



# Antenner

Anders Karlsson

Institutionen för elektro- och informationsteknik

# Några grundläggande begrepp

---

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

## Vad kan testas på tentan?

---

- ▶ Inga formler men däremot enkla fysikaliska samband, se punkterna nedan.
- ▶ Ömsesidig induktans. Att närfältet från spole med tidsvariabel ström ges av det statiska dipoluttrycket.
- ▶ Hur kan vi använda en spole som mottagarantenn. Vilken polarisation skall vågen ha i förhållande till spolens orientering för bra mottagning?
- ▶ Hur kan vi använda en rak dipolantenn som mottagarantenn. Vilken polarisation skall vågen ha i förhållande till antennens orientering för bra mottagning? Ingen signal kan tas emot om antennens riktning är vinkelrät mot det elektriska fältet.

## Vad kan testas på tentan?

---

- ▶ Kan vi använda två raka antenner för att generera en cirkulärpolariserad våg? Ja, om strömmarna i antennerna är fasförskjutna 90 grader och antennerna är vinkelräta mot varandra. Då fås en cirkulärpolariserad våg i framåtriktningen (riktningen vinkelrät mot båda antennerna).
- ▶ I fjärrzonen från en antenn bildar de elektriska och magnetiska fälten en sfäriskt utåtgående våg. Amplituden avtar som  $\frac{1}{r}$ .  
Regeln om högersystem gäller. Är man långt från antennerna kan man lokalt approximera den sfäriska vågen med en planvåg.

# Närfält

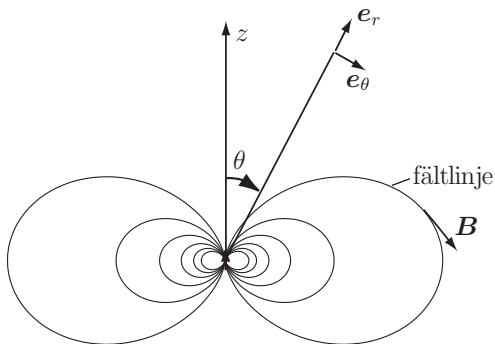
---

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  $\mathbf{m} = m\hat{\mathbf{z}}$  i origo



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

**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?

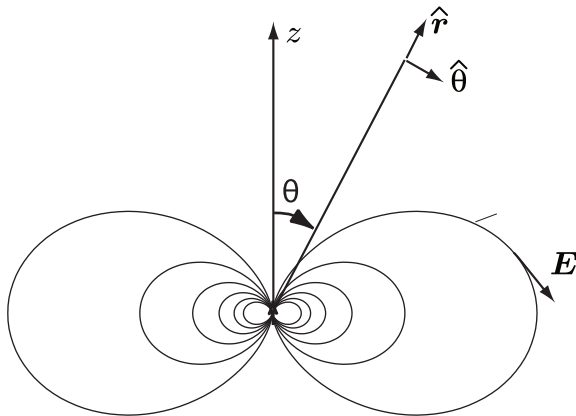
**Svar:** 3

**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  $\mathbf{p} = p\hat{\mathbf{z}}$  i origo



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



# 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 fjärrfältsamplituden med  $R$ ?

**Svar:** Amplituden avtar som  $\frac{1}{R}$ .

**Fråga:** Varför avtar amplituden som  $\frac{1}{R}$ ?

**Svar:** Strålningsvektorn  $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$  måste avta som  $\frac{1}{R^2}$  eftersom utstrålad effekt är lika för alla sfärer som omger antennen.

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

**Svar:** Noll

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

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

# Polarisation

---

**Fråga:** Hur är fjärrfältet från en elektrisk dipol polariserat?

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

# Fjärrfält

---

Exempel: Fjärrfältet för elektrisk dipol  $\mathbf{p} = \hat{\mathbf{z}}p$ :

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

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

# Fjärrfält

---

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

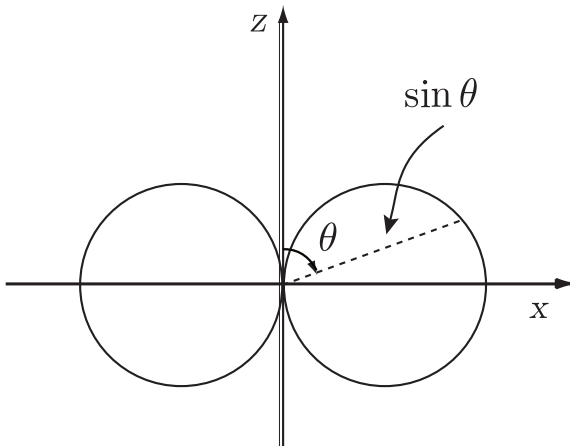
$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \text{Re}\{\mathbf{E}(\mathbf{r})e^{-i\omega t}\}$$

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

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

# Strålningsdiagram

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

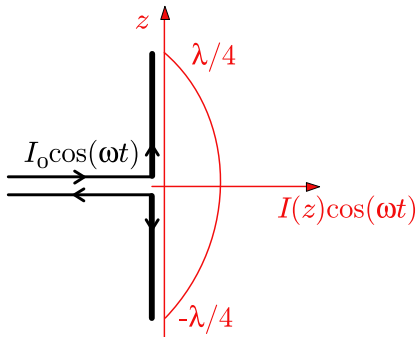


# Strålningsdiagram

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

**Svar:** Gör antennen större.

Exempel halvvågsantenn

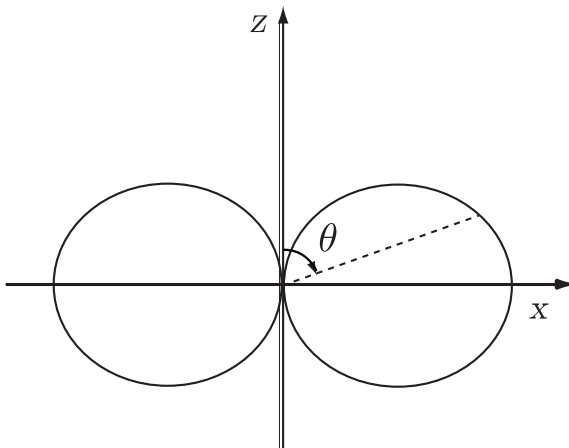




# Strålningsdiagram

---

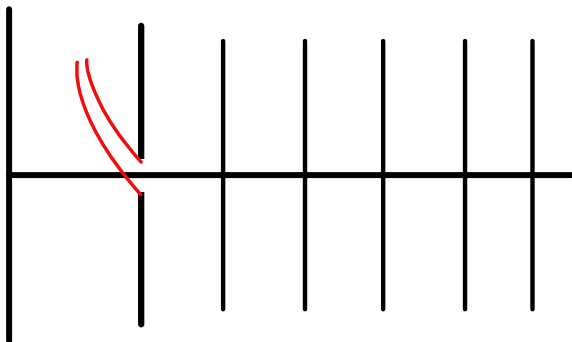
## Strålningsdiagram halvvågsantenn



# Yagiantenn

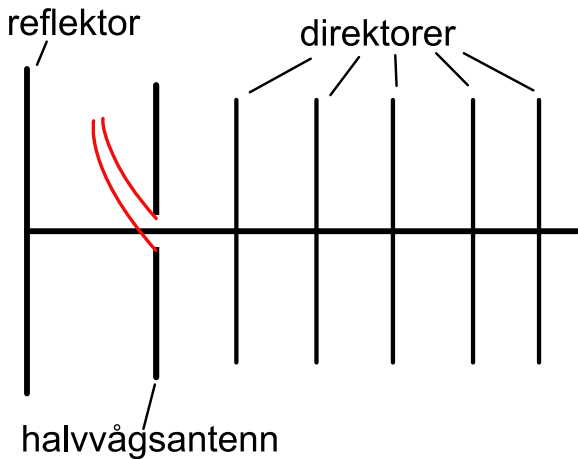
---

Yagiantenn



# Yagiantenn

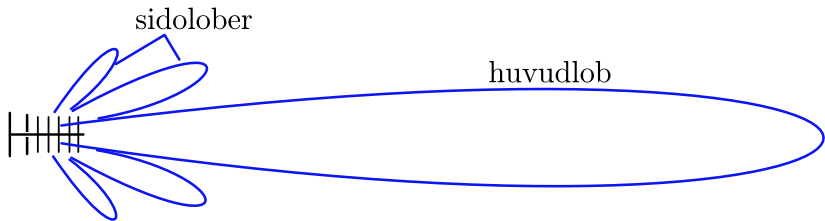
---



# Strålningsdiagram

---

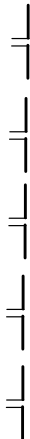
## Strålningsdiagram Yagiantenn



# Arrayantenner

---

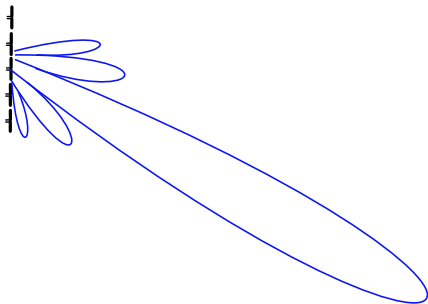
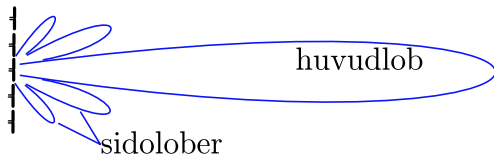
Arrayantenner (gruppantenner)



# Arrayantenner

---

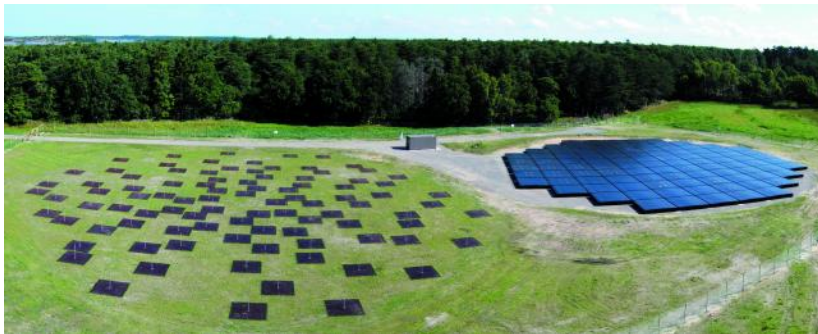
## Arrayantenner (gruppantenner)



# Arrayantenner

---

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



# Arrayantenner

---

## Arrayantenn Lofar Råö-observatoriet





# Parabolantenner

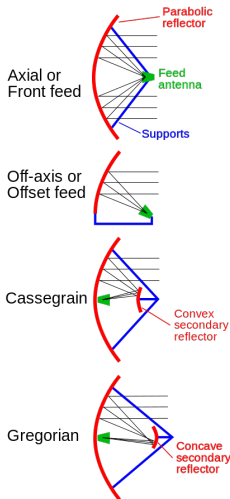
---

## Parabolantenn Råö-observatoriet



# 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

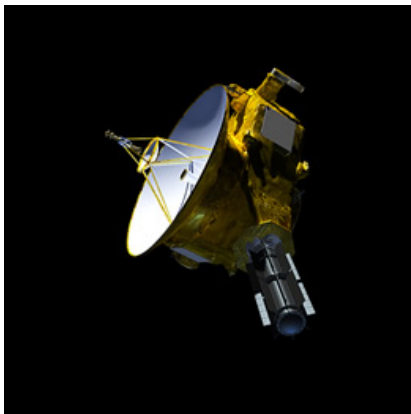
---

New Horizon [▶ Bana till Pluto](#)

# Parabolantenner

---

Antag att satelliten New Horizon hade en rundstrålande antenn som skickar ut effekten  $P = 10 \text{ W}$ . 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

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

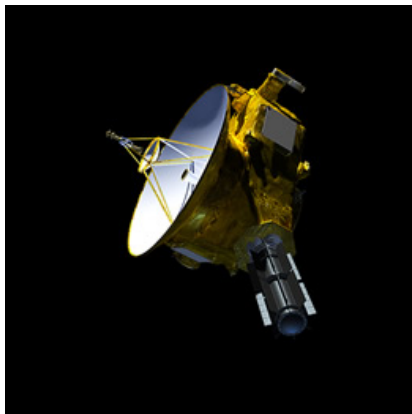
**Svar:**  $N = \frac{P}{4\pi R^2 hf} = 0.005$  stycken (en var tredje minut)



# Parabolantenner

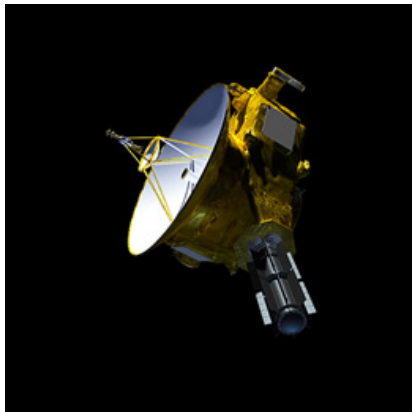
---

Svar:  $N = \frac{P}{4\pi R^2 hf} = 0.005$  stycken (en var tredje minut)



# New Horizon

---



Antenn: 2.1 m parabol

Mottagarantenn: 70 m parabol

Frekvens=10 GHz

Överföringshastighet=1 kbit/s

Hösttermin

## Antennteknik

Med en antenn avses en struktur som transformerar ledningsbundna vågor till fritt propagerande vågor. Eftersom trådlös kommunikation blir ett allt viktigare begrepp i det moderna samhället anses antenner vara synnerligen centrala för dagens civilingenjörer.

Kursen i antennteknik är en direkt tillämpning av den elektromagnetiska fältteori och behandlar de vanligaste antennerna både teoretiskt, numeriskt och experimentellt. I kursen får studenterna gruppvis designa varsin antenn som tillverkas och mäts upp i institutionens antennmät-kammare. Stor vikt läggs på att teoretiskt beskriva och förstå hur gruppantennerna fungerar.

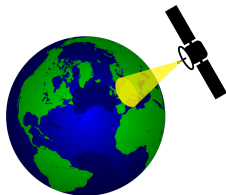


Kursen ges läsperiod HT2. Antal poäng: 7.5 hp.

Vårtermin

## EITN90 Radar och fjärranalys

Radio detection and ranging (radar) är sensorsystem som baseras på radiovågor med frekvenser ända upp till terahertz. Moderna system blir allt vanligare inom astronomi, övervakning, geografi, fordon och mobiltelefoner (t.ex. Googles Soli för handgester). Fjärranalys är den behandling av data som behövs för att bestämma geometrier och materialparametrar av de objekt som skannas av radarn, t.ex. vid satellitövervakning av istäcken i polområdena.



Kursen ger en allmän beskrivning av radarsystem och fjärranalys samt den elektromagnetiska teorin för hur radarvågorna utbreder sig i atmosfären och reflekteras mot objekt. Varje student får designa ett radarsystem för en specifik tillämpning, och där demonstrera förmåga att väga olika kravbilder mot varandra.

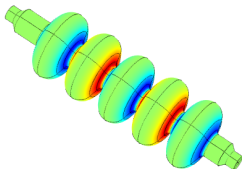
Kursen ges läsperiod VT1. Antal poäng: 7.5 hp.

Vårtermin

## Elektrodynamik

Kursen är en fortsättning på kurserna i elektromagnetisk fältteori som ges för E, F och Pi. I kursen ingår relativistisk beskrivning av laddade partiklars rörelse i elektriska och magnetiska fält, transformation av elektromagnetiska fält mellan inertialsystem, strålning från laddade partiklar och den grundläggande teorin för för vågledare och mikrovågskaviteter. Flera av tillämpningarna är inriktade mot partikelacceleratorerna ESS och MaxIV och ett mål är att kursen skall ge studenterna en bra bas för fortsatta studier i acceleratorteknik.

I kursen ingår att lösa mer omfattande fältproblemen med hjälp av det kommersiella programpaketet COMSOL Multiphysics. Alla studenter på LU ha fri tillgång till programmet.



Kursen ges läsperiod VT2. Antal poäng: 7.5 hp.

Radarprojekt: Soli [▶ Soli-projektet](#)