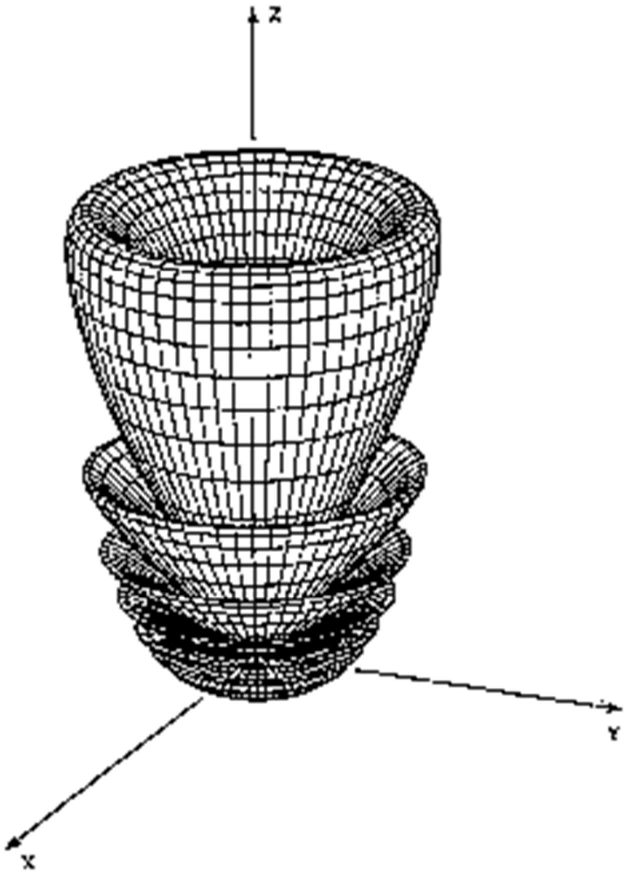


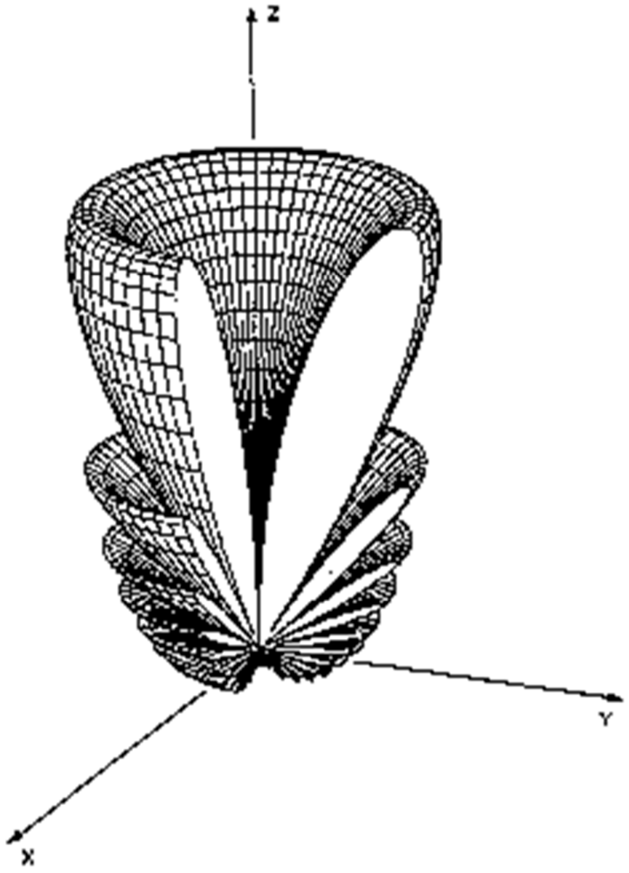
Antennen Richtcharakteristik, 3-D Darstellung





Antennen Richtcharakteristik, 3-D Darstellung





"Decibel" Rechnungen

$P/\mathrm{dB} = 10 \log P/P_0$ $P/\mathrm{Np} = 0.5 \ln P/P_0$

$E/\mathrm{dB} = 20 \log E/E_0$ $E/\mathrm{Np} = \ln E/E_0$

Umrechnung:

1Np = 8,68dB

Voltage linear	Power linear	log in dB
0	0	-∞
0,0316	10^{-3}	-30
0,1	10^{-2}	-20
0,707	0,5	-3
1	1	0
1,41	2	3
2,24	5	7
3,16	10	10
10	10^2	20
31,62	10^3	30

Referenz: $P_0 = 1\mathrm{mW}$