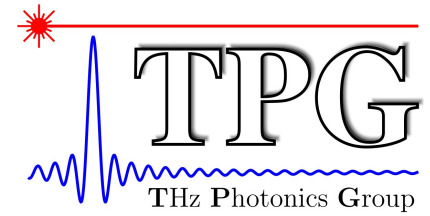




**Technische
Universität
Braunschweig**



Grundlagen der Informationstechnik (Wireless)

Drahtlose Kommunikation / Antennen

Thomas Schneider

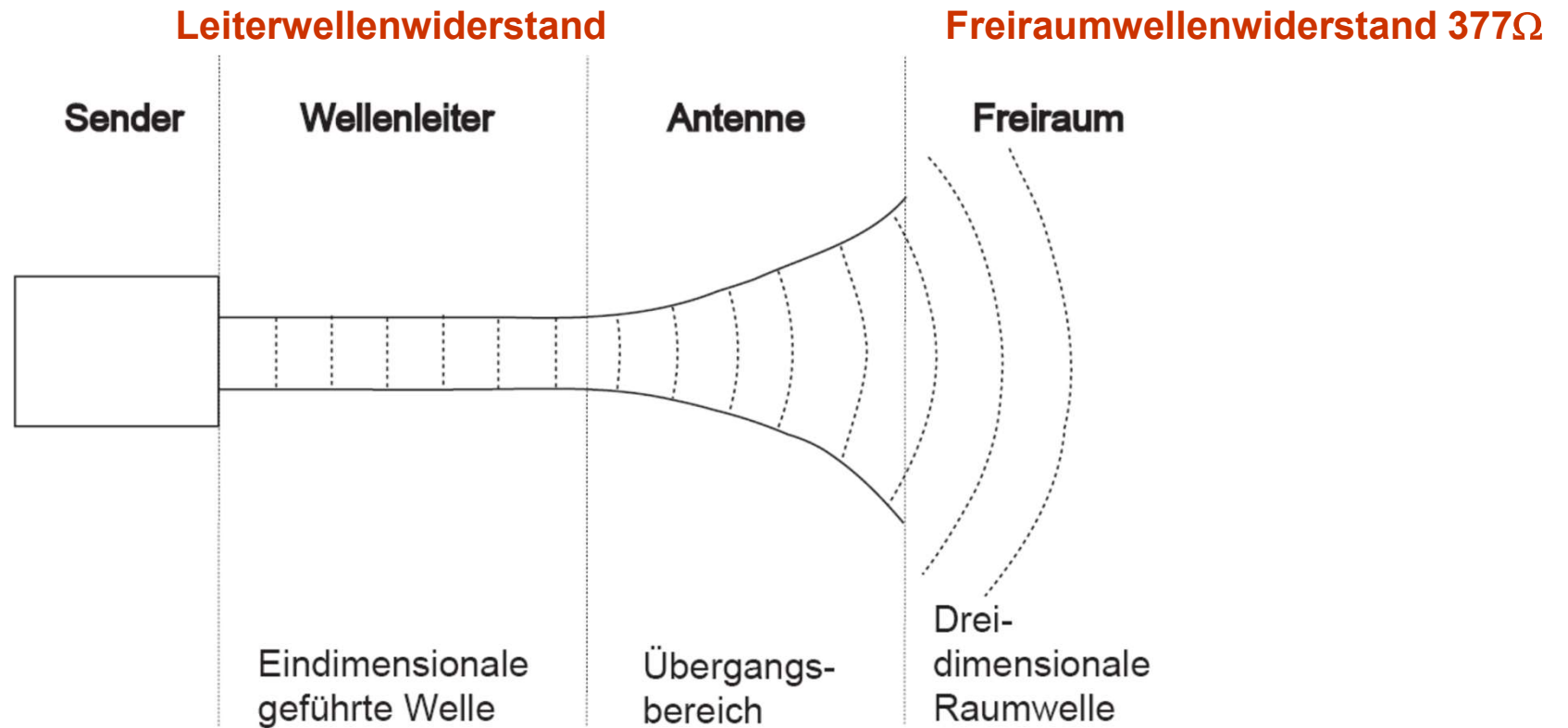
Inhalt

- Motivation und Einführung
- Die elektromagnetische Welle
- Der drahtlose Kanal
- **Antennen**
- Ausbreitung e/m Wellen
- Berechnung von Funkstrecken
- THz-Kommunikation
- Funksysteme
- Optische Kommunikation
- Silizium Photonik
- Plasmonik

- **Abstrahlung einer Welle in den Raum**
- **Antennengrundlagen**
- **Antennenparameter**
- **Beispiele von Antennen**

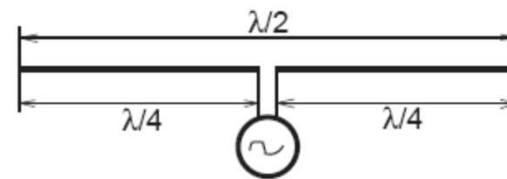
- **Abstrahlung einer Welle in den Raum**
- Antennengrundlagen
- Antennenparameter
- Beispiele von Antennen

Antennen

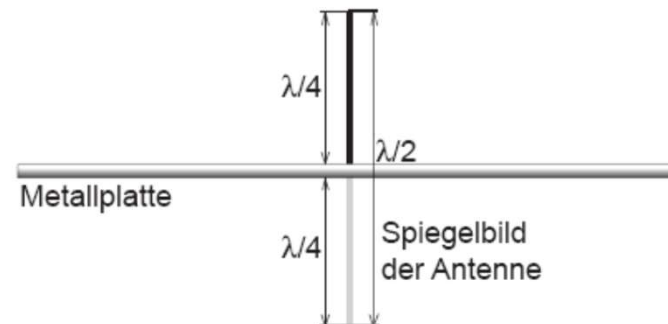


Antennen

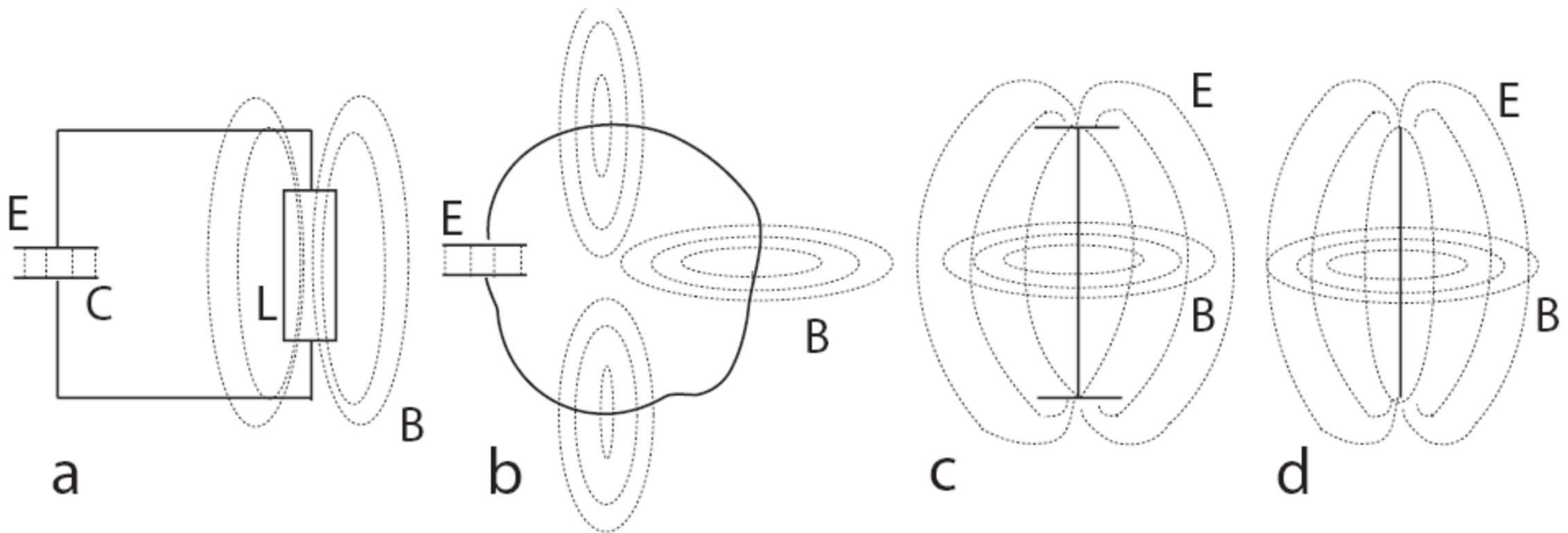
$\lambda/2$ Dipol



$\lambda/4$ Dipol (Monopol)

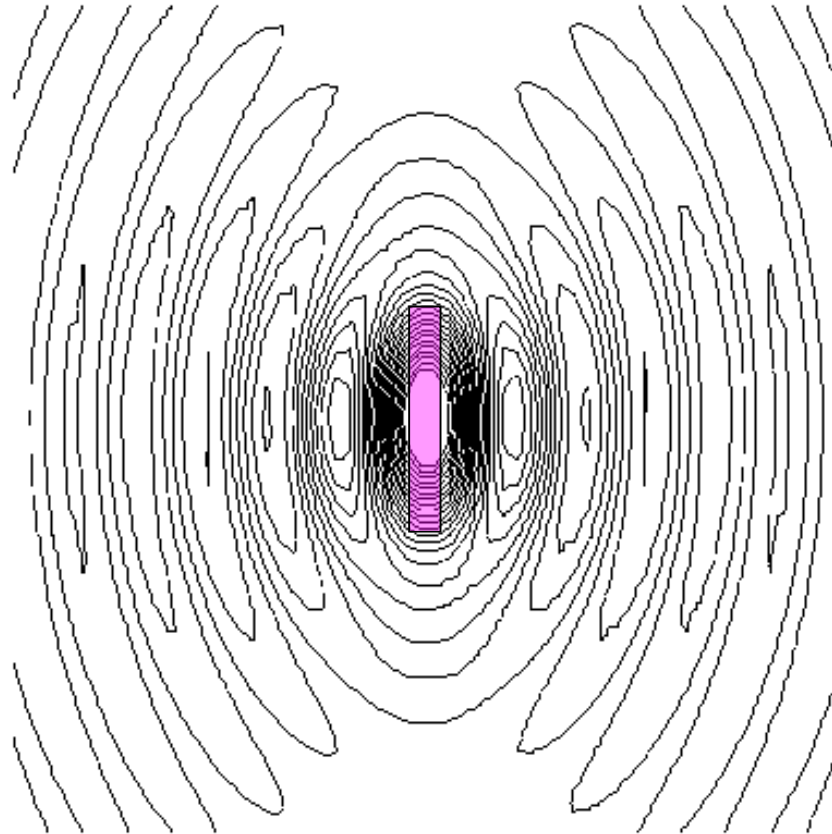


Antennen



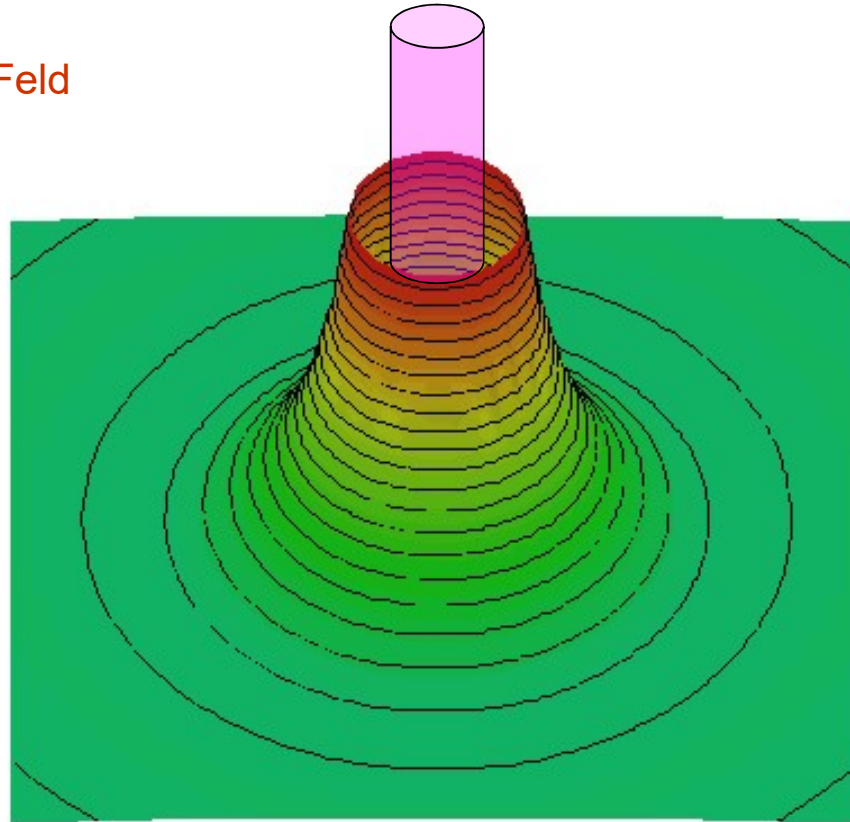
Antennen

Elektrisches Feld



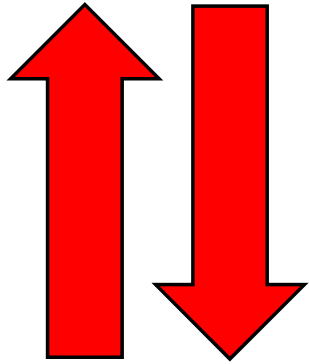
Antennen

Magnetisches Feld



- Abstrahlung einer Welle in den Raum
- **Antennengrundlagen**
- Antennenparameter
- Beispiele von Antennen

Antennen

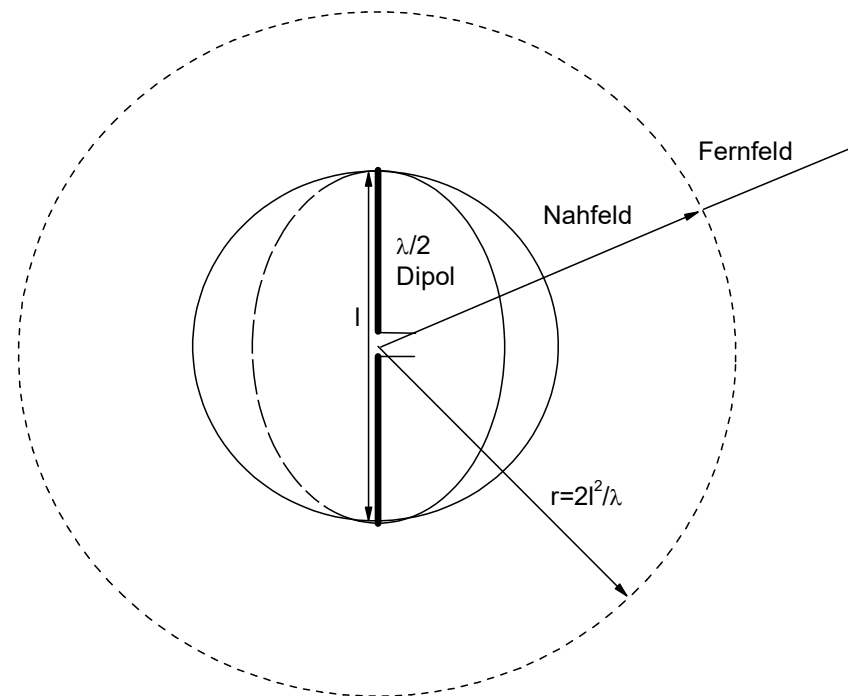


Reziprozitätstheorem

Die Sende- und Empfangseigenschaften einer beliebigen Antennenanordnung sind gleich

Antennen

Nah- und Fernfeld



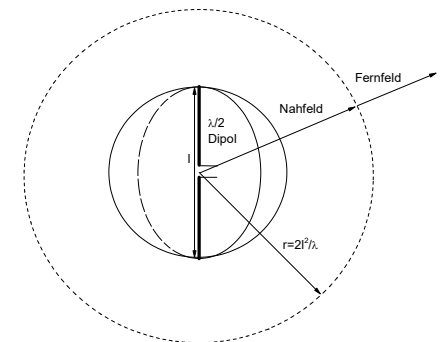
$$r = 2l^2/\lambda$$

Antennen

Nahfeld

- el. und magn. Feld nicht in Phase
- Form der Antenne von Bedeutung
- Alle Hindernisse beeinflussen Abstrahlcharakteristik

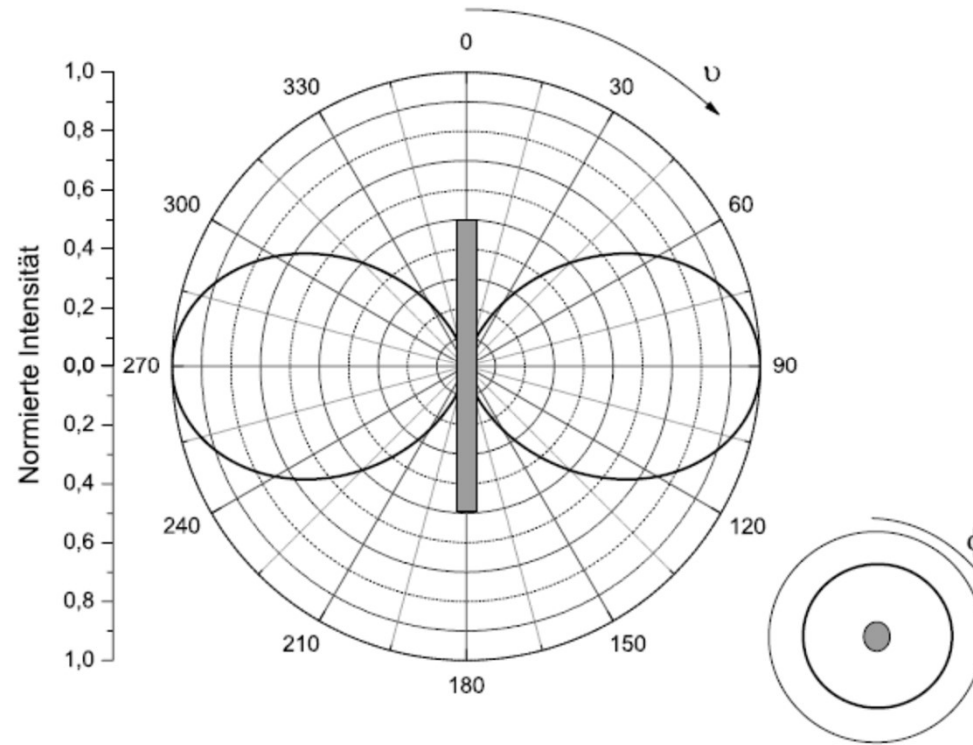
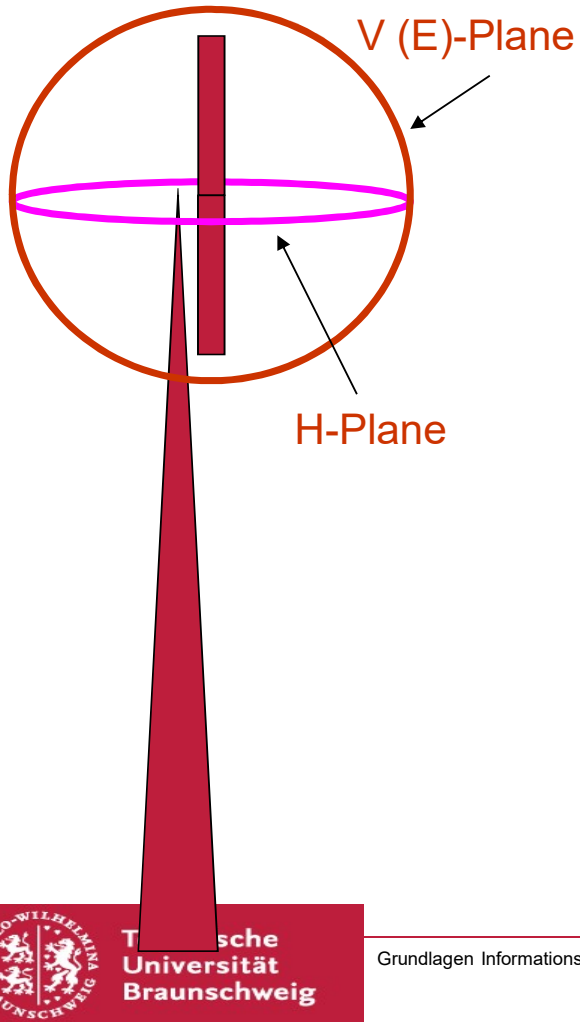
**Alle Gleichungen und Parameter gelten
nur für das Fernfeld**



Inhalt

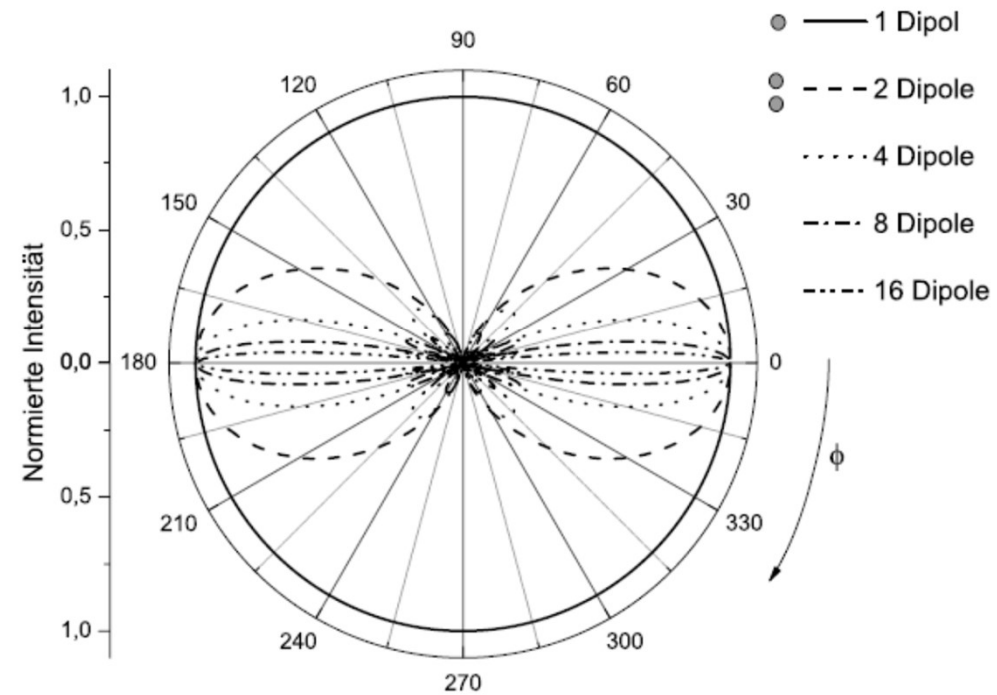
- Abstrahlung einer Welle in den Raum
- Antennengrundlagen
- **Antennenparameter**
- Beispiele von Antennen

Antennen

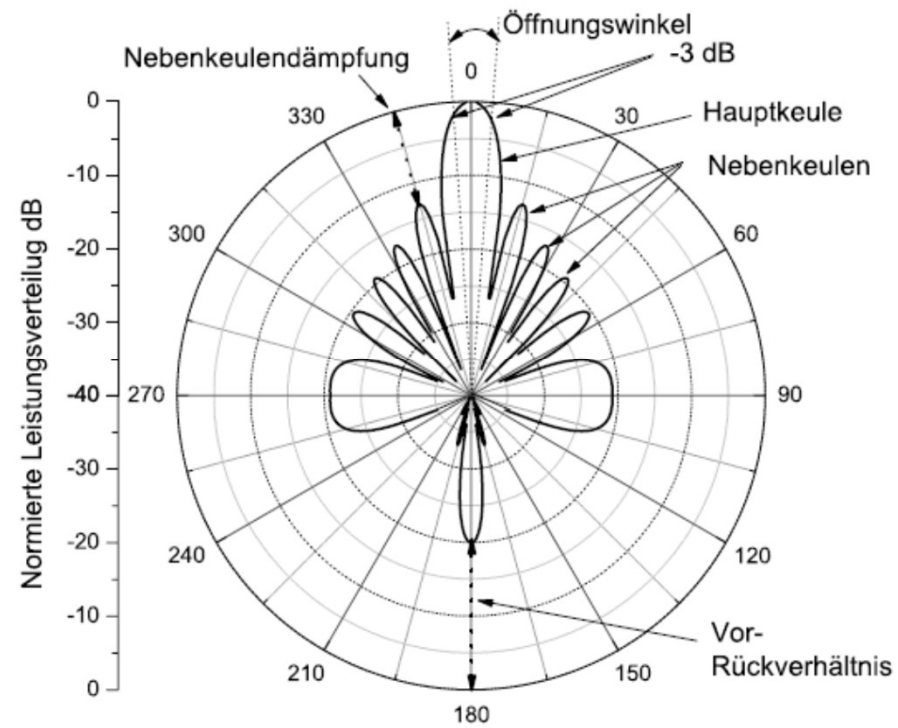


Strahlungsdiagramm eines Dipols

Antennen



Antennen



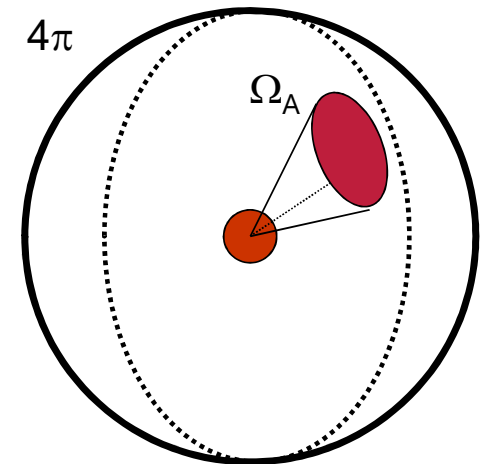
Polarisation

Die Polarisation einer Antenne beschreibt die Richtung des von ihr abgestrahlten Feldstärkevektors.

Richtfaktor

Bestimmt, wie gut eine Antenne in der Lage ist die Energie in einen bestimmten Raumwinkelbereich zu konzentrieren.

$$D = \frac{I_{\max}}{I_{Kugel} \text{ } P=\text{const}} = \frac{4\pi}{\Omega_A}$$



Gewinn

Der Gewinn ist der Richtfaktor multipliziert mit der Effektivität der Antenne.

$$G = kD$$

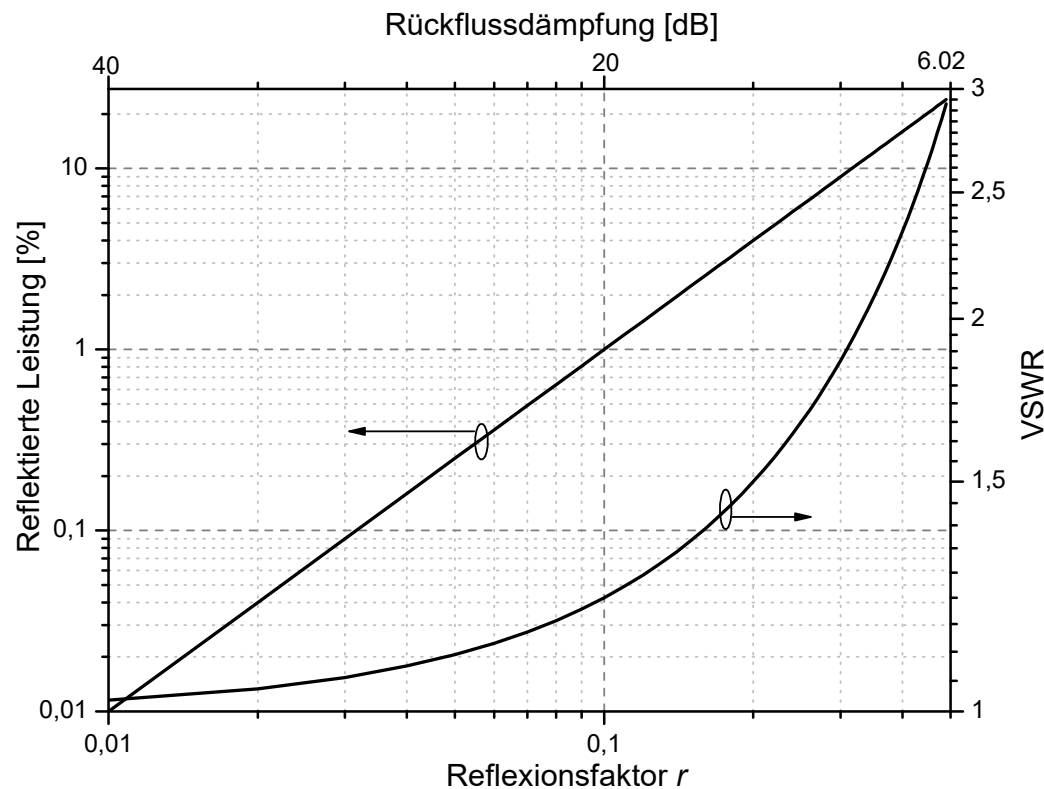
Apertur

Effektive Antennenfläche die zu einem Leistungsumsatz im Empfänger führt

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$$

Antennen

Stehwellenverhältnis der Spannungswelle VSWR



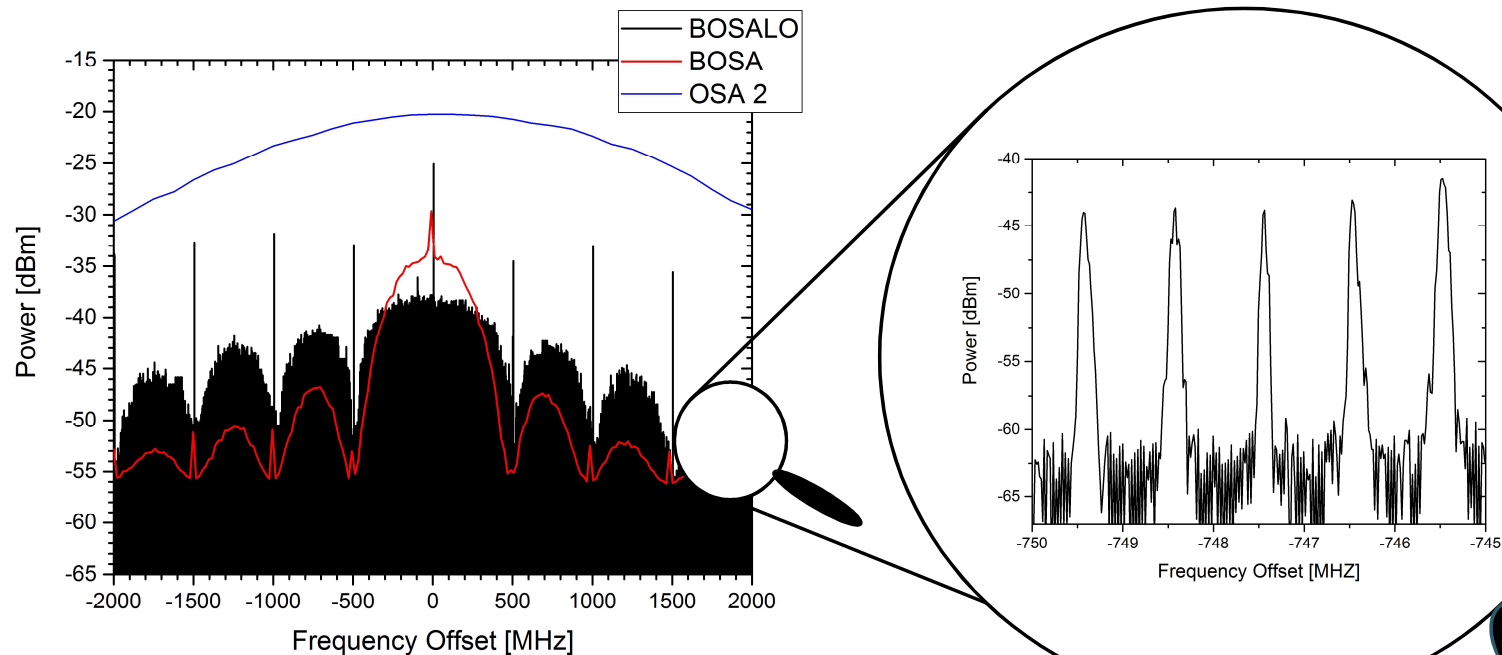
Bei Nichtanpassung wird ein Teil der Energie zurück reflektiert. Die Fehlanpassung wird über die Spannungswelle definiert.

Bandbreite

Bestimmt den Frequenzbereich für den die Antenne zum senden bzw. empfangen elektromagnetischer Wellen eingesetzt werden kann.

Übung

1. Bei dem abgebildeten Spektrum handelt es sich um eine so-genannte pseudo-random bit-sequence (PRBS), also ein Pseudo-Zufallssignal. Nach einer gewissen Zeit wird die Zufallsfolge wiederholt. Die hier verwendete Modulation war eine BPSK. Wie viele zufällige Bit werden hierbei übertragen bevor sich die Sequenz wiederholt?



Übung

2. Zeigen Sie dass die Überlagerung einer links und rechts zirkular polarisierten Welle mit derselben Amplitude eine linear polarisierte Welle mit doppelter Amplitude ergibt.
3. In der optischen Nachrichtentechnik werden Wellenlängen um die 1550 nm eingesetzt. Bestimmen Sie die Frequenz, die Energie und den Impuls eines Photons dieser Wellenlänge.
4. Die Entfernung zwischen Sonne und Erde beträgt 1 Astronomische Einheit (AE) = 149.6×10^6 km und die Solarkonstante ist 1.37 kW/m^2 . Welche Leuchtkraft hat die Sonne wenn Sie die Dämpfung vernachlässigen und wie lange ist die Sonnenstrahlung zur Erde unterwegs? Der äußerste bekannte Planet des Sonnensystems ist Pluto, er ist 39.44 AE von der Sonne entfernt. Wie groß ist die Solarkonstante auf Pluto und wie lange braucht die Strahlung bis dorthin ?
5. Kurzpuls-Laser erzeugen optische Pulse mit einer mittleren Wellenlänge von 800 nm und einer zeitlichen Dauer von 4.5 fs. Aus wie vielen vollständigen Schwingungszyklen besteht das elektromagnetische Feld eines solchen Pulses?
6. Eine M-äre PSK-Modulation kann über die Gleichung:

$$S_{MPSK}(t) = A \cos \left[\omega t + (i-1) \frac{2\pi}{M} \right] \quad 0 \leq t \leq T_S \quad i = 1, 2, \dots, M$$

definiert werden, wobei T_S die Symboldauer ist.

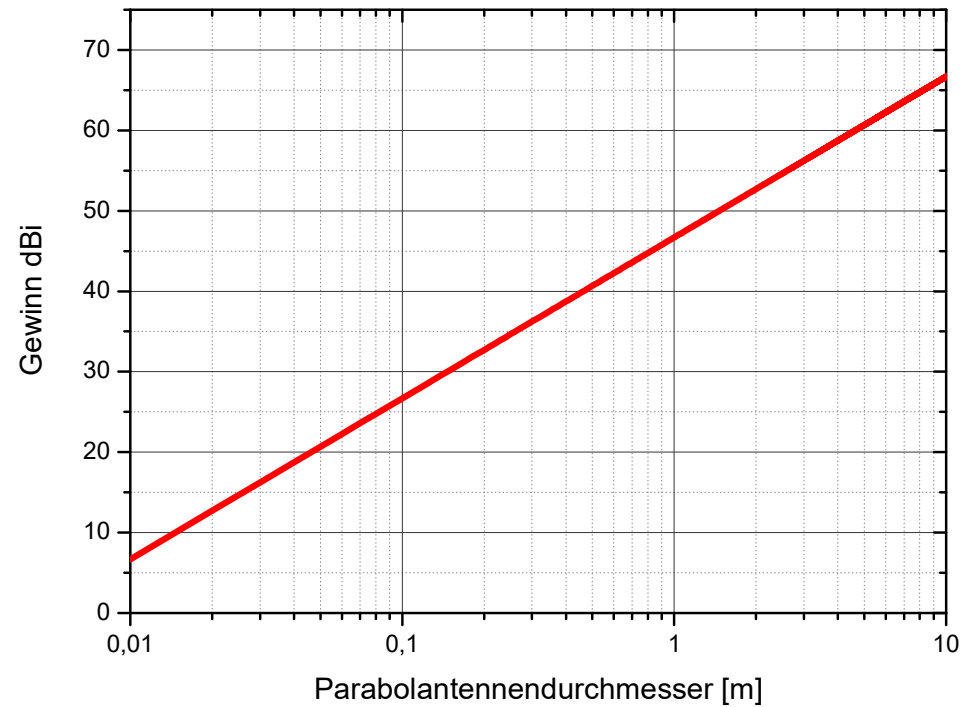
Wie viele Bits enthält ein 8-PSK-Symbol?

Bestimmen Sie die Basisfunktionen, die einzelnen Signale und zeichnen Sie das I-Q-Diagramm einer 8-PSK-Modulation.

Inhalt

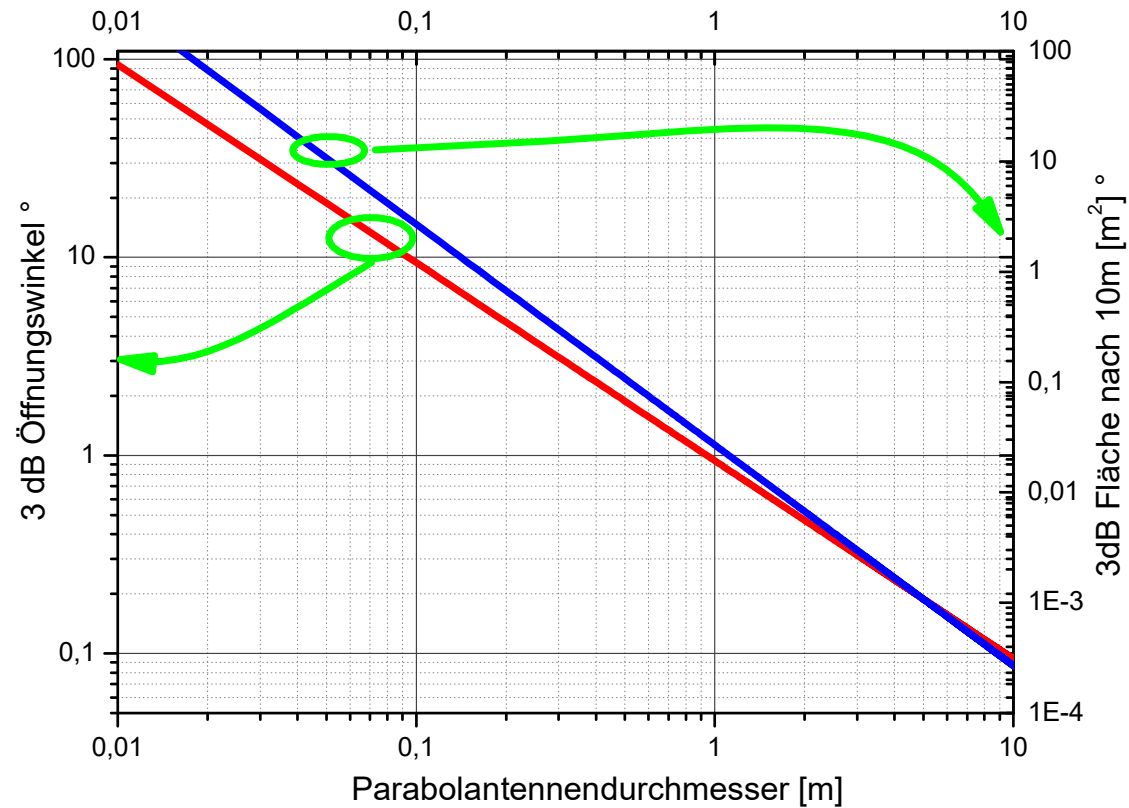
- Abstrahlung einer Welle in den Raum
- Antennengrundlagen
- Antennenparameter
- **Beispiele von Antennen**

Antennen



Gewinn einer 23 GHz Parabolantenne in Abhängigkeit ihres Durchmessers
für 80% Effektivität

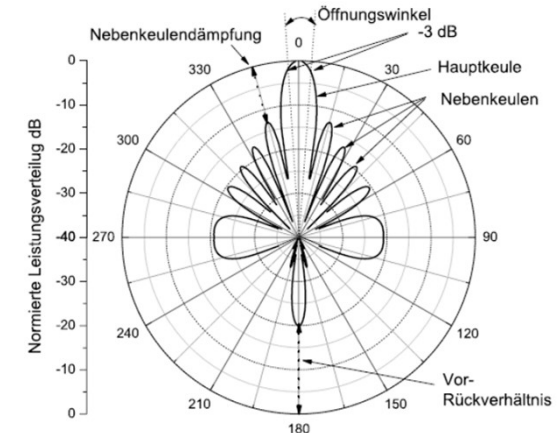
Antennen



Öffnungswinkel und bestrahlte Fläche nach 10m einer 23 GHz Parabolantenne in Abhängigkeit ihres Durchmessers für 80% Effektivität

Antennen

- Antennen verhalten sich bezüglich ihrer Abstrahlcharakteristik und der daraus abgeleiteten Antennenparameter gleich, egal ob sie als Sende- oder Empfangsantenne eingesetzt werden. Sende- und Empfangsfall sind reziprok zueinander.
- Der Nahfeldradius einer Antenne ist der doppelte quadratische Durchmesser der kleinsten Kugel die die Antenne vollständig umschließt geteilt durch die Wellenlänge der Welle die von der Antenne abgestrahlt wird.
- Die Nebenkeulendämpfung ist das Verhältnis zwischen der Hauptkeule und der größten Nebenkeule des Richtdiagramms.
- Das Vor-/Rückverhältnis der Antenne bzw. die Rückdämpfung ist das Verhältnis der Leistung in Richtung der Hauptkeule zur Leistung in entgegengesetzter Richtung.



Antennen

- Der Öffnungswinkel oder die Strahlbreite einer Antenne ist der Raumwinkelbereich in dem die Leistung noch mindestens der Hälfte der maximal abgestrahlten Leistung entspricht.
- Der Richtfaktor, oder Directivity D , ist das Verhältnis zwischen der maximalen Strahlungsintensität einer Antenne zur Intensität einer Antenne die in eine Kugelfläche mit demselben Radius abstrahlt und mit derselben Leistung betrieben wird.
- Der Gewinn einer Antenne ist proportional zu ihrem Richtfaktor, Proportionalitätskonstante ist der Wirkungsgrad.
- Die effektive Apertur bestimmt eine Fläche über die eine Leistung aus der Wellenfront absorbiert wird und zur Empfängereingangsstufe geliefert wird. Ihre Größe bestimmt welcher Anteil der Leistung im Empfänger nutzbar ist.

