



Antenner

Mariana Dalarsson

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**.

Närfält

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

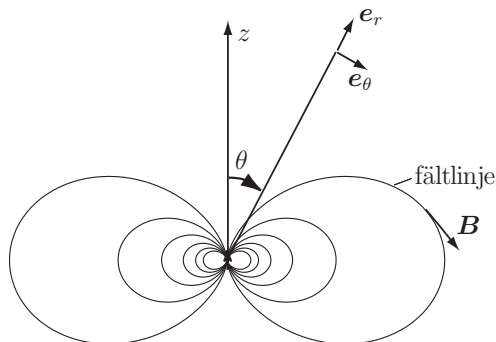
Fältet i närzonen kallas **närfält**.

Exempel: Närfältskommunikation (NFC) i smarta mobiler som möjliggör att de kan användas som betalmedel. Används på avstånd < 0.2 m.

Antennmodell i närfält

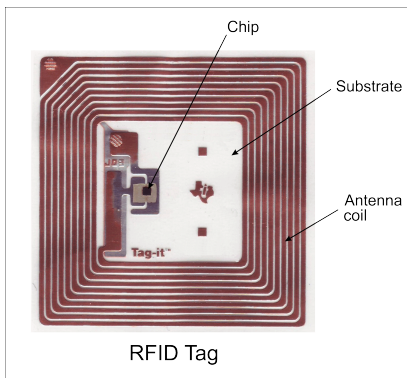
Exempel: Enkel modell av antenn som magnetisk dipol (spole)

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



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

Antennmodell i närfält



Exempel: RFID



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 $2R$?

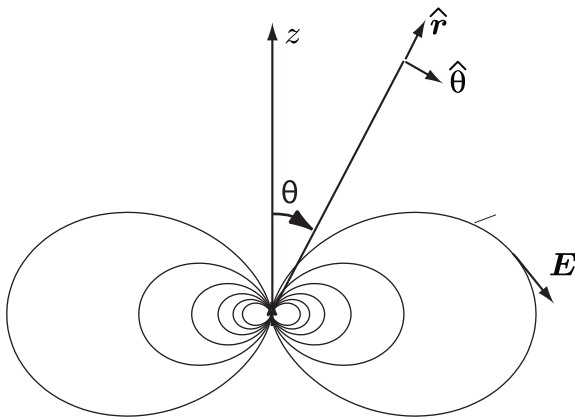
Närfält

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: $\frac{P}{64}$

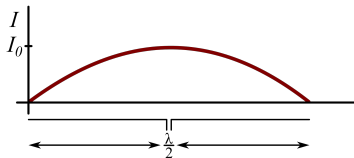
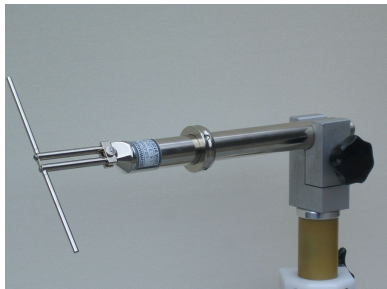
Modell av antenn i närfält

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



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

Modell av antenn i närfält



Kontinuitetsekvationen

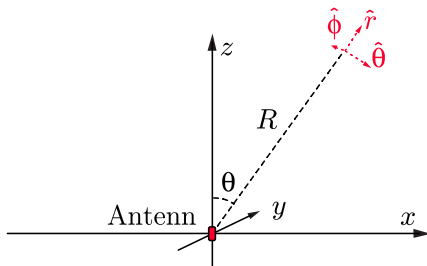
$$\nabla \cdot \mathbf{J} = -\frac{\partial \rho_l}{\partial t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial x} = -\frac{\partial \rho_l}{\partial t} = -j\omega \rho_l \propto q$$

$$\therefore \frac{\partial I}{\partial x} \propto q$$

Laddning $\pm q$ samlas i ändarna

Fjärrfält



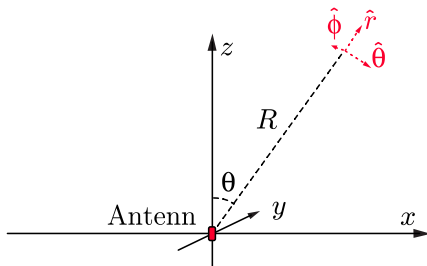
Om vi är på avstånd R från antennen och

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

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

är vi i **fjärrzonen**.

Fjärrfält



Om vi är på avstånd R från antennen och

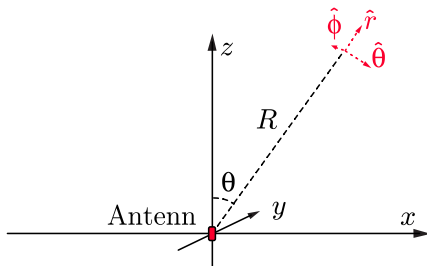
$$R \gg \lambda \quad (3)$$

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

är vi i **fjärrzonen**.

Fältet i fjärrzonen kallas **fjärrfältet**.

Fjärrfält



Om vi är på avstånd R från antennen och

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

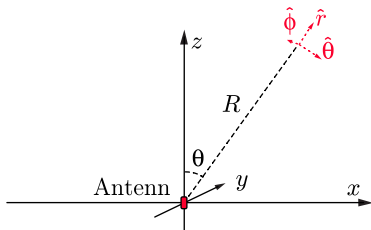
$$R \gg \text{antennens längd} \quad (4)$$

är vi i **fjärrzonen**.

Fältet i fjärrzonen kallas **fjärrfältet**.

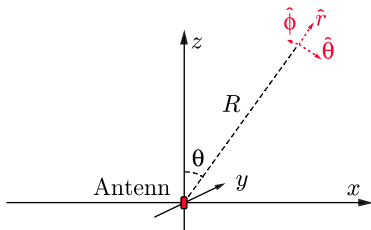
Fjärrfältet är en sfäriskt utåtgående våg.

Fjärrfält



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

Fjärrfält

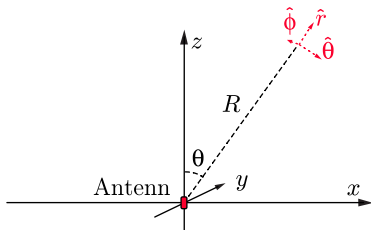


Fråga: Hur avtar amplituden på \mathbf{E} med R i fjärrzonen?

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

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}?$$

Fjärrfält

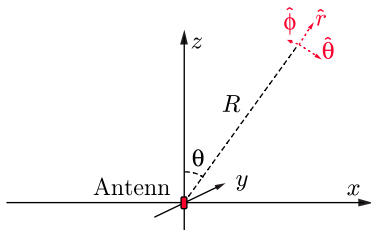


Fråga: Hur avtar amplituden på \mathbf{E} med R i fjärrzonen?

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 $\frac{1}{R}$.

Fjärrfält



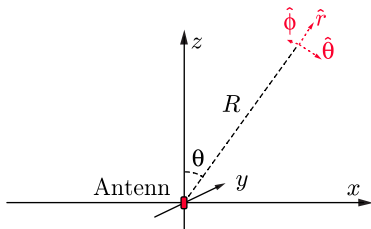
Fråga: Hur avtar amplituden på \mathbf{E} med R i fjärrzonen?

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 $2R$?

Fjärrfält



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

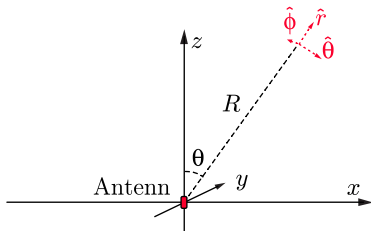
Ledning: Den utstrålade effekten genom varje sfär som omsluter antennen måste vara konstant. Hur avtar då effekttätheten

$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$? **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 $2R$?

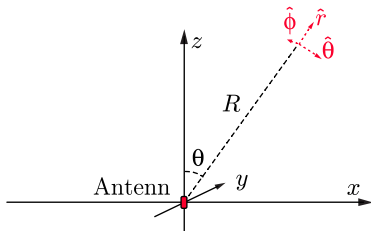
Svar: $\frac{P}{4}$.

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?

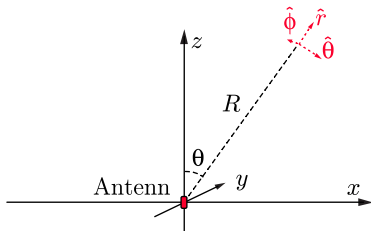
Fjärrfält



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 (transversella vågor!)

Fjärrfält

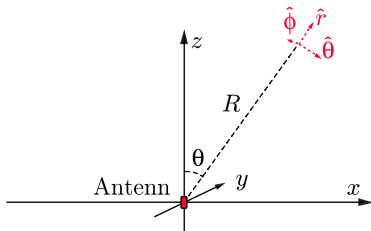


Fråga: I sfäriska koordinater är $\mathbf{E} = \hat{\mathbf{r}}E_r + \hat{\boldsymbol{\theta}}E_\theta + \hat{\boldsymbol{\phi}}E_\phi$. Vad är E_r i fjärrzonen av en antenn?

Svar: Noll (transversella vågor!)

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

Fjärrfält



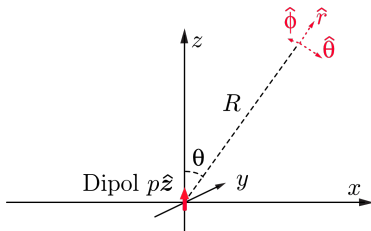
Fråga: I sfäriska koordinater är $\mathbf{E} = \hat{r}E_r + \hat{\theta}E_\theta + \hat{\phi}E_\phi$. Vad är E_r i fjärrzonen av en antenn?

Svar: Noll (transversella vågor!)

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

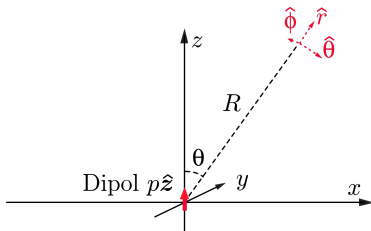
Svar: Radiellt $\mathbf{S} = S\hat{r}$

Polarisation



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

Polarisation



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

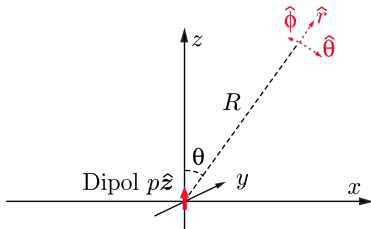
Svar: Linjärpolariserat med \mathbf{E} riktat i $\hat{\theta}$ -led (sfärisk våg)

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.

Fjärrfält

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

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

Fjärrfält

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

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

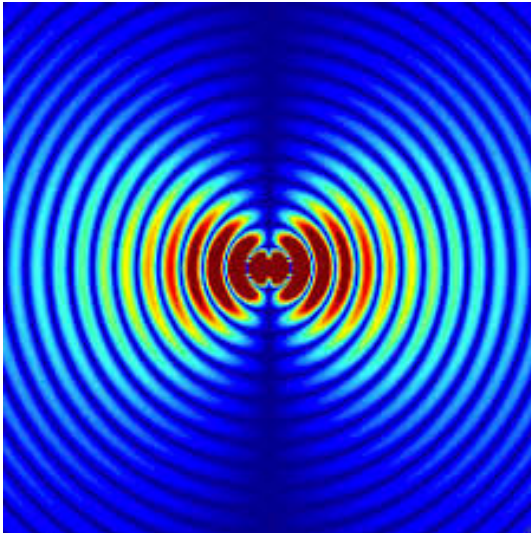
$$\mathbf{E} = \frac{pk^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\cos(kr - \omega t)}{r} \sin\theta \hat{\boldsymbol{\theta}}$$

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

OBS $\sin\theta$ -beroendet av amplituden.

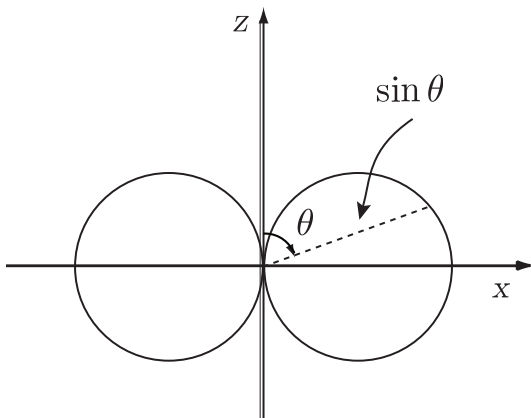
Fjärrfält

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



Strålningsdiagram

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



Notera maxima ($\sin \theta = \pi/2$) och minima av fältet ($\sin \theta = 0$).
Motsvarar riktningar med bättre/sämre "täckning".

Strålningsdiagram

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

Strålningsdiagram

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

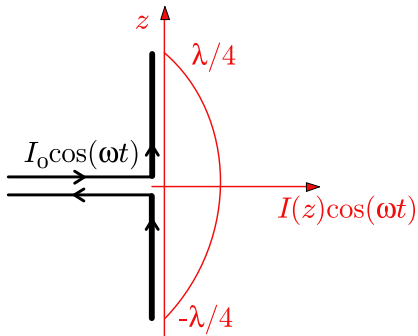
Svar: Gör antennen större.

Strålningsdiagram

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

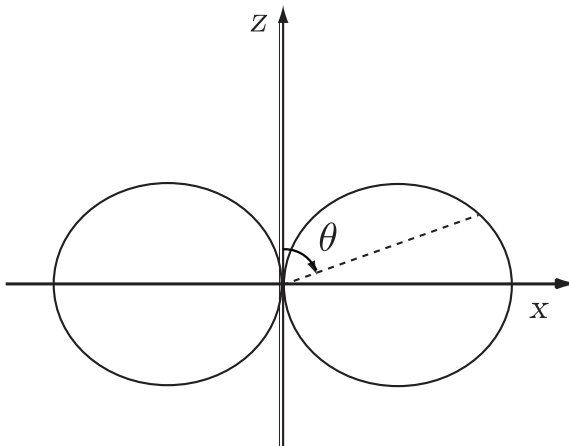
Svar: Gör antennen större.

Exempel: halv vågsantenn



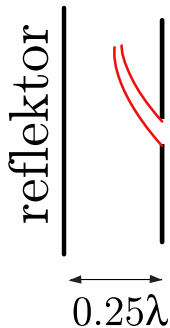
Strålningsdiagram

Strålningsdiagram halvvågsantenn



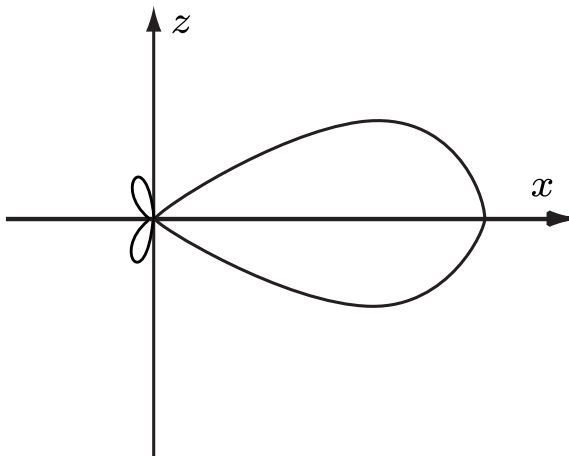
Antenner med riktverkan

Halvvågsantenn med reflektor (tänk er backat med metallplan)



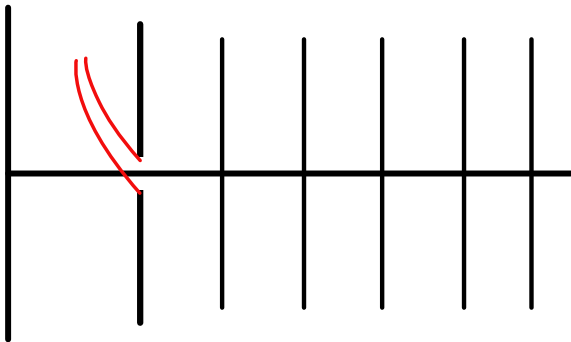
Antenner med riktverkan

Halvvågsantenn med reflektor

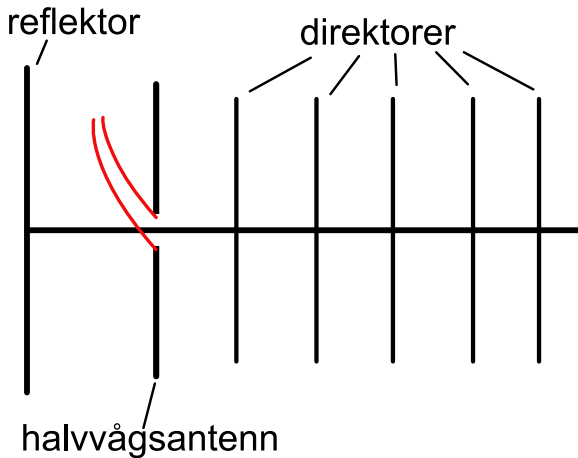


Yagiantenn

Yagiantenn



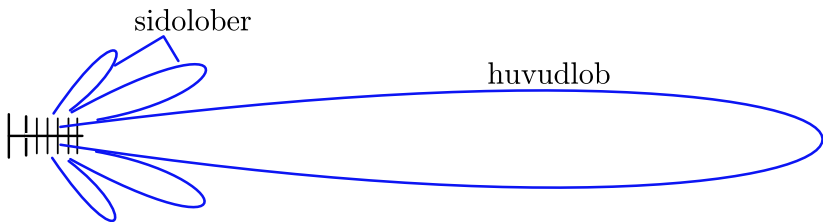
Yagiantenn



Strömmar induceras på direktorerna (passiva element)

Strålningsdiagram

Strålningsdiagram Yagiantenn



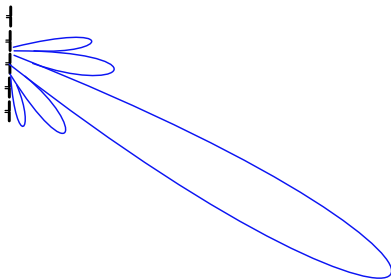
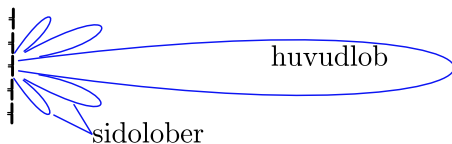
Arrayantenner

Arrayantenner (gruppentenner)



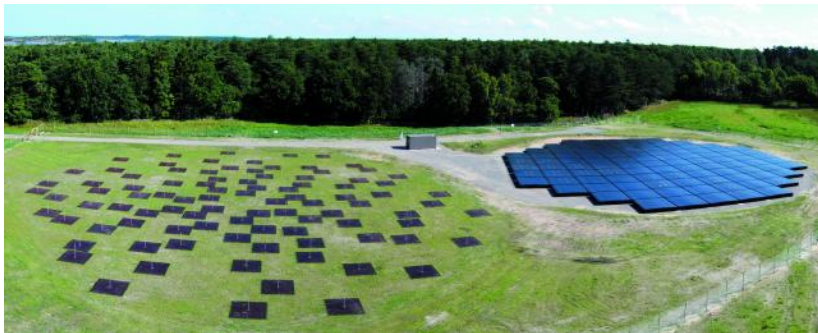
Arrayantenner

Arrayantenner (gruppantenner) - bygger på att antennerna interfererar konstruktivt/destruktivt med varandra



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



EITN80 Electrodynamics

Course information

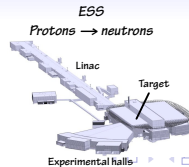
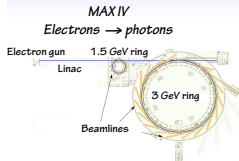
- 7.5 credits, vt2
- Theoretical lectures and computer sessions
- Computer labs using Comsol Multiphysics
- Book: D. J. Griffiths *Introduction to Electrodynamics*

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



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)



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

Fortsättningskurser

ETEN10 Antenna Technology

Course information

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

Applications

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

Learn about

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

Design, build, and test

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

