



# Antenner

Anders Karlsson

Institutionen för elektro- och informationsteknik

# Några grundläggande begrepp

---

- ▶ Närfält
- ▶ Fjärrfält
- ▶ Strålningsdiagram
- ▶ Direktivitet
- ▶ Effektivitet
- ▶ Bandbredd

# Närfält

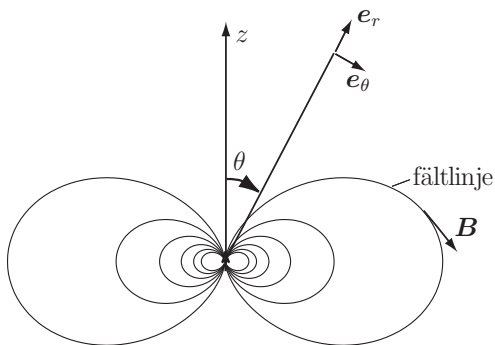
---

På avstånd  $r \ll \lambda$  är vi i **närzonen** av antennen.  
Fältet i närzonen kallas **närfält**

*Exempel:* NFC i smarta mobiler och smarta kort.  
 $f=13.56$  MHz och  $\lambda = 22.1$  m. Används på avstånd  $< 0.2$  m.

# Närfält

Exempel: Magnetisk dipol  $\mathbf{m} = m \cos(\omega t) \hat{\mathbf{z}}$  i origo



$$\mathbf{B}(\mathbf{r}, t) = \frac{\mu_0 m}{4\pi r^3} (2\hat{\mathbf{r}} \cos \theta + \hat{\boldsymbol{\theta}} \sin \theta) \cos(\omega t) \quad (1)$$

**Fråga:** Hur många mottagarantennor (spolar) måste vi ha för att vara 100% säkra på att kunna ta emot en signal från en spole med okänd placering och orientering?

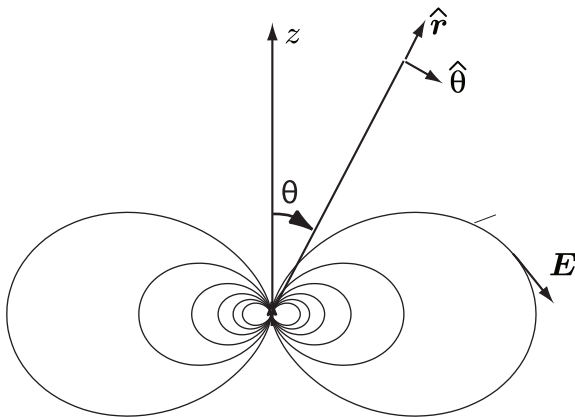
**Svar:** 3

**Fråga:** Vi skickar en signal mellan två spolar. Antag att den mottagna effekten är  $P$  när avståndet mellan spolarna är  $R$ , där  $R \ll \lambda$ . Hur stor är den mottagna effekten om avståndet är  $2R$ ?

**Svar:**  $\frac{P}{64}$

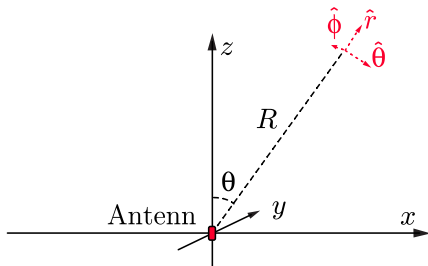
# Närfält

Exempel: Elektrisk dipol  $\mathbf{p} = p \cos(\omega t) \hat{\mathbf{z}}$  i origo



$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2\hat{\mathbf{r}} \cos\theta + \hat{\boldsymbol{\theta}} \sin\theta) \cos(\omega t) \quad (2)$$

# Fjärrfält



Om vi är på avstånd  $R$  från antennen och

$$R \gg \lambda \quad (3)$$

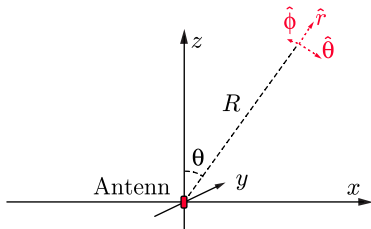
$$R \gg \text{antennens längd} \quad (4)$$

är vi i **fjärrzonen**.

Fältet i fjärrzonen kallas **fjärrfältet**.

Fjärrfältet är en sfäriskt utåtgående våg.

# Fjärrfält



**Fråga:** Hur avtar amplituden på  $\mathbf{E}$  med  $R$  i fjärrzonen?

**Ledning:** Den utstrålade effekten genom varje sfär som omsluter antennen måste vara konstant. Hur avtar då effekttätheten

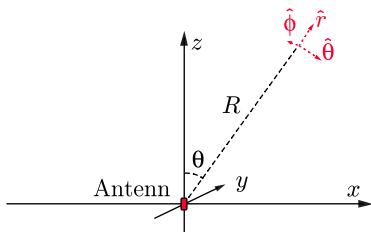
$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$ ? **Svar:**  $\mathbf{S}$  avtar som  $\frac{1}{R^2}$  och fjärrfältet som  $\frac{1}{R}$ .

**Fråga:** Antag att vi med en mottagarantenn tar emot effekten  $P$  då avståndet är  $R$  till sändarantennen. Hur stor effekt mottar vi när avståndet är  $2R$ ?

**Svar:**  $\frac{P}{4}$ .



# Fjärrfält



**Fråga:** I sfäriska koordinater är  $\mathbf{E} = \hat{r}E_r + \hat{\theta}E_\theta + \hat{\phi}E_\phi$ . Vad är  $E_r$  i fjärrzonen av en antenn?

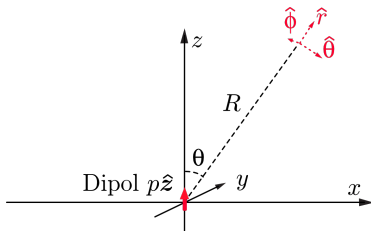
**Svar:** Noll

**Fråga:** I vilken riktning pekar strålningsvektorn  $\mathbf{S}$  i fjärrzonen?

**Svar:** Radiellt  $\mathbf{S} = \hat{r}S$

# Polarisation

---



**Fråga:** Hur är fjärrfältet från en elektrisk dipol  $\mathbf{p} = p\hat{z}$  polariserat?

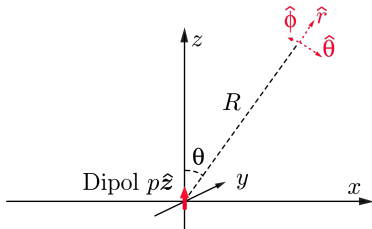
**Svar:** Linjärpolariserat med  $\mathbf{E}$  riktat i  $\hat{\theta}$ -led

# Fjärrfält

Exempel: Fjärrfältet för elektrisk dipol  $\mathbf{p} = p \cos(\omega t) \hat{\mathbf{z}}$ :

$$\mathbf{E} = \frac{pk^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^{ikr}}{r} \sin\theta \hat{\boldsymbol{\theta}}$$

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\eta_0} \hat{\mathbf{r}} \times \mathbf{E} = \frac{pk^2 c}{4\pi} \frac{e^{ikr}}{r} \sin\theta \hat{\boldsymbol{\phi}}$$



# Fjärrfält

---

Exempel: Fjärrfältet för elektrisk dipol  $\mathbf{p} = p \cos(\omega t) \hat{\mathbf{z}}$  i tidsdomän.

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \text{Re}\{\mathbf{E}(\mathbf{r})e^{-i\omega t}\}$$

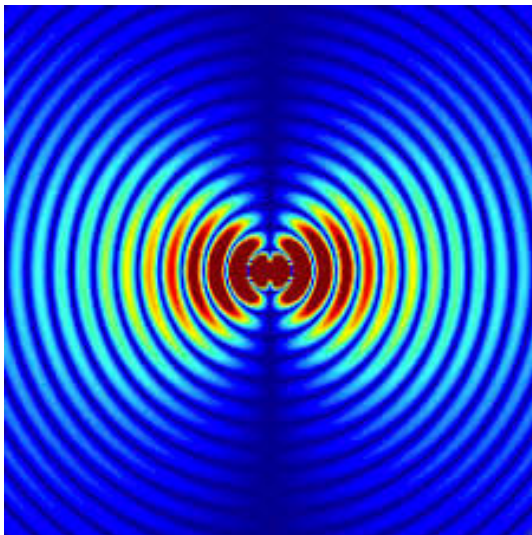
$$\mathbf{E} = \frac{pk^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\cos(kr - \omega t)}{r} \sin\theta \hat{\boldsymbol{\theta}}$$

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\eta_0} \hat{\mathbf{r}} \times \mathbf{E} = \frac{pk^2 c}{4\pi} \frac{\cos(kr - \omega t)}{r} \sin\theta \hat{\boldsymbol{\phi}}$$

# Fjärrfält

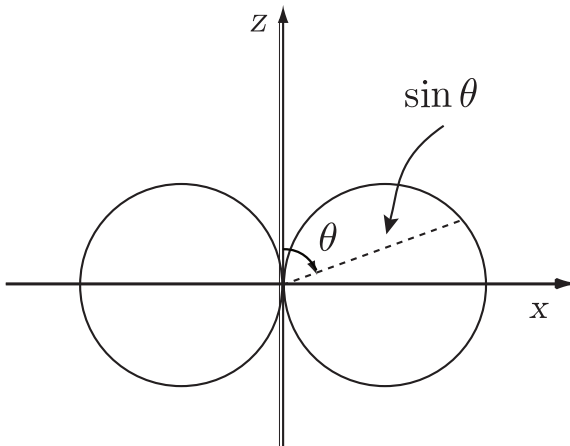
---

Exempel: Fjärrfälten för elektrisk dipol  $\mathbf{p} = \hat{\mathbf{z}}p$  i tidsdomän.



# Strålningsdiagram

Exempel: Strålningsdiagram för elektrisk dipolantenn med  $\mathbf{p} = p\hat{\mathbf{z}}$

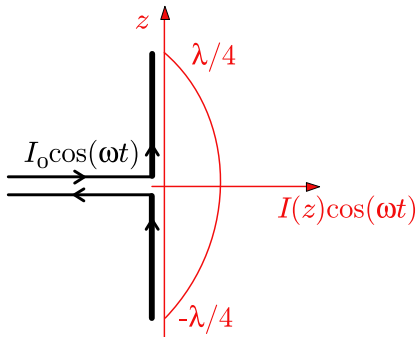


# Strålningsdiagram

**Fråga:** Hur får vi en antenn med bättre riktverkan (bättre direktivitet)?

**Svar:** Gör antennen större.

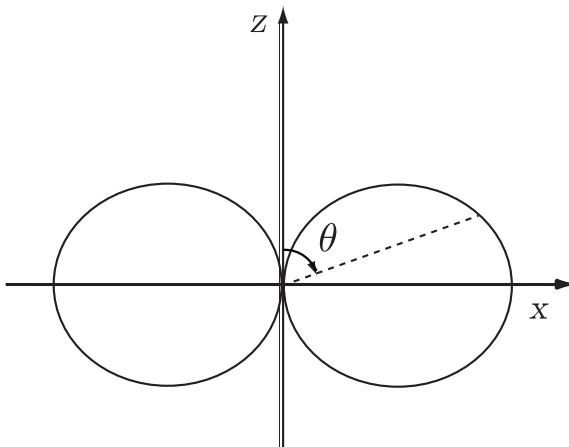
Exempel halvvågsantenn



# Strålningsdiagram

---

## Strålningsdiagram halvvågsantenn

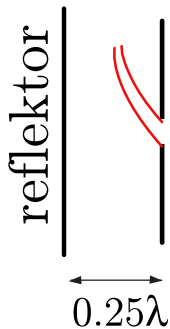




# Antenner med riktverkan

---

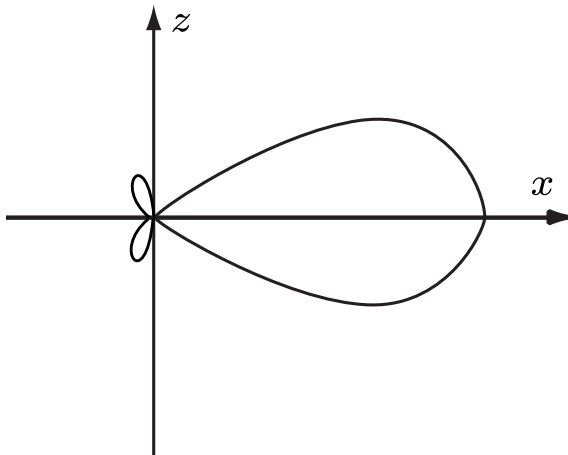
Halvvågsantenn med reflektor



# Antenner med riktverkan

---

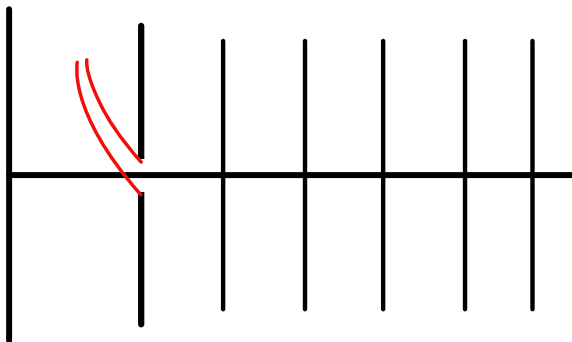
## Halvvågsantenn med reflektor



# Yagiantenn

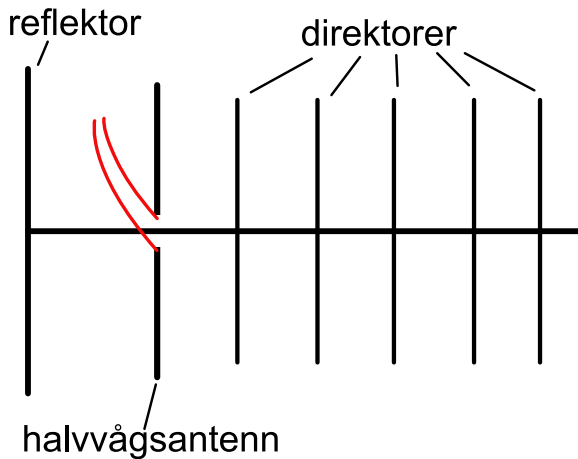
---

Yagiantenn



# Yagiantenn

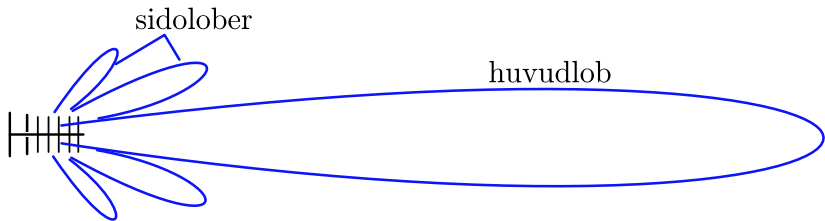
---



# Strålningsdiagram

---

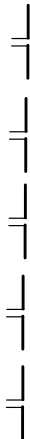
## Strålningsdiagram Yagiantenn



# Arrayantenner

---

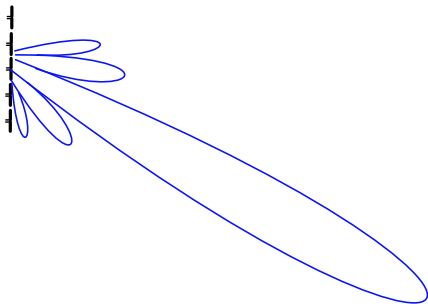
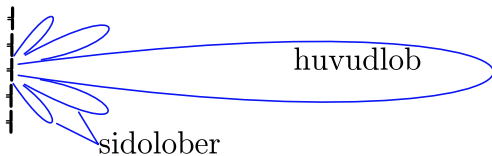
Arrayantenner (gruppantenner)



# Arrayantenner

---

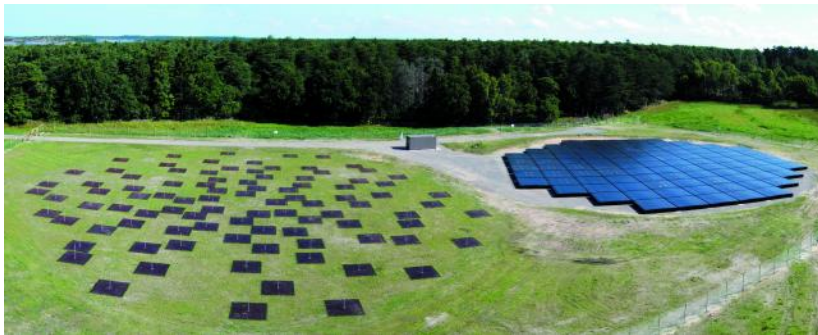
## Arrayantenner (gruppantenner)



# Arrayantenner

---

Lofar (Low Frequency Array). Onsala rymdobservatorium+ 4 andra ställen i Europa.  $10 \text{ MHz} < f < 250 \text{ MHz}$ .





# Arrayantenner

---

## Arrayantenn Lofar på Onsala rymdobservatorium



# Parabolantenner

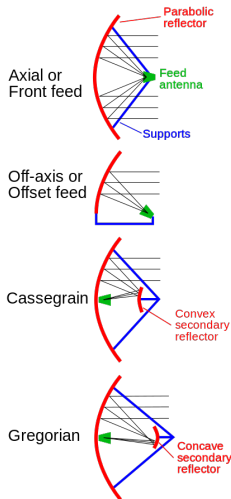
---

## Parabolantenn Onsala rymdobservatorium



# Parabolantenner

## Parabolantenner matning



# Parabolantenner

---

ALMA-projektet: Array av 25 stycken 12-meters parabolantenner.  
 $0.3 \text{ mm} < \lambda < 3.6 \text{ mm}$  ( $83 \text{ GHz} < f < 1 \text{ THz}$ )



# Parabolantenner

---

Array av parabolantenner ALMA-projektet. [▶ Parabler](#)

# Parabolantenner

---

Vilken planet?

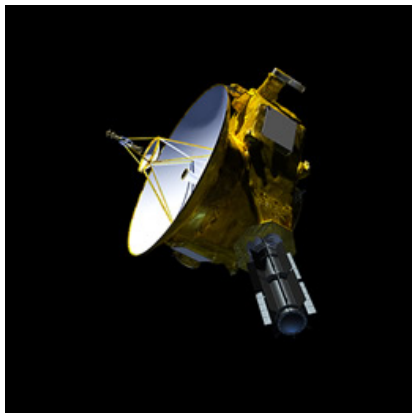


Svar: Pluto

# Parabolantenner

---

## New Horizon

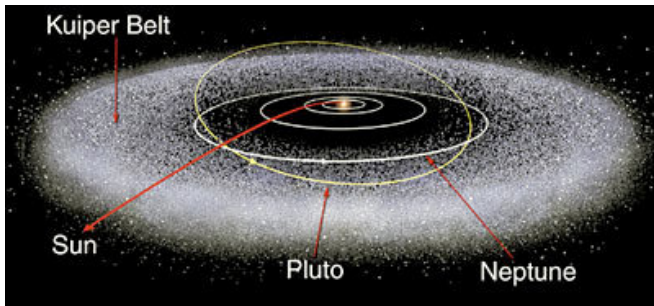


▶ Bana till Pluto

# Parabolantenner

---

New Horizon mot Kuiperbältet

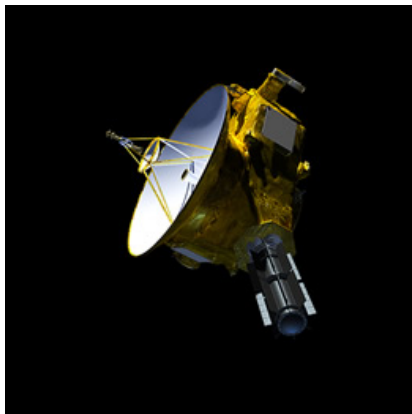




# Parabolantenner

---

Antag att satelliten New Horizon hade en rundstrålande antenn som skickar ut effekten  $P = 100 \text{ W}$ . Hur många fotoner per kvadratmeter och sekund når jorden när New Horizon är vid Pluto?



# Parabolantenner

---

Avstånd till Pluto= $R = 5 \cdot 10^{12}$  m.

Fotonenergi= $hf$

$f = 10\text{GHz} = 10^{10}$  Hz

$h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  Js

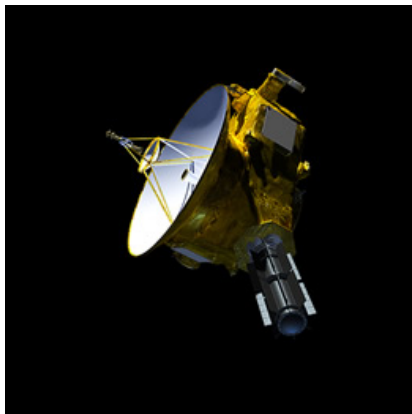
$$N = \frac{P}{4\pi R^2 hf}$$

**Svar:**  $N = \frac{P}{4\pi R^2 hf} = 0.05$  stycken (tre per minut)

# Parabolantenner

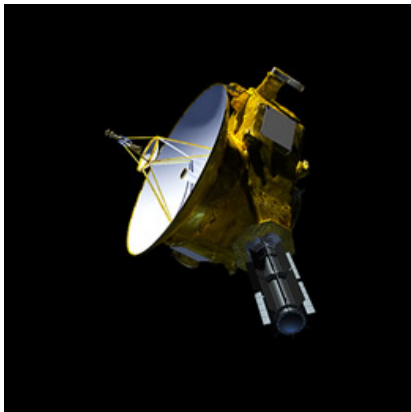
---

Svar:  $N = \frac{P}{4\pi R^2 hf} = 0.05$  stycken (tre per minut)



# New Horizon

---



Antenn: parabol 2.1 m diameter

Mottagarantenn: parabol 70 m diameter

Frekvens=10 GHz

Överföringshastighet=1 kbit/s

## EITN80 Electrodynamics

### Course information

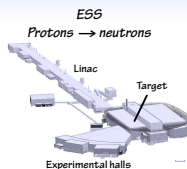
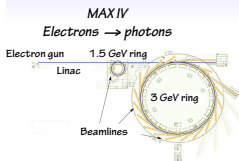
- 7.5 credits, vt2
- Theoretical lectures and computer sessions
- Computer labs using Comsol Multiphysics
- Book: D. J. Griffiths *Introduction to Electrodynamics*

### Applications

- Microwave systems
- Microwave resonators
- Particle accelerators
- Synchrotron radiation

### Learn about

- Maxwell's equations
- Waveguides and microwave cavities
- Scalar and vector potentials
- Radiation from accelerating particles
- Special relativity
- Relativistic motion of particles in electromagnetic fields



## ETEN10 Antenna Technology

### Course information

- 7.5 credits, ht2
- 2 lectures and 1 problem solving class (or computer exercise) per week.
- 3 laboratory sessions

### Learn about

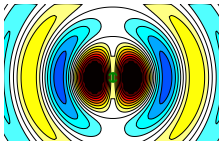
- Radiating EM fields
- Antenna analysis and parameters
- Arrays and beam forming
- Measurement techniques

### Applications

- Communication: mobile phones, 5G, IoT, satellite
- RFID
- Radar
- Radio astronomy

### Design, build, and test

- Design your antenna
- Simulate and improve
- Build, measure and improve
- Measure and communicate



## EITN90 Radar and Remote Sensing

### Course information

- 7.5 credits, vt1
- Theoretical lectures and practical workshops
- Labs using simple and advanced radars
- Examination by designing a radar system for a specific application

### Learn about

- Radar system blocks
- Wave propagation
- Scattering theory
- Detection algorithms
- Stealth technology

### Applications of radar

- Speed measurements using Doppler effect
- Weather monitoring
- Air traffic control
- Remote sensing of Earth and planets
- Gesture recognition

### PRINCIPLES OF MODERN RADAR

#### BASIC PRINCIPLES



Mark A. Richards, James A. Scheer, Wilbur A. Holm (Editors)

